



LABORATÓRIO NACIONAL
DE ENGENHARIA CIVIL

DEPARTAMENTO DE MATERIAIS
Núcleo de Materiais Orgânicos

Proc. 0203/11/16173

TINTAS AQUOSAS PARA PAREDES EXTERIORES DE EDIFÍCIOS

Avaliação da resistência à alteração de cor

Estudo realizado no âmbito do Plano de Investigação
Programada do LNEC para 2009-1012

Lisboa • Maio de 2009

I&D MATERIAIS

RELATÓRIO 152/2009 – NMO

TINTAS AQUOSAS PARA PAREDES EXTERIORES DE EDIFÍCIOS:
Avaliação da resistência à alteração de cor

WATER BASED COATINGS FOR EXTERIOR WALLS OF BUILDINGS:
Evaluation of the resistance to the change of colour

**PEINTURES EN PHASE AQUEUSE POUR LES MURS EXTÉRIEURES DES
BATIMENTS:**
Evaluation de la résistance à l'altération de couleur

0203/11/16173

RESUMO

Procedeu-se à avaliação da resistência à alteração de cor de tintas de várias cores, por observação visual e medição das coordenadas cromáticas e da diferença de cor ao longo do tempo de exposição em condições de envelhecimento natural e artificial, a fim de estabelecer requisitos mínimos para revestimentos por pintura coloridas para paredes exteriores de edifícios. Neste relatório descreve-se o plano experimental adoptado, o trabalho desenvolvido, os resultados obtidos e uma possível metodologia para avaliar a resistência à alteração de cor em tintas para paredes exteriores.

ABSTRACT

The evaluation of the resistance to the change of colour of coatings with different colours was performed by visual assessment and measurement of the chromatic coordinates and colour difference after different ageing times under artificial and natural exposure conditions, in order to establish the minimum requirements for coatings for exterior wall of buildings. This report describes the planning of the study, the experimental work, the obtained results and a possible methodology for the evaluation of the colour resistance of coatings for exterior walls.

RESUMÉ

On a fait l'évaluation de la résistance au changement de couleur de peintures de différentes couleurs, par l'observation visuelle et par mesure des coordonnées chromatiques et de la différence de couleur avec le temps de l'exposition dans des conditions de vieillissement naturel et artificiel, à fin d'établir des exigences minimales pour les peintures de couleur pour les murs extérieurs des bâtiments. Ce rapport décrit le plan expérimental adopté, le travail expérimental, les résultats obtenus et une méthodologie permettant d'évaluer la résistance au changement de la couleur dans les peintures pour les murs en extérieur.

ÍNDICE DE TEXTO

	Pág.
1. INTRODUÇÃO -----	1
2. COR. CONSIDERAÇÕES GERAIS -----	1
3. CONDIÇÕES DE AVALIAÇÃO SELECIONADAS -----	10
4. ESTUDO EXPERIMENTAL -----	10
4.1 AMOSTRAS E SUA PREPARAÇÃO-----	10
4.2 CONDIÇÕES DE ENSAIO-----	13
5. RESULTADOS E SUA APRECIÇÃO -----	14
5.1 ENVELHECIMENTO NATURAL EXTERIOR-----	14
5.1.1 <i>Observação visual</i> -----	15
4.1.2 <i>Determinação de coordenadas cromáticas</i> -----	23
5.2 ENVELHECIMENTO ARTIFICIAL ACELERADO-----	27
5.2.1 <i>Medição de cor</i> -----	29
5.2.2 <i>Observação visual</i> -----	37
5.3 COMPARAÇÃO DE ENVELHECIMENTOS NATURAL E ARTIFICIAIS-----	43
6. ANÁLISE DE RESULTADOS -----	51
7. CONCLUSÕES -----	66

ÍNDICE DE QUADROS

Pág.

Quadro 1 – Identificação das tintas testadas	12
Quadro 2 – Diferenças de coordenadas cromáticas e total de cor – valores máximos e mínimos aos 12 e 24 meses de exposição natural	27
Quadro 3 – Diferenças de coordenadas cromáticas e total de cor – valores máximos e mínimos após 1000 h de envelhecimento (xenotest)	31
Quadro 4 – Diferenças de coordenadas cromáticas e total de cor – valores máximos e mínimos após 1000 h de envelhecimento (suntest)	34
Quadro 5 – Diferenças de coordenadas cromáticas e total de cor – valores máximos e mínimos após 1000 h de envelhecimento (QUV).....	37
Quadro 6 – Ordem crescente de alteração de cores de cada fabricante, após 12 e 24 meses de exposição natural e 1000 horas de envelhecimento artificial (xenotest, suntest e QUV)..	43
Quadro 7 – Ordem crescente de alteração de cada cor, após 12 e 24 meses de exposição natural e 1000 horas de envelhecimento artificial (xenotest, suntest e QUV)	44
Quadro 8 – Valores máximos de ΔE^* admissíveis pela QUALICOAT e NF T 34-554-1	53
Quadro 9 – Valores máximos de ΔE^* admissíveis pela QUALICOAT e NF T 34-554-1	55
Quadro 10 – Valores máximos de ΔE^* admissíveis pela QUALICOAT e NF T 34-554-1	57
Quadro 11 – Valores máximos de ΔE^* admissíveis pela QUALICOAT e NF T 34-554-1	59
Quadro 12 – Valores máximos de ΔE^* admissíveis pela QUALICOAT e NF T 34-554-1	62
Quadro 13 – Valores máximos de ΔE^* admissíveis pela QUALICOAT e NF T 34-554-1	65
Quadro 14 – Adopção do critério QUALICOAT para 1000 h xenotest	66
Quadro 15 – Adopção do critério QUALICOAT com +1 de tolerância.....	67

ANEXO I

Quadro I- 1 – Diferenças da cor Bege (lado a – primário do próprio fabricante)	13
Quadro I- 2 - Diferenças da cor Bege (lado b – primário da Matesica)	13
Quadro I- 3 – Diferenças da cor Rosa (lado a – primário do próprio fabricante)	13
Quadro I- 4 – Diferenças da cor Rosa (lado b – primário da Matesica).....	14
Quadro I- 5 – Diferenças da cor Salmão (lado a – primário do próprio fabricante).....	14
Quadro I- 6 – Diferenças da cor salmão (lado b – primário da Matesica)	14

Quadro I- 7 – Diferenças da cor Verde (lado a – primário do próprio fabricante)	15
Quadro I- 8 – Diferenças da cor Verde (lado b – primário da Matesica)	15
Quadro I- 9 - Diferenças da cor Encarnado (lado a – primário do próprio fabricante)	15
Quadro I- 10 - Diferenças da cor Encarnado (lado b – primário da Matesica).....	16
Quadro I- 11 - Diferenças da cor Azul (lado a – primário do próprio fabricante).....	16
Quadro I- 12 - Diferenças da cor Azul (lado b – primário da Matesica).....	16

ANEXO II

Quadro II- 1 - Diferenças da cor Bege - Xenotest	13
Quadro II- 2 - Diferenças da cor Bege - Suntest.....	13
Quadro II- 3 - Diferenças da cor Bege - QUV	13
Quadro II- 4 - Diferenças da cor Rosa - Xenotest.....	14
Quadro II- 5 - Diferenças da cor Rosa - Suntest.....	14
Quadro II- 6 - Diferenças da cor Rosa - QUV	14
Quadro II- 7 - Diferenças da cor Salmão - Xenotest	15
Quadro II- 8 - Diferenças da cor Salmão - Suntest	15
Quadro II- 9 - Diferenças da cor Salmão - QUV	15
Quadro II- 10 - Diferenças da cor Verde - Xenotest.....	16
Quadro II- 11 - Diferenças da cor Verde - Suntest.....	16
Quadro II- 12 - Diferenças da cor Verde - QUV	16
Quadro II- 13 - Diferenças da cor Encarnada - Xenotest	17
Quadro II- 14 - Diferenças da cor Encarnada - Suntest	17
Quadro II- 15 - Diferenças da cor Encarnada - QUV	17
Quadro II- 16 - Diferenças da cor Azul - Xenotest	18
Quadro II- 17 - Diferenças da cor Azul - Suntest	18
Quadro II- 18 - Diferenças da cor Azul - QUV.....	18

ÍNDICE DE FIGURAS

	Pág.
Figura 1 - Sistema de cores Munsell.	3
Figura 2 – Diagram cromático (x,y) no sistema xyY CIE 1931	4
Figura 3 - Sistema de cor CIELAB.....	5
Figura 4 - Sistema CIELAB: ΔE^*	6
Figura 5 - Circulo de cores NCS [www.ncscolour.com].....	8
Figura 6 - Espaço de cor NCS com a cor NCS 1050-Y90R assinalada (www.ncscolour.com).	9
Figura 7 - Triângulo de cor NCS. Gradação 2030 (www.ncscolour.com)	9
Figura 8 - Aspecto dumha folha do catálogo de cor NCS	10
Figura 9 - Cores estudadas: tintas aplicadas sobre suportes de fibrocimento	12
Figura 10 - Provetes expostos no terraço do LNEC.....	13
Figura 11 – Observação visual de alterações da cor Bege, por fabricante: evolução ao longo do tempo, nos dois lados do provete – (a) lado do primário do próprio fabricante e (b) lado do primário da Matesica.	16
Figura 13 - Observação visual de alterações da cor Salmão, por fabricante: evolução ao longo do tempo, nos dois lados do provete – (a) lado do primário do próprio fabricante e (b) lado do primário da Matesica.....	18
Figura 14 - Observação visual de alterações da cor Verde, por fabricante: evolução ao longo do tempo, nos dois lados do provete – (a) lado do primário do próprio fabricante e (b) lado do primário da Matesica	19
Figura 15 - Observação visual de alterações da cor Encarnado, por fabricante: evolução ao longo do tempo, nos dois lados do provete – (a) lado do primário do próprio fabricante e (b) lado do primário da Matesica.....	20
Figura 16 - Observação visual de alterações da cor Azul, por fabricante: evolução ao longo do tempo, nos dois lados do provete – (a) lado do primário do próprio fabricante e (b) lado do primário da Matesica	21
Figura 17 - Aspecto dos provetes após 4, 8 e 12 meses de exposição natural: lado esquerdo de cada cor – primário do próprio fabricante (PF); lado direito – primário da Matesica (PM)	22

Figura 18 – Evolução de ΔE^* de cada cor por exposição natural – cores Bege, Rosa, Salmão, Verde, Encarnado, dos fabricantes I a V - medições sobre no lado do primário do próprio fabricante (a) e da Matesica (b).....	24
Figura 19 - Evolução de ΔE^* do conjunto de cores de cada fabricante, por exposição natural – medições no lado com o primário do próprio fabricante (a) e da Matesica (b).	25
Figura 20 - Provetes da cor Encarnada após exposição nas câmaras <i>XENOTEST</i> e <i>QUV</i> ..	27
Figura 21 - Provetes da cor Azul após exposição nas câmaras <i>XENOTEST</i> e <i>QUV</i>	28
Figura 22 - Provetes da cor Encarnada e Azul após exposição na câmara <i>SOLARBOX</i>	28
Figura 23 – Evolução de ΔE^* de cada cor por exposição na câmara Xenotest – cores Bege, Rosa, Salmão, Verde, Encarnado e Azul dos fabricantes I a V	29
Figura 24 - Evolução de ΔE^* do conjunto de cores de cada fabricante, por exposição na câmara Xenotest	30
Figura 25 – Evolução de ΔE^* de cada cor por exposição na câmara Solarbox – cores Bege, Rosa, Salmão dos fabricantes I a V.....	32
Figura 26 - Evolução de ΔE^* do conjunto de cores de cada fabricante, por exposição na câmara Solarbox	33
Figura 27 – Evolução de ΔE^* de cada cor por exposição na câmara QUV – cores Bege, Rosa, Salmão dos fabricantes I a V.....	35
Figura 28 - Evolução de ΔE^* do conjunto de cores de cada fabricante, por exposição na câmara QUV	36
Figura 29 - Observação visual da alteração da cor Bege com o envelhecimento artificial	38
Figura 30 – Observação visual da alteração da cor Rosa com o envelhecimento artificial ...	38
Figura 31 – Observação visual da alteração da cor Salmão com o envelhecimento artificial	39
Figura 32 – Observação visual da alteração da cor Verde com o envelhecimento artificial ..	39
Figura 33 – Observação visual da alteração da cor Encarnada com o envelhecimento.....	40
Figura 34 – Observação visual da alteração da cor Azul com o envelhecimento artificial.....	40
Figura 35 – Comparação entre resultados da observação visual (gráfico de barras) e da determinação da diferença total de cor (gráfico de linhas), após 1000 horas de envelhecimento artificial acelerado: X – xenotest; S – suntest; Q – QUV	42
Figura 36 – Evolução da cor Bege com o envelhecimento artificial e natural.....	45
Figura 37 – Evolução da cor Rosa com o envelhecimento artificial e natural.....	46

Figura 38 – Evolução da cor Salmão com o envelhecimento artificial e natural.....	47
Figura 39 – Evolução da cor Verde com o envelhecimento artificial e natural	48
Figura 40 – Evolução da cor Encarnada com o envelhecimento artificial e natural.....	49
Figura 41 – Evolução da cor Azul com o envelhecimento artificial e natural	50
Figura 42 – Bege - Comparação entre resultados da observação visual (gráfico de barras) e da determinação da diferença total de cor (gráfico de linhas), após 12 e 24 meses de exposição natural (ENE) e 1000 horas de envelhecimento artificial acelerado: X – xenotest; S – suntest; Q - QUV.....	51
Figura 43 – Rosa - Comparação entre resultados da observação visual (gráfico de barras) e da determinação da diferença total de cor (gráfico de linhas), após 12 e 24 meses de exposição natural (ENE) e 1000 horas de envelhecimento artificial acelerado: X – xenotest; S – suntest; Q - QUV.....	54
Figura 44 – Salmão - Comparação entre resultados da observação visual (gráfico de barras) e da determinação da diferença total de cor (gráfico de linhas), após 12 e 24 meses de exposição natural (ENE) e 1000 horas de envelhecimento artificial acelerado: X – xenotest; S – suntest; Q – QUV	56
Figura 45 – Verde - Comparação entre resultados da observação visual (gráfico de barras) e da determinação da diferença total de cor (gráfico de linhas), após 12 e 24 meses de exposição natural (ENE) e 1000 horas de envelhecimento artificial acelerado: X – xenotest; S – suntest; Q - QUV.....	58
Figura 46 – Encarnado - Comparação entre resultados da observação visual (gráfico de barras) e da determinação da diferença total de cor (gráfico de linhas), após 12 e 24 meses de exposição natural (ENE) e 1000 horas de envelhecimento artificial acelerado: X – xenotest; S – suntest; Q - QUV	61
Figura 47 – Azul - Comparação entre resultados da observação visual (gráfico de barras) e da determinação da diferença total de cor (gráfico de linhas), após 12 e 24 meses de exposição natural (ENE) e 1000 horas de envelhecimento artificial acelerado: X – xenotest; S – suntest; Q - QUV.....	63

ANEXO I

Figura I- 1 – Evolução da cor Bege ao longo do tempo de exposição natural: coordenadas $L^*a^*b^*$ e ΔE^* do lado do primário do próprio fabricante (a) e do lado do primário da Matesica (b)	1
---	---

Figura I- 2 – Evolução da cor Bege ao longo do tempo de exposição natural: diferenças ΔL^* , Δa^* , Δb^* do lado do primário do próprio fabricante (a) e do lado do primário da Matesica (b)	2
Figura I- 3 – Evolução da cor Rosa ao longo do tempo de exposição natural: coordenadas $L^*a^*b^*$ e ΔE^* do lado do primário do próprio fabricante (a) e do lado do primário da Matesica (b)	3
Figura I- 4 – Evolução da cor Rosa longo do tempo de exposição natural: diferenças ΔL^* , Δa^* , Δb^* do lado do primário do próprio fabricante (a) e do lado do primário da Matesica (b)	4
Figura I- 5 – Evolução da cor Salmão ao longo do tempo de exposição natural: coordenadas $L^*a^*b^*$ e ΔE^* do lado do primário do próprio fabricante (a) e do lado do primário da Matesica (b)	5
Figura I- 6 – Evolução da cor Salmão longo do tempo de exposição natural: diferenças ΔL^* , Δa^* , Δb^* do lado do primário do próprio fabricante (a) e do lado do primário da Matesica (b)	6
Figura I- 7 – Evolução da cor Verde ao longo do tempo de exposição natural: coordenadas $L^*a^*b^*$ e ΔE^* do lado do primário do próprio fabricante (a) e do lado do primário da Matesica (b)	7
Figura I- 8 – Evolução da cor Verde longo do tempo de exposição natural: diferenças ΔL^* , Δa^* , Δb^* do lado do primário do próprio fabricante (a) e do lado do primário da Matesica (b)	8
Figura I- 9 – Evolução da cor Encarnada ao longo do tempo de exposição natural: coordenadas $L^*a^*b^*$ e ΔE^* do lado do primário do próprio fabricante (a) e do lado do primário da Matesica (b)	9
Figura I- 10 – Evolução da cor Encarnada ao longo do tempo de exposição natural: diferenças ΔL^* , Δa^* , Δb^* do lado do primário do próprio fabricante (a) e do lado do primário da Matesica (b)	10
Figura I- 11 – Evolução da cor Azul ao longo do tempo de exposição natural: coordenadas $L^*a^*b^*$ e ΔE^* do lado do primário do próprio fabricante (a) e do lado do primário da Matesica (b)	11
Figura I- 12 – Evolução da cor Azul longo do tempo de exposição natural: diferenças ΔL^* , Δa^* , Δb^* do lado do primário do próprio fabricante (a) e do lado do primário da Matesica (b)	12

ANEXO II

Figura II- 1 – Evolução da cor Bege com o tempo de exposição em câmaras Xenotest (X), Suntest (S) e QUV (Q): coordenadas $L^*a^*b^*$	1
--	---

Figura II- 2 – Evolução da diferença da cor Bege com o tempo de exposição em câmaras Xenotest (X), Suntest (S) e QUV (Q): ΔL^* , Δa^* , Δb^* e ΔE^*	2
Figura II- 3 – Evolução da cor Rosa com o tempo de exposição em câmaras Xenotest (X), Suntest (S) e QUV (Q): coordenadas $L^*a^*b^*$	3
Figura II- 4 – Evolução da diferença da cor Rosa com o tempo de exposição em câmaras Xenotest (X), Suntest (S) e QUV (Q): ΔL^* , Δa^* , Δb^* e ΔE^*	4
Figura II- 5 – Evolução da cor Salmão com o tempo de exposição em câmaras Xenotest (X), Suntest (S) e QUV (Q): coordenadas $L^*a^*b^*$	5
Figura II- 6 – Evolução da diferença da cor Salmão com o tempo de exposição em câmaras Xenotest (X), Suntest (S) e QUV (Q): ΔL^* , Δa^* , Δb^* , ΔE^*	6
Figura II- 7 – Evolução da cor Verde com o tempo de exposição em câmaras Xenotest (X), Suntest (S) e QUV (Q): coordenadas $L^*a^*b^*$	7
Figura II- 8 – Evolução da diferença da cor Verde com o tempo de exposição em câmaras Xenotest (X), Suntest (S) e QUV (Q): ΔL^* , Δa^* , Δb^* , ΔE^*	8
Figura II- 9 – Evolução da cor Encarnada com o tempo de exposição em câmaras Xenotest (X), Suntest (S) e QUV (Q): coordenadas $L^*a^*b^*$	9
Figura II-10– Evolução da diferença da cor Encarnada com o tempo de exposição em câmaras Xenotest (X), Suntest (S) e QUV (Q): ΔL^* , Δa^* , Δb^* , ΔE^*	10
Figura II- 11 – Evolução da cor Azul com o tempo de exposição em câmaras Xenotest (X), Suntest (S) e QUV (Q): coordenadas $L^*a^*b^*$	11
Figura II- 12 – Evolução da diferença da cor Azul com o tempo de exposição em câmaras Xenotest (X), Suntest (S) e QUV (Q): ΔL^* , Δa^* , Δb^* , ΔE^*	12

TINTAS AQUOSAS PARA PAREDES EXTERIORES DE EDIFÍCIOS

Avaliação da resistência à alteração de cor

1. INTRODUÇÃO

No estudo pró-normativo realizado pelo LNEC a pedido da Comissão Técnica de Tintas e Vernizes, CT-3, obtiveram-se os dados necessários à elaboração de uma norma portuguesa com os requisitos mínimos de desempenho e durabilidade a exigir às tintas aquosas para paredes exteriores de edifícios, tendo sido emitido o respectivo relatório¹.

Uma vez que em Portugal é muito frequente a utilização de tintas coloridas para aplicações exteriores, no âmbito do processo de investigação “Revestimentos por pintura na Construção Civil” integrado no PIP do LNEC 2005-2008, o qual tem continuidade no PIP do LNEC para o quadriénio 2009-2012, foi decidido estender o estudo anterior ao caso de tintas coloridas, tornando-se para tal necessário estabelecer requisitos para a resistência da cor.

Para esse efeito procedeu-se à avaliação da resistência à alteração de cor de tintas de várias cores fornecidas por cinco fabricantes nacionais, por observação visual e medição das coordenadas cromáticas e da diferença de cor ao longo do tempo de exposição em condições de envelhecimento natural e artificial.

Neste relatório introduzem-se em primeiro lugar alguns conceitos relativos à apreciação da cor e sua determinação. Em seguida descrevem-se as condições de avaliação seleccionados, o plano experimental adoptado e apresentam-se os resultados obtidos e as conclusões a que foi possível chegar, em particular quanto a uma possível metodologia para avaliar a resistência à alteração de cor em tintas para paredes exteriores.

2. COR. CONSIDERAÇÕES GERAIS

A cor é uma das propriedades ópticas tecnicamente perceptível e mensurável, funcionando como um índice de qualidade de muitos materiais. Quando se pretende que um revestimento por pintura mantenha o efeito estético ao longo da sua vida útil, um dos requisitos exigidos é

¹ Ensaios de experimentação pró-normativa para o projecto de norma portuguesa: “Tintas e vernizes. Tintas aquosas de cor branca para paredes exteriores de edifícios- Requisitos mínimos”. Rel. 82/04-NMPC, Lisboa, LNEC, Fevereiro de 2004.

uma constância da cor ao longo do tempo de uso, quando exposto em determinadas condições ambientais, a fim de evitar a deterioração do efeito decorativo pretendido.

No domínio das tintas, a quantificação da cor e a determinação da diferença de cor em relação a uma cor padrão reveste-se de uma primordial importância para a pesquisa de novas composições pigmentárias e formulações, redução ou mesmo eliminação dos efeitos de metamerismo, opacidade óptima e, também, para a especificação da qualidade do revestimento por pintura.

A comparação visual de cores, sendo uma operação ainda muito utilizada, é sempre muito delicada, demorada e sujeita à apreciação subjectiva do observador.

No início do século passado, 1905, o artista Albert Henry Munsell publicou o primeiro catálogo de cor em função de três atributos: claridade ou luminosidade, tonalidade e saturação, em que:

- Luminosidade ou claridade (grau de claro ou escuro), *value*: é o atributo da percepção visual onde uma área parece emitir mais ou menos luz.

- Tonalidade, *hue*: é o atributo da percepção visual onde uma cor é percebida como vermelha, amarela, verde azul, púrpura, etc. Os brancos, pretos e cinzas puros não possuem tonalidade e saturação.

- Saturação, *chroma*, é o atributo da percepção visual que indica o grau de pureza da cor – quanto maior o grau mais saturada ou vívida é a cor.

Estas características visuais permitem identificar a cor e mostrar que se trata de um fenómeno tridimensional.

Na figura 1 apresenta-se o sistema de cores Munsell. Na parte superior pode observar-se o círculo de matizes (*hue*) com as 10 notações principais. À direita, encontra-se a escala de luminosidade ou claridade (*value*), no centro, a escala de saturação (*chroma*) e, na parte inferior, a representação do sistema em três dimensões.

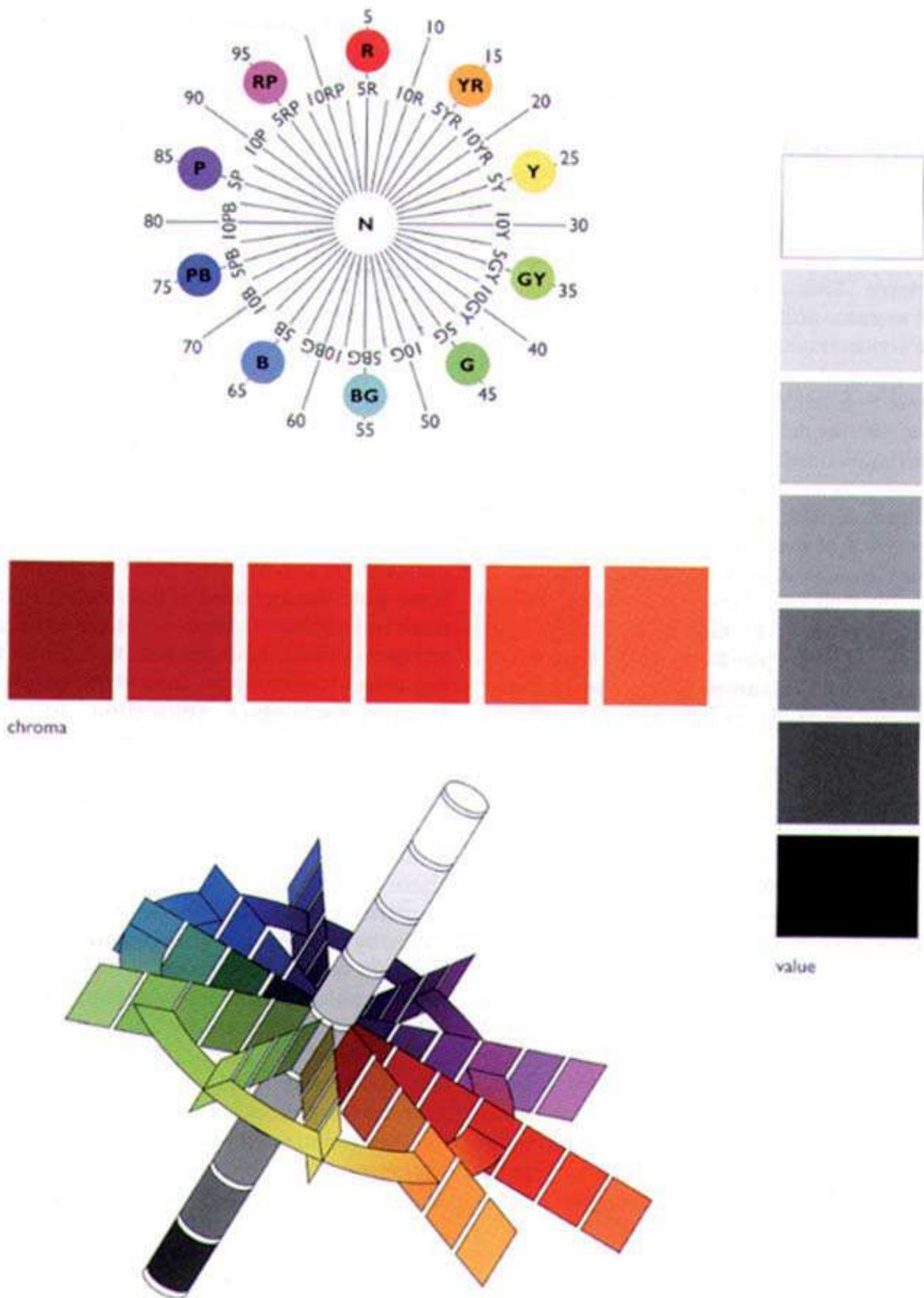


Figura 1 - Sistema de cores Munsell.
 [Brainard, <http://color.psych.upenn.edu/brainard/papers/specification.pdf>, 2003]

Em 1931 a C.I.E. acordou num sistema x, y, Y baseado nos triestímulos, XYZ , para definir a cor de qualquer amostra, fornecendo um meio de representar espacialmente a cor. Esta representação espacial é feita através de uma transformação linear dos valores XYZ , em que no plano horizontal aparece o diagrama cromático definido pelos eixos de cromaticidade x e y e no plano perpendicular se representa o terceiro eixo, o valor da claridade da cor, Y , expresso em luminância ou reflectância para amostras opacas. Este último valor é único que tem significado físico e representa o Y do sistema triestímulos, XYZ .

As coordenadas cromáticas x, y são definidas a partir dos valores triestímulos X, Y, Z de modo seguinte:

$$x = X/(X+Y+Z) \text{ e } y = Y/(X+Y+Z)$$

Na figura 2 apresenta-se no diagrama cromático, em coordenadas cromáticas (x, y) a distribuição das diferentes cores no plano dimensional (x, y) .

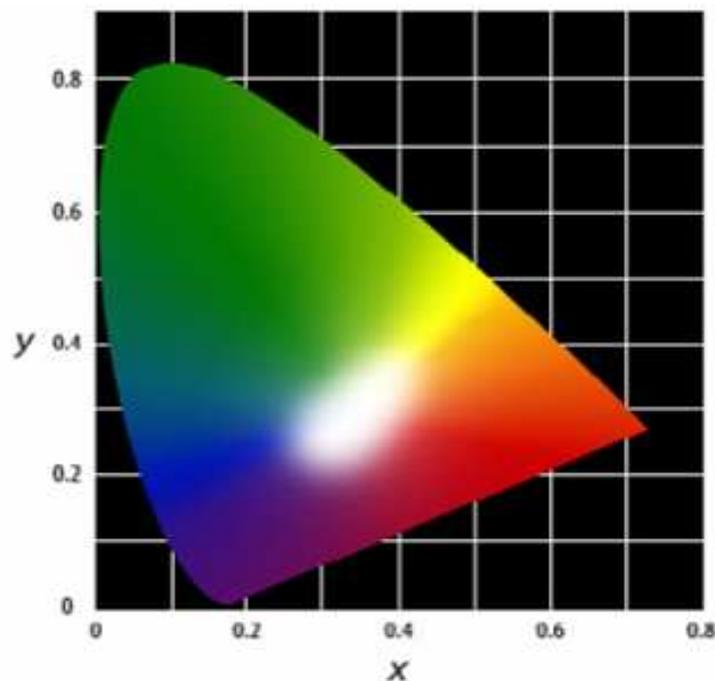


Figura 2 – Diagrama cromático (x,y) no sistema xyY CIE 1931

No diagrama cromático representado como se acaba de referir há dificuldades quando se pretendem comparar entre si as diferenças de cor, visto que iguais distâncias dentro do triângulo cromático não correspondem a iguais diferenças observadas pelo olho humano. Para o cálculo das diferenças de cor surgiram novos sistemas de representação, entre eles o sistema HunterLab e o sistema CIE 1976 $L^* a^* b^*$ (abreviado para CIELAB). Ambos os sistemas de representação estão associados a um sistema de eixos ortogonais em que, a localização da cor é representada por (L, a, b) . Os valores de L indicam a localização da cor no eixo claro-escuro (do branco ($L=100$) ao negro ($L=1$)), e que é perpendicular ao plano

formado pelos eixos vermelho-verde (valores de a) e azul-amarelo (valores de b). Na figura 3 apresenta-se o sistema de cor CIELAB.

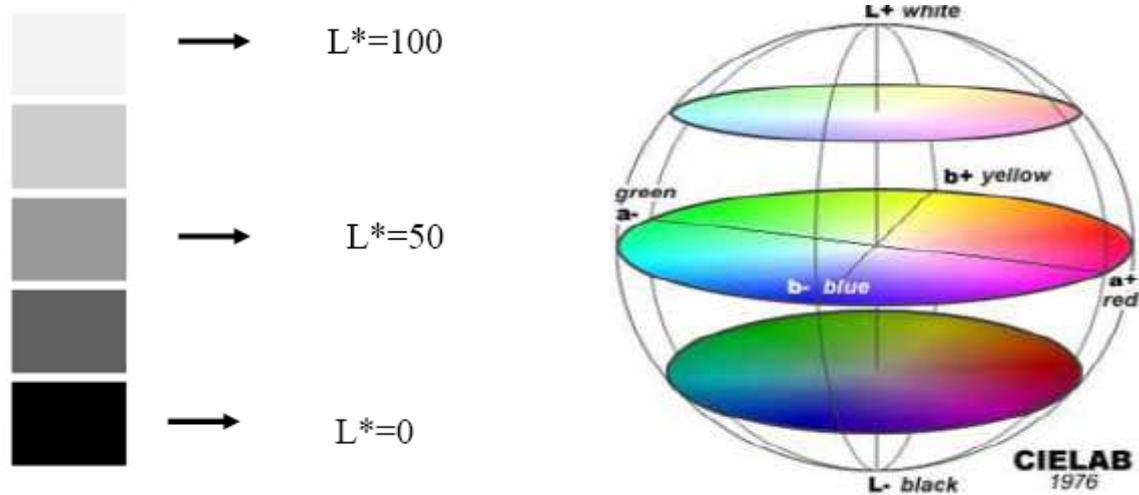


Figura 3 - Sistema de cor CIELAB

Os valores de L, de a e de b são calculados a partir dos valores triestímulos X, Y, Z, através de fórmulas descritas na norma ASTM D-2244. As equações para o cálculo dos valores no sistema CIELAB são descritas na norma ISO 7724 e na publicação CIE N° 15.2 de colorimetria.

Nos sistemas CIELAB e HunterLab (1958), a diferença de cor ΔE^* é expressa pelo módulo do vector E, que indica a diferença entre os dois vectores que representam as cores representada na figura 4 e pela equação:

$$\Delta E^* = [(\Delta a^*)^2 + (\Delta b^*)^2 + (\Delta L^*)^2]^{1/2}$$

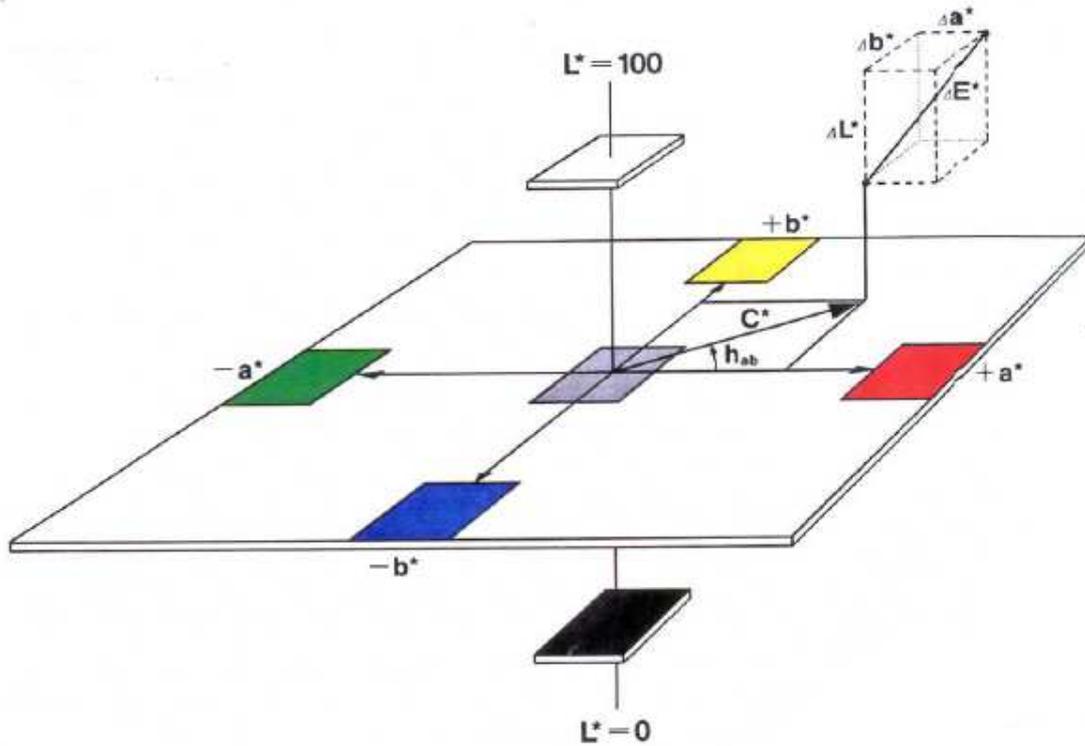


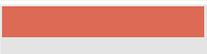
Figura 4 - Sistema CIELAB: ΔE^*

Em 1925 foi criado o catálogo RAL, que reúne as cores padronizadas em muitos materiais, equipamentos e marcas existentes no mercado alemão. A sigla RAL quer dizer: **R**ationelle **A**rbeitsgrundlagen für die praktiker des **L**ack. As cores são identificadas por quatro dígitos – Ex. RAL 6029 que corresponde à cor verde menta.

O sistema de cores RAL reúne as cores e as respectivas tonalidades em nove grupos:

Série	Grupo de cores
1000	Amarelos
2000	Laranjas
3000	Vermelhos/castanhos/avermelhados
4000	Violetas e púrpuras
5000	Azuis
6000	Verdes
7000	Cinzas
8000	Castanhos
9000	Pretos, brancos, cinzas claras e alumínio

Dentro de cada grupo inserem-se várias tonalidades como se exemplifica para o caso da cor Laranja, série 2000 do catálogo RAL:

	RAL 2000	Yellow orange	Orangé jaune
	RAL 2001	Red orange	Orangé rouge
	RAL 2002	Vermilion	Orangé sang
	RAL 2003	Pastel orange	Orangé pastel
	RAL 2004	Pure orange	Orangé pur
	RAL 2005	Luminous orange	Orangé brillant
	RAL 2007	Luminous bright orange	Orangé clair brillant
	RAL 2008	Bright red orange	Orangé rouge clair
	RAL 2009	Traffic orange	Orangé signalisation
	RAL 2010	Signal orange	Orangé de sécurité
	RAL 2011	Deep orange	Orangé foncé
	RAL 2012	Salmon orange	Orangé saumon
	RAL 2013	Pearl orange	Orangé nacré

No século passado surgiu um novo Sistema de cor de origem sueca, designado por NCS em que a sigla NCS significa 'Natural Color System - Sistema de Cor Natural', que tenta descrever a cor tal como a vemos e está amplamente divulgado para identificar e descrever a cor dos revestimentos por pintura utilizados em edifícios. Este sistema baseia-se nas seis cores elementares perceptíveis como “puras” e a partir das quais o ser humano é capaz de caracterizar as diferentes cores.

Assim, o espaço de cor NCS é formado por um círculo de cores (apresentado na figura 5) que contém as quatro cores cromáticas elementares – amarelo (Y), azul (B) e vermelho (R), verde (G) – posicionadas a 90° e as suas misturas, num total de 40 tons e por um eixo vertical perpendicular onde se situam as cores acromáticas, o branco (W) e o preto (S).

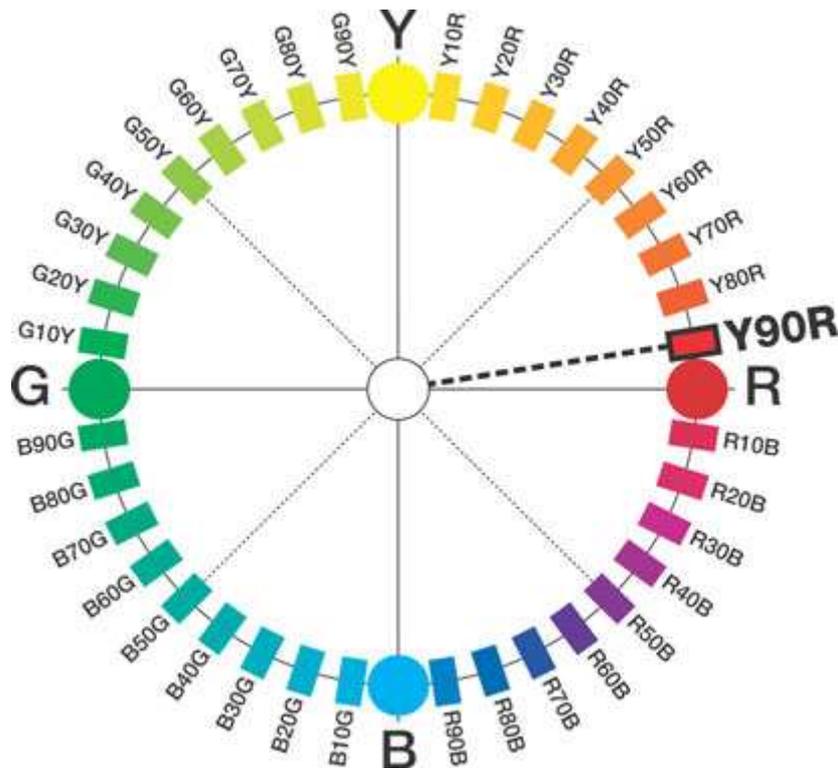


Figura 5 - Circulo de cores NCS [www.ncscolour.com]

A similitude de uma cor às cores elementares é expressa na sua notação constituída por dois códigos referentes à gradação da tonalidade (figura 5). Assim, como exemplo, o código S 1030-Y80R, interpreta-se da seguinte forma:

- S (Standard) indica que se trata de uma cor normalizada pelo “Scandinavian Colour Institute” existente no catálogo NCS;
- 1030 corresponde à gradação da cor, ou seja o grau de semelhança com o preto ou branco, ou seja 10% de preto(S) e 30% de cromaticidade máxima (C=30%), sendo a percentagem de branco 60% (a percentagem de branco obtém-se através da fórmula $100\% - S\% - C\% = W\%$);
- Y80R corresponde à tonalidade da cor ou a sua semelhança com duas cores elementares em que a primeira letra designa a cor elementar que lhe deu origem seguida da percentagem da segunda cor elementar e a letra que a designa, neste caso têm-se 20 % de amarelo e 80% de vermelho ($100\% - 80\%R = 20\%Y$).

As cores acromáticas (C=0) são identificadas apenas pela gradação:

S 0500-N (branco), S 1000-N, S 1500-N, até ao preto S 9000-N.

Na figura 6 representa-se o espaço de cor NCS com a cor NCS 1050-Y90R assinalada onde 1050 significa 10% de preto e 50% de cromaticidade e Y90R uma tonalidade com 10% de amarelo e 90% de vermelho.

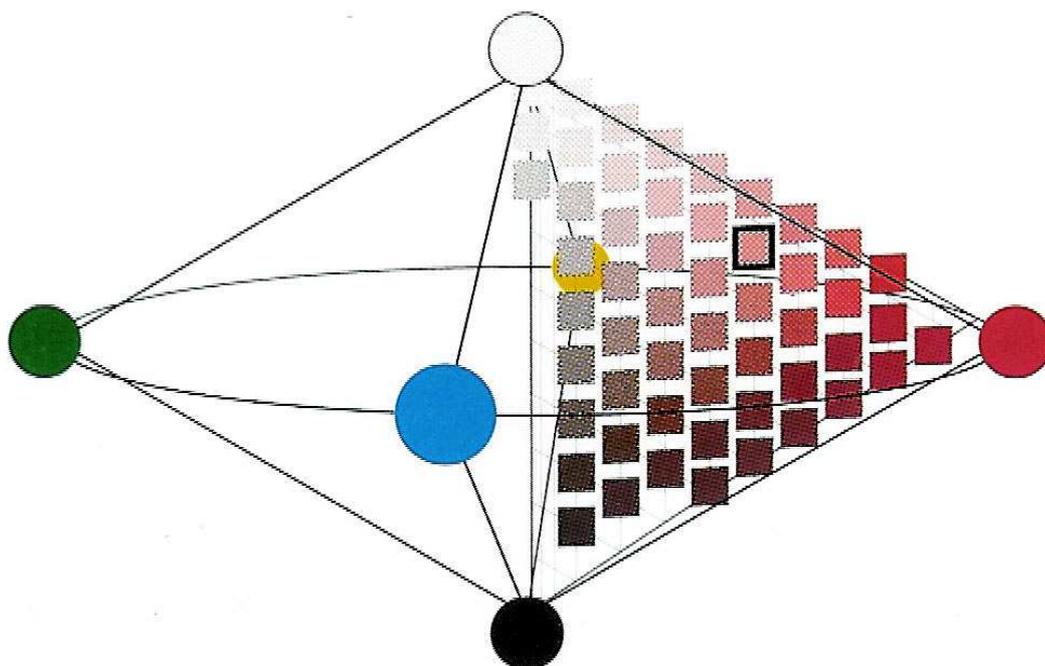


Figura 6 - Espaço de cor NCS com a cor NCS 1050-Y90R assinalada [www.ncscolour.com].

Na figura 7 apresenta-se o triângulo de cor correspondente à figura geométrica obtida por um corte longitudinal do espaço de cor passando por cada tonalidade. Na base do triângulo encontra-se a escala dos cinzentos (branco, W, a preto, S). O vértice C corresponde à máxima cromaticidade. Na figura 8 apresenta-se o aspecto duma folha do catálogo NCS.

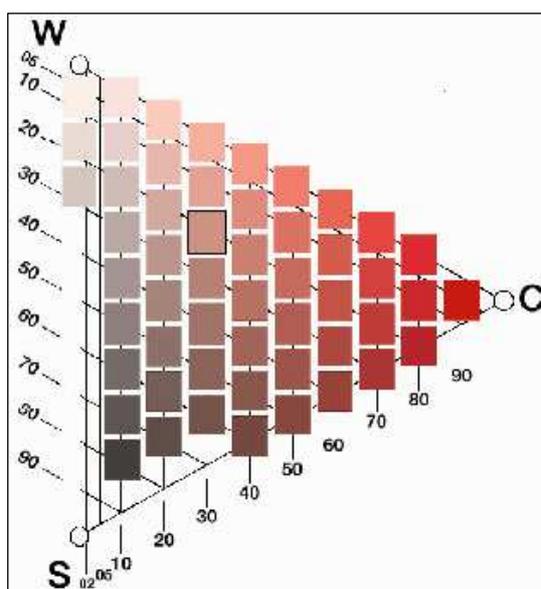


Figura 7 - Triângulo de cor NCS. Gradação 2030 [www.ncscolour.com]

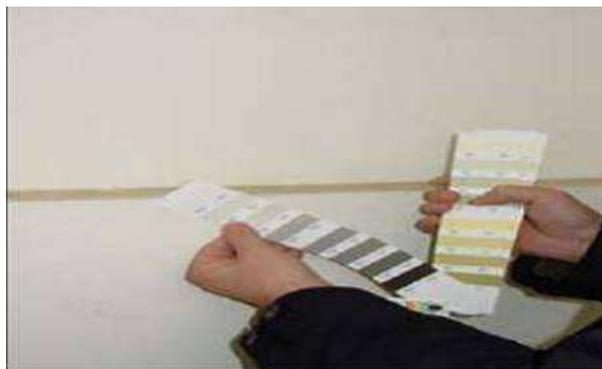


Figura 8 - Aspecto duma folha do catálogo de cor NCS

3. CONDIÇÕES DE AVALIAÇÃO SELECIONADAS

A avaliação da resistência à alteração de cor das tintas foi feita sujeitando provetes devidamente preparados a condições de envelhecimento natural e artificial acelerado e seguindo a evolução da cor por determinação das coordenadas cromáticas após períodos sucessivos de exposição.

O envelhecimento natural decorreu no terraço do LNEC, em Lisboa, ao longo de 2 anos.

O envelhecimento artificial acelerado foi realizado por exposição durante 1000 horas em três tipos de câmaras de envelhecimento, cada uma das quais com 3 condições de exposição diferentes:

Câmara QUV – exposição de acordo com a ISO 11507, método A, com lâmpadas do tipo II (UVA-340);

Câmara Climatrão – exposição de acordo com a EN ISO 11341:2004, método 1, ciclo A (contínuo);

Câmara Solarbox – exposição de acordo com a EN ISO 11341:2004, método 1, ciclo C (contínuo).

4. ESTUDO EXPERIMENTAL

A avaliação da resistência à alteração de cor foi feita da forma indicada nas secções seguintes.

4.1 Amostras e sua preparação

Foram estudadas 6 cores (bege, rosa, salmão, verde, encarnado, azul) com tonalidades previamente definidas, de tintas fornecidas por 5 fabricantes (Sika, Dyrup, Robbialac, CIN,

Barbot). A cada fabricante foi atribuído um código de I a V e cada uma das suas tintas foi identificada através desse código, de modo a apresentar os resultados sem nomear os fabricantes. A cor rosa não foi fornecida pelo fabricante V.

Como suportes para aplicação das tintas foram usados os seguintes materiais:

Placas de fibrocimento - provetes para exposição natural e nas câmaras QUV e Climatrão (xenotest);

Folhas Lenetta - provetes para exposição na câmara Solarbox.

Os provetes para exposição natural foram preparados por cada um dos fabricantes, por aplicação das suas próprias tintas em suportes de fibrocimento obtidos por corte a partir da mesma placa. Cada cor foi aplicada num suporte com dimensões de (30x15)cm, após aplicação de primário. Foi usado um primário fornecido pela firma Matesica (...) em metade do painel e na outra metade, cada fabricante aplicou o seu próprio primário. Foi também preparado um provete de menores dimensões (7x15) cm, seguindo a mesma metodologia, para ser conservado como provete “testemunho”.

Os provetes para envelhecimento artificial acelerado nas câmaras QUV e Climatrão foram preparados pelo LNEC, utilizando como primário o selante fornecido pela firma Matesica e placas de fibrocimento com dimensões (30x7,5) cm. O envelhecimento artificial acelerado na câmara Solarbox foi efectuado em provetes preparados pelo LNEC por aplicação das tintas directamente sobre folhas Lenetta.

Em todos os casos foram aplicadas 2 demãos de tinta, com o rendimento recomendado pelos fabricantes. No caso da cor vermelha, por possuir geralmente um poder de cobertura mais fraco, foi decidido proceder à aplicação de uma demão de tinta de cor branca (fornecida pelo próprio fabricante), antes das demãos necessárias da tinta vermelha.

No quadro 1 apresenta-se um resumo da identificação das tintas e códigos dos respectivos fabricantes. A tonalidade é referida recorrendo ao sistema de classificação NCS, indicando-se na última coluna os valores médios das coordenadas $L^*a^*b^*$ para cada cor, medidas com o iluminante padrão CIE D65 e o ângulo de observação de 10° , num aparelho espectrocolorímetro com geometria d/8.

Ao longo do texto a referência a cada uma das tintas é feita por indicação da sua cor (Bege, Rosa, Salmão, Encarnado e Azul) e respectivo fabricante (I, II, III, IV e V).

Quadro 1 – Identificação das tintas testadas

Cor	Tonalidade (sistema NCS)	Fabricantes	Coordenadas		
			L*	a*	b*
Bege	S 0505Y30R	I	92,14	0,41	11,07
		II	92,19	1,44	10,11
		III,	92	0,45	11,02
		IV	92,05	0,18	11,33
		V	93,41	0,84	12,44
Rosa	S 0515Y80R	I	85,4	9,29	9,85
		II	87,49	9,93	9,79
		III	88,23	10,02	10,08
		IV	87,99	8,41	10,48
Salmão	S 1030Y60R	I	76,56	16,95	22,58
		II	77,6	18,65	21,01
		III,	76,24	20,62	24,72
		IV	77,12	19,79	19,72
		V	77,07	20,57	24,49
Verde	S 1040G10Y	I	77,38	-24,98	17,18
		II	78,19	-26,11	14,54
		III,	77,7	-28,15	17,85
		IV	76,9	-25,59	13,09
		V	76,19	-26,53	18,97
Encarnado	S 1080Y90R	I	43,78	48,16	30,11
		II	48,73	51,43	31,05
		III,	45,18	45,87	26,33
		IV	46,45	49,92	28,58
		V	46,08	48,63	30,51
Azul	S 3050R80B	I	49,36	-2,14	-33,78
		II	46,29	-2,7	-30,95
		III,	46,9	-2,25	-31,34
		IV	47,1	-2,48	-30,66
		V	48,29	-2,07	-34,5

Na figura 9 apresenta-se o aspecto inicial dos provetes preparados pelo LNEC com placas de fibrocimento destinados a ensaio de envelhecimento artificial acelerado (QUV e Xenotest)

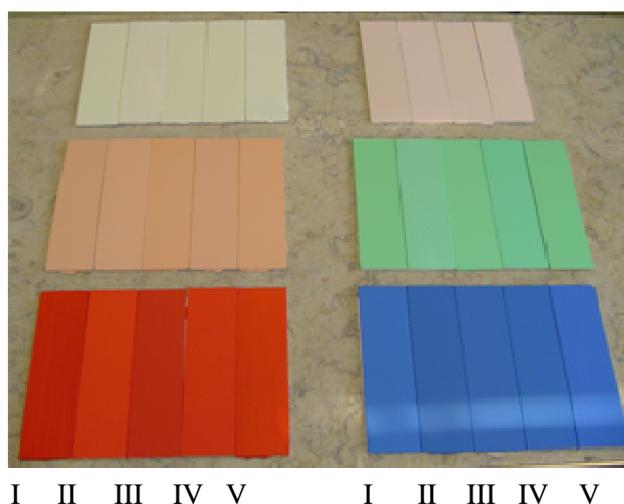


Figura 9 - Cores estudadas: tintas aplicadas sobre suportes de fibrocimento

4.2 Condições de ensaio

Os provetes com as tintas de várias cores foram submetidos a envelhecimento nas seguintes condições:

Envelhecimento natural exterior

Este ensaio foi realizado segundo a norma ISO 2810 de 2004 e decorreu na Estação Experimental de Lisboa, situada no terraço do LNEC. Este local tem uma latitude de 38,77° Norte e uma longitude de 9,13° Oeste, e encontra-se a cerca de 100 m acima do nível do mar. Os provetes foram expostos directamente à intempérie, com inclinação de 45° em relação ao horizonte e com a face voltada a sul, num ambiente urbano, conforme figura 10.



Figura 10 - Provetes expostos no terraço do LNEC

A exposição teve início em Outubro de 2005, tendo sido efectuadas medições de cor e observação visual aos 2, 4, 6, 8, 12, 17 e 24 meses de exposição.

Envelhecimento artificial acelerado em câmara QUV

Efectuada segundo a EN ISO 11507:2007 (e de acordo com a EN 1062-11, secção 4.2), nas seguintes condições:

Aparelho: Q.U.V.

Lâmpada: Q-Panel, tipo UV-A (340 nm)

Ciclo de ensaio: 4 horas de radiação seguidas de 4 horas de condensação

Temperatura no período de radiação, °C: 60 ± 3

Temperatura no período de condensação, °C: 50 ± 3

Duração: 1000 horas

Envelhecimento artificial acelerado em câmara Climatrão (xenotest)

Efectuada de acordo com o descrito no método 1 da norma EN ISO 11341:2004 nas seguintes condições:

Aparelho: Câmara ARALAB modelo 600 EDTU

Radiómetro: para medição da irradiância entre 300-400 nm e a 340 nm

Lâmpada: Arco de Xenón

Filtros interior e exterior: borossilicato

Irradiância, E, a 340 nm: 0,51 W/m².nm

Temperatura negra padrão, °C: 65 ± 2

Ciclo de ensaio: A contínuo, com ciclos de 18 min. chuva e 102 min. seco

Condições de temperatura (T), e humidade relativa (HR) do ar no interior da câmara (valores médios) durante o período seco: T = 38±3°C; HR = 50±10%

Tempo total de exposição, h: 1000h

Envelhecimento artificial acelerado em câmara Solarbox

Efectuada de acordo com o descrito no método 1 da norma EN ISO 11341:2004 (sem aspersão de água) nas seguintes condições:

Aparelho: Câmara SOLARBOX 3000e

Radiómetro: para medição da irradiância entre 300-400 nm

Lâmpada: Arco de Xenón

Filtro: "day light"

Irradiância, E, a 340 nm: 0,51 W/m².nm

Temperatura negra padrão, °C: 65 ± 2

Ciclo de ensaio: C contínuo, sem molhagem

Condições de temperatura (T), e humidade relativa (HR) do ar no interior da câmara (valores médios): T = 27 a 34°C; HR = 32 a 43%

Tempo total de exposição, h: 1000

5. RESULTADOS E SUA APRECIACÃO

5.1 Envelhecimento natural exterior

Os provetes sujeitos a envelhecimento natural foram recolhidos periodicamente, para observação visual e determinação das coordenadas cromáticas.

5.1.1 Observação visual

A observação visual dos provetes permitiu constatar que, em alguns casos, as alterações de aspecto verificadas nos dois lados do mesmo provete eram diferentes (função do tipo de primário aplicado – do próprio fabricante, ou da Matesica). As principais diferenças deviam-se a:

- Retenção de sujidade diferenciada – superior do lado do primário do próprio fabricante, em alguns casos;
- Aparecimento de manchas esbranquiçadas à superfície, do lado do primário do próprio fabricante, com o consequente “aclaramento” da cor. Em alguns casos este efeito desaparecia ao fim de alguns meses.

A observação dos provetes foi efectuada periodicamente tendo sido atribuída uma classificação das alterações detectadas numa escala de 0 a 10, de acordo com o seguinte critério:

10 = Nada	6 = Leve a médio	2 = Muito acentuado
9 = Leves vestígios	5 = Médio	1 = Severo
8 = Vestígios	4 = Médio a acentuado	0 = Destruição total
7 = Leve	3 = Acentuado	

As alterações avaliadas foram as seguintes: C - Alteração de cor; M - Manchas; R - Retenção de sujidade.

Nas figuras 3 a 7 representa-se graficamente o resultado dessa observação, para cada uma das 6 cores de cada fabricante, em cada um dos lados do provete (a) e (b), sendo (a) o lado do provete com o primário do próprio fabricante e (b) o lado com o primário da Matesica.

Na figura 11 respeitante à cor Bege observa-se principalmente que:

- O Bege do fabricante II, do lado do próprio primário, apresenta uma muito maior retenção de sujidade do que no lado do primário da Matesica, sendo essa sujidade a principal causa da alteração de cor detectada visualmente;
- No Bege do fabricante I, do lado do próprio primário, aparecem manchas esbranquiçadas mais evidentes a partir dos 4 meses de exposição; aos 17 meses de exposição não se detectam manchas e já não existe uma diferença apreciável entre os dois lados do provete.
- Nos fabricantes III, IV e V não se detectam diferenças entre os dois lados do provete; as alterações mais pronunciadas na cor e na retenção de sujidade são detectadas no fabricante V; em geral, nestes 3 fabricantes, a retenção de sujidade é a principal causa da alteração de cor detectada visualmente.

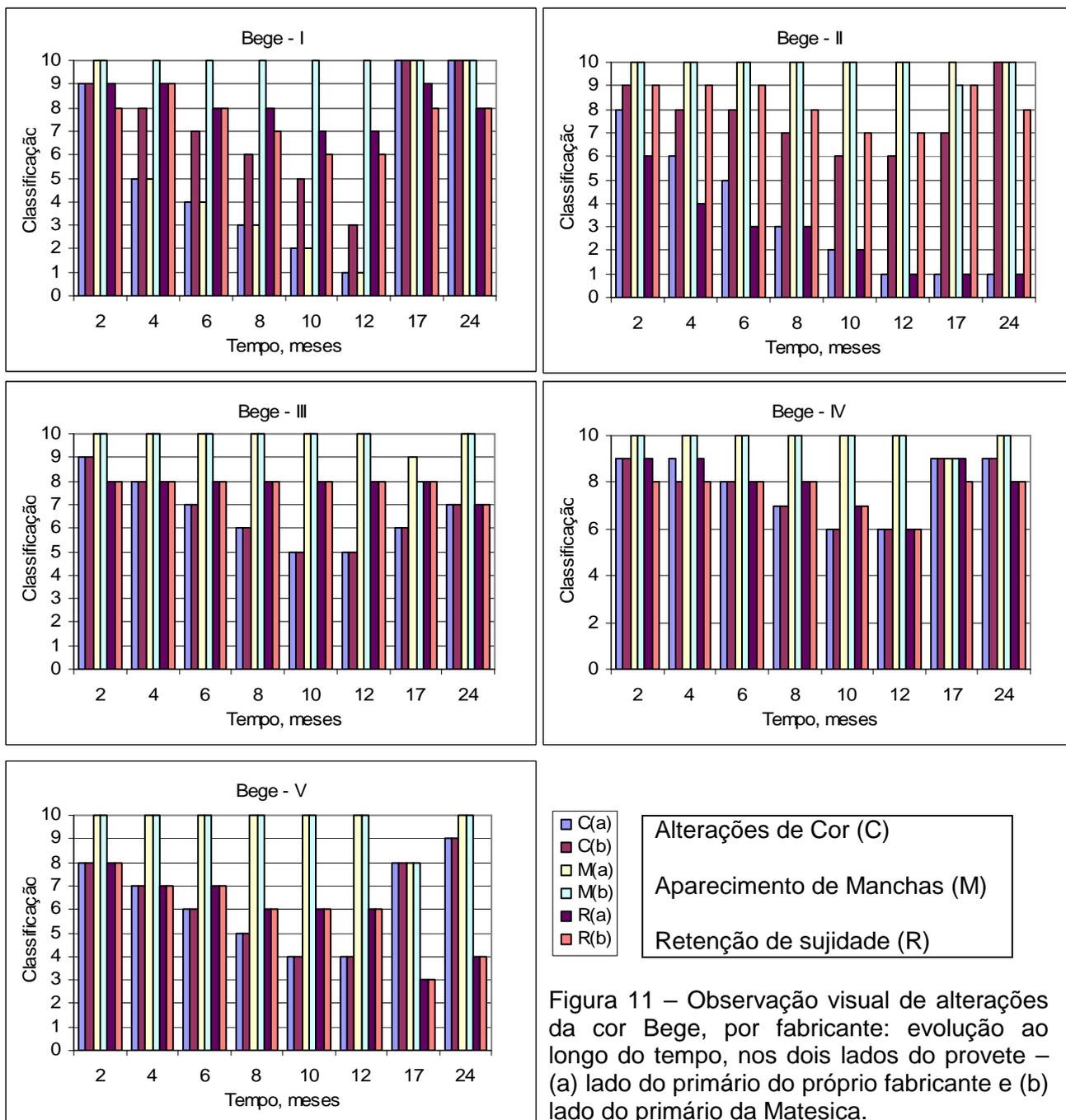


Figura 11 – Observação visual de alterações da cor Bege, por fabricante: evolução ao longo do tempo, nos dois lados do provete – (a) lado do primário do próprio fabricante e (b) lado do primário da Matesica.

Na figura 12 respeitante à cor Rosa observa-se principalmente que:

- No fabricante II, do lado do próprio primário, a cor Rosa apresenta uma muito maior retenção de sujidade do que no lado do primário da Matesica (a partir dos 17 meses, a cor devido a essa sujidade, está totalmente alterada); do lado do primário da Matesica, a alteração de cor é semelhante à detectada nos fabricantes I e IV;
- No fabricante I, a retenção de sujidade do lado do primário da Matesica é ligeiramente superior à verificada no lado do próprio primário; este fabricante apresenta de modo geral **a menor alteração de cor**;

- No fabricante III não se detectam diferenças (cor e retenção de sujidade) entre os dois lados do provete; este fabricante apresenta em geral a **maior alteração da cor Rosa** do lado do primário da Matesica.

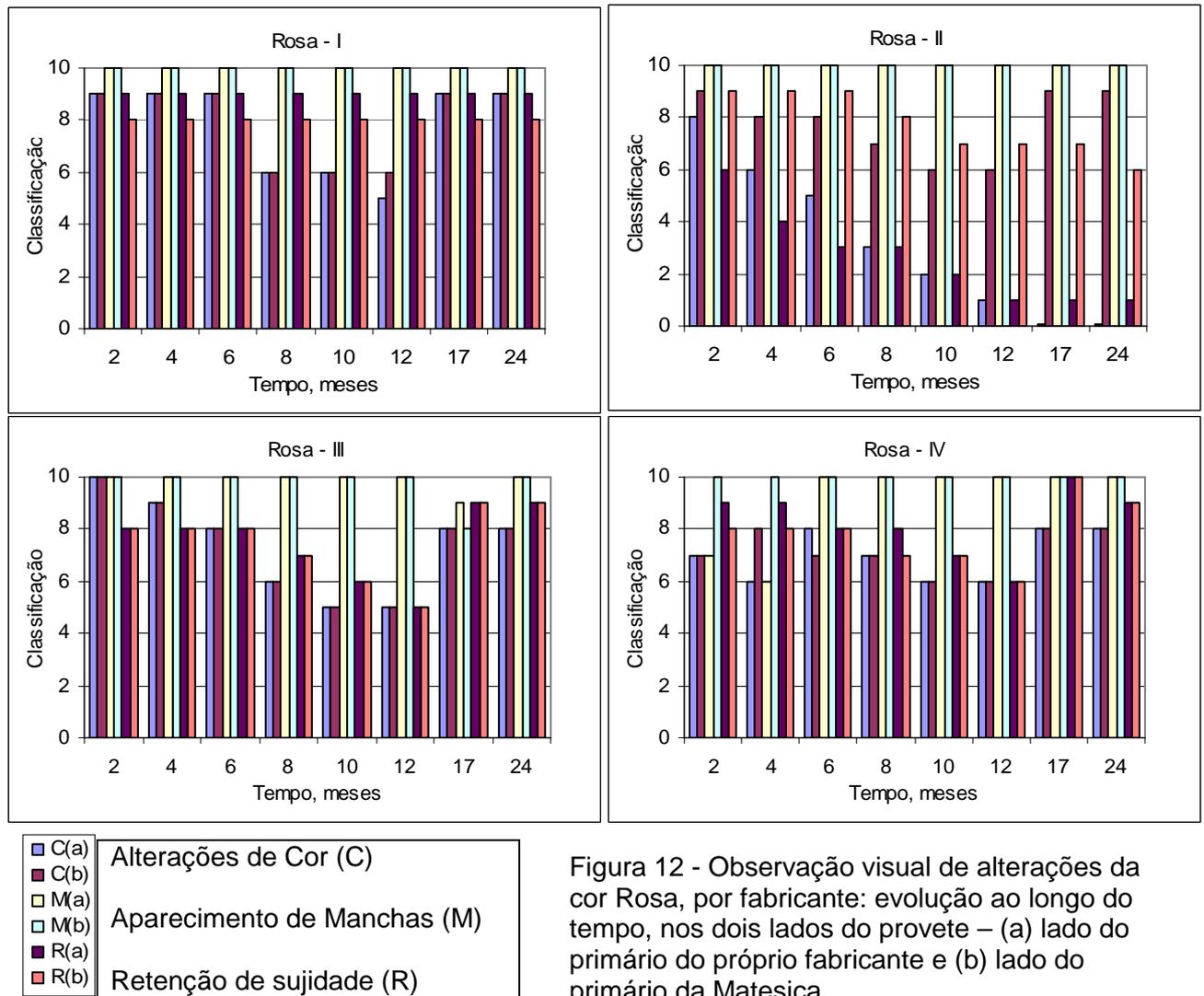


Figura 12 - Observação visual de alterações da cor Rosa, por fabricante: evolução ao longo do tempo, nos dois lados do provete – (a) lado do primário do próprio fabricante e (b) lado do primário da Matesica.

Na figura 13 respeitante à cor Salmão observa-se principalmente que:

- No fabricante II, do lado do próprio primário, a cor Salmão apresenta uma muito maior retenção de sujidade do que no lado do primário da Matesica, contribuindo essa sujidade para a alteração de cor detectada visualmente; do lado do primário da Matesica, a alteração de cor é semelhante à detectada no fabricante I e IV;
- No fabricante I, do lado do próprio primário, aparecem manchas esbranquiçadas mais evidentes a partir dos 4 meses de exposição; aos 24 meses de exposição não se detectam manchas e já não existe uma diferença apreciável entre os dois lados do provete;

- No fabricante I, a retenção de sujidade do lado do primário da Matesica é ligeiramente superior à verificada no lado do próprio primário; este fabricante apresenta a **maior alteração de cor**;

- Nos fabricantes III, IV e V não se detectam diferenças (cor e retenção de sujidade) entre os dois lados do provete; o fabricante IV apresenta a **menor alteração de cor**.

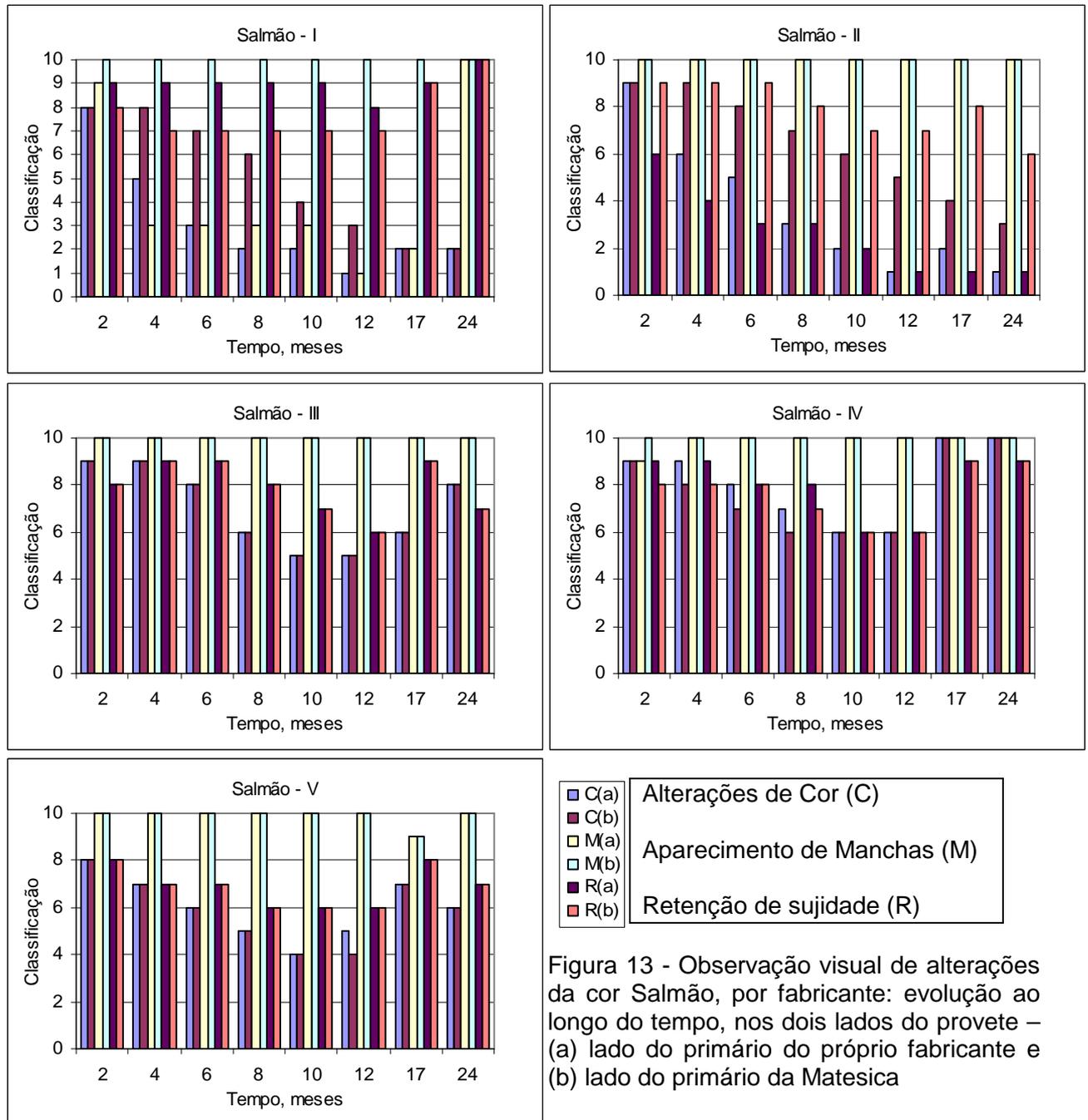


Figura 13 - Observação visual de alterações da cor Salmão, por fabricante: evolução ao longo do tempo, nos dois lados do provete – (a) lado do primário do próprio fabricante e (b) lado do primário da Matesica

Na figura 14 respeitante à cor Verde observa-se principalmente que:

- No fabricante II, do lado do próprio primário, a cor Verde apresenta uma muito maior retenção de sujidade do que no lado do primário da Matesica, contribuindo essa sujidade para

a alteração de cor detectada visualmente; do lado do primário da Matesica, a alteração de cor não é tão acentuada;

- No fabricante I, a retenção de sujidade do lado do primário da Matesica é ligeiramente superior à verificada no lado do próprio primário;

- Os fabricantes I e III apresentam a **maior alteração de cor**;

- Nos fabricantes III, IV e V não se detectam diferenças (cor e retenção de sujidade) entre os dois lados do provete;

- O fabricante IV apresenta a **menor alteração de cor**.

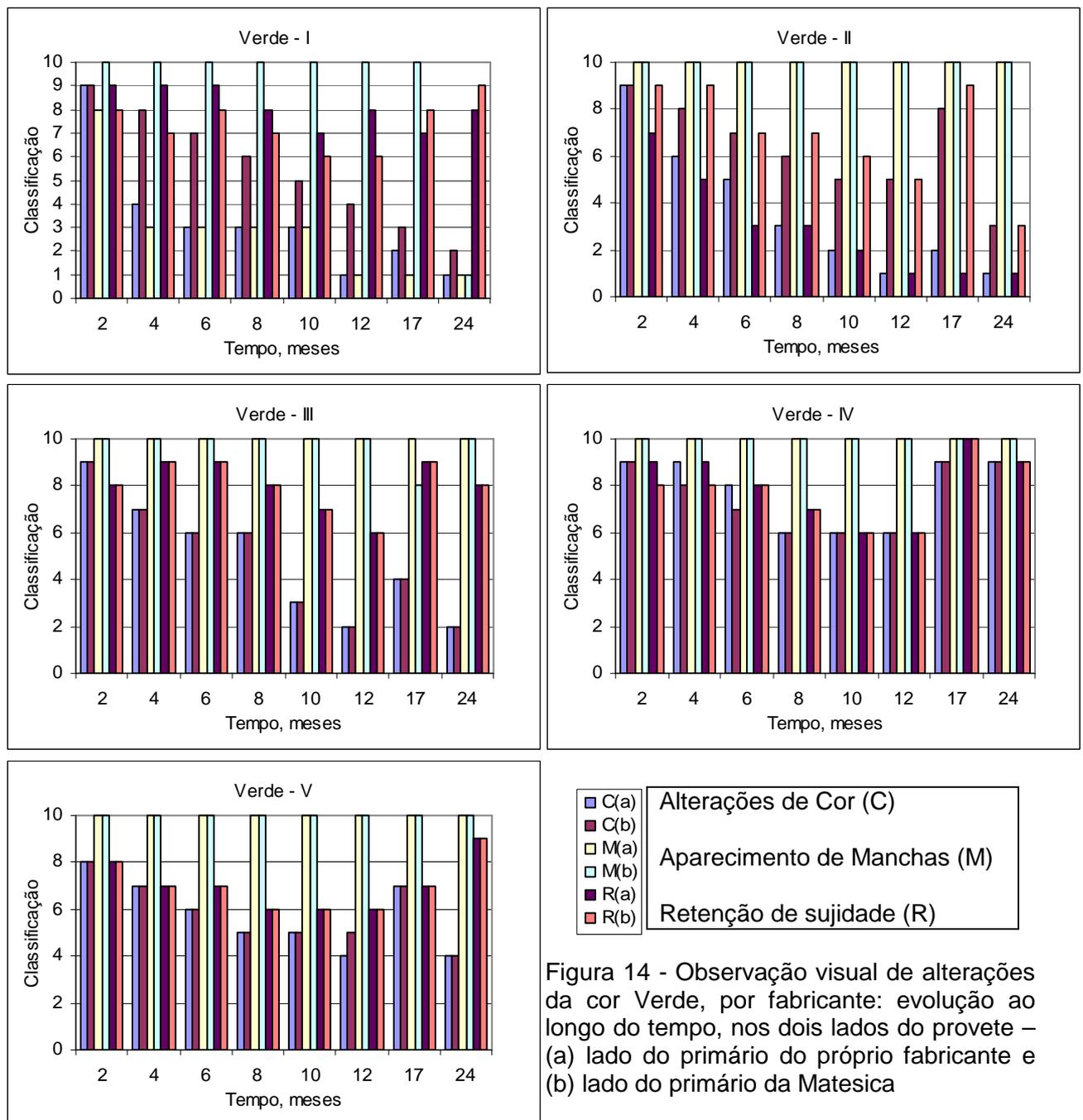


Figura 14 - Observação visual de alterações da cor Verde, por fabricante: evolução ao longo do tempo, nos dois lados do provete – (a) lado do primário do próprio fabricante e (b) lado do primário da Matesica

Na figura 15 respeitante à cor Encarnado observa-se principalmente que:

- No fabricante II, do lado do próprio primário, a cor Encarnada apresenta uma muito maior retenção de sujidade do que no lado do primário da Matesica, contribuindo essa sujidade para a alteração de cor detectada visualmente; do lado do primário da Matesica, a alteração de cor não é tão acentuada, apresentando o segundo melhor comportamento;
- O fabricante III apresenta a **maior alteração de cor** - ao fim de 17 meses a cor está totalmente degradada; o fabricante I apresenta também uma alteração de cor muito acentuada ao longo do tempo; o fabricante V apresenta o melhor comportamento - **menor alteração de cor**.
- Nos fabricantes I, III e V não se detectam diferenças (cor e retenção de sujidade) entre os dois lados do provete;

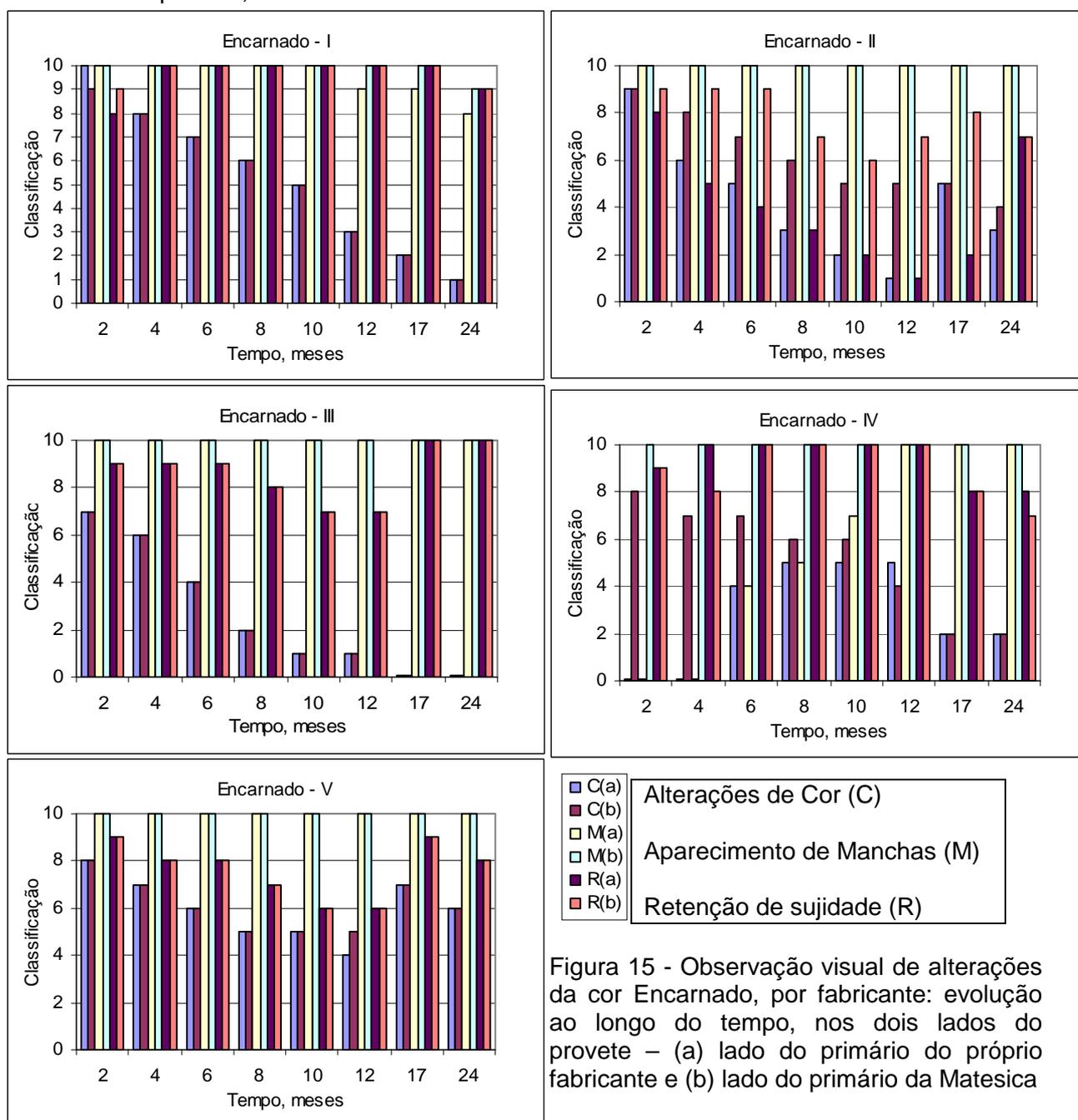


Figura 15 - Observação visual de alterações da cor Encarnado, por fabricante: evolução ao longo do tempo, nos dois lados do provete – (a) lado do primário do próprio fabricante e (b) lado do primário da Matesica

Na figura 16 respeitante à cor Azul observa-se principalmente que:

- No fabricante II, do lado do próprio primário, a cor Azul apresenta uma muito maior retenção de sujidade do que no lado do primário da Matesica, contribuindo essa sujidade para a alteração de cor detectada visualmente; do lado do primário da Matesica, a alteração de cor não é tão acentuada;
- Os fabricantes I e V apresentam a **maior alteração de cor**; o fabricante IV apresenta a **menor alteração de cor**; a segunda melhor retenção de cor é a do fabricante III.
- Nos fabricantes I, III e V (e IV, a partir dos 10 a 12 meses) não se detectam diferenças apreciáveis (cor e retenção de sujidade) entre os dois lados do provete;

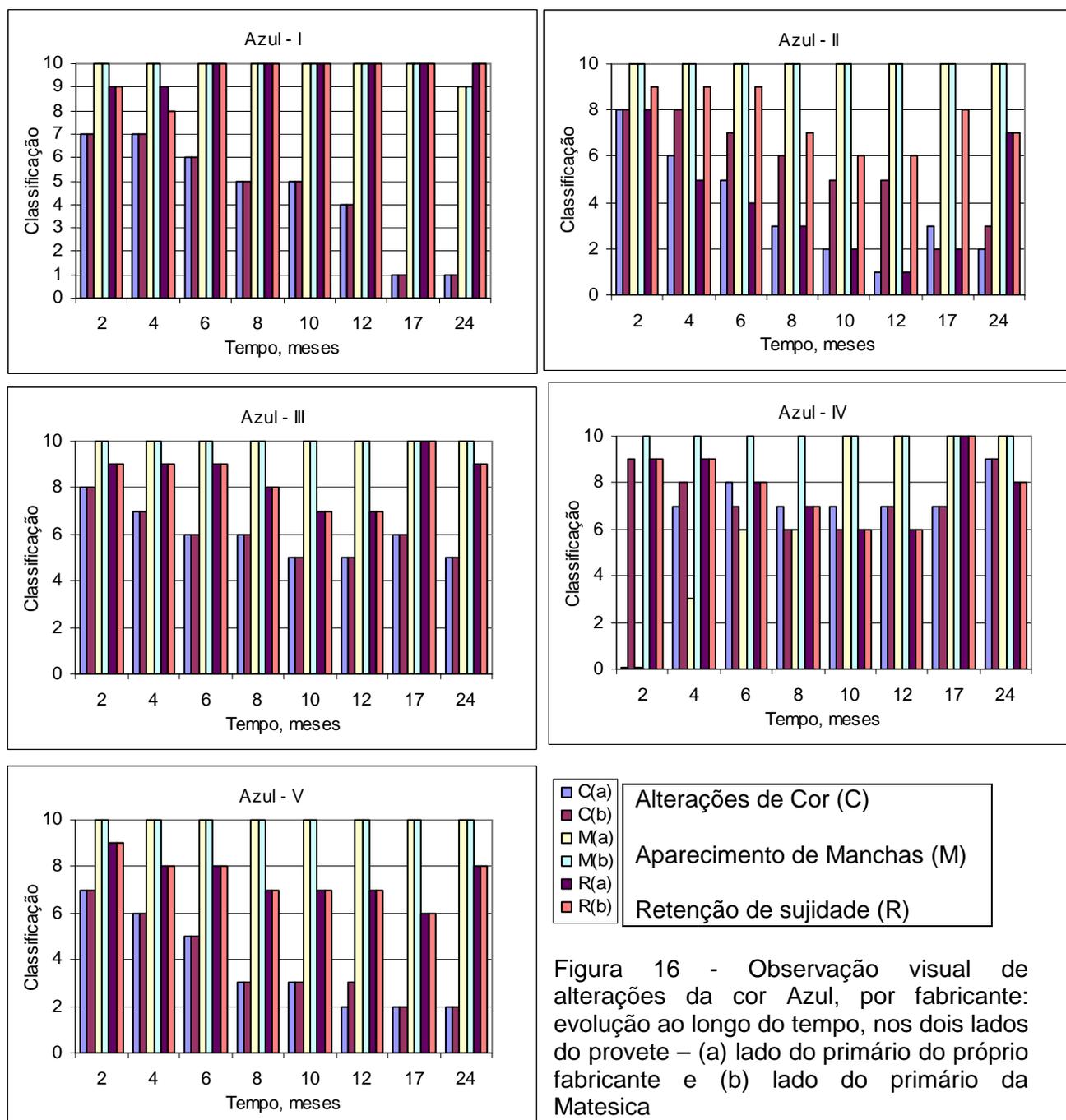


Figura 16 - Observação visual de alterações da cor Azul, por fabricante: evolução ao longo do tempo, nos dois lados do provete – (a) lado do primário do próprio fabricante e (b) lado do primário da Matesica

Na figura 17 pode observar-se o aspecto das várias cores dos provetes após 4, 8 e 12 meses de exposição.

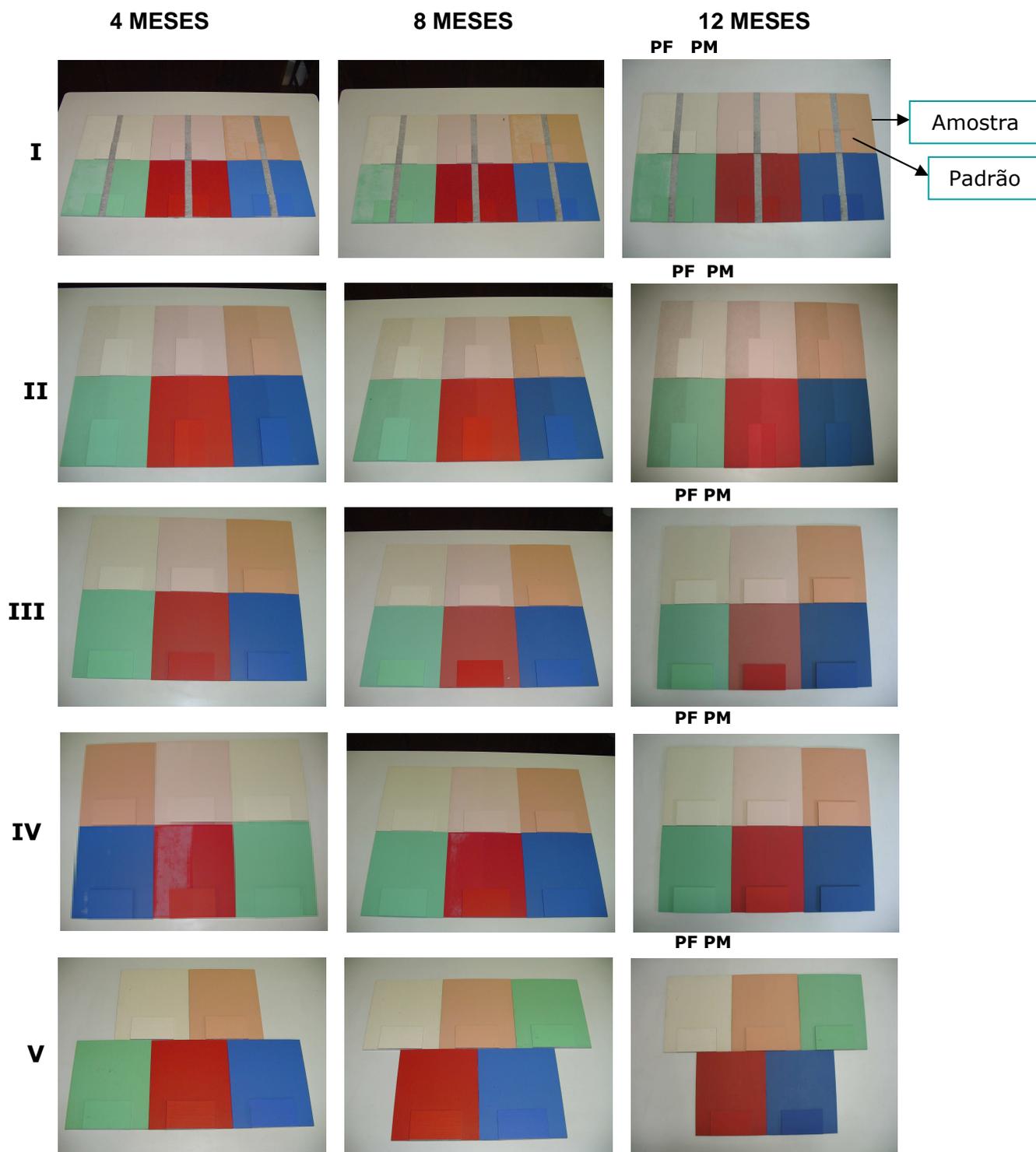


Figura 17 - Aspecto dos provetes após 4, 8 e 12 meses de exposição natural: lado esquerdo de cada cor – primário do próprio fabricante (PF); lado direito – primário da Matesica (PM)

Observando as fotos da figura 17, confirma-se que no fabricante II, do lado do próprio primário, há uma retenção de sujidade mais intensa do que do lado do primário da Matesica e que no fabricante IV, em algumas cores (especialmente vermelho e azul) aparecem manchas esbranquiçadas do lado do próprio primário. Estas manchas vão-se atenuando ao longo do tempo e após 12 meses já não são visíveis.

Verifica-se ainda que as cores que mais se alteram são o vermelho do fabricante III e o azul do fabricante V.

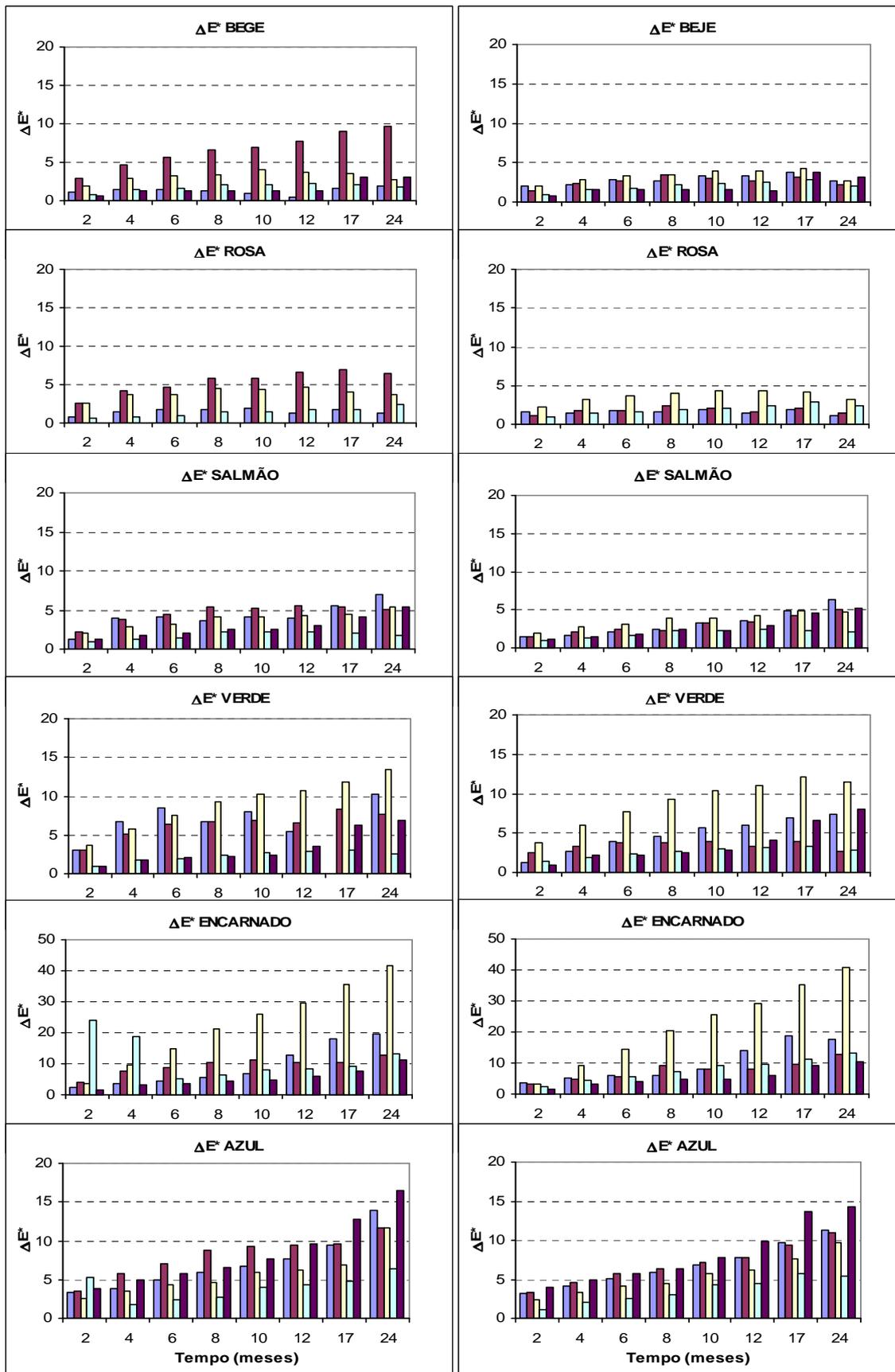
4.1.2 Determinação de coordenadas cromáticas

A determinação das coordenadas cromáticas foi efectuada após limpeza da superfície exposta com água desmineralizada e a ajuda de um pincel de cerdas macias, a fim de retirar poeiras e outras sujidades depositadas. Antes da leitura, removeu-se o excesso de água com papel absorvente e secaram-se os provetes durante 24 horas numa sala condicionada a 23°C e 50% HR.

As coordenadas cromáticas foram determinadas nos dois lados dos provetes, correspondentes às duas aplicações com primários diferentes: primário da firma Matesica e primário do próprio fabricante. As leituras efectuadas do lado do primário do fabricante estão identificadas por (a) e as do lado do primário fornecido pela Matesica por (b).

No Anexo I apresentam-se os gráficos comparativos da evolução das coordenadas $L^*a^*b^*$ e das diferenças ΔE^* , ΔL^* , Δa^* e Δb^* , para cada cor e fabricante. Nos quadros ... do Anexo I apresentam-se os valores das diferenças ΔL^* , Δa^* , Δb^* , ΔE^* , obtidas após os sucessivos períodos de exposição, para cada cor e fabricante, relativamente aos valores das coordenadas cromáticas iniciais.

Na figura 18 pode visualizar-se a evolução do ΔE^* de cada cor e fabricante e na figura 19 apresentam-se, para cada fabricante, gráficos comparativos da evolução do ΔE^* de todas as suas cores expostas ao longo de dois anos.



(a)

(b)

Figura 18 – Evolução de ΔE^* de cada cor por exposição natural – cores Bege, Rosa, Salmão, Verde, Encarnado, dos fabricantes I a V - medições sobre no lado do primário do próprio fabricante (a) e da Matesica (b).

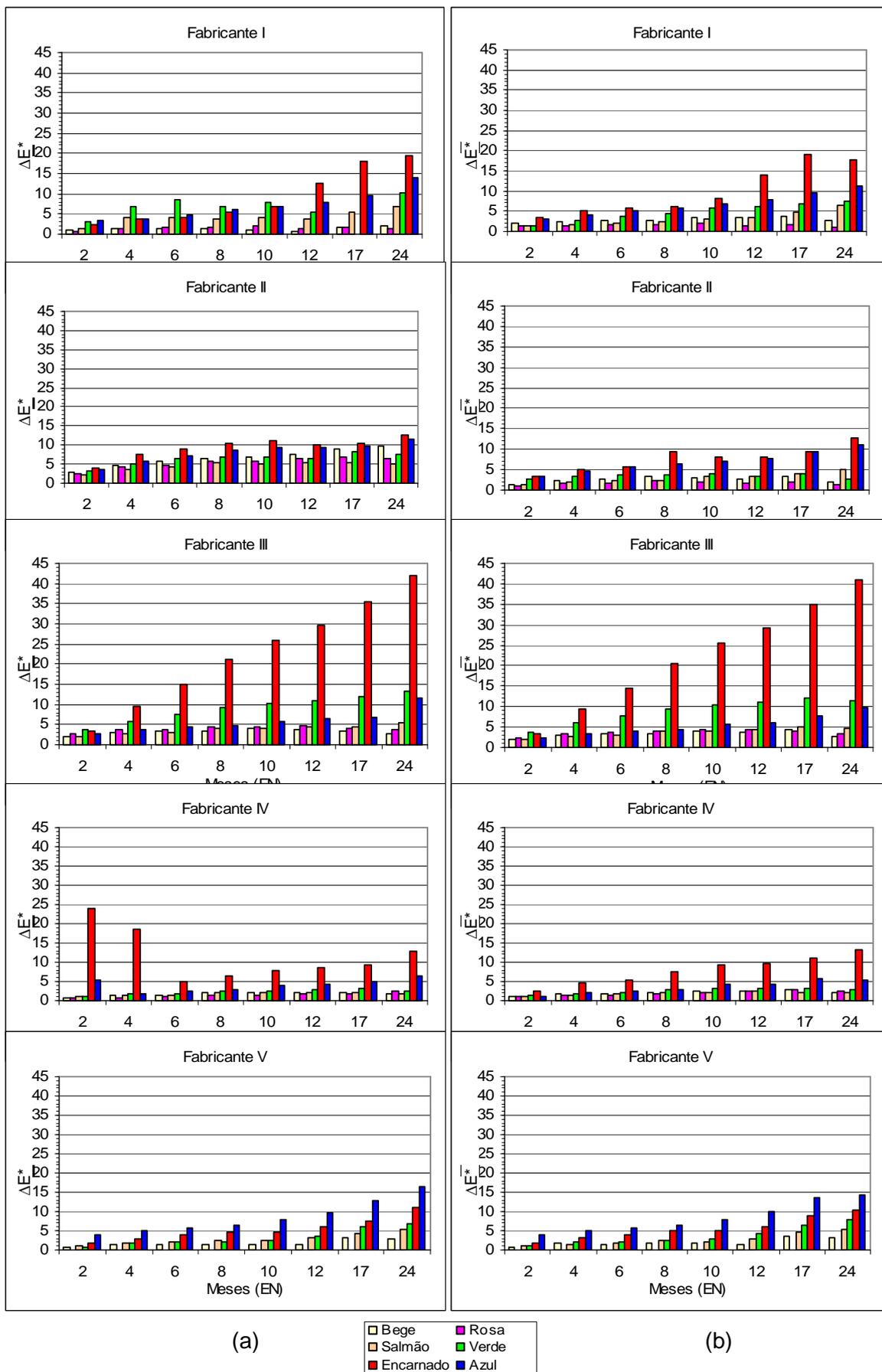


Figura 19 - Evolução de ΔE^* do conjunto de cores de cada fabricante, por exposição natural – medições no lado com o primário do próprio fabricante (a) e da Matesica (b).

Analisando os valores de ΔE^* apresentados nas figuras 18 e 19 e tendo em conta os resultados da observação visual apresentados nas figuras 3 a 8, pode afirmar-se que:

- todas as cores do fabricante II, do lado do próprio primário, por apresentarem uma retenção de sujidade bastante superior à verificada do lado do primário da firma Matesica, apresentam também valores superiores de ΔE^* ;
- as cores vermelha e azul do fabricante IV, do lado do próprio primário, por apresentarem manchas esbranquiçadas durante os primeiros 8 a 10 meses de exposição (veja-se figuras 7 e 8), as quais se vão atenuando gradualmente, dão origem a valores de ΔE^* elevados nos primeiros meses; após esse tempo, o aspecto visual dos dois lados do provete é mais aproximado um do outro;
- os fabricantes I, III e V não apresentam diferenças assinaláveis de comportamento das suas cores, em função do primário usado;
- as cores azul e vermelha dos fabricantes I, II, IV e V são as que sofrem a maior alteração;
- as cores verde e vermelha do fabricante III são as que sofrem maior alteração; na cor vermelha deste fabricante a degradação é severa ao fim de cerca de 1 ano e total aos 2 anos;
- o primário da firma Matesica permite obter uma uniformização do substrato que possibilita a comparação do comportamento das várias cores dos diferentes fabricantes, sem a influência da ocorrência de fenómenos relacionados com a humedificação do suporte (exsudação de sais), ou com a retenção de sujidade.

Atendendo apenas à alteração das cores de todos os fabricantes verificada no lado do primário da Matesica, os valores máximos e mínimos das diferenças de coordenadas cromáticas e total de cor aos 12 e 24 meses são os apresentados no quadro 2.

Quadro 2 – Diferenças de coordenadas cromáticas e total de cor – valores máximos e mínimos aos 12 e 24 meses de exposição natural

	12 meses								24 meses							
	menor				Maior				Menor				Maior			
	ΔE^*	ΔL^*	Δa^*	Δb^*	ΔE^*	ΔL^*	Δa^*	Δb^*	ΔE^*	ΔL^*	Δa^*	Δb^*	ΔE^*	ΔL^*	Δa^*	Δb^*
Bege	1,5 (V)	-1,4 (V)	0,1 (I)	0,3 (I)	3,9 (III)	-3,8 (III)	-0,9 (V)	1,5 (II)	2,0 (IV)	-1,5 (II)	-0,1 (I)	-0,3 (V)	3,2 (V)	-3,1 (V)	-0,8 (V)	1,5 (II)
Rosa	1,4 (I)	-1,0 (I)	0,2 (V)	0,0 (I)	4,3 (III)	-3,7 (III)	-2,1 (III)	0,8 (V)	1,2 (I)	-0,5 (II)	-0,3 (I)	-0,2 (II)	3,3 (III)	-1,9 (III)	-2,5 (III)	-2,0 (IV)
Salmão	2,5 (IV)	-0,2 (II) 0,2 (V)	-0,2 (IV)	-0,1 (IV)	4,2 (III)	-2,4 (IV)	-3,4 (I)	-2,2 (III)	2,1 (IV)	0,1 (III)	-1,6 (IV)	-0,3 (II)	6,4 (I)	1,5 (I)	-6,0 (I)	-2,5 (V)
Verde	3,1 (IV)	0,6 (V)	1,1 (IV)	0,0 (II)	11,0 (III)	-2,9 (IV)	3,0 (V)	-9,0 (III)	2,8 (II e IV)	-0,4 (I)	1,3 (II)	-0,3 (IV)	11,6 (III)	-2,0 (II)	6,9 (III)	-9,2 (III)
Encarnado	6,0 (V)	0,7 (V)	-4,1 (IV)	-3,8 (V)	29,2 (III)	13,2 (III)	-23,5 (III)	-11,2 (III)	10,4 (V)	0,2 (IV)	-7,0 (IV)	-3,0 (II)	40,9 (III)	21,0 (III)	-32,3 (III)	-13,8 (III)
Azul	4,4 (IV)	0,4 (III)	-1,8 (IV)	4,0 (IV)	9,8 (V)	5,4 (V)	-4,6 (V)	7,0 (II)	5,4 (IV)	1,3 (IV)	-2,5 (IV)	4,6 (IV)	14,2 (V)	9,8 (V)	-5,3 (V)	8,9 (V)

5.2 Envelhecimento artificial acelerado

Os provetes de fibrocimento pintados destinados a envelhecimento artificial nas câmaras QUV e *Xenotest* foram expostos durante 1000 horas, efectuando leituras periódicas de cor às 100, 250, 500, 750 e 1000 h. Antes da exposição, cobriu-se 1/6 do provete com um material opaco, de modo a manter uma zona do provete não exposta à radiação. Depois de cada medição periódica, foram-se cobrindo áreas sucessivas de cada provete para obter, no final da exposição, uma percepção visual da evolução da cor ao longo do tempo de exposição. Nas figuras 20 e 21 apresenta-se o aspecto dos provetes das cores que sofreram maior alteração (encarnada e azul) de cada um dos fabricantes, após exposição a períodos sucessivos nas câmaras *Xenotest* e QUV.

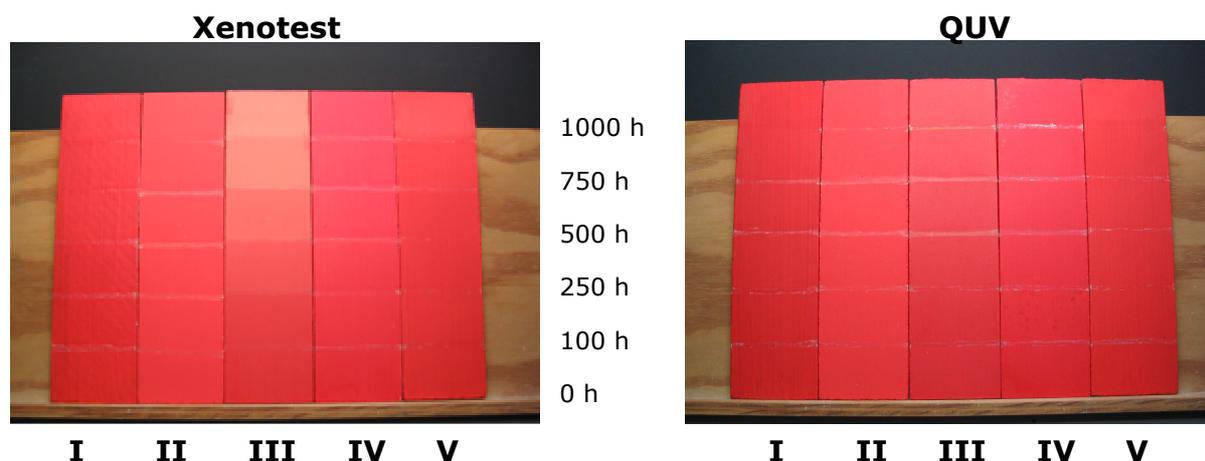


Figura 20 - Provetes da cor Encarnada após exposição nas câmaras *XENOTEST* e *QUV*.

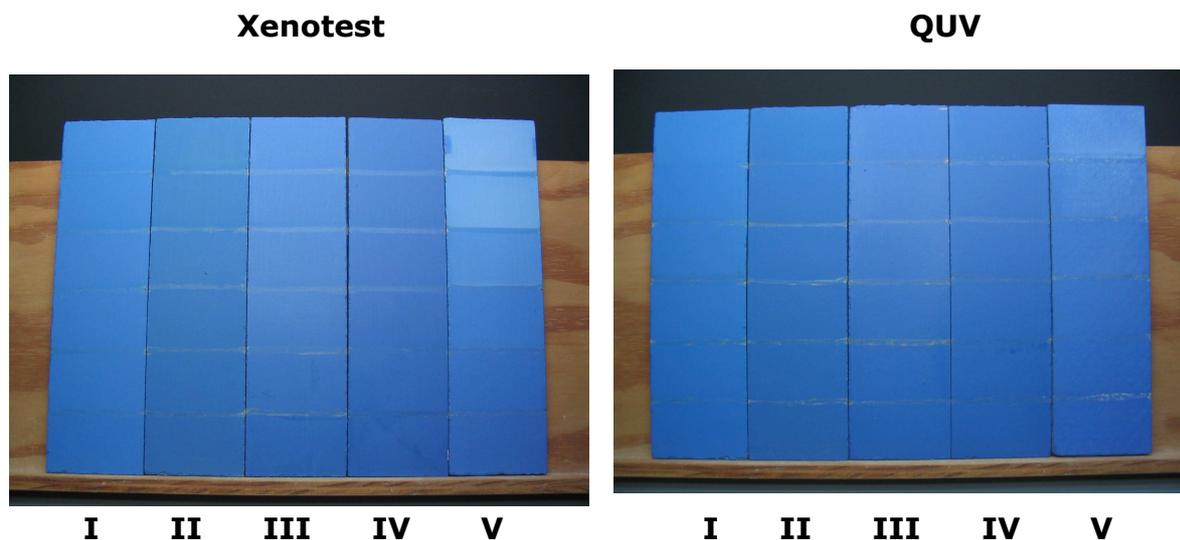


Figura 21 - Provetes da cor Azul após exposição nas câmaras *XENOTEST* e *QUV*.

O envelhecimento na câmara Solarbox decorreu durante 1000 horas, tendo sido expostos 5 provetes de cada cor e fabricante, que foram sendo retirados sucessivamente às 100, 250, 500, 750 e 1000 h de exposição, para medição de cor. Na figura 22 apresenta-se o aspecto dos provetes de cor encarnada e azul de cada um dos fabricantes, após exposição a períodos sucessivos na câmara Solarbox.

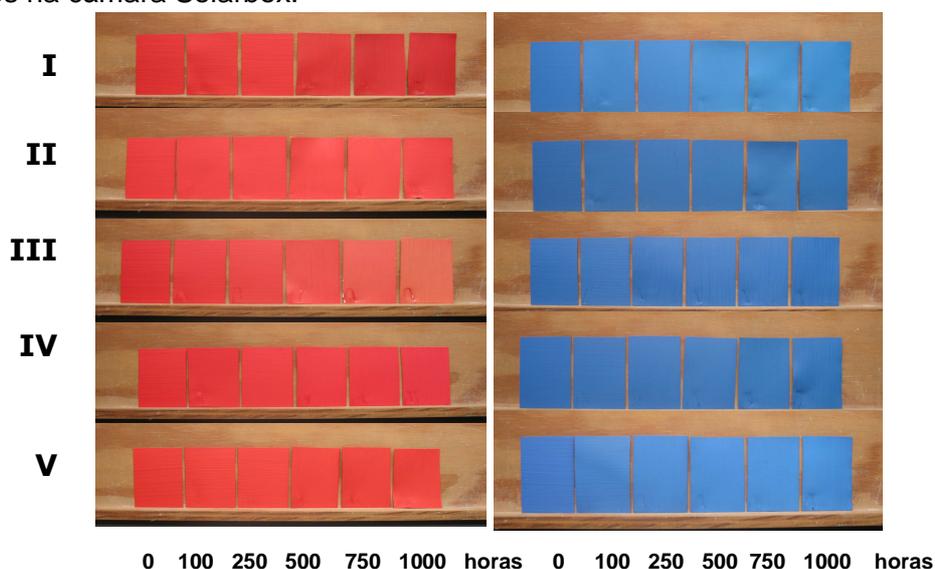


Figura 22 - Provete da cor Encarnada e Azul após exposição na câmara *SOLARBOX*.

Foi feita também a observação visual da alteração de cor de modo a atribuir a classificação numa escala de 0 a 10 com o critério indicado anteriormente na secção 4.1.1. Nas secções 4.2.1 e 4.2.2 apresenta-se o resultado das medições de cor e da observação visual.

5.2.1 Medição de cor

5.2.1.1 Xenotest

Na figura 23 pode visualizar-se a evolução do ΔE^* de cada cor e fabricante e na figura 24 apresentam-se, para cada fabricante, gráficos comparativos da evolução do ΔE^* de todas as suas cores expostas ao longo de 1000 horas.

No Anexo B apresentam-se os gráficos comparativos da evolução das coordenadas $L^*a^*b^*$ e das diferenças ΔE^* , ΔL^* , Δa^* e Δb^* , para cada cor e fabricante. Nos quadros ... do Anexo A apresentam-se os valores das diferenças ΔL^* , Δa^* , Δb^* , ΔE^* , obtidas após os sucessivos períodos de exposição, para cada cor e fabricante, relativamente aos valores das coordenadas cromáticas iniciais.

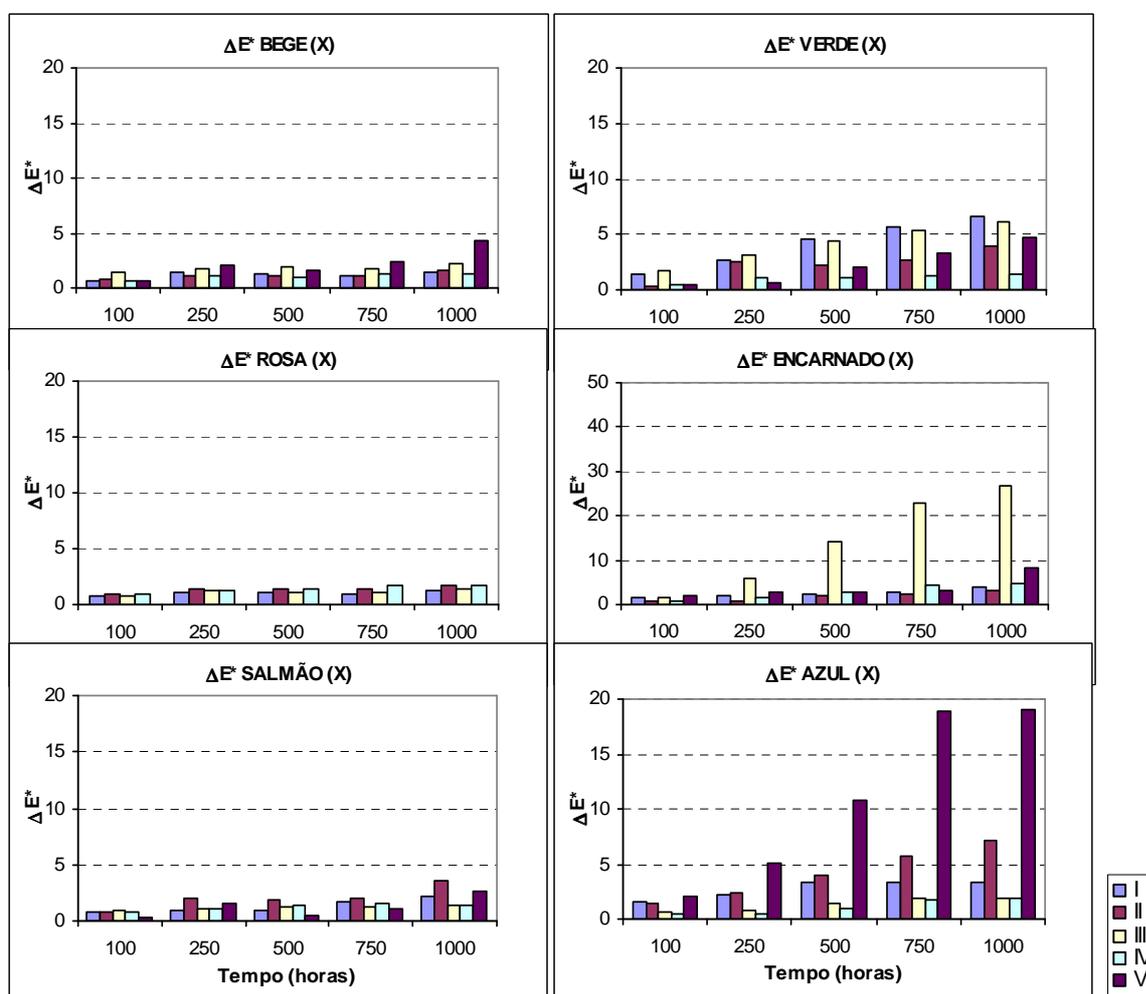


Figura 23 – Evolução de ΔE^* de cada cor por exposição na câmara Xenotest – cores Bege, Rosa, Salmão, Verde, Encarnado e Azul dos fabricantes I a V

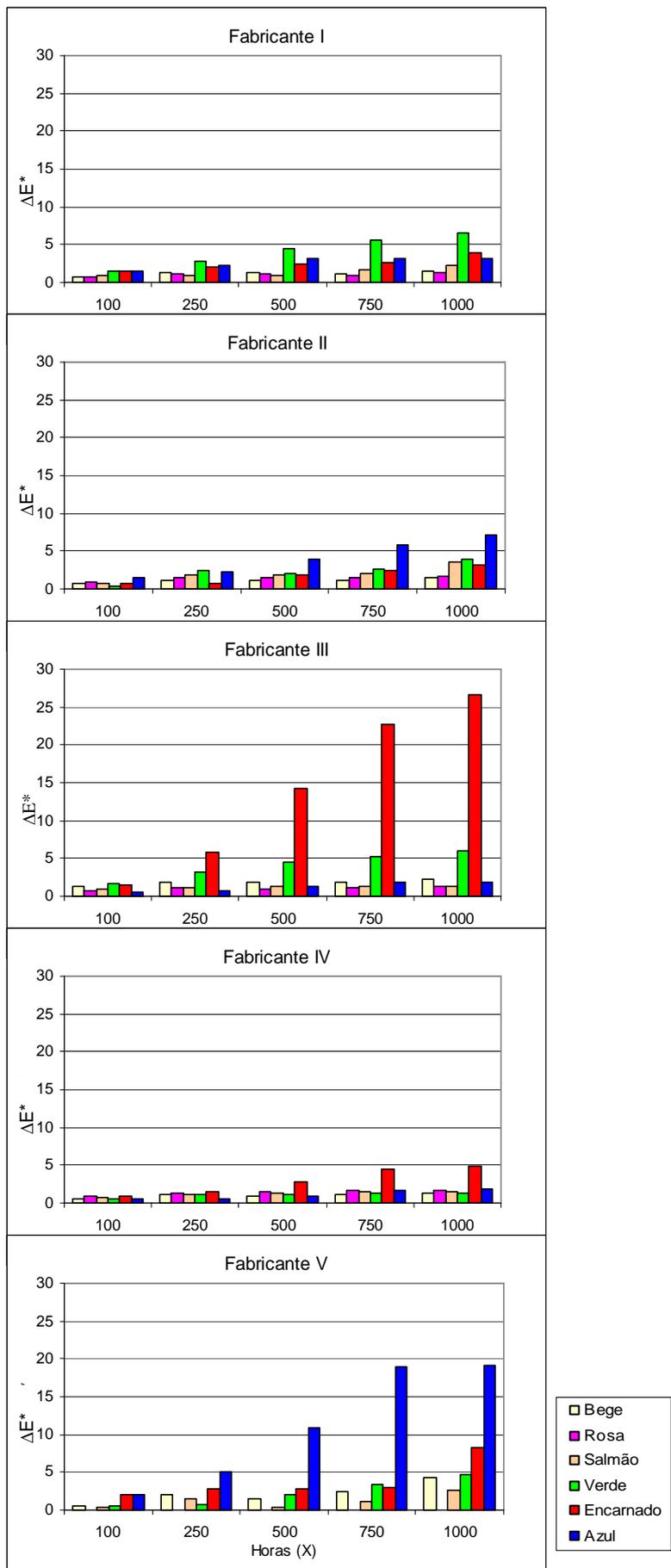


Figura 24 - Evolução de ΔE^* do conjunto de cores de cada fabricante, por exposição na câmara Xenotest

Analisando os valores de ΔE^* apresentados nas figuras 23 e 24, pode afirmar-se que após 1000 h de envelhecimento (xenotest):

- As cores bege, rosa e salmão são as que apresentam as menores diferenças totais de cor – os valores de ΔE^* atingem no máximo um valor de 2, com exceção do bege do fabricante V com um valor de 4 e do salmão dos fabricantes II e V com valores de ΔE^* de 3,5 e 2,7 respectivamente.
- A cor verde de quatro dos fabricantes apresenta um ΔE^* entre 4 e 7 – no caso do fabricante IV o valor é próximo de 1.
- As cores vermelha e azul apresentam diferenças mais acentuadas de comportamento conforme o fabricante:

Vermelho – o valor de ΔE^* está entre 3 e 5 (fabricantes I, II e IV). O vermelho do fabricante V apresentou uma alteração de cor superior (ΔE^* de 8). A mais forte alteração de cor aconteceu com o vermelho do fabricante III, com uma diferença total de cor de 27.

Azul – o valor de ΔE^* está entre 2 e 3 (fabricantes I, III e IV). O azul do fabricante II apresentou uma alteração de cor superior (ΔE^* de 7). A mais forte alteração de cor aconteceu com o azul do fabricante V, com uma diferença total de cor de 19.

Observa-se que os valores máximos e mínimos das diferenças de coordenadas cromáticas e total de cor às 1000 h de exposição são os apresentados no quadro 3.

Quadro 3 – Diferenças de coordenadas cromáticas e total de cor – valores máximos e mínimos após 1000 h de envelhecimento (xenotest)

	1000 h xenotest							
	menor				Maior			
	ΔE^*	ΔL^*	Δa^*	Δb^*	ΔE^*	ΔL^*	Δa^*	Δb^*
Bege	1,5 (I)	-1,0 (III)	0,0 (II)	0,5 (IV)	4,2 (V)	-3,1 (V)	-1,7 (V)	-2,4 (V)
Rosa	1,3 (I)	-1,1 (I e III)	-0,2 (III)	-0,2 (II)	1,7 (II e IV)	-1,7 (II)	1,0 (IV)	0,8 (IV)
Salmão	1,4 (III e IV)	0,0 (I)	0,7 (IV)	0,4 (IV)	3,5 (II)	-2,4 (V)	-2,6 (II)	1,5 (I)
Verde	1,4 (IV)	0,0 (I)	0,0 (II)	0,2 (IV)	6,6 (I)	-4,0 (II)	1,7 (I e V)	-6,4 (I)
Encarnado	3,3 (II)	0,0 (I)	0,0 (IV)	-0,9 (II)	26,7 (III)	12,4 (III)	-22,1 (III)	-8,3 (III)
Azul	1,9 (III e IV)	-0,3 (III)	-1,4 (IV)	1,1 (IV)	19,1 (V)	13,0 (V)	-6,0 (V)	12,6 (V)

4.2.1.2 Suntest

Na figura 25 pode visualizar-se a evolução do ΔE^* de cada cor e fabricante e na figura 26 apresentam-se, para cada fabricante, gráficos comparativos da evolução do ΔE^* de todas as suas cores expostas ao longo de 1000 horas.

No Anexo B apresentam-se os gráficos comparativos da evolução das coordenadas $L^*a^*b^*$ e das diferenças ΔE^* , ΔL^* , Δa^* e Δb^* , para cada cor e fabricante.

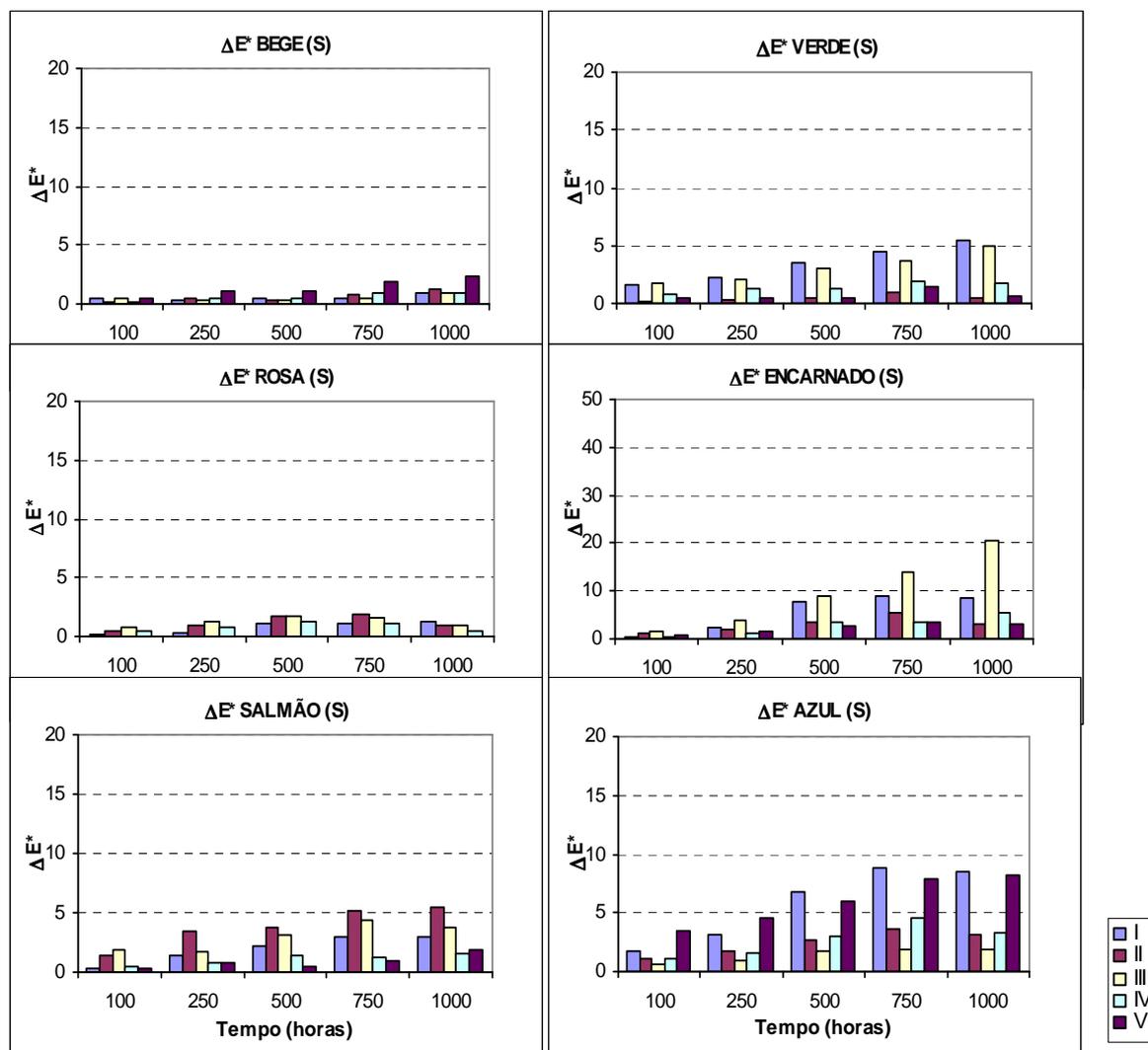


Figura 25 – Evolução de ΔE^* de cada cor por exposição na câmara Solarbox – cores Bege, Rosa, Salmão dos fabricantes I a V

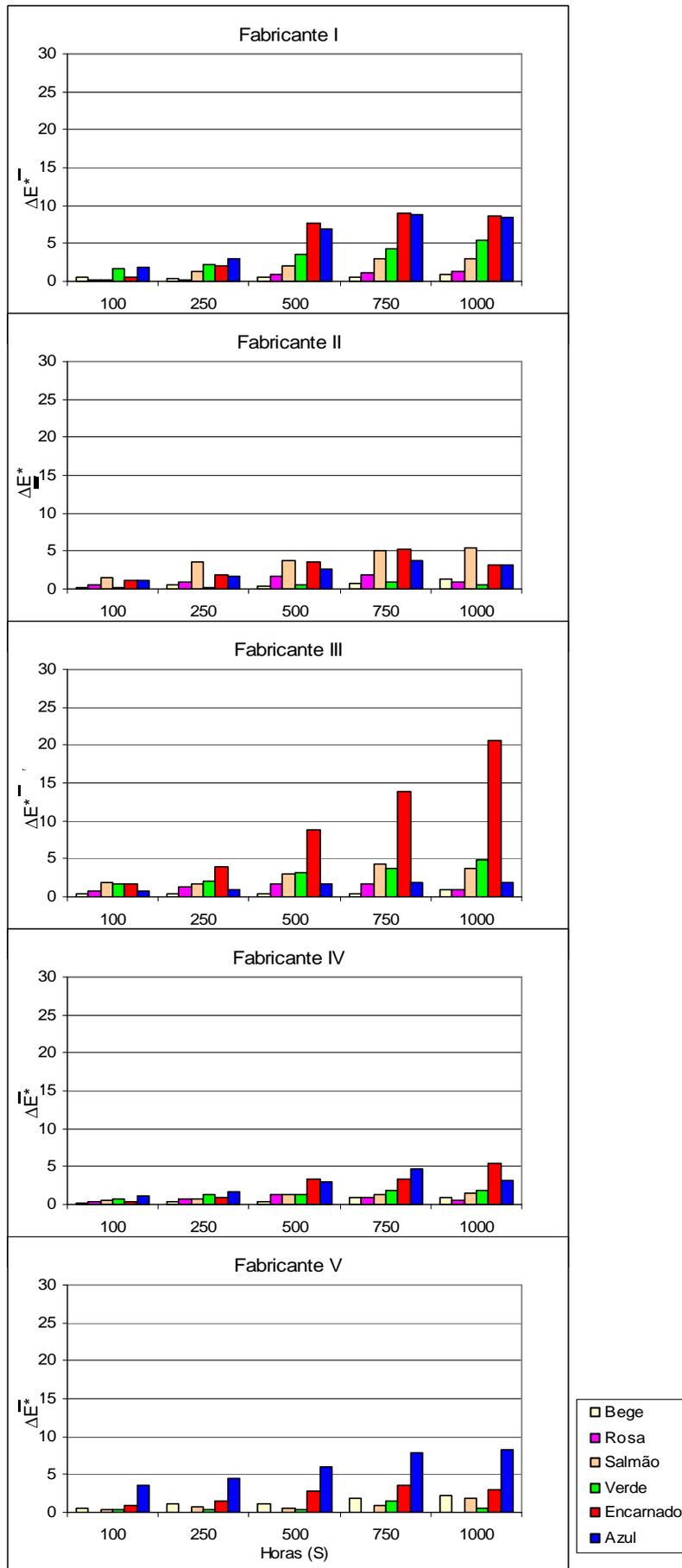


Figura 26 - Evolução de ΔE^* do conjunto de cores de cada fabricante, por exposição na câmara Solarbox

Analisando os valores de ΔE^* apresentados nas figuras 25 e 26, pode afirmar-se que após 1000 h de envelhecimento (suntest):

- As cores bege e rosa são as que apresentam as menores diferenças totais de cor – os valores de ΔE^* atingem no máximo um valor de 1, com exceção do bege do fabricante V com um valor de 2.
- A cor salmão apresenta diferenças de comportamento conforme o fabricante: o valor de ΔE^* está entre 1 e 2 (fabricantes IV e V, respectivamente), próximo de 3 (fabricante I), ou 4 (fabricante III), ou acima de 5 (fabricante II).
- A cor verde de três dos fabricantes apresenta um ΔE^* entre 1 (fabricantes II e V) e 2 (fabricante IV). O verde dos fabricantes I e III apresentou uma alteração de cor superior (ΔE^* de 5).
- As cores vermelha e azul apresentam diferenças mais acentuadas de comportamento conforme o fabricante:

Vermelho – o valor de ΔE^* está entre 3 (fabricantes II e V) e 5 (fabricante IV). O vermelho do fabricante I apresentou uma alteração de cor superior (ΔE^* de 9). A mais forte alteração de cor aconteceu com o vermelho do fabricante III, com uma diferença total de cor de 21.

Azul – o valor de ΔE^* está entre 2 e 3 (fabricantes II, III e IV). O azul do fabricante II apresentou uma alteração de cor superior (ΔE^* de 7). A mais forte alteração de cor aconteceu com o azul dos fabricantes I e V, com uma diferença total de cor de 8.

Observa-se que os valores máximos e mínimos das diferenças de coordenadas cromáticas e total de cor às 1000 h de exposição são os apresentados no quadro 4.

Quadro 4 – Diferenças de coordenadas cromáticas e total de cor – valores máximos e mínimos após 1000 h de envelhecimento (suntest)

	1000 h suntest							
	menor				Maior			
	ΔE^*	ΔL^*	Δa^*	Δb^*	ΔE^*	ΔL^*	Δa^*	Δb^*
Bege	1,0 (I e III)	-0,5 (I)	0,0 (IV)	-0,4 (II)	2,3 (V)	-0,9 (V)	-2,1 (V)	-0,8 (I e III)
Rosa	0,9 (II)	0,0 (IV)	-0,4 (II)	0,0 (II e III)	1,3 (I)	-0,8 (I) e 0,8 (II e III)	0,9 (I)	0,4 (I)
Salmão	1,5 (IV)	0,1 (IV)	-0,3 (IV)	-0,7 (V)	5,5 (II)	2,9 (II)	-4,3 (II)	2,5 (I)
Verde	0,5 (II)	0,0 (II e IV)	-0,1 (V)	0,0 (IV)	5,4 (I)	0,8 (I)	3,5 (III)	-4,6 (I)
Encarnado	3,0 (V)	-0,5 (IV)	-0,5 (IV)	0,1 (III)	20,6 (III)	10,1 (III)	-17,9 (III)	-5,7 (I)
Azul	1,9 (III)	1,1 (I)	-0,8 (III)	1,1 (III)	8,4 (I)	3,8 (V)	-7,1 (V)	4,1 (I)

5.2.1.3 QUV

Na figura 27 pode visualizar-se a evolução do ΔE^* de cada cor e fabricante e na figura 28 apresentam-se, para cada fabricante, gráficos comparativos da evolução do ΔE^* de todas as suas cores expostas ao longo de 1000 horas.

No Anexo C apresentam-se os gráficos comparativos da evolução das coordenadas $L^*a^*b^*$ e das diferenças ΔE^* , ΔL^* , Δa^* e Δb^* , para cada cor e fabricante.

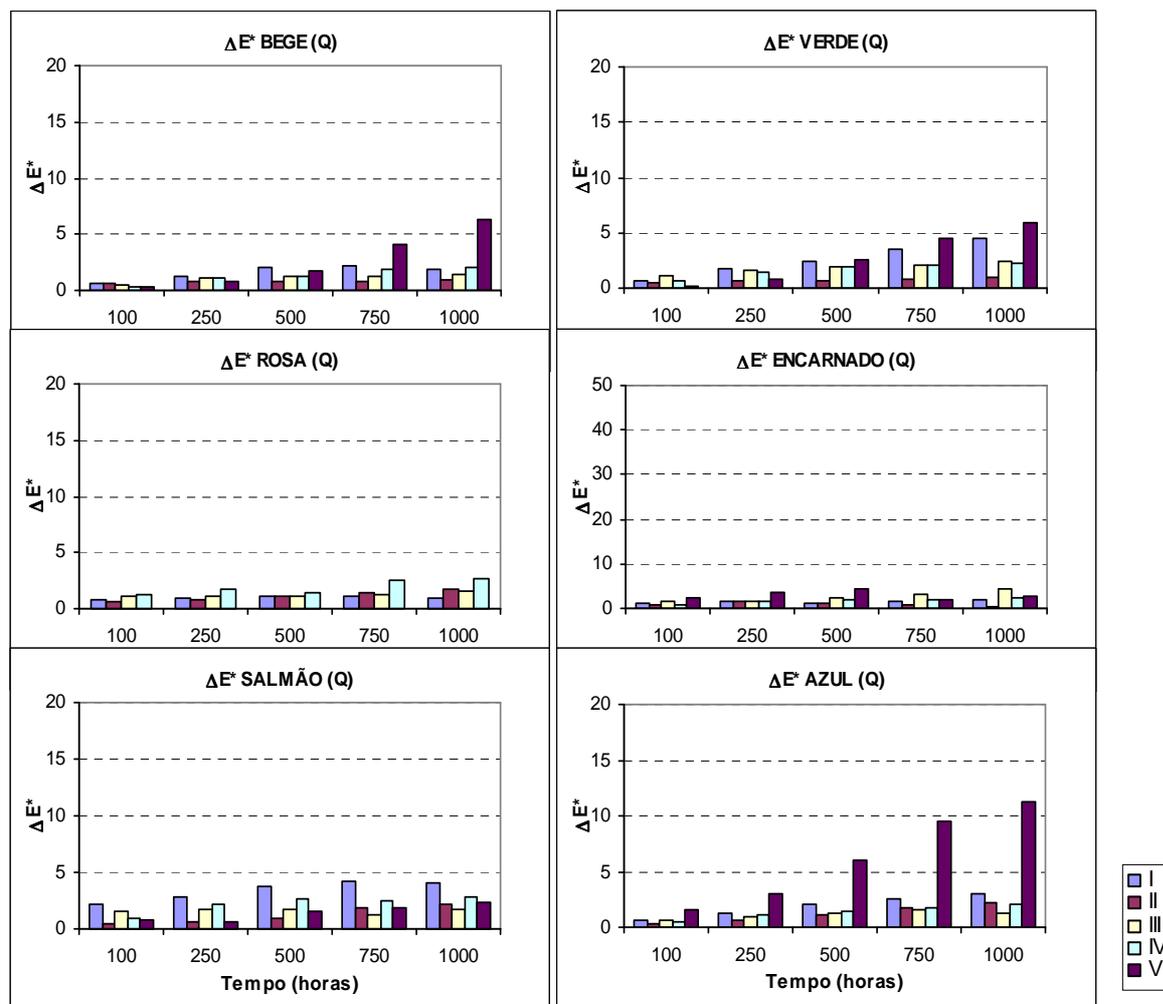


Figura 27 – Evolução de ΔE^* de cada cor por exposição na câmara QUV – cores Bege, Rosa, Salmão dos fabricantes I a V

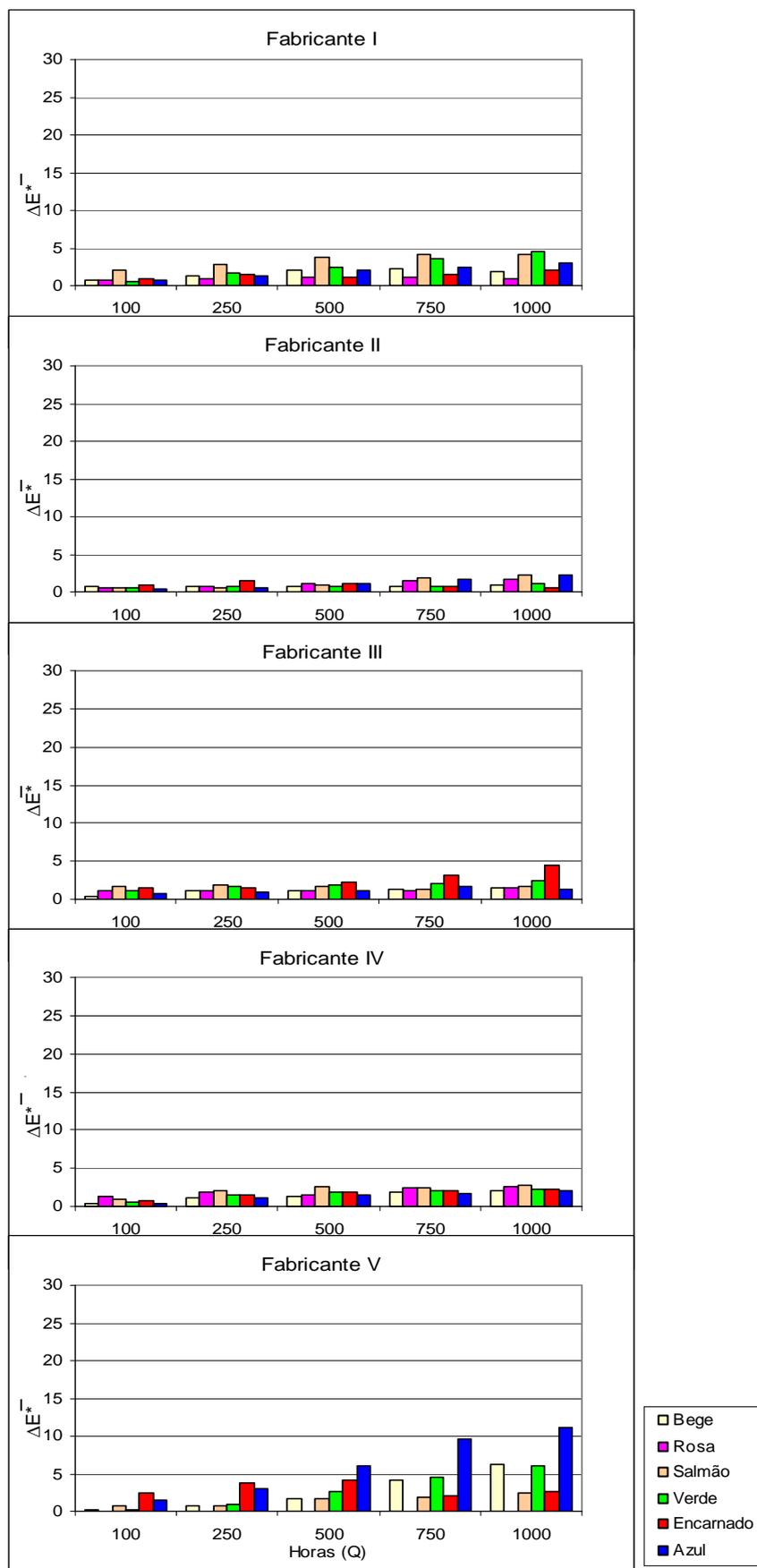


Figura 28 - Evolução de ΔE^* do conjunto de cores de cada fabricante, por exposição na câmara QUV

Analisando os valores de ΔE^* apresentados nas figuras 27 e 28, pode afirmar-se que após 1000 h de envelhecimento (QUV):

- As cores bege, rosa e salmão são as que apresentam as menores diferenças totais de cor – os valores de ΔE^* atingem no máximo um valor de 2, com excepção do bege do fabricante V com um valor de 6, do rosa do fabricante IV com um ΔE^* de 3 e do salmão dos fabricantes I e IV com valores de ΔE^* de 4 e 3 respectivamente.

- A cor verde de três dos fabricantes apresenta um ΔE^* entre 1 (fabricante II) e 2 (fabricantes III e IV). O verde dos fabricantes I e V apresentou uma alteração de cor superior (ΔE^* de 5 e 6, respectivamente).

- A cor vermelha de três dos fabricantes apresenta um ΔE^* entre 1 (fabricante II) e 2 (fabricantes I e IV). O vermelho dos fabricantes III e V apresentou uma alteração de cor superior (ΔE^* de 4 e 3, respectivamente).

- A cor azul de três dos fabricantes apresenta um ΔE^* entre 1 (fabricante III) e 2 (fabricantes II e IV). O azul do fabricante II apresentou uma alteração de cor superior (ΔE^* de 3). A mais forte alteração de cor aconteceu com o azul do fabricante V, com uma diferença total de cor de 11.

Observa-se que os valores máximos e mínimos das diferenças de coordenadas cromáticas e total de cor às 1000 h de exposição são os apresentados no quadro 5.

Quadro 5 – Diferenças de coordenadas cromáticas e total de cor – valores máximos e mínimos após 1000 h de envelhecimento (QUV)

	1000 h QUV							
	menor				Maior			
	ΔE^*	ΔL^*	Δa^*	Δb^*	ΔE^*	ΔL^*	Δa^*	Δb^*
Bege	1,0 (II)	-0,6 (II)	0,1 (I)	0,2 (III)	6,3 (V)	-1,7 (I)	0,9 (V)	-6,0 (V)
Rosa	1,0 (I)	-0,3 (II)	0,2 (I)	0,0 (I)	2,6 (IV)	-2,2 (IV)	-1,6 (II)	0,6 (IV)
Salmão	1,7 (III)	0,1 (II)	-0,9 (III)	-0,3 (II)	4,1 (I)	-2,9 (I)	2,2 (I) e -2,2 (II)	-1,9 (V)
Verde	1,0 (II)	0,0 (V)	-0,5 (II)	0,3 (II)	6,0 (V)	-2,1 (IV)	1,8 (V)	-5,7 (V)
Encarnado	0,6 (I)	0,0 (III)	-0,4 (II)	-0,2 (II)	4,5 (III)	-1,4 (IV)	-2,8 (III)	-3,4 (III)
Azul	1,3 (III)	0,2 (II)	0,0 (II)	-0,2 (III)	11,2 (V)	6,1 (V)	-3,8 (V)	8,6 (V)

5.2.2 Observação visual

A observação visual da alteração de cada uma das 6 cores de cada fabricante após períodos sucessivos de envelhecimento artificial acelerado (xenotest, suntest e QUV), efectuada de modo a atribuir a classificação numa escala de 0 a 10 com o critério indicado anteriormente na secção 4.1.1, representa-se graficamente nas figuras 29 a 34.

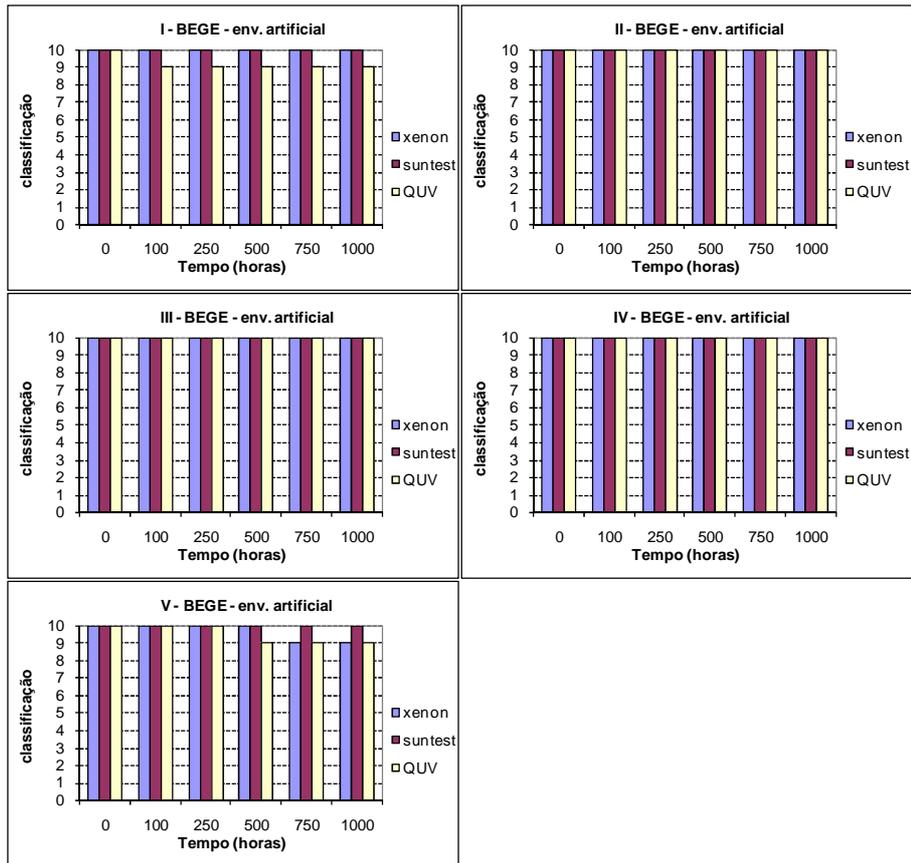


Figura 29 - Observação visual da alteração da cor Bege com o envelhecimento artificial

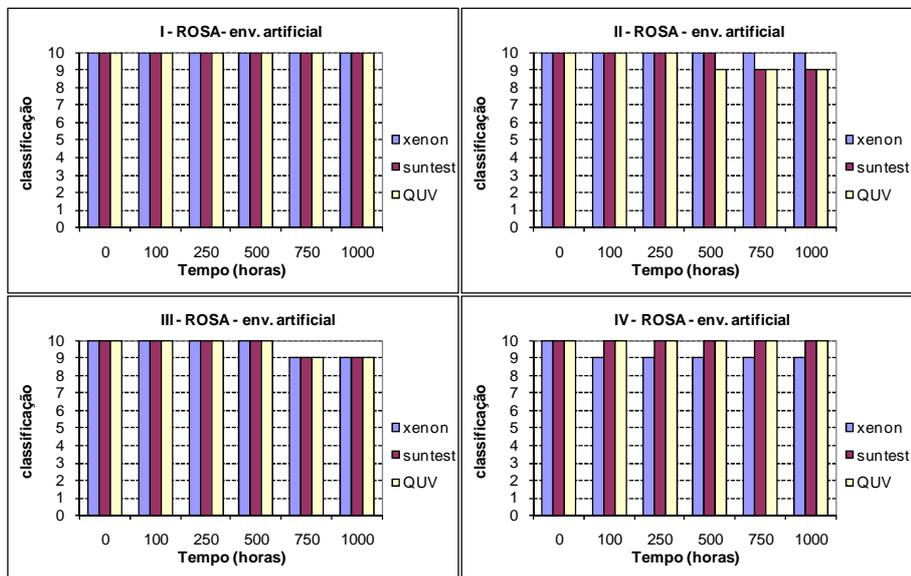


Figura 30 – Observação visual da alteração da cor Rosa com o envelhecimento artificial

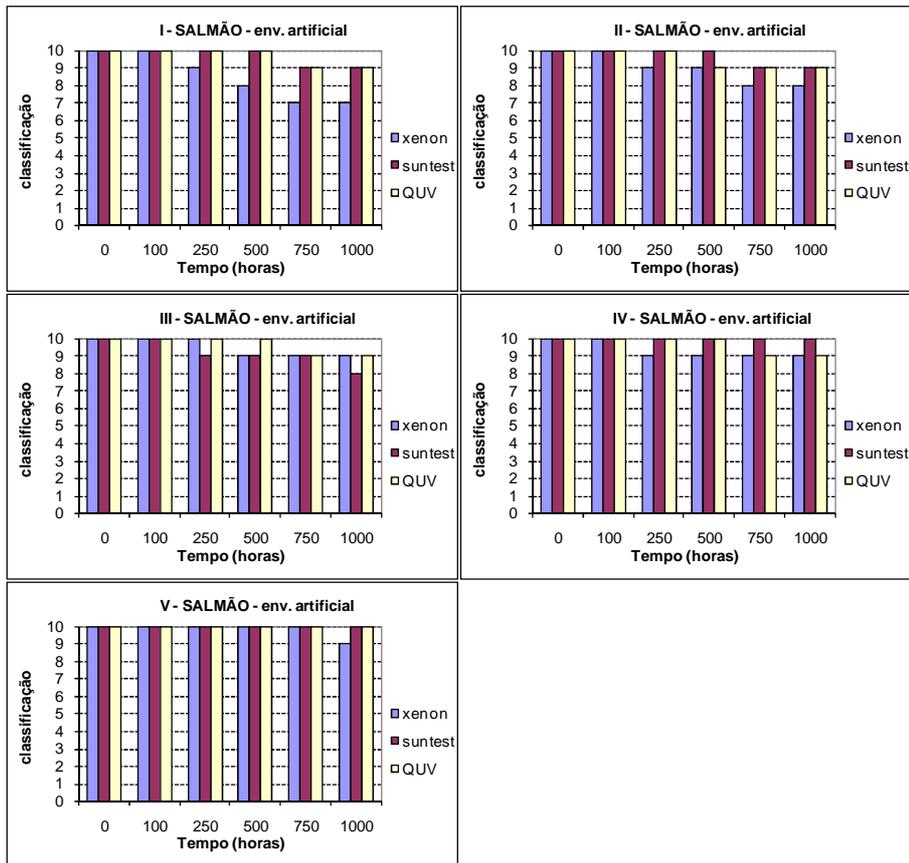


Figura 31 – Observação visual da alteração da cor Salmão com o envelhecimento artificial

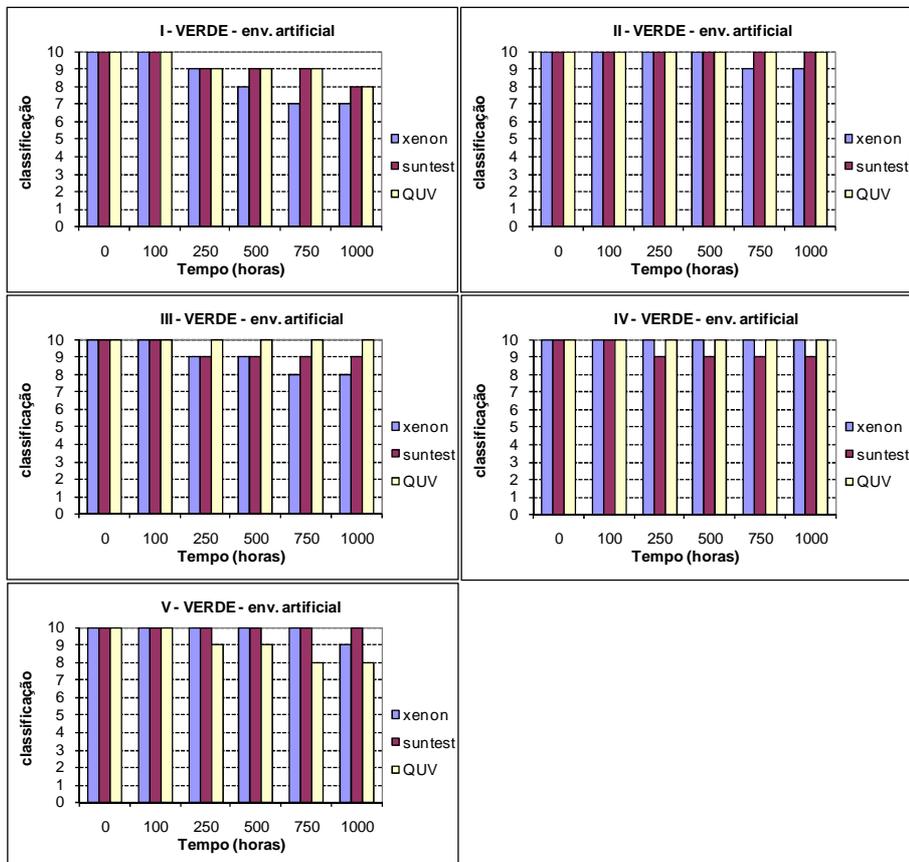


Figura 32 – Observação visual da alteração da cor Verde com o envelhecimento artificial

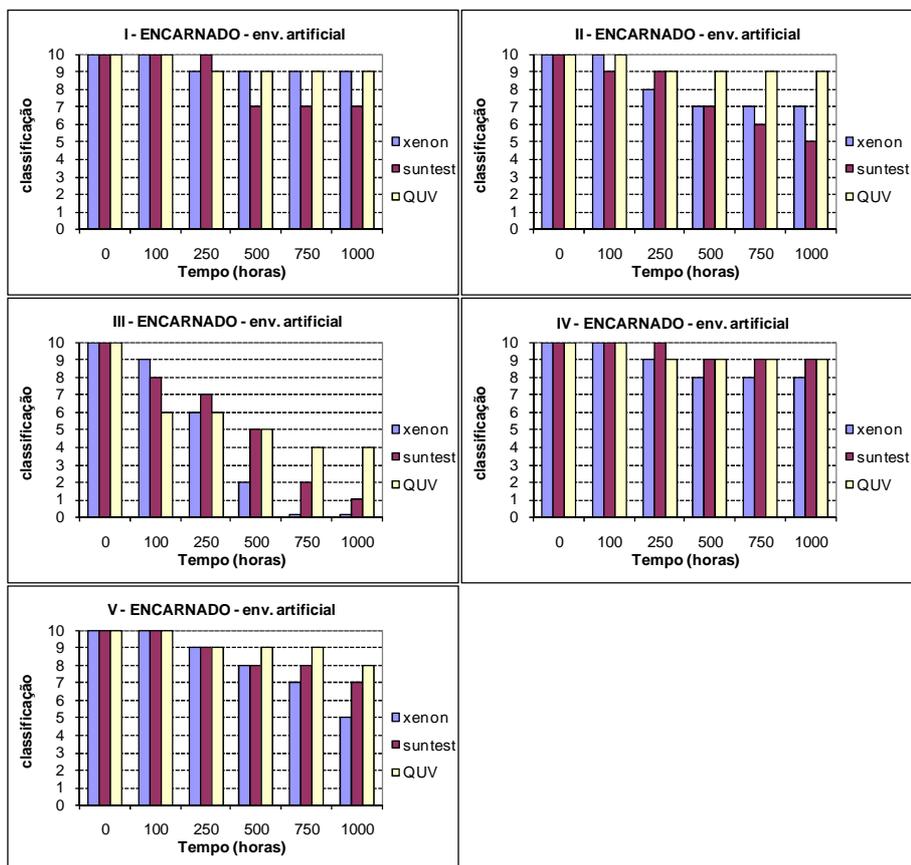


Figura 33 – Observação visual da alteração da cor Encarnada com o envelhecimento

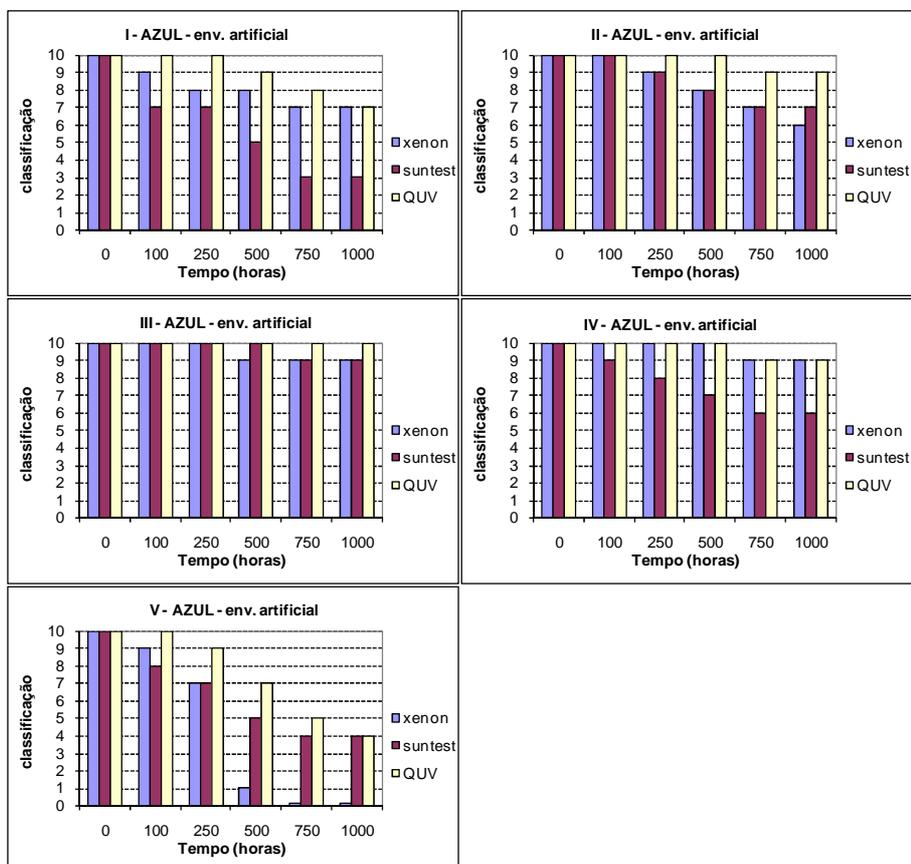


Figura 34 – Observação visual da alteração da cor Azul com o envelhecimento artificial

A observação visual da alteração de cor confirma o resultado da medição da diferença total de cor ΔE^* , quanto à menor alteração sofrida pelas cores Bege e Rosa – na cor Bege dos fabricantes II, III e IV e no Rosa do fabricante I (valores de ΔE^* próximos de 2) não se detectou qualquer alteração visual. Nos casos restantes já foi possível detectar alguma alteração – com valores de ΔE^* de 3 a 6 foi atribuída uma classificação de 9 numa escala de 0 a 10.

Na cor Salmão, com valores de ΔE^* entre 3 e 5 foi possível detectar visualmente alguma alteração de cor, tendo sido atribuída uma classificação entre 7 a 9. Até um valor de 3, visualmente atribuiu-se uma classificação entre 9 e 10.

Na cor Verde, com valores de ΔE^* até 2 não se detectaram visualmente alterações e entre 5 e 7 é possível detectar visualmente alguma alteração de cor, tendo sido atribuída uma classificação entre 7 a 8.

Na cor Encarnada, atribuiu-se uma classificação de 7 a 8 a valores de ΔE^* entre 4 e 5. Até valores de ΔE^* próximos de 3 a classificação atribuída foi em geral de 9. No caso da cor encarnada do fabricante V, após 1000 h de xenotest apresentou um ΔE^* de 8 tendo-lhe sido atribuída a classificação de 5. À cor do fabricante III que sofreu a maior alteração foi atribuída uma classificação de 0 a 4, consoante o tipo de envelhecimento.

Na cor Azul, até valores de ΔE^* próximos de 2 a classificação atribuída foi em geral de 9 e a valores de ΔE^* próximos de 3 atribuiu-se uma classificação de 7. A valores de ΔE^* de 7 a 8 foram atribuídas classificações de 3 a 6. À cor do fabricante V que sofreu a maior alteração foi atribuída uma classificação de 0 a 4, consoante o tipo de envelhecimento.

Na figura 35.pode mais facilmente visualizar-se os resultados da observação visual da alteração de cor e os correspondentes valores de ΔE^* determinados às 1000 horas de envelhecimento artificial (xenotest, suntest e QUV). A classificação resultante da observação visual (eixo das ordenadas do lado esquerdo) representa-se no gráfico de barras e os valores de ΔE^* respectivos (eixo das ordenadas do lado direito) podem ler-se no gráfico de linhas.

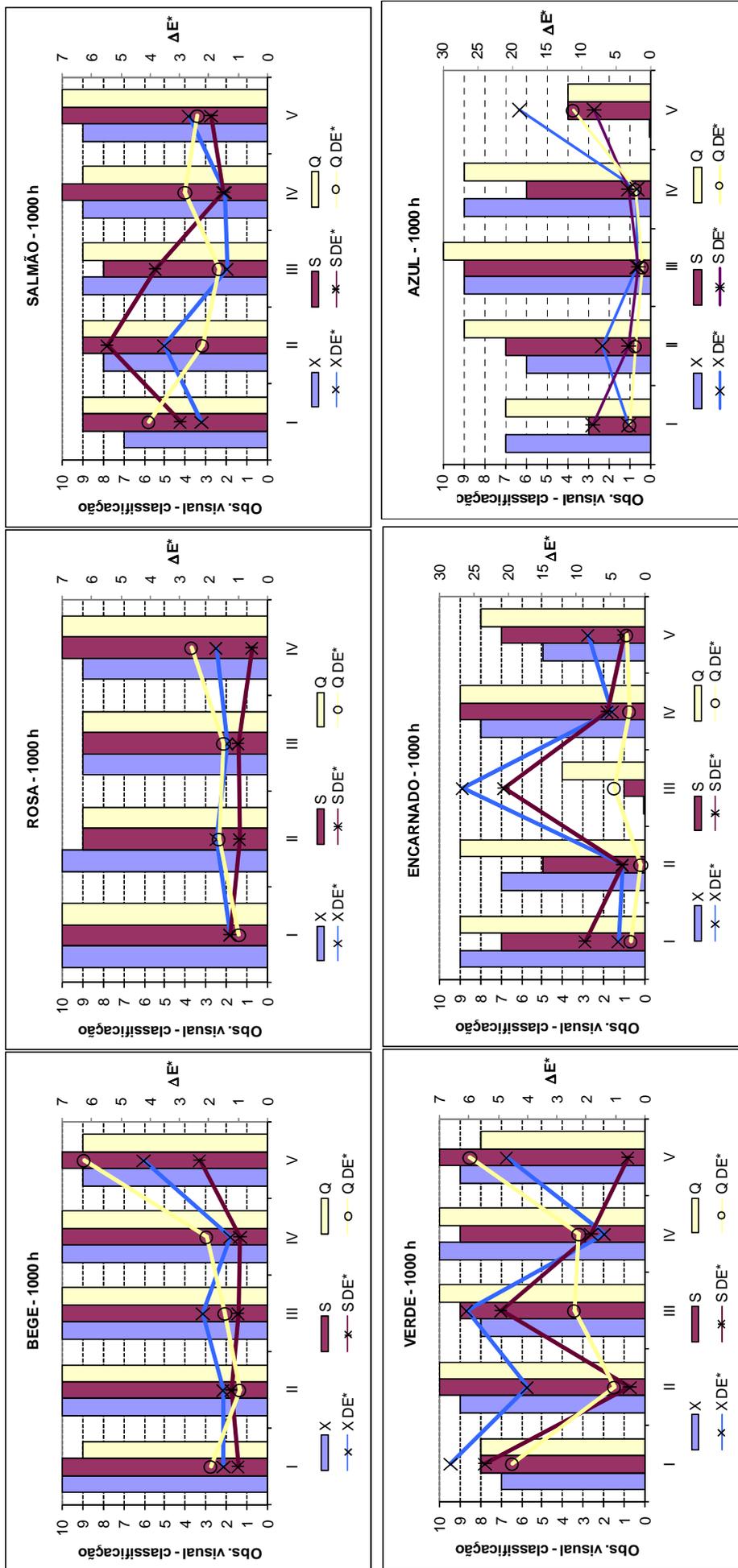


Figura 35 – Comparação entre resultados da observação visual (gráfico de barras) e da determinação da diferença total de cor (gráfico de linhas), após 1000 horas de envelhecimento artificial acelerado: X – xenotest; S – suntest; Q – QUV

5.3 Comparação de envelhecimentos natural e artificiais

No quadro 6 compara-se, por fabricante, a diferença total de cor sofrida por cada uma das suas cores, em condições de exposição natural aos 12 e 24 meses, com a diferença total de cor após 1000 h de cada um dos três envelhecimentos artificiais. Para cada fabricante, apresentam-se as cores por ordem crescente de alteração.

Quadro 6 – Ordem crescente de alteração de cores de cada fabricante, após 12 e 24 meses de exposição natural e 1000 horas de envelhecimento artificial (xenotest, suntest e QUV)

	1000 h xenotest		1000 h suntest		1000 h QUV		12 meses		24 meses	
	Cor	ΔE^*	Cor	ΔE^*	Cor	ΔE^*	Cor	ΔE^*	Cor	ΔE^*
I	Rosa, Bege, Salmão Azul, Encarnado, Verde	1,3 1,5 2,2 3,3 3,9 6,6	Bege, Rosa, Salmão, Verde, Azul, Encarnado	1,0 1,3 3,0 5,4 8,4 8,7	Rosa, Bege, Encarnado, Azul, Salmão, Verde	1,0 1,9 2,1 3,0 4,1 4,5	Rosa, Bege, Salmão, Verde, Azul, Encarnado	1,4 3,3 3,5 6,0 7,7 14,0	Rosa, Bege, Salmão, Verde, Azul, Encarnado	1,2 2,6 6,4 7,4 11,3 17,6
II	Bege, Rosa, Encarnado, Salmão, Verde, Azul	1,5 1,7 3,3 3,5 4,0 7,1	Verde, Rosa, Bege, Azul, Encarnado, Salmão	0,5 0,9 1,2 3,1 3,3 5,5	Encarnado, Bege= Verde, Rosa, Azul= Salmão	0,6 1,0 1,0 1,7 2,2 2,2	Rosa, Bege, Verde, Salmão, Azul, Encarnado	1,6 2,7 3,3 3,4 7,9 8,0	Rosa, Bege, Verde, Salmão, Azul, Encarnado	1,4 2,2 2,8 5,1 11,0 12,8
III	Salmão= Rosa, Azul, Bege, Verde, Encarnado	1,4 1,4 1,9 2,2 6,1 26,7	Bege= Rosa, Azul, Salmão, Verde, Encarnado	1,0 1,0 1,9 3,8 4,9 20,5	Azul, Bege, Rosa, Salmão, Verde, Encarnado	1,3 1,4 1,5 1,7 2,4 4,5	Bege, Salmão = Rosa, Azul, Verde, Encarnado	3,9 4,2 4,3 6,2 11,0 29,2	Bege, Rosa, Salmão, Azul, Verde, Encarnado	2,6 3,3 4,7 9,7 11,6 40,9
IV	Bege Verde= Salmão, Rosa, Azul, Encarnado	1,3 1,4 1,4 1,7 1,9 4,8	Rosa, Bege Salmão, Verde, Azul, Encarnado	0,5 0,9 1,5 1,8 3,3 5,4	Bege = Azul, Verde, Encarnado, Rosa, Salmão	2,1 2,1 2,2 2,3 2,6 2,8	Rosa = Salmão, Bege, Verde, Azul, Encarnado	2,4 2,5 2,6 3,1 4,4 9,7	Bege, Salmão, Rosa, Verde, Azul, Encarnado	2,0 2,1 2,4 2,8 5,4 13,3
V	Salmão, Bege, Verde, Encarnado Azul	2,7 4,2 4,7 8,3 19,1	Verde, Salmão, Bege, Encarnado Azul	0,6 1,9 2,3 3,0 8,2	Salmão, Encarnado, Verde, Bege, Azul	2,4 2,7 6,0 6,3 11,2	Bege, Salmão, Verde, Encarnado Azul	1,5 3,0 4,1 6,0 9,8	Bege, Salmão, Verde, Encarnado Azul	3,2 5,2 8,0 10,4 14,2

No quadro 7 compara-se a diferença total de cada cor após condições de exposição natural aos 12 e 24 meses, com a diferença total dessa cor após 1000 h de cada um dos três envelhecimentos artificiais. Para cada cor indica-se o valor de ΔE^* por ordem crescente, bem como o respectivo fabricante.

Quadro 7 – Ordem crescente de alteração de cada cor, após 12 e 24 meses de exposição natural e 1000 horas de envelhecimento artificial (xenotest, suntest e QUV)

	1000 h xenotest		1000 h suntest		1000 h QUV		12 meses		24 meses	
	Fabricante	ΔE^*	Fabricante	ΔE^*	Fabricante	ΔE^*	Fabricante	ΔE^*	Fabricante	ΔE^*
Bege	IV	1	IV	1	II	1	V	1	IV	2
	I	2	I	1	III	1	IV	3	II	2
	II	2	III	1	I	2	II	3	III	3
	III	2	II	1	IV	2	I	3	I	3
	V	4	V	2	V	6	III	4	V	3
Rosa	I	1	IV	1	I	1	I	1	I	1
	III	1	II	1	III	2	II	2	II	1
	II	2	III	1	II	2	IV	2	IV	2
	IV	2	I	1	IV	3	III	4	III	3
Salmão	III	1	IV	1	III	2	IV	2	IV	2
	IV	1	V	2	II	2	V	3	III	5
	I	2	I	3	V	2	II	3	II	5
	V	3	III	4	IV	3	I	4	V	5
	II	4	II	5	I	4	III	4	I	6
Verde	IV	1	II	1	II	1	IV	3	II	3
	II	4	V	1	IV	2	II	3	IV	3
	V	5	IV	2	III	2	V	4	I	7
	III	6	III	5	I	5	I	6	V	8
	I	7	I	5	V	6	III	11	III	12
Encarnado	II	3	V	3	II	1	V	6	V	10
	I	4	II	3	I	2	II	8	II	13
	IV	5	IV	5	IV	2	IV	10	IV	13
	V	8	I	9	V	3	I	14	I	18
	III	27	III	21	III	4	III	29	III	41
Azul	III	2	III	2	III	1	IV	4	IV	5
	IV	2	II	3	IV	2	III	6	III	10
	I	3	IV	3	II	2	I	8	II	11
	II	7	V	8	I	3	II	8	I	11
	V	19	I	8	V	11	V	10	V	14

Nas figuras 36 a 41 analisa-se a evolução das cores verificada ao longo das 1000 h de envelhecimento xenotest, suntest e QUV (a partir dos resultados apresentados nos quadros II-1 a 18, nos gráficos das figuras 23 a 28 e no anexo II), e comparam-se os resultados obtidos com os correspondentes à exposição natural de 1 e 2 anos, com o objectivo de avaliar qual dos envelhecimentos artificiais produz alterações mais próximas das obtidas em condições naturais.

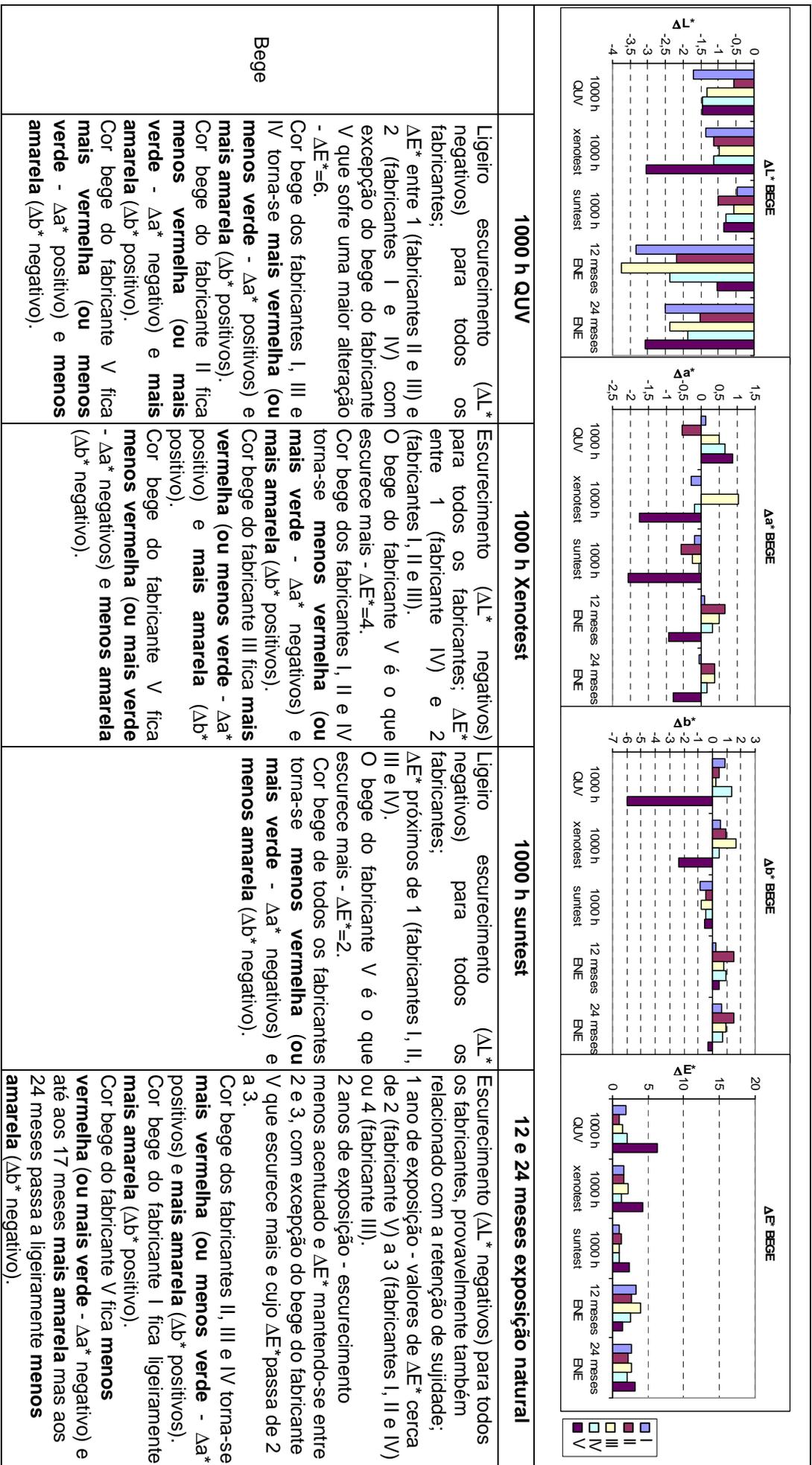


Figura 36 – Evolução da cor Bege com o envelhecimento artificial e natural

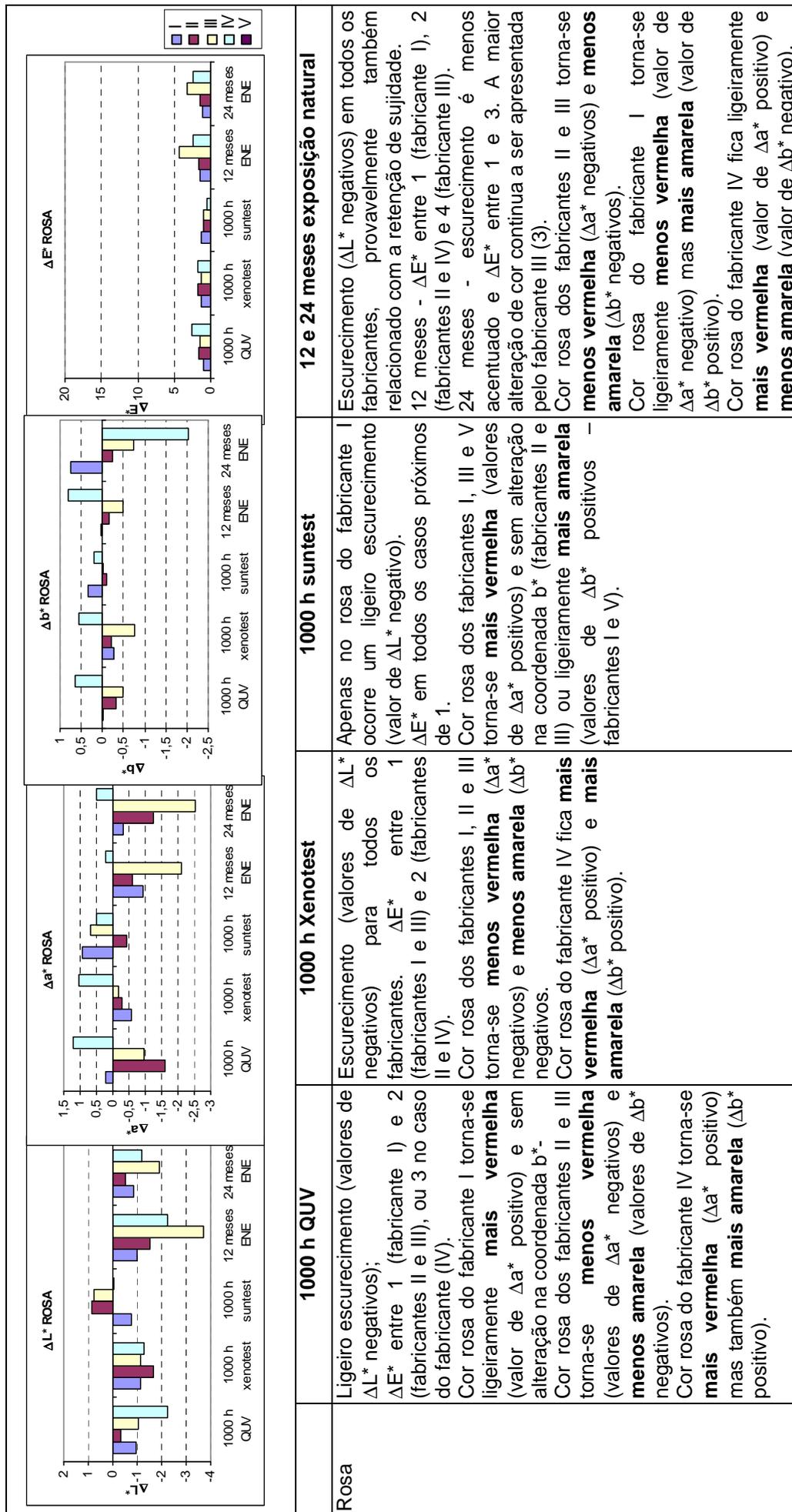


Figura 37 – Evolução da cor Rosa com o envelhecimento artificial e natural

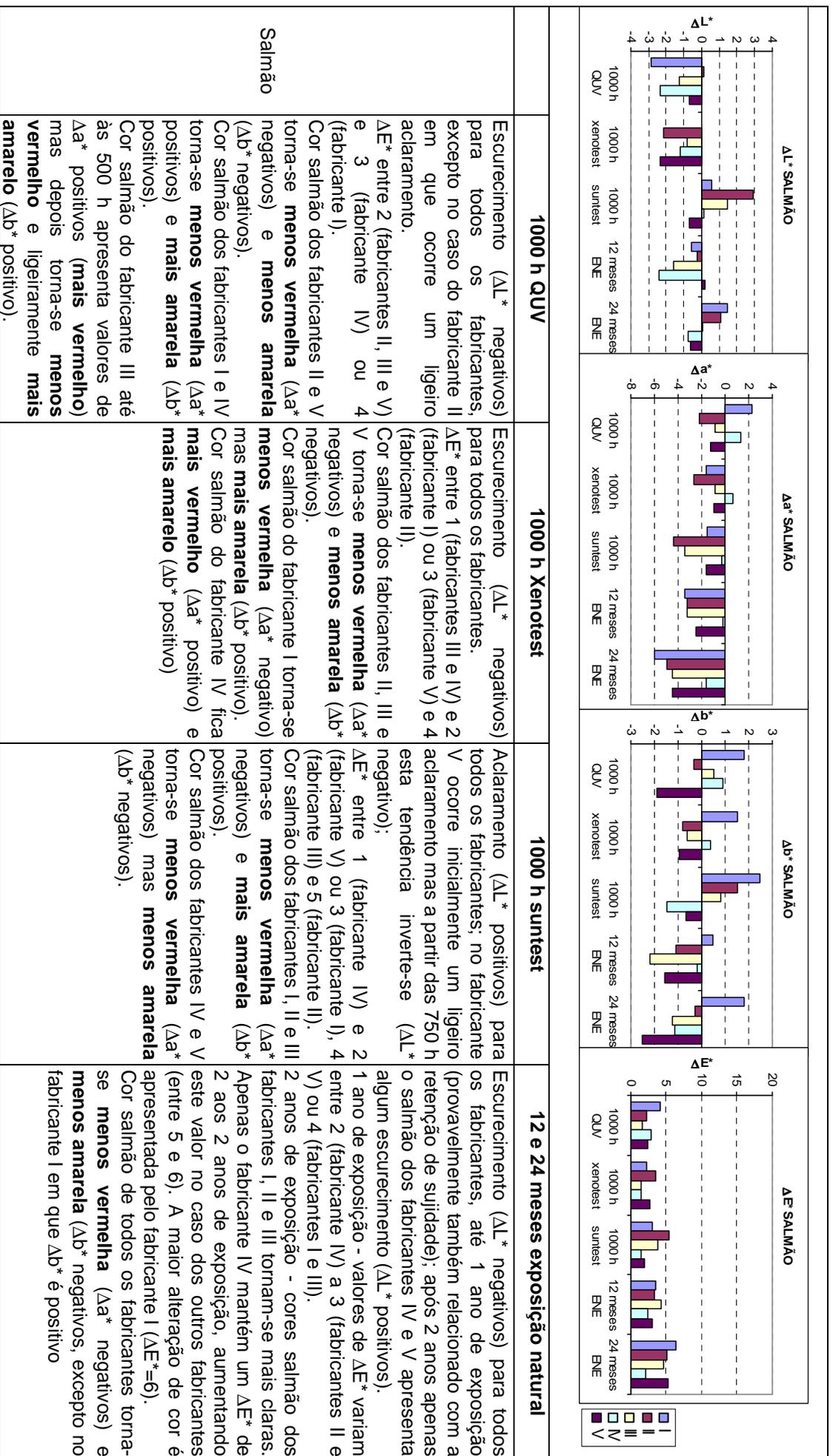


Figura 38 – Evolução da cor Salmão com o envelhecimento artificial e natural

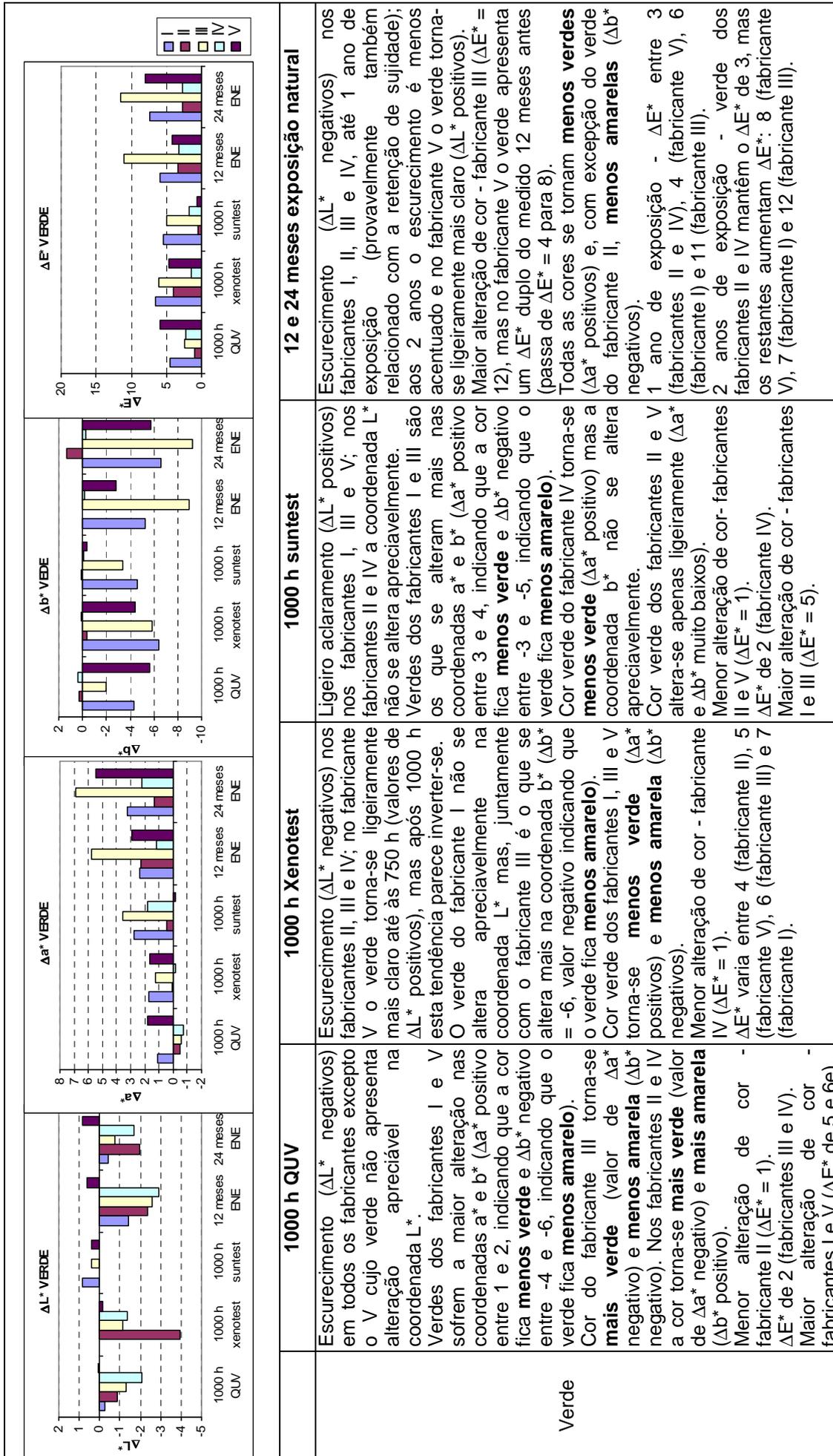
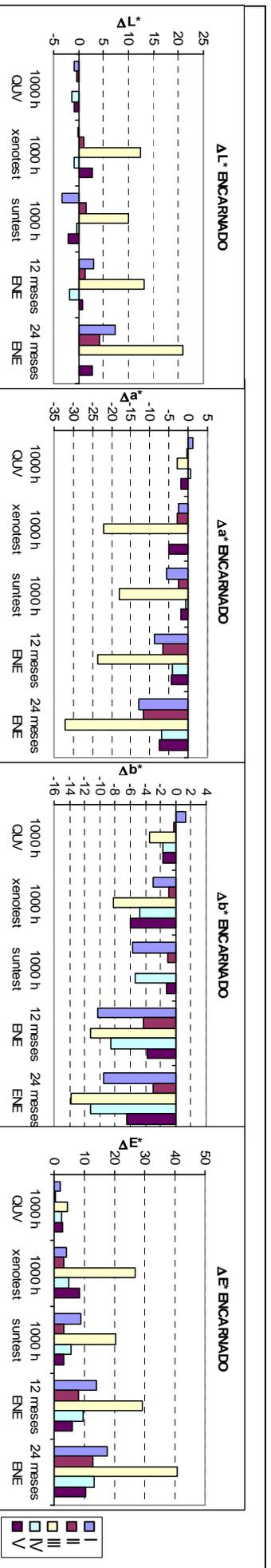


Figura 39 – Evolução da cor Verde com o envelhecimento artificial e natural



Cores	Tipo de envelhecimento			
	1000 h QUV	1000 h Xenotest	1000 h suntest	12 e 24 meses exposição natural
Encarnado	<p>Escurecimento para todos os fabricantes (ΔL* negativos) cujo vermelho não apresenta alteração apreciável na coordenada L*.</p> <p>Nos fabricantes II, III e V a cor torna-se menos vermelha (Δa* negativos) e menos amarela (Δb* negativos).</p> <p>Cores dos fabricantes I e IV tornam-se mais vermelhas (Δa* positivos) mas mais amarelas no caso do fabricante I (Δb* positivo) e menos amarela no caso do fabricante IV (Δb* negativo).</p> <p>ΔE* entre 1 (fabricante II), 2 (fabricantes I e IV), 3 (fabricante V) e 4 (fabricante III).</p>	<p>Aclareamento para os fabricantes II, III e V (ΔL* positivos) e um ligeiro escurecimento no caso dos outros I e IV.</p> <p>Em todos os casos a cor torna-se menos amarela (Δb* negativos) e menos vermelha (Δa* negativos), com excepção do fabricante IV cuja cor não apresenta uma alteração apreciável na coordenada a*.</p> <p>ΔE* varia entre 3 (fabricante II), 4 (fabricante I), 5 (fabricante IV), 8 (fabricante V) e 27 (fabricante III).</p> <p>Vermelho do fabricante III com a maior alteração de cor - a partir de 250 h ΔE* superior a 5.</p>	<p>Aclareamento para os fabricantes II e III (ΔL* positivos) e escurecimento no caso dos fabricantes I, IV e V (ligeiro escurecimento no caso do fabricante IV).</p> <p>Em todos os casos a cor torna-se menos vermelha (Δa* negativos) e menos amarela (Δb* negativos), com excepção do fabricante III cuja cor se torna mais amarela a partir das 750 h de exposição.</p> <p>ΔE* varia entre 3 (fabricantes II e V), 5 (fabricante IV), 9 (fabricante I) e 21 (fabricante III).</p> <p>Vermelho do fabricante III com a maior alteração de cor - a partir de 500 h ΔE* superior a 9.</p>	<p>Aclareamento a partir de cerca de 1 ano de exposição (ΔL* positivos), excepto fabricante IV com ligeiro escurecimento.</p> <p>Em todos os casos a cor torna-se menos vermelha (Δa* negativos) e menos amarela (Δb* negativos).</p> <p>1 ano de exposição - valores de ΔE* entre 6 (fabricante V), 8 (fabricante II), 10 (fabricante IV), 14 (fabricante I) e 29 (fabricante III).</p> <p>2 anos de exposição - ΔE* aumenta para 10 (fabricante V), 13 (fabricantes II e IV), 18 (fabricante I) e 41 (fabricante III).</p> <p>Vermelho do fabricante III sofreu a maior alteração de cor e logo a partir dos 6 meses apresenta uma alteração visual classificada como média a acentuada – ver figura 7 – e ΔE* de cerca de 15.</p>

Figura 40 – Evolução da cor Encarnada com o envelhecimento artificial e natural

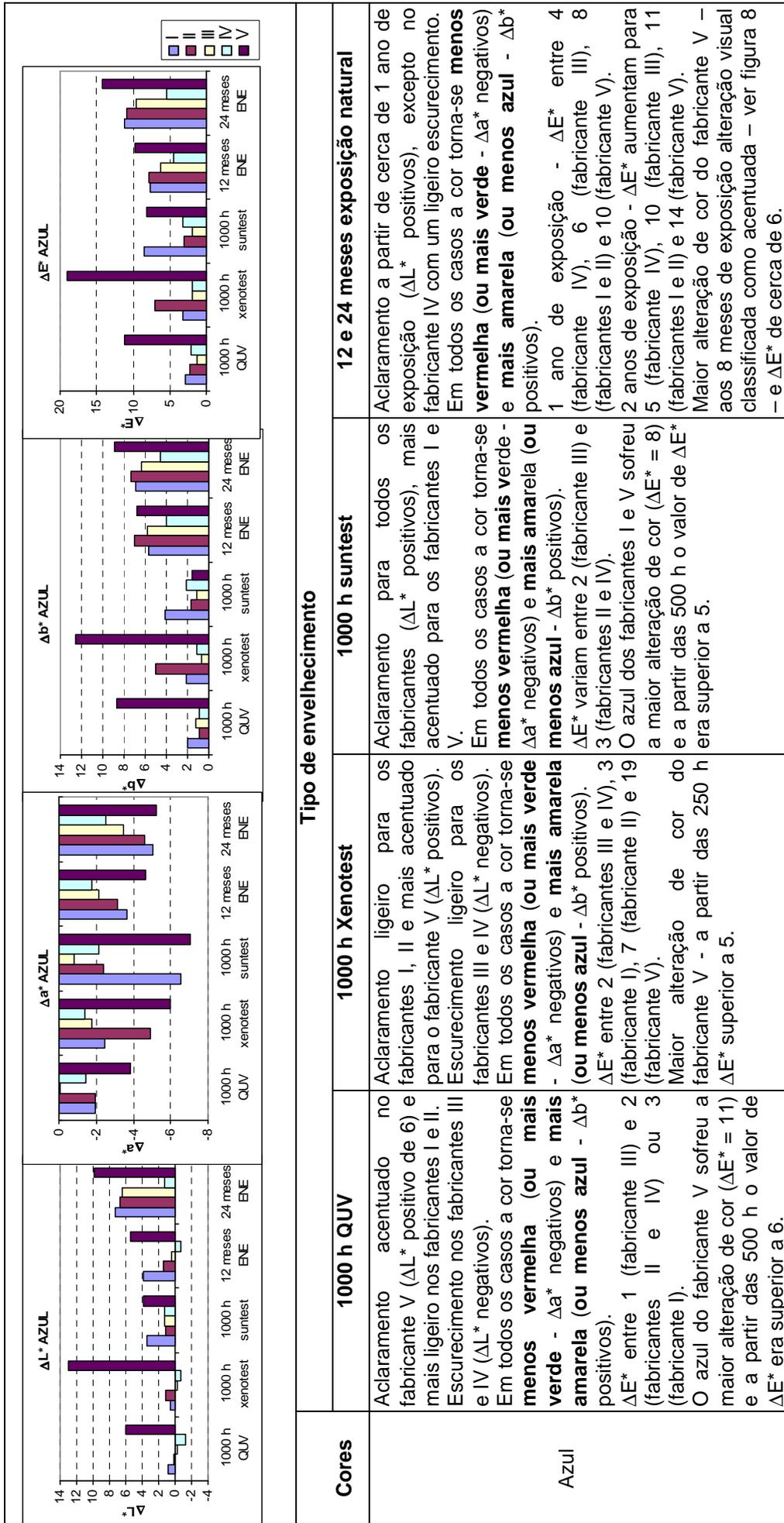


Figura 41 – Evolução da cor Azul com o envelhecimento artificial e natural

6. ANÁLISE DE RESULTADOS

Com este estudo pretende-se por um lado, em relação à cor dos revestimentos por pintura, seleccionar qual dos três tipos de condições de envelhecimento artificial acelerado simulam mais aproximadamente o envelhecimento em condições naturais e, por outro lado, estabelecer limites aceitáveis de alteração de cor em condições de envelhecimento artificial acelerado.

Para isso, a título informativo indicam-se, para cores RAL próximas das estudadas, os valores de ΔE^* máximos admitidos pela QUALICOAT [1] e na norma NF T 34-554-1 [2] após 1 ano de exposição natural na Florida e resume-se, para cada uma das seis cores estudadas, as principais conclusões quanto aos seguintes aspectos:

- Valores mínimos e máximos de ΔE^* encontrados após 12 e 24 meses de exposição natural e 1000 h em cada tipo de envelhecimento artificial acelerado.
- Tipo de envelhecimento artificial que melhor reproduz o pior e o melhor desempenho de cada cor em condições de exposição natural.

BEGE

Na figura 42 resume-se graficamente o resultado da observação visual e da determinação da diferença de cor, efectuados após 12 e 24 meses de exposição natural e 1000 horas de envelhecimento artificial acelerado: xenotest (X); suntest (S) e QUV (Q).

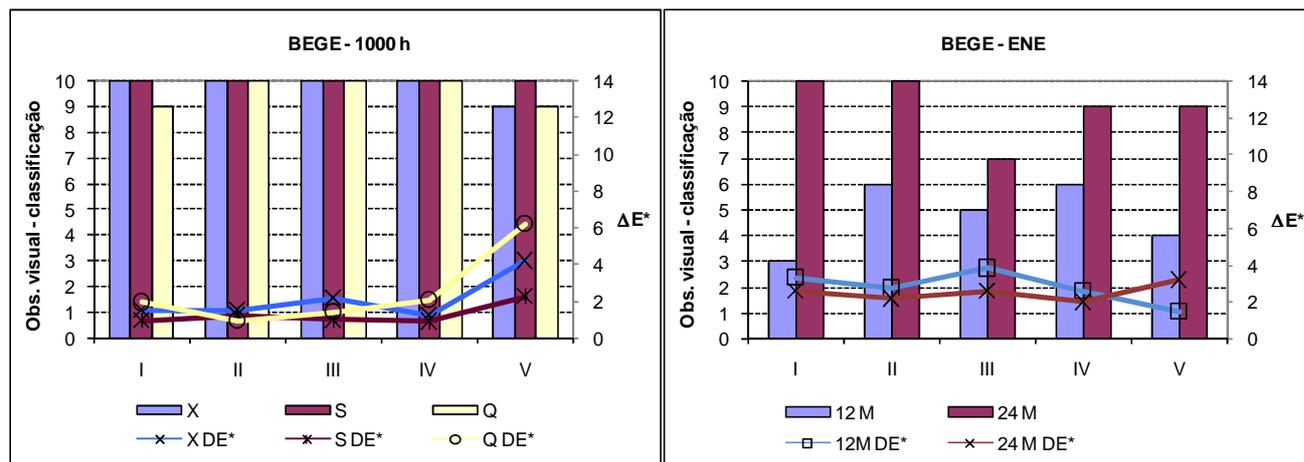


Figura 42 – Bege - Comparação entre resultados da observação visual (gráfico de barras) e da determinação da diferença total de cor (gráfico de linhas), após 12 e 24 meses de exposição natural (ENE) e 1000 horas de envelhecimento artificial acelerado: X – xenotest; S – suntest; Q - QUV

- Limites de ΔE^* (mínimo e máximo)

- exposição natural 12 meses: 1 (V) a 4 (III)
- exposição natural 24 meses: 2 (II e IV) a 3 (I, III e V)
- xenotest 1000 h: 1 (IV) a 4 (V)
- suntest 1000 h: 1 (I, II, III e V) a 2 (V)
- QUV 1000 h: 1 (II e III) a 6 (V)

- Tipo de **envelhecimento artificial** que melhor reproduz o **piores desempenho** em ambiente exterior (cor bege do fabricante III - ΔE^* 12 meses = 4)

- xenotest (ΔE^* 1000h = 2)

- Tipo de **envelhecimento artificial** que melhor reproduz o **melhor desempenho** em ambiente exterior (cor bege do fabricante IV - ΔE^* 24 meses = 2)

- xenotest e suntest (ΔE^* 1000h = 1)

Considera-se que o envelhecimento suntest não permite distinguir entre as cores dos cinco fabricantes e que o envelhecimento QUV é demasiado penalizante para uma das cores (fabricante V - ΔE^* = 6) que se verificou ter um desempenho equivalente ao dos fabricantes I e III ao fim de 24 meses de exposição natural (ΔE^* = 3).

Assim, o envelhecimento **xenotest simula melhor** o envelhecimento natural.

Observando o quadro 6, conclui-se que a cor bege foi uma das duas cores (a outra foi o rosa) que sofreu a menor alteração em ambiente exterior ($\Delta E^* \leq 3$ após 24 meses de exposição).

Observando o quadro 7, conclui-se que:

- aos 12 meses: $\Delta E^* = 1$ (fabricante V)
 $\Delta E^* = 3$ – fabricantes I, II e IV
 $\Delta E^* = 4$ – fabricante III
- aos 24 meses: $\Delta E^* = 2$ (fabricantes II e IV)
 $\Delta E^* = 3$ – fabricantes I, III e V

A cor RAL que foi considerada mais próxima da estudada foi RAL 1014 (marfim). No quadro 8 observa-se a cor aproximada e indicam-se os valores máximos de ΔE^* admitidos pela QUALICOAT e na NF após 1 ano de exposição na Flórida.

Quadro 8 – Valores máximos de ΔE^* admissíveis pela QUALICOAT e NF T 34-554-1

RAL 1014	QUALICOAT	NF T 34-554-1
	$\Delta E^* = 3$	$\Delta E^* = 6$

Observando todos os valores de ΔE^* apresentados no quadro 7 para a cor bege, verifica-se que após 1 ano de exposição natural só o fabricante III ($\Delta E^* = 4$) não cumpria o requisito da QUALICOAT e que todos os fabricantes apresentavam valores de ΔE^* inferiores ao requisito da NF. Aos 24 meses de exposição todos os fabricantes cumpriam o requisito da QUALICOAT ($\Delta E^* \leq 3$).

Na observação visual aos 12 e 24 meses (figura 42) constatou-se que, em todos os fabricantes, ocorreu uma melhoria do aspecto dos provetes relativamente à alteração de cor, tendo sido atribuída uma classificação de 7 a 10 (leve a sem alteração).

Assim, conclui-se o seguinte:

- todos os fabricantes apresentaram, após exposição natural (24 meses) uma alteração na cor bege visualmente aceitável a que corresponde um $\Delta E^* \leq 3$;
- após 1000 h de xenotest o ΔE^* máximo foi de 4, uma unidade acima do requisito QUALICOAT ($\Delta E^* \leq 3$), mas em quatro dos 5 fabricantes o ΔE^* máximo foi de 2, pelo que é aceitável admitir como base uma tolerância de +1 no requisito QUALICOAT para condições de envelhecimento artificial xenotest.

$$\text{xenotest bege (1000 h) - } \Delta E^* \leq 3^{+1}$$

ROSA

Na figura 43 resume-se graficamente o resultado da observação visual e da determinação da diferença de cor, efectuados após 12 e 24 meses de exposição natural e 1000 horas de envelhecimento artificial acelerado (xenotest, suntest e QUV).

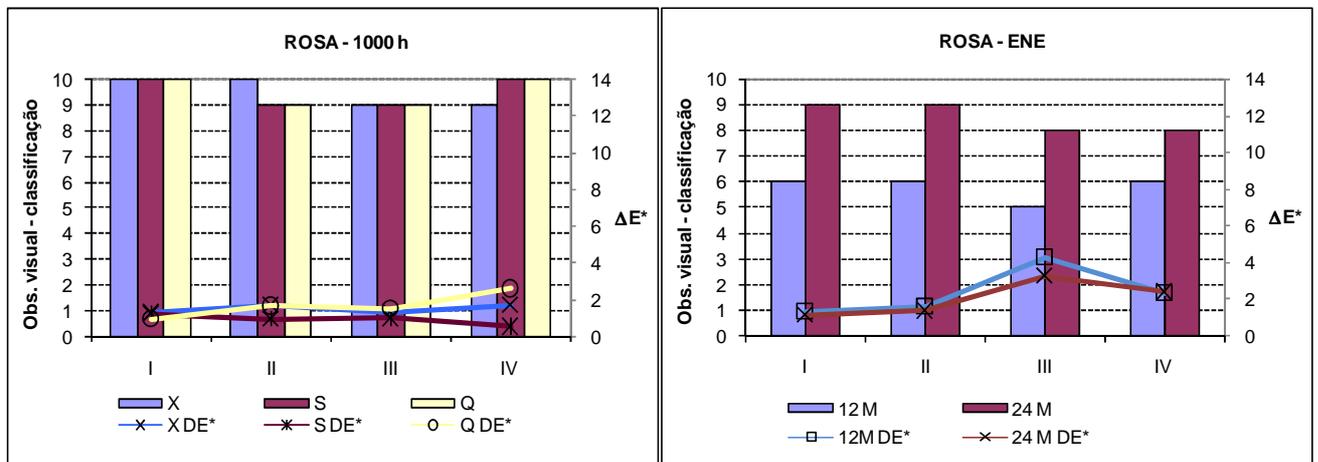


Figura 43 – Rosa - Comparação entre resultados da observação visual (gráfico de barras) e da determinação da diferença total de cor (gráfico de linhas), após 12 e 24 meses de exposição natural (ENE) e 1000 horas de envelhecimento artificial acelerado: X – xenotest; S – suntest; Q - QUV

- Limites de ΔE^* (mínimo e máximo)

- exposição natural 12 meses: 1 (I) a 4 (III)
- exposição natural 24 meses: 1 (I e II) a 3 (III)
- xenotest 1000 h: 1 (I e III) a 2 (II e IV)
- suntest 1000 h: 1 (I, II, III e IV)
- QUV 1000 h: 1 (I) a 3 (IV)

- Tipo de **envelhecimento artificial** que melhor reproduz o **pior desempenho** em ambiente exterior (cor rosa do fabricante III - ΔE^* 12 meses = 4)

- QUV (ΔE^* 1000h = 2)

- Tipo de **envelhecimento artificial** que melhor reproduz o **melhor desempenho** em ambiente exterior (cor rosa do fabricante I - ΔE^* 12 meses = 1)

- xenotest e QUV (ΔE^* 1000h = 1)

Considera-se que o envelhecimento suntest não permite distinguir entre as cores dos cinco fabricantes.

Assim, no caso da cor rosa o envelhecimento natural poderá ser simulado por **xenotest** ou por **QUV**.

Observando o quadro 6, conclui-se que a cor rosa foi uma das duas cores (a outra foi o bege) que sofreu a menor alteração em ambiente exterior ($\Delta E^* \leq 3$ após 24 meses de exposição).

Observando o quadro 7, conclui-se que:

- aos 12 meses: $\Delta E^* = 1$ (fabricante I)
 $\Delta E^* = 2$ – fabricantes II e IV
 $\Delta E^* = 4$ – fabricante III
- aos 24 meses: $\Delta E^* = 1$ (fabricantes I e II)
 $\Delta E^* = 2$ – fabricante IV
 $\Delta E^* = 3$ – fabricante III

A cor RAL que foi considerada mais próxima da estudada foi RAL 3015 (rosa claro). No quadro 9 observa-se a cor aproximada e indicam-se os valores máximos de ΔE^* admitidos pela QUALICOAT e na NF após 1 ano de exposição na Flórida.

Quadro 9 – Valores máximos de ΔE^* admissíveis pela QUALICOAT e NF T 34-554-1

RAL 3015	QUALICOAT	NF T 34-554-1
	$\Delta E^* = 3$	$\Delta E^* = 6$

Observando todos os valores de ΔE^* apresentados no quadro 7 para a cor rosa, verifica-se que após 1 ano de exposição natural só o fabricante III ($\Delta E^* = 4$) não cumpria o requisito da QUALICOAT e que todos os fabricantes apresentavam valores de ΔE^* inferiores ao requisito da NF. Aos 24 meses de exposição todos os fabricantes cumpriam o requisito da QUALICOAT ($\Delta E^* \leq 3$).

Na observação visual aos 12 e 24 meses (figura 43) constatou-se que, em todos os fabricantes, ocorreu uma melhoria do aspecto dos provetes relativamente à alteração de cor, tendo sido atribuída uma classificação de 8 a 9 (vestígios a leves vestígios).

Assim, conclui-se o seguinte:

- todos os fabricantes apresentaram, após exposição natural (24 meses) uma alteração na cor rosa visualmente aceitável a que corresponde um $\Delta E^* \leq 3$;
- após 1000 h de xenotest o ΔE^* máximo foi de 2, uma unidade abaixo do requisito QUALICOAT - $\Delta E^* \leq 3$ (ou ΔE^* máximo de 3 no caso de 1000 h QUV), pelo que é aceitável admitir como base o requisito QUALICOAT para condições de envelhecimento artificial.

xenotest (ou QUV) rosa (1000 h) - $\Delta E^* \leq 3$

SALMÃO

Na figura 44 resume-se graficamente o resultado da observação visual e da determinação da diferença de cor, efectuados após 12 e 24 meses de exposição natural e 1000 horas de envelhecimento artificial acelerado (xenotest, suntest e QUV).

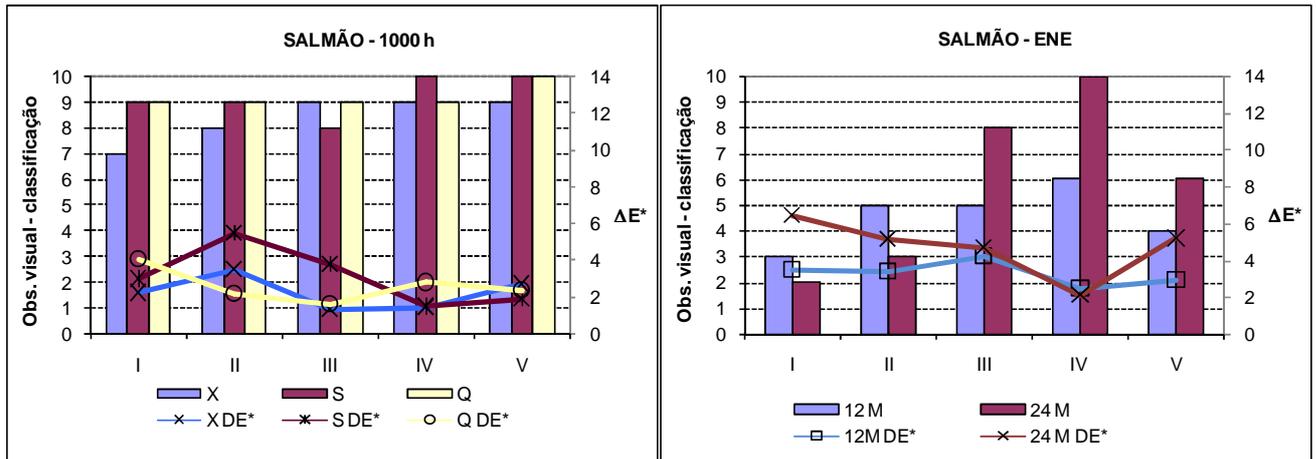


Figura 44 – Salmão - Comparação entre resultados da observação visual (gráfico de barras) e da determinação da diferença total de cor (gráfico de linhas), após 12 e 24 meses de exposição natural (ENE) e 1000 horas de envelhecimento artificial acelerado: X – xenotest; S – suntest; Q – QUV

- Limites de ΔE^* (mínimo e máximo)

- exposição natural 12 meses: 2 (IV) a 4 (I e III)
- exposição natural 24 meses: 2 (IV) a 6 (I)
- xenotest 1000 h: 1 (III e IV) a 4 (II)
- suntest 1000 h: 1 (V) a 5 (II)
- QUV 1000 h: 2 (II, III e V) a 4 (I)

- Tipo de **envelhecimento artificial** que melhor reproduz o **pior desempenho** em ambiente exterior (cor salmão do fabricantes I e III - ΔE^* 12 meses = 4)

- suntest (ΔE^* 1000h = 3 (I) e 4 (III))

- Tipo de **envelhecimento artificial** que melhor reproduz o **melhor desempenho** em ambiente exterior (cor salmão do fabricante IV - ΔE^* 12 meses = 2)

- suntest e xenotest (ΔE^* 1000h = 1)

Após 1000 h de envelhecimento artificial o fabricante IV (melhor comportamento em ambiente exterior aos 12 meses com um $\Delta E^* = 2$) apresentava $\Delta E^* = 1$ em todos tipos de envelhecimentos artificiais (xenotest, suntest e QUV) mas o único tipo de envelhecimento artificial que conseguia não penalizar a cor que apresentava o melhor desempenho ao fim

de 24 meses de exposição (fabricante IV) e considerava de modo aproximado ao das condições naturais os piores desempenhos (fabricantes II, V e I) foi o xenotest.

Assim, o envelhecimento **xenotest simula melhor** o envelhecimento natural no caso da cor salmão.

Observando os quadros 6 e 7 conclui-se que, em ambiente exterior, a cor salmão sofreu um grau de alteração de cor imediatamente superior aos das cores bege e rosa ($\Delta E^* \leq 4$ após 12 meses de exposição e $\Delta E^* \leq 6$ após 24 meses de exposição).

Observando o quadro 7, conclui-se que:

- aos 12 meses: $\Delta E^* = 2$ (fabricante IV)

$\Delta E^* = 3$ – fabricantes II e V

$\Delta E^* = 4$ – fabricante I e III

- aos 24 meses: $\Delta E^* = 2$ (fabricantes IV)

$\Delta E^* = 5$ – fabricante II, III e V

$\Delta E^* = 6$ – fabricante I

A cor RAL que foi considerada mais próxima da estuda foi RAL 2009 (laranja sinalização). No quadro 10 observa-se a cor aproximada e indicam-se os valores máximos de ΔE^* admitidos pela QUALICOAT e na NF após 1 ano de exposição na Flórida.

Quadro 10 – Valores máximos de ΔE^* admissíveis pela QUALICOAT e NF T 34-554-1

RAL 2009	QUALICOAT	NF T 34-554-1
	$\Delta E^* = 4$	$\Delta E^* = 14$

Observando todos os valores de ΔE^* apresentados no quadro 7 para a cor salmão, verifica-se que após 1 ano de exposição natural todos os fabricantes ($\Delta E^* \leq 4$) cumpriam o requisito da QUALICOAT e, portanto, também o requisito da NF.

Na observação visual (figura 35) constatou-se que em alguns dos fabricantes (III, IV e V) ocorreu uma melhoria do aspecto dos provetes dos 12 para os 24 meses relativamente à alteração de cor, tendo sido atribuída uma classificação de 8 a 10 (vestígios a leves vestígios), mesmo tendo-se verificado um acréscimo do ΔE^* para valores superiores a 4 – o salmão dos fabricantes III e V atingiu aos 24 meses um $\Delta E^* = 5$. O facto de a classificação visual aos 12 meses ter sido pior deve-se, provavelmente, à existência nessa data de uma maior retenção de sujidade nos provetes que afectou negativamente a percepção visual da cor.

Assim, conclui-se o seguinte:

- após 12 meses de exposição natural todos os fabricantes apresentaram uma alteração na cor salmão aceitável a que corresponde um $\Delta E^* \leq 4$;
- após 1000 h de xenotest o ΔE^* máximo foi de 4, igual ao requisito QUALICOAT - $\Delta E^* \leq 4$, pelo que é aceitável admitir como base o requisito QUALICOAT para condições de envelhecimento artificial.

xenotest salmão (1000 h) - $\Delta E^* \leq 4$

VERDE

Na figura 45 resume-se graficamente o resultado da observação visual e da determinação da diferença de cor, efectuados após 12 e 24 meses de exposição natural e 1000 horas de envelhecimento artificial acelerado (xenotest, suntest e QUV).

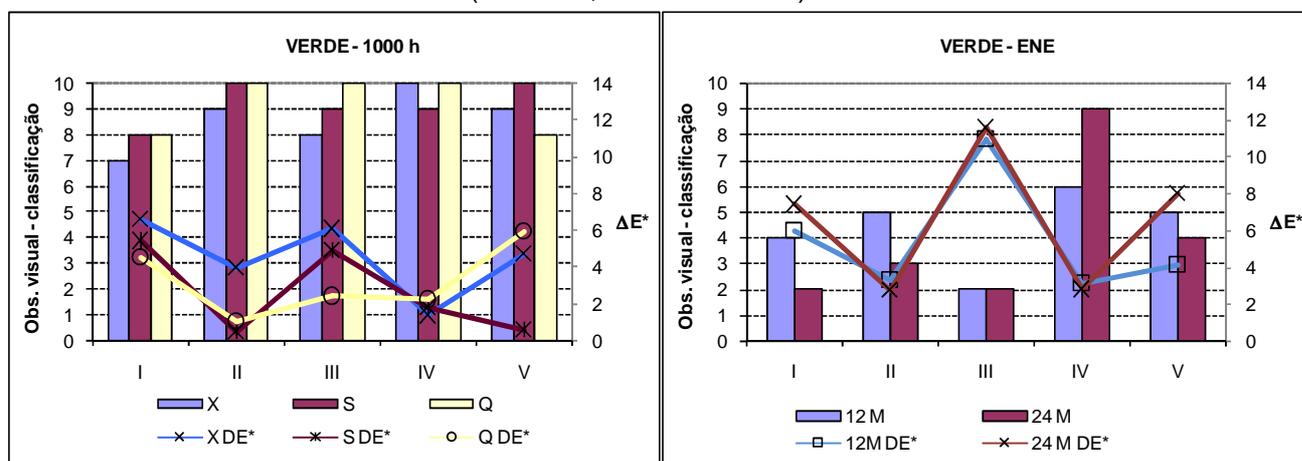


Figura 45 – Verde - Comparação entre resultados da observação visual (gráfico de barras) e da determinação da diferença total de cor (gráfico de linhas), após 12 e 24 meses de exposição natural (ENE) e 1000 horas de envelhecimento artificial acelerado: X – xenotest; S – suntest; Q - QUV

- Limites de ΔE^* (mínimo e máximo)

- exposição natural 12 meses: 3 (II e IV) a 11 (III)
- exposição natural 24 meses: 3 (II e IV) a 12 (III)
- xenotest 1000 h: 1 (IV) a 7 (I)
- suntest 1000 h: 1 (II e V) a 5 (I e III)
- QUV 1000 h: 1 (II) a 6 (V)

- Tipo de **envelhecimento artificial** que melhor reproduz o **pior desempenho** em ambiente exterior (cor verde do fabricante III - ΔE^* 12 meses = 11)

- suntest (ΔE^* 1000h = 5) e xenotest (ΔE^* 1000h = 6)

- Tipo de **envelhecimento artificial** que melhor reproduz o **melhor desempenho** em ambiente exterior (cor verde dos fabricantes II e IV - ΔE^* 12 meses = 3)

- QUV (ΔE^* 1000h = 1 (II) e 2 (IV)) e xenotest (ΔE^* 1000h = 1 (IV) e 4 (II))

Após 1000 h de envelhecimento artificial os fabricantes II e IV (melhor comportamento em exposição natural ENE aos 12 meses com $\Delta E^* = 3$) apresentavam ΔE^* entre 1 e 2 (QUV e suntest), e ΔE^* entre 1 e 4 (xenotest). O único tipo de envelhecimento artificial que conseguiu agrupar de modo mais aproximado ao das condições naturais os piores desempenhos (fabricantes I, V e III) foi o xenotest – o QUV conseguiu agrupar os fabricantes I e V mas considerou o III (pior desempenho em ENE) equivalente ao IV (melhor desempenho em ENE) e o suntest conseguiu agrupar os fabricantes I e III mas considerou o V (pior desempenho ENE) equivalente ao II (melhor desempenho ENE).

Assim, o envelhecimento **xenotest simula melhor** o envelhecimento natural no caso da cor verde.

Observando os quadros 6 e 7 conclui-se que, em ambiente exterior, a cor verde sofreu um grau de alteração de cor um pouco superior ao da cor salmão ($\Delta E^* \leq 11$ após 12 meses de exposição e $\Delta E^* \leq 12$ após 24 meses de exposição).

Observando o quadro 7, conclui-se que:

- aos 12 meses: $\Delta E^* = 3$ – fabricantes IV e II

ΔE^* entre 4 e 6 - fabricantes V e I

$\Delta E^* = 11$ – fabricantes III

- aos 24 meses: $\Delta E^* = 3$ – fabricantes IV e II

ΔE^* entre 7 e 8 - fabricantes I e V

$\Delta E^* = 12$ – fabricantes III

A cor RAL que foi considerada mais próxima da estuda foi RAL 6021 (verde pálido). No quadro 11 observa-se a cor aproximada e indicam-se os valores máximos de ΔE^* admitidos pela QUALICOAT e na NF após 1 ano de exposição na Flórida.

Quadro 11 – Valores máximos de ΔE^* admissíveis pela QUALICOAT e NF T 34-554-1

RAL 6021	QUALICOAT	NF T 34-554-1
	$\Delta E^* = 4$	$\Delta E^* = 9$

Observando todos os valores de ΔE^* apresentados no quadro 7 para a cor verde, verifica-se que após 1 ano de exposição natural apenas os fabricantes II, IV e V cumpriam o requisito

da QUALICOAT e apenas o fabricante III não cumpria o requisito da NF ($\Delta E^* = 11$) – o fabricante I ($\Delta E^* = 6$) não cumpria o requisito da QUALICOAT mas cumpria o da NF.

Na observação visual aos 12 meses da cor verde dos fabricantes I e III (que não cumpriram o requisito QUALICOAT - ΔE^* de 6 e 11, respectivamente) foi atribuída uma classificação para a alteração de cor de 2 a 4 (médio a acentuado, a muito acentuado) o que corrobora a sensação de que o requisito QUALICOAT é aceitável – ao verde do fabricante V com um $\Delta E^* = 4$ foi atribuída a classificação para a alteração de cor de 5 (médio), que pode ainda ser considerada aceitável.

Assim, conclui-se o seguinte:

- após 12 meses de exposição natural, os fabricantes II, IV e V apresentaram uma alteração na cor verde aceitável a que corresponde um $\Delta E^* \leq 4$ (o valor de 4 corresponde ao verde do fabricante V);
- após 1000 h de xenotest, o verde do fabricante V atingiu $\Delta E^* = 5$, uma unidade acima do requisito QUALICOAT ($\Delta E^* \leq 4$), pelo que é aceitável admitir como base uma tolerância de +1 o requisito QUALICOAT para condições de envelhecimento artificial xenotest.

xenotest verde (1000 h) - $\Delta E^* \leq 4^{+1}$

ENCARNADO

Na figura 46 resume-se graficamente o resultado da observação visual e da determinação da diferença de cor, efectuados após 12 e 24 meses de exposição natural e 1000 horas de envelhecimento artificial acelerado (xenotest, suntest e QUV).

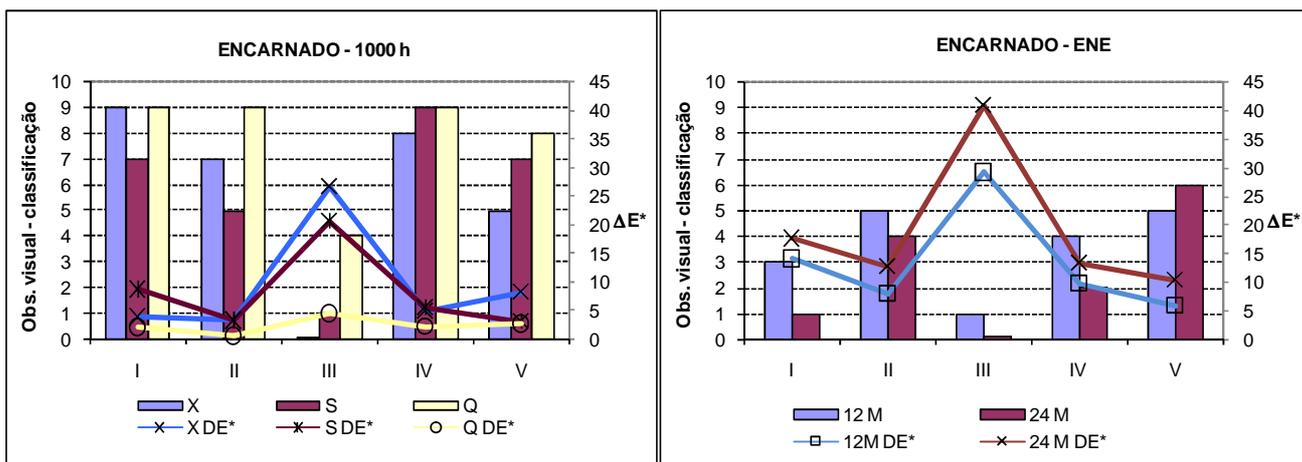


Figura 46 – Encarnado - Comparação entre resultados da observação visual (gráfico de barras) e da determinação da diferença total de cor (gráfico de linhas), após 12 e 24 meses de exposição natural (ENE) e 1000 horas de envelhecimento artificial acelerado: X – xenotest; S – suntest; Q - QUV

- Limites de ΔE^* (mínimo e máximo)

- exposição natural 12 meses: 6 (V) a 29 (III)
- exposição natural 24 meses: 10 (V) a 41 (III)
- xenotest 1000 h: 3 (II) a 27 (III)
- suntest 1000 h: 3 (V) a 21 (III)
- QUV 1000 h: 1 (II) a 4 (III)

- Tipo de **envelhecimento artificial** que melhor reproduz o **pior desempenho** em ambiente exterior (cor vermelha do fabricante III - ΔE^* 12 meses = 29)

- xenotest (ΔE^* 1000h = 27) e suntest (ΔE^* 1000h = 21)

- Tipo de **envelhecimento artificial** que melhor reproduz o **melhor desempenho** em ambiente exterior (cor vermelha do fabricante V - ΔE^* 12 meses = 6)

- suntest (ΔE^* 1000h = 3)

Considera-se que o envelhecimento QUV não permite obter um grau de degradação representativa da degradação em ambiente natural da cor encarnada.

Assim, no caso da cor encarnada o envelhecimento natural poderá ser simulado por **xenotest** ou por **suntest**.

Observando o quadro 6, conclui-se que a cor encarnada foi a que sofreu maior alteração em ambiente exterior em 4 fabricantes (I, II, III, IV) e também a que atingiu valores de ΔE^* mais elevados.

Observando o quadro 7, conclui-se que:

- aos 12 meses: $\Delta E^* \leq 8$ – fabricantes V e II
 $\Delta E^* \geq 10$ – fabricantes I, III, IV
- aos 24 meses $\Delta E^* \geq 10$ (todos os fabricantes)

A cor RAL que foi considerada mais próxima da estuda foi RAL 2002 (laranja sangue). No quadro 12 observa-se a cor aproximada e indicam-se os valores máximos de ΔE^* admitidos pela QUALICOAT e na NF após 1 ano de exposição na Flórida.

Quadro 12 – Valores máximos de ΔE^* admissíveis pela QUALICOAT e NF T 34-554-1

RAL 2002	QUALICOAT	NF T 34-554-1
	$\Delta E^* = 8$	$\Delta E^* = 14$

Observando todos os valores de ΔE^* apresentados no quadro 7 para a cor encarnada, verifica-se que após 1 ano de exposição natural apenas os fabricantes V e II cumpriam o requisito da QUALICOAT. Estes e mais dois fabricantes apresentavam valores de ΔE^* inferiores ao requisito da NF (I - $\Delta E^*=14$ e IV - $\Delta E^*=10$). O fabricante III não cumpria nenhum dos requisitos ($\Delta E^*=29$).

Na observação visual (figura 37) foi atribuída a classificação de 5 (média) para a alteração de cor sofrida pelo encarnado dos fabricantes V ($\Delta E^*=6$) e II ($\Delta E^*=8$).

O fabricante V (melhor comportamento em ambiente exterior aos 12 meses com um $\Delta E^*= 6$) apresentava às 1000 h de envelhecimento artificial $\Delta E^*=8$ (xenotest) e $\Delta E^*=3$ (suntest e QUV).

Após 1000 h de envelhecimento artificial xenotest, para além dos fabricantes que cumpriam o requisito QUALICOAT em exposição natural (II - $\Delta E^*=8$ e V - $\Delta E^*=6$), também os fabricantes I e IV o faziam, demonstrando até um melhor comportamento com xenotest que o fabricante V, o melhor em exposição natural.

Após 1000 h de envelhecimento artificial suntest, para além dos fabricantes que cumpriam o requisito QUALICOAT em exposição natural (II - $\Delta E^*=8$ e V - $\Delta E^*=6$), também o fabricante IV o cumpria ($\Delta E^*= 5$). Com este tipo de envelhecimento a ordem de alteração de cor conseguida é a mesma que em exposição natural (melhor comportamento V, depois II, IV, I e pior comportamento III).

Assim, conclui-se o seguinte:

- aos 12 meses de exposição natural os únicos fabricantes que apresentavam uma alteração da cor encarnada aceitável (com $\Delta E^* \leq 8$ e classificação da alteração de cor 5 - média), eram os fabricantes V ($\Delta E^*=6$) e II ($\Delta E^*=8$);
- o envelhecimento suntest parece simular melhor que o xenotest o envelhecimento natural;
- com qualquer dos dois envelhecimentos artificiais (xenotest e suntest), a cor encarnada de alguns fabricantes é menos afectada que em condições de exposição natural (cores dos fabricantes I e IV) cumprindo o requisito QUALICOAT ($\Delta E^* \leq 8$).
- o requisito QUALICOAT ($\Delta E^* \leq 8$) tem viabilidade de ser cumprido para a cor encarnada:
 - em exposição natural 2 fabricantes cumprem o requisito;
 - em envelhecimento artificial 3 (suntest) ou 4 (xenotest) fabricantes cumprem o requisito.

Considera-se aceitável para a cor encarnada um dos seguintes valores de ΔE^* após 1000 h:

xenotest (ou suntest) encarnado (1000 h) - $\Delta E^* \leq 8$

AZUL

Na figura 47 resume-se graficamente o resultado da observação visual e da determinação da diferença de cor, efectuados após 12 e 24 meses de exposição natural e 1000 horas de envelhecimento artificial acelerado (xenotest, suntest e QUV).

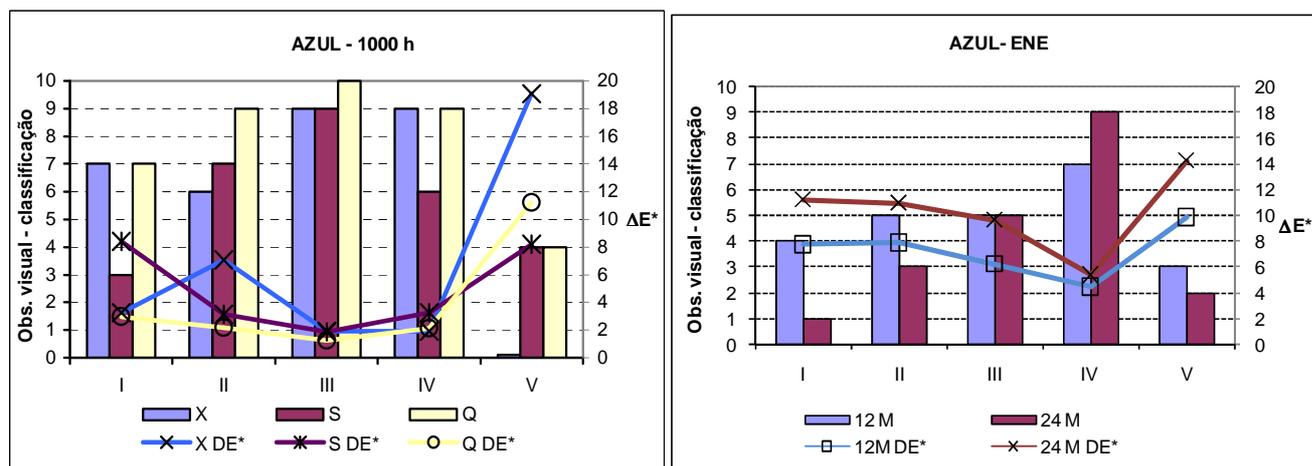


Figura 47 – Azul - Comparação entre resultados da observação visual (gráfico de barras) e da determinação da diferença total de cor (gráfico de linhas), após 12 e 24 meses de exposição natural (ENE) e 1000 horas de envelhecimento artificial acelerado: X – xenotest; S – suntest; Q - QUV

- Limites de ΔE^* (mínimo e máximo)

- exposição natural 12 meses: 4 (IV) a 10 (V)
- exposição natural 24 meses: 5 (IV) a 14 (V)
- xenotest 1000 h: 2 (III) a 19 (V)
- suntest 1000 h: 2 (III) a 8 (I)
- QUV 1000 h: 1 (III) a 11 (V)

- Tipo de **envelhecimento artificial** que melhor reproduz o **piores desempenho** em ambiente exterior (cor azul do fabricante V - ΔE^* 12 meses = 10)

- xenotest (ΔE^* 1000h = 19), QUV (ΔE^* 1000h = 11) e suntest (ΔE^* 1000h = 8)

- Tipo de **envelhecimento artificial** que melhor reproduz o **melhor desempenho** em ambiente exterior (cor azul do fabricante IV - ΔE^* 12 meses = 4)

- xenotest (ΔE^* 1000h = 2)

Considera-se que o QUV não permite obter um grau de degradação representativa da degradação em ambiente natural da cor azul pois apenas permitiu distinguir o fabricante V dos restantes, não provocando alteração apreciável no azul dos restantes fabricantes. Quanto aos outros dois tipos de envelhecimentos, analisando os resultados apresentados no quadro 7 conclui-se que o **xenotest simula melhor** que o suntest o envelhecimento natural (ENE) da cor azul, uma vez que consegue distinguir as cores dos fabricantes pela mesma ordem que o ENE.

Observando o quadro 6, conclui-se que no fabricante V foi a cor azul a que sofreu maior alteração em ambiente exterior. Foi também deste fabricante o azul que sofreu a maior alteração em qualquer dos envelhecimentos.

Observando o quadro 7, conclui-se que:

- aos 12 meses: $\Delta E^* = 4$ (fabricante IV)

$$\Delta E^* \leq 8 - \text{fabricantes III, I e II}$$

$$\Delta E^* \geq 10 - \text{fabricante V}$$

- aos 24 meses: $\Delta E^* = 5$ (fabricante IV)

$$\Delta E^* \geq 10 - \text{fabricantes I, II, III e V}$$

A cor RAL que foi considerada mais próxima da estuda foi RAL 5017 (azul sinalização). No quadro 13 observa-se a cor aproximada e indicam-se os valores máximos de ΔE^* admitidos pela QUALICOAT e na NF após 1 ano de exposição na Flórida.

Quadro 13 – Valores máximos de ΔE^* admissíveis pela QUALICOAT e NF T 34-554-1

RAL 5017	QUALICOAT	NF T 34-554-1
	$\Delta E^* = 5$	$\Delta E^* = 10$

Observando todos os valores de ΔE^* apresentados no quadro 7 para a cor azul, verifica-se que após 1 ano de exposição natural só o fabricante IV ($\Delta E^* = 4$) cumpria o requisito da QUALICOAT, mas os outros quatro fabricantes cumpriam o requisito da NF (I, II, III e V).

Na observação visual (figura 38) foi atribuída a classificação de 7 (leve) para a alteração de cor sofrida pelo azul do fabricante IV ($\Delta E^*=4$). Ao fabricante III ($\Delta E^*=6$) foi atribuída a classificação de 5 (média).

Após 1000 h de envelhecimento artificial xenotest o fabricante IV (melhor comportamento em ambiente exterior aos 12 meses com um $\Delta E^*= 4$) apresentava $\Delta E^*= 2$.

Considera-se aceitável para a cor azul um dos seguintes valores de ΔE^* após 1000 h:

- xenotest - $\Delta E^* \leq 7$
- suntest - $\Delta E^* < 8$ e ≥ 3
- QUV - $\Delta E^* < 11$ e ≥ 3

Após 1000 h de envelhecimento artificial xenotest, para além do fabricante que cumpria o requisito QUALICOAT em exposição natural (IV - $\Delta E^*=4$), também os fabricantes III ($\Delta E^*=2$) e I ($\Delta E^*=3$) o cumpriam.

Assim, conclui-se o seguinte:

- aos 12 meses de exposição natural a única cor azul que cumpria o requisito QUALICOAT apresentando uma alteração de cor classificada com 7 (leve) era o fabricante IV ($\Delta E^*=4$), apesar do azul do fabricante III ter sido visualmente considerado ainda aceitável ($\Delta E^*=6$ e classificação 5 – média);
- com o envelhecimento artificial xenotest, a cor azul de alguns fabricantes é menos afectada que em condições de exposição natural (cores dos fabricantes III - $\Delta E^*=2$ e I $\Delta E^*=3$), cumprindo o requisito QUALICOAT ($\Delta E^* \leq 5$).
- o requisito QUALICOAT ($\Delta E^* \leq 5$) tem viabilidade de ser cumprido para a cor azul:
 - em exposição natural 1 fabricante (IV) cumpre o requisito e outro (III) apresenta um ΔE^* uma unidade acima do admitido;

- em envelhecimento artificial xenotest, para além do fabricante que cumpre o requisito em exposição natural (IV), mais dois fabricantes o cumprem (III e I).

Considera-se aceitável para a cor azul o seguinte valor de ΔE^* após 1000 h:

xenotest azul (1000 h) - $\Delta E^* \leq 5$

7. CONCLUSÕES

Tendo em conta a análise efectuada para cada cor pode concluir-se que o tipo de envelhecimento artificial acelerado mais frequentemente considerado como mais adequado para simular as condições de exposição natural é o **xenotest**.

Conclui-se ainda que o critério QUALICOAT é o que melhor traduz a percepção visual do grau de alteração de cor uma vez que, em geral, o critério NF conduz à aceitação de graus de alteração de cor classificados visualmente como correspondentes a degradações muito acentuadas de cor.

Adoptando o critério QUALICOAT para 1000 h xenotest resume-se no quadro 14 o resultado obtido para as cores estudadas, apresentando a negrito as cores que se considera estarem muito próximo da aceitação (até +1 do que o valor admitido pela QUALICOAT).

Quadro 14 – Adopção do critério QUALICOAT para 1000 h xenotest

	Critério QUALICOAT	Cumprimento do critério QUALICOAT (1000 h xenotest)		Não cumprimento do critério QUALICOAT (1000 h xenotest)	
		Fabricantes	ΔE^*	Fabricantes	ΔE^*
Bege	$\Delta E^* \leq 3$	I, II, III, IV	2, 2, 2, 1	V	4
Rosa	$\Delta E^* \leq 3$	I, II, III, IV	1, 2, 1, 2	-	-
Salmão	$\Delta E^* \leq 4$	I, II, III, IV, V	2, 4, 1, 1, 3	-	-
Verde	$\Delta E^* \leq 4$	II, IV	4, 1	I, III, V	7, 6, 5
Encarnado	$\Delta E^* \leq 8$	I, II, IV, V	4, 3, 5, 8	III	27
Azul	$\Delta E^* \leq 5$	I, III, IV	3, 2, 2	II, V	7, 19

Observando os dados do quadro 14 e considerando que o critério QUALICOAT não deverá eliminar cores que apresentaram bom comportamento em exposição natural, conclui-se:

- Cor bege - apenas foi eliminada a cor do fabricante V com um $\Delta E^* = 4$, apenas com +1 unidade do que o valor admissível – este fabricante apresentou o melhor comportamento aos 12 meses, embora em seguida piorasse bruscamente (ΔE^* passou de 1 para 3).
- Cor rosa – todos os fabricantes cumprem;
- Cor salmão – todos os fabricantes cumprem;

- Cor verde – foram eliminadas as cores dos fabricantes I, III e V. O fabricante V foi eliminado com um $\Delta E^* = 4$, apenas com +1 unidade do que o valor admissível - este fabricante apresentou um comportamento intermédio entre os dois melhores e os piores (I e III).
- Cor encarnada – foi eliminada a cor do fabricante III, a que apresentou o pior comportamento aos 12 meses ($\Delta E^* = 29$).
- Cor azul – foram eliminadas as cores dos fabricantes II e V, duas das cores que apresentaram o pior comportamento aos 12 meses ($\Delta E^* = 8$ e 10).

Confirma-se assim que o critério QUALICOAT aplicado ao envelhecimento artificial xenotest 1000 h não elimina cores com bom comportamento exterior e permite seleccionar as piores cores. Considera-se assim, ser de adoptar este critério, atribuindo a cada cor a analisar uma classificação RAL considerada a mais próxima dessa cor, observando visualmente um provete aplicado nas condições indicadas pelo fabricante na ficha técnica, usando um suporte plano e liso para facilitar essa classificação. No anexo III apresenta-se cópia da tabela da QUALICOAT com os valores de ΔE^* admissíveis para cada valor RAL.

Note-se que em duas das cores (bege e verde), no caso do fabricante V, obteve-se uma eliminação por ter ocorrido uma alteração superior em uma unidade ao máximo requisito da QUALICOAT. Atendendo à variabilidade que as câmaras de envelhecimento artificial acelerado podem apresentar, seá de aceitar uma tolerância no valor de ΔE^* do requisito QUALICOAT para +1.

Admitindo esta tolerância de +1 relativamente ao requisito da QUALICOAT, apresenta-se no quadro 15 as cores que cumprem este novo o requisito em envelhecimento artificial e natural, assinalando-se a negrito as cores que passaram a cumpri-lo.

Quadro 15 – Adopção do critério QUALICOAT com +1 de tolerância

	Critério QUALICOAT +1	1000 h xenotest		Exposição natural 12 mesest		
		Cumprimento do critério		Cumprimento do critério		Não cumprimento
		Fabricantes	ΔE^*	Fabricantes	ΔE^*	
Bege	$\Delta E^* \leq 3+1$	I, II, III, IV, V	2, 2, 2, 1, 4	I, II, III, IV , V	3, 3, 4 , 1	
Rosa	$\Delta E^* \leq 3+1$	I, II, III, IV	1, 2, 1, 2	I, II, III , IV	1, 2, 4 , 2	
Salmão	$\Delta E^* \leq 4+1$	I, II, III, IV, V	2, 4, 1, 1, 3	I, II, III, IV, V	4, 3, 4, 2, 3	
Verde	$\Delta E^* \leq 4+1$	II, IV, V	4, 1, 5	II, IV, V	3, 3, 4	
Encarnado	$\Delta E^* \leq 8+1$	I , II, IV , V	4, 3, 5, 8	V, II	6, 8	I - $\Delta E^*=14$ IV - $\Delta E^*=10$
Azul	$\Delta E^* \leq 5+1$	I , III, IV	3, 2, 2	III , IV	6 , 4	I - $\Delta E^*=8$

Conclui-se que, adoptando este critério, todas as cores que cumprem o requisito “critério QUALICOAT +1 de tolerância” após 1 ano de exposição natural, o cumprem também após 1000 h de xenotest.

Desta forma não ficam prejudicadas cores que demonstraram possuir uma boa resistência em condições naturais, embora, em contrapartida, algumas cores (assinaladas a vermelho no quadro 15) que cumprem o critério com o envelhecimento artificial xenotest, não o cumpram em envelhecimento natural.

O trabalho experimental desenvolvido no âmbito do presente estudo foi executado por Andreia Caetano, licenciada pela UNL e pela bolsa de experimentação Carla Branco.

Lisboa e Laboratório Nacional de Engenharia Civil, Maio de 2009

VISTOS

A Directora do Departamento de
Materiais

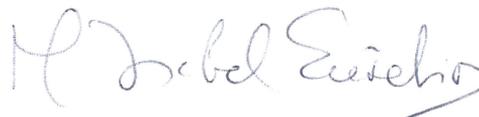


Adélia Rocha
Investigadora Coordenadora

AUTORIA



Maria Paula M. C. Rodrigues
Investigadora Principal

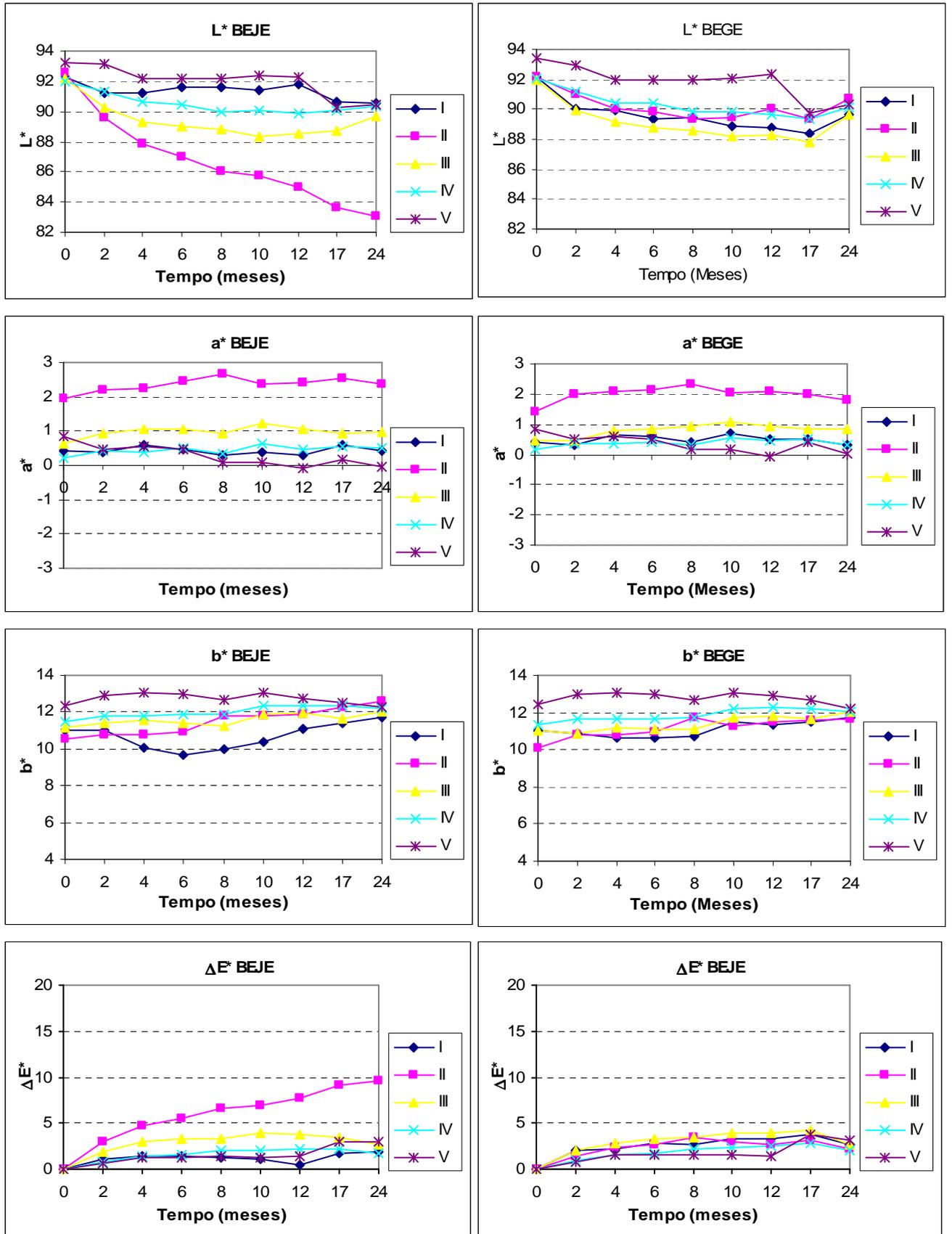


Maria Isabel Eusébio
Investigadora Coordenadora
Chefe do Núcleo de Materiais Orgânicos

ANEXO I

Coordenadas cromáticas L*a*b* e diferenças de cor

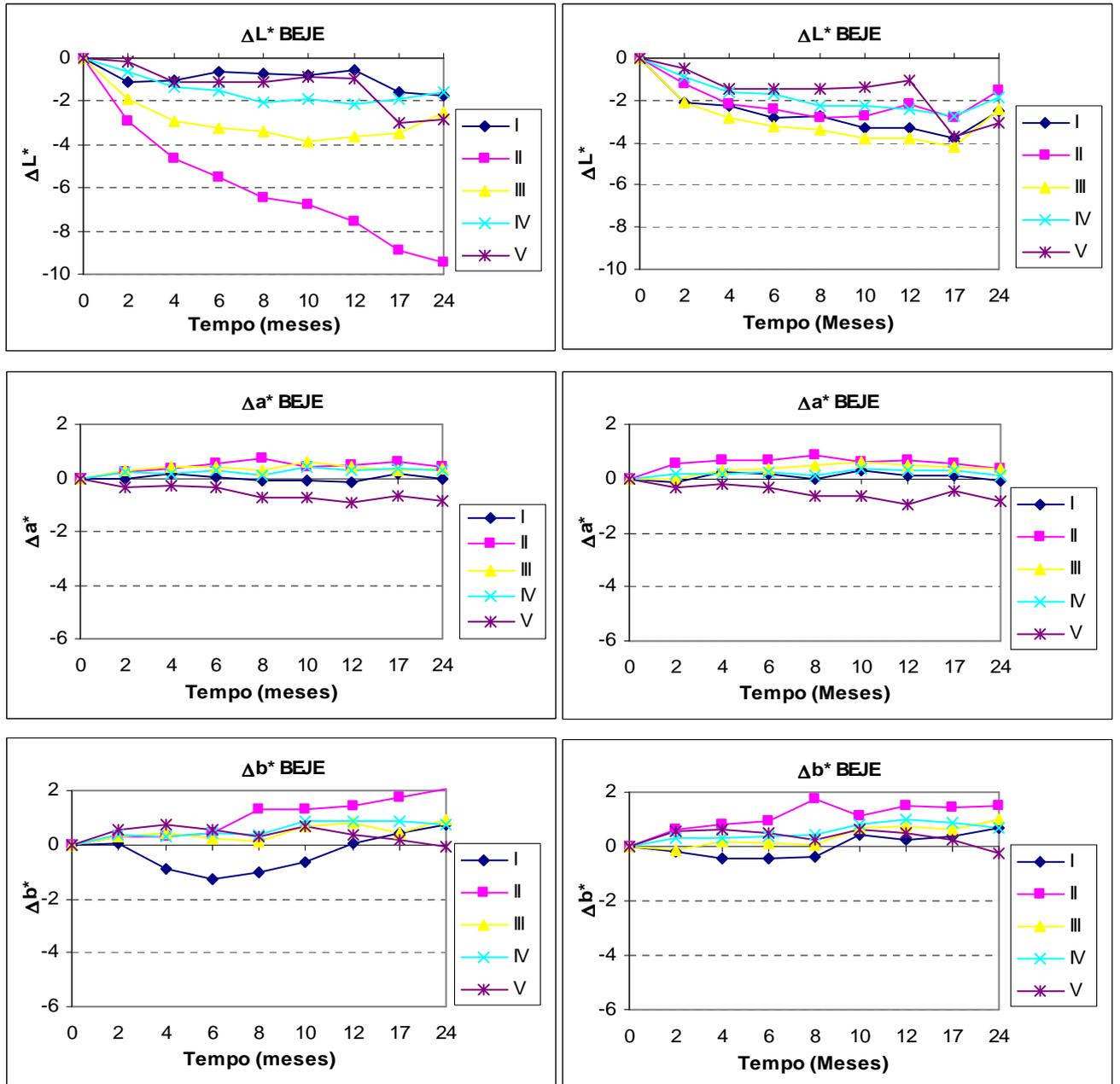
Envelhecimento natural



(a)

(b)

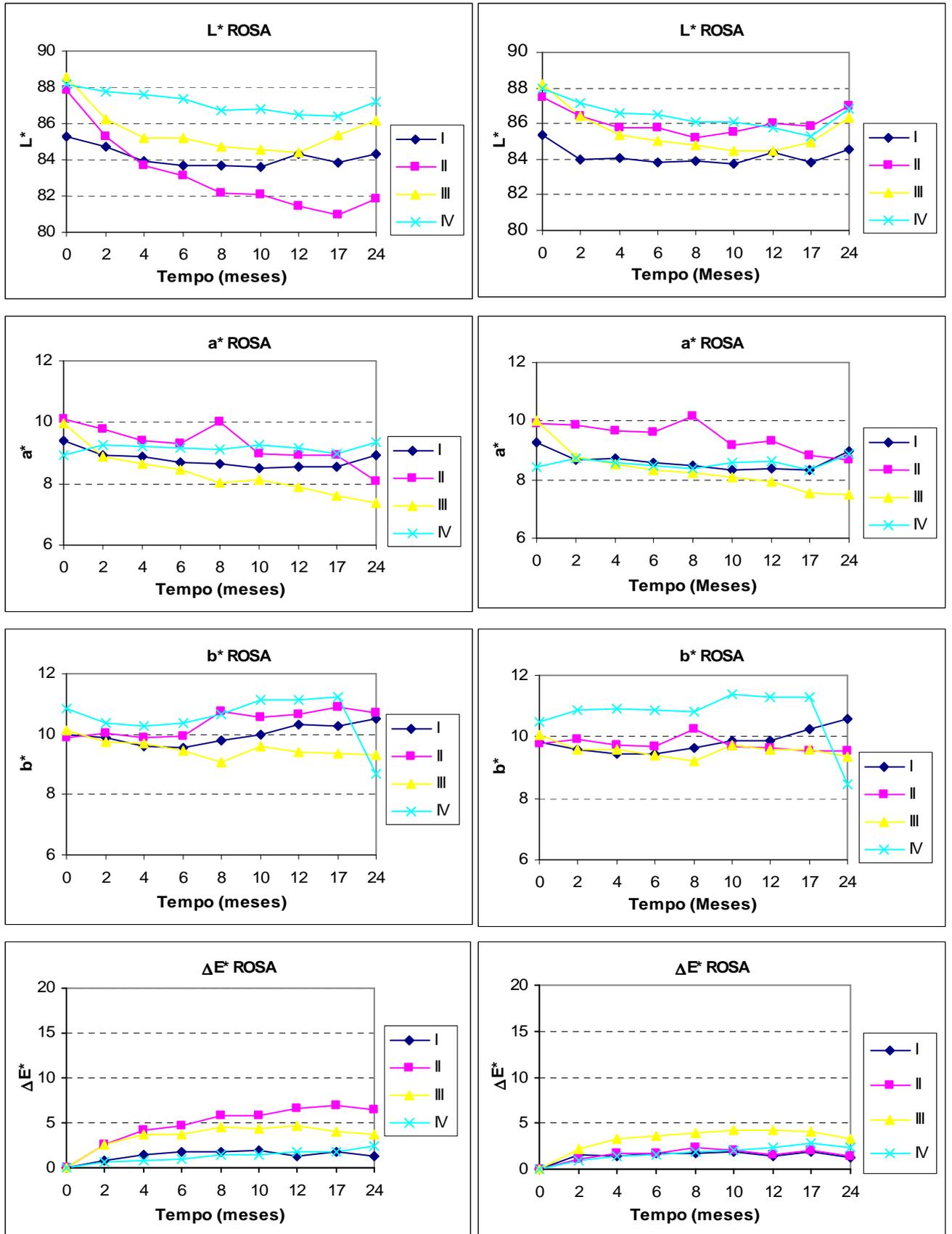
Figura I- 1 – Evolução da cor Beje ao longo do tempo de exposição natural: coordenadas $L^*a^*b^*$ e ΔE^* do lado do primário do próprio fabricante (a) e do lado do primário da Matesica (b)



(a)

(b)

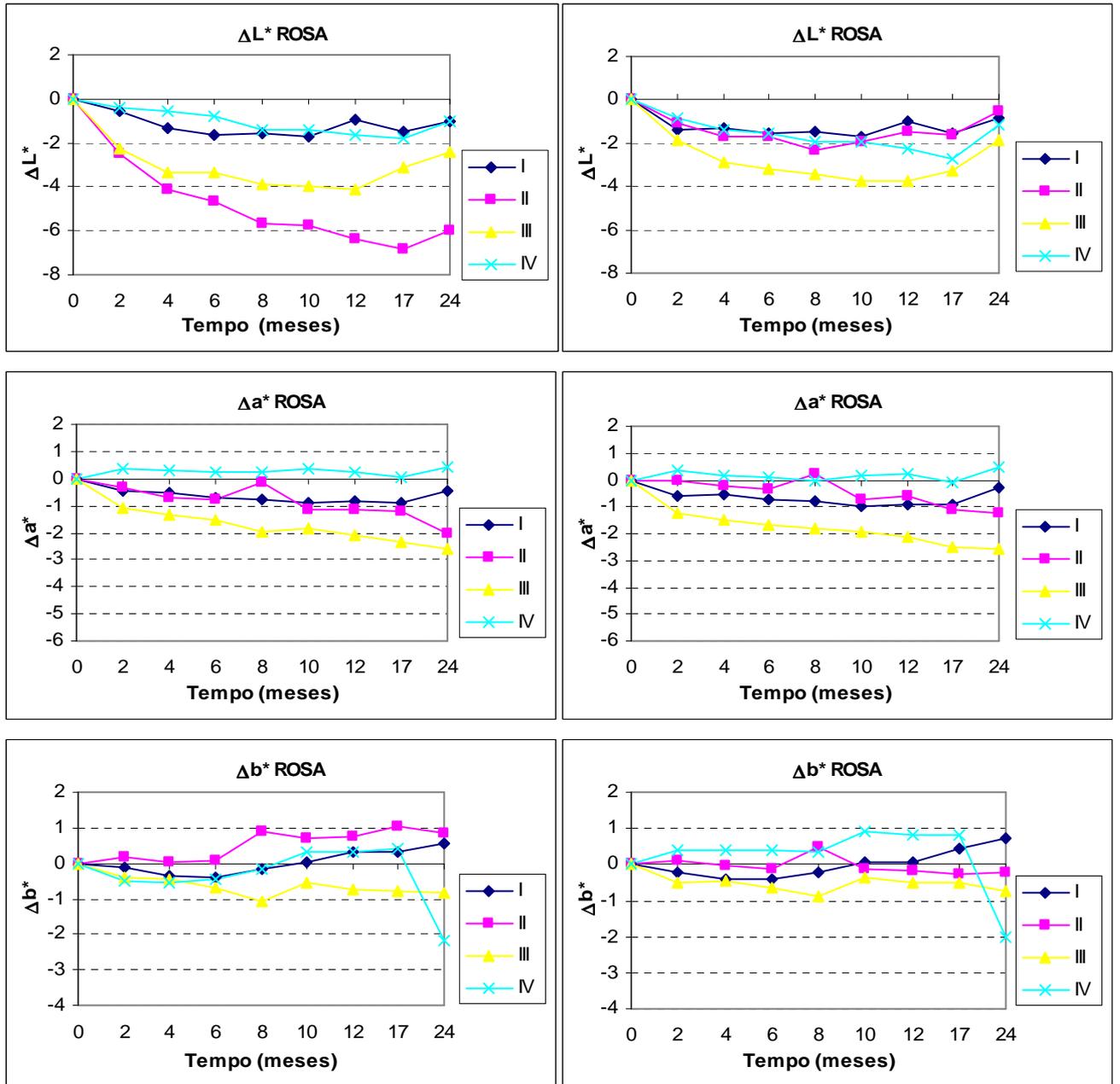
Figura I- 2 – Evolução da cor Bege ao longo do tempo de exposição natural: diferenças ΔL^* , Δa^* , Δb^* do lado do primário do próprio fabricante (a) e do lado do primário da Matesica (b)



(a)

(b)

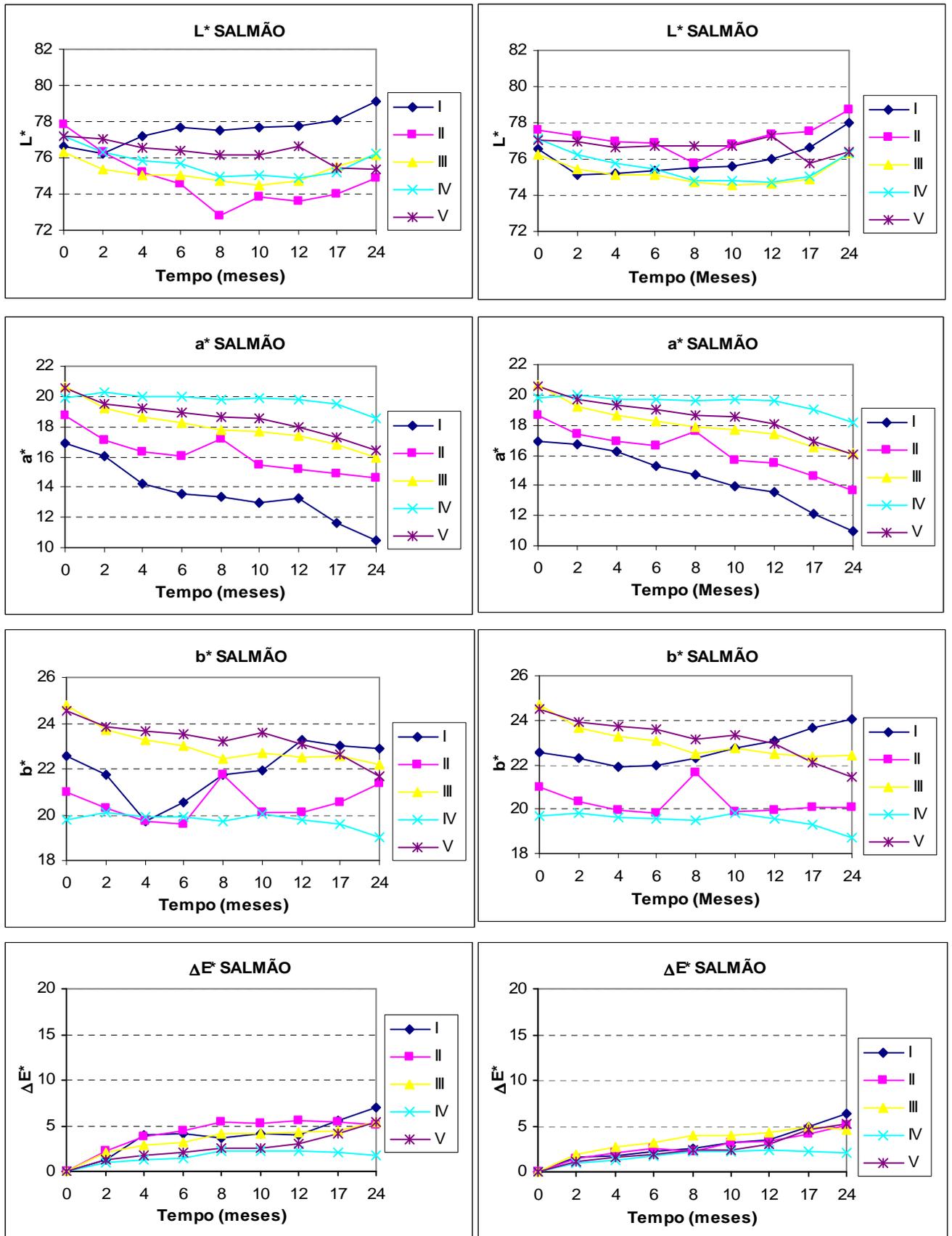
Figura I- 3 – Evolução da cor Rosa ao longo do tempo de exposição natural: coordenadas $L^*a^*b^*$ e ΔE^* do lado do primário do próprio fabricante (a) e do lado do primário da Matesica (b)



(a)

(b)

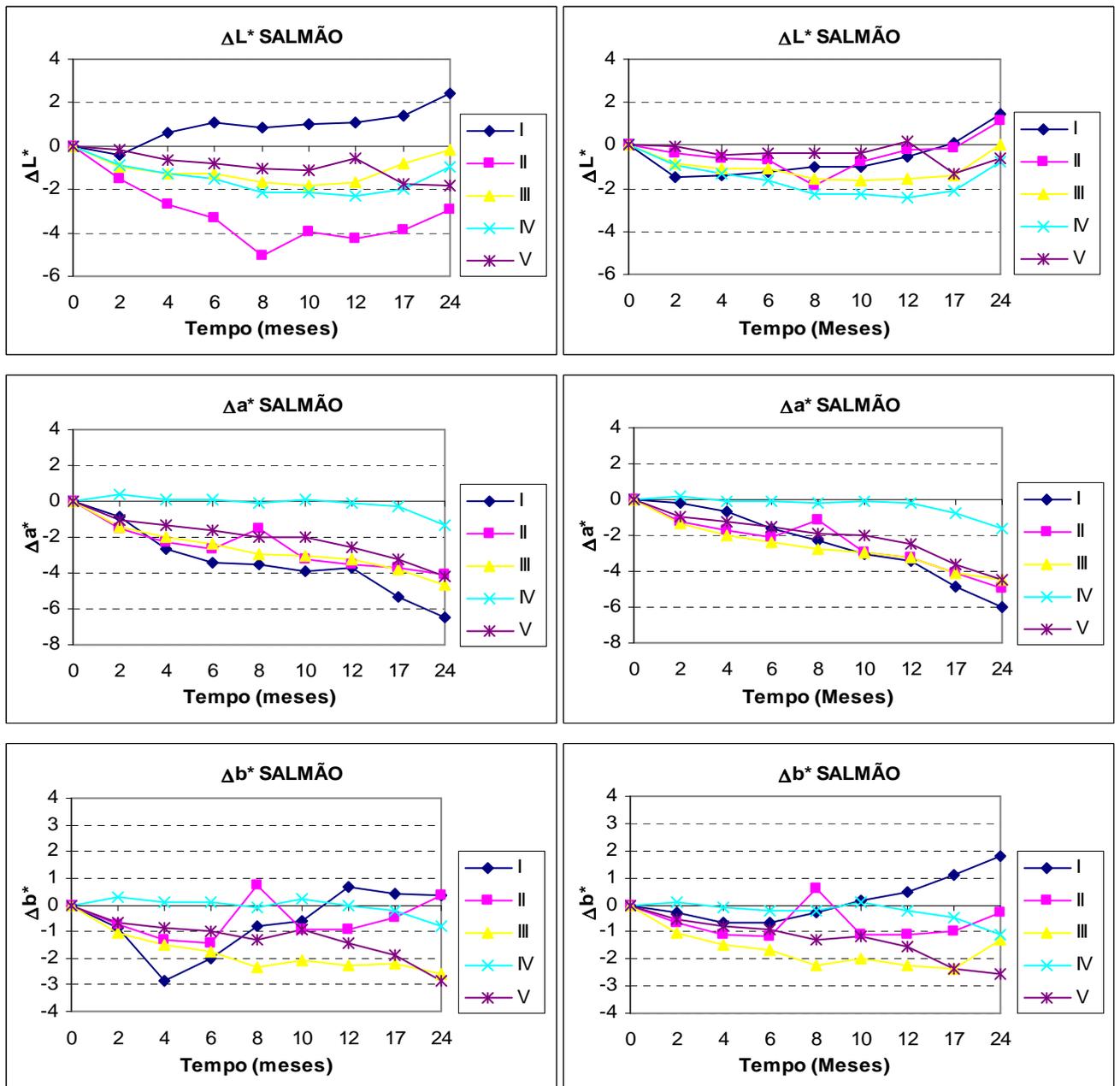
Figura I- 4 – Evolução da cor Rosa longo do tempo de exposição natural: diferenças ΔL^* , Δa^* , Δb^* do lado do primário do próprio fabricante (a) e do lado do primário da Matesica (b)



(a)

(b)

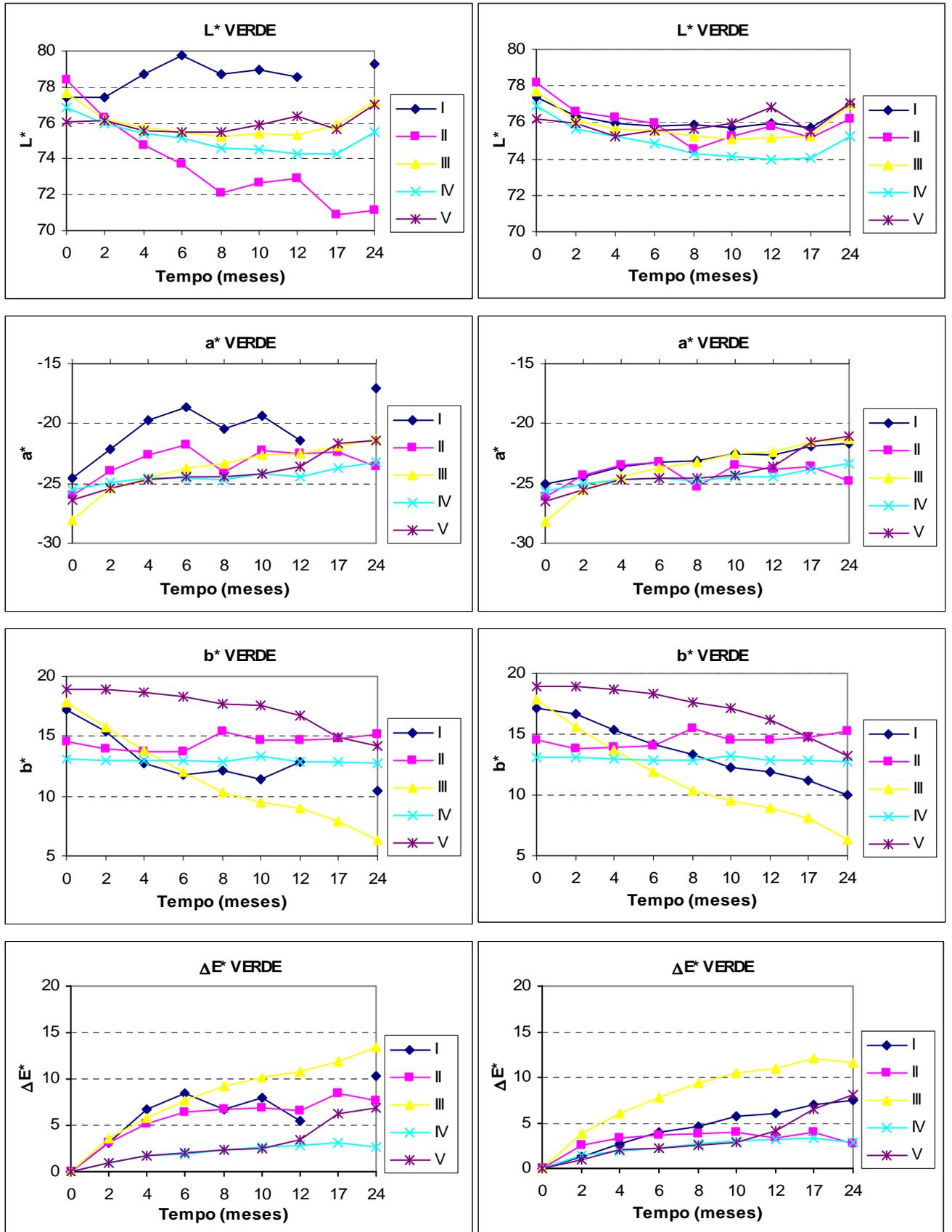
Figura I- 5 – Evolução da cor Salmão ao longo do tempo de exposição natural: coordenadas $L^*a^*b^*$ e ΔE^* do lado do primário do próprio fabricante (a) e do lado do primário da Matesica (b)



(a)

(b)

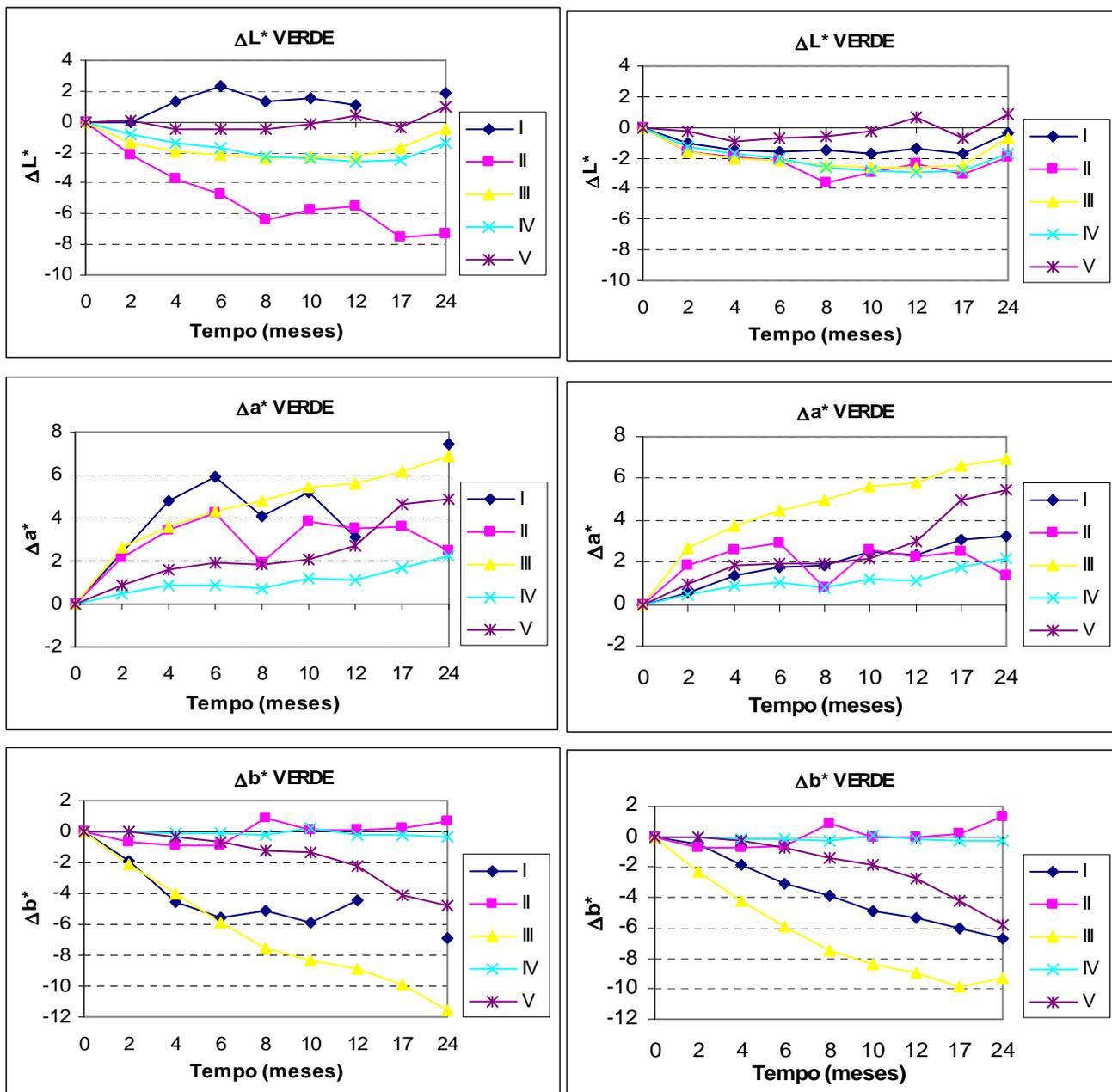
Figura I- 6 – Evolução da cor Salmão longo do tempo de exposição natural: diferenças ΔL^* , Δa^* , Δb^* do lado do primário do próprio fabricante (a) e do lado do primário da Matesica (b)



(a)

(b)

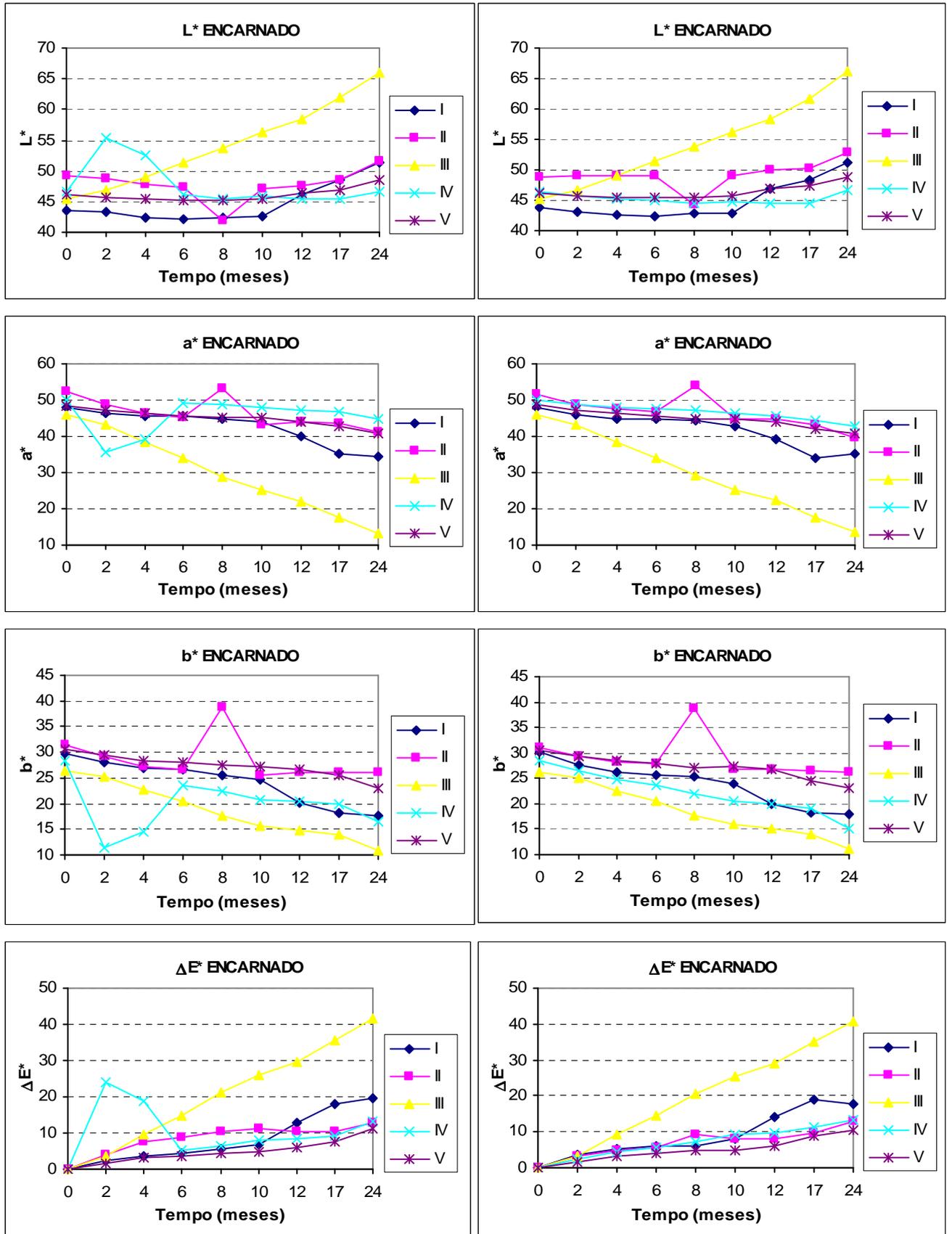
Figura I- 7 – Evolução da cor Verde ao longo do tempo de exposição natural: coordenadas $L^*a^*b^*$ e ΔE^* do lado do primário do próprio fabricante (a) e do lado do primário da Matesica (b)



(a)

(b)

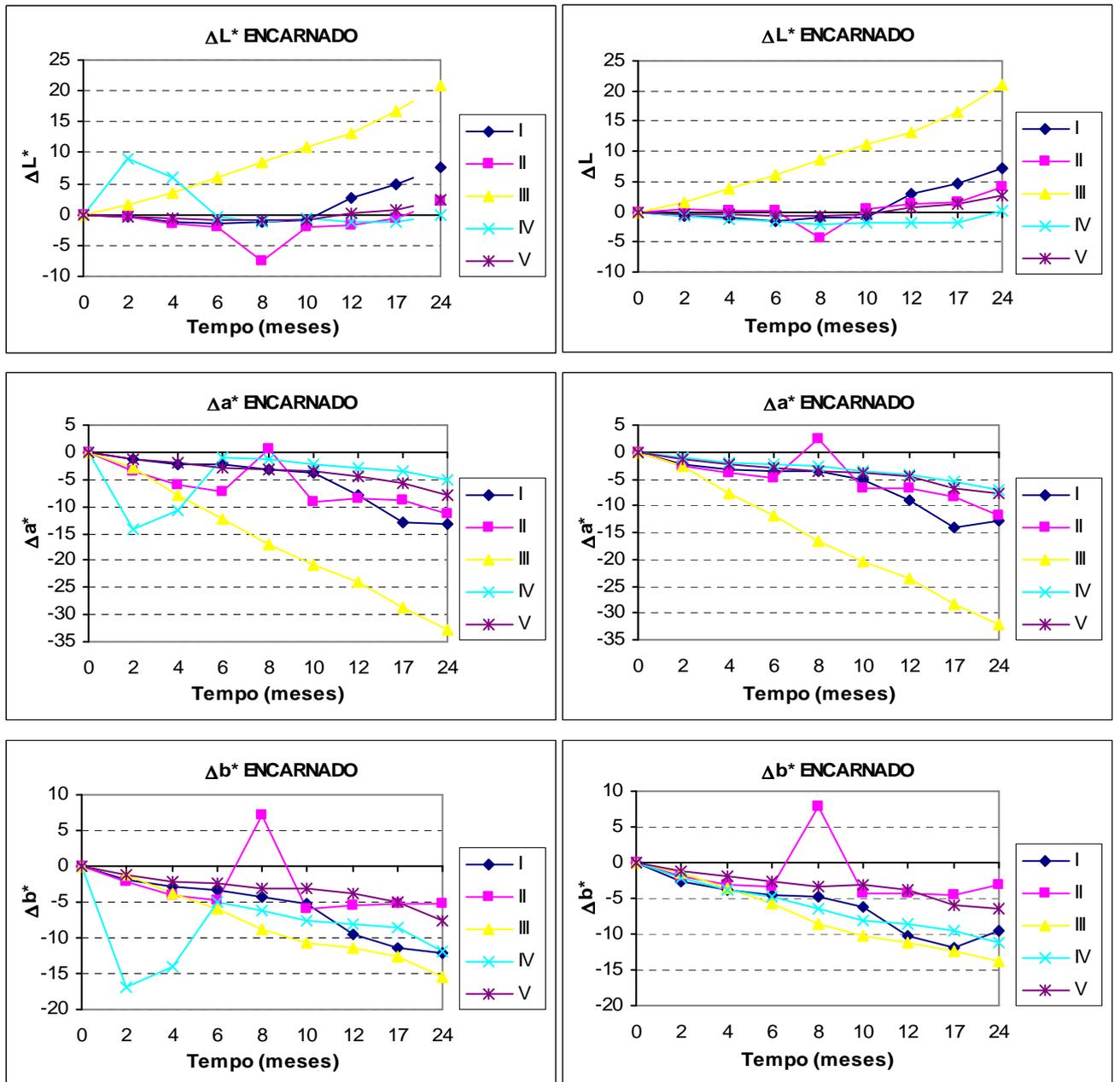
Figura I- 8 – Evolução da cor Verde longo do tempo de exposição natural: diferenças ΔL^* , Δa^* , Δb^* do lado do primário do próprio fabricante (a) e do lado do primário da Matesica (b)



(a)

(b)

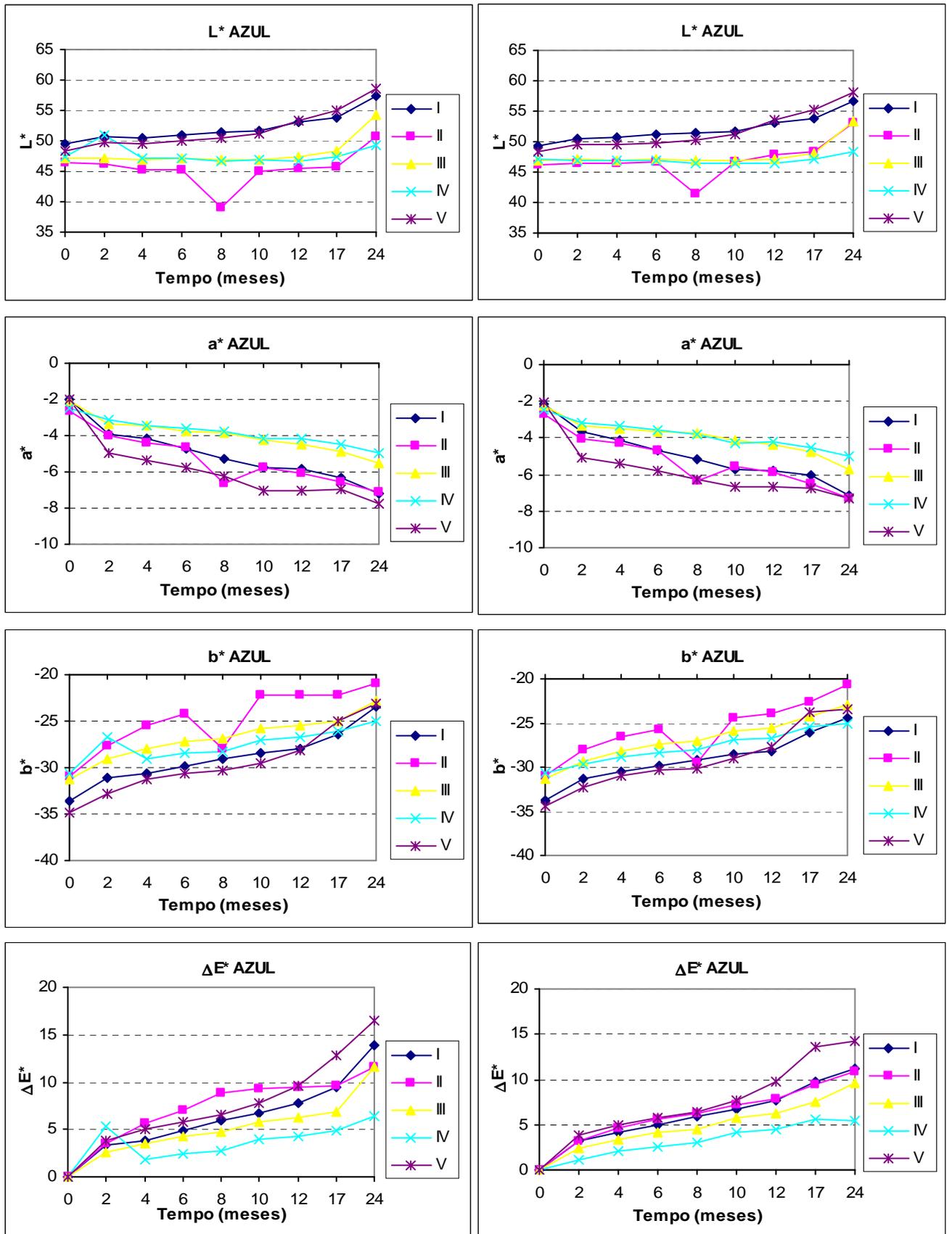
Figura I- 9 – Evolução da cor Encarnada ao longo do tempo de exposição natural: coordenadas $L^*a^*b^*$ e ΔE^* do lado do primário do próprio fabricante (a) e do lado do primário da Matesica (b)



(a)

(b)

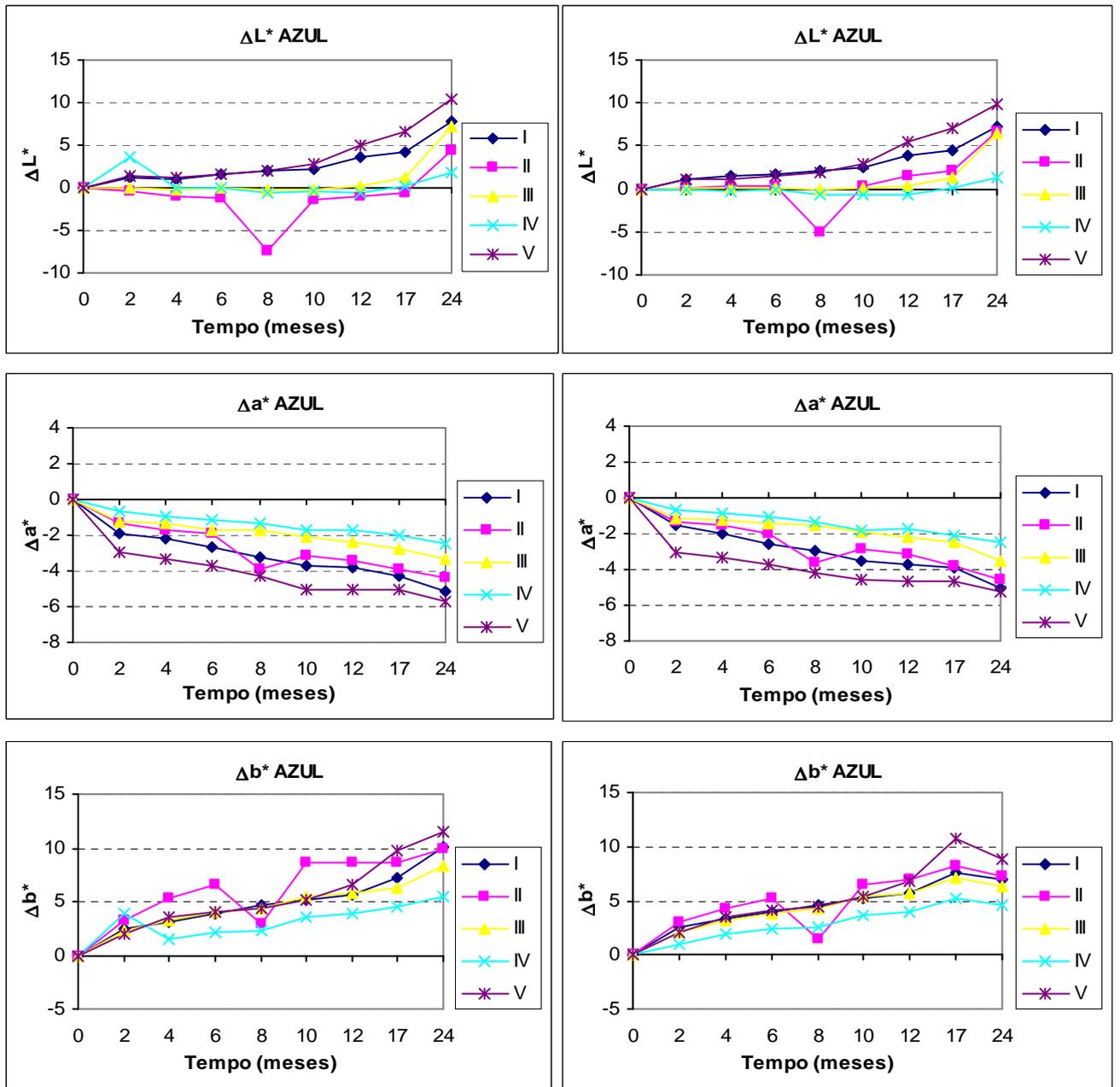
Figura I- 10 – Evolução da cor Encarnada ao longo do tempo de exposição natural: diferenças ΔL^* , Δa^* , Δb^* do lado do primário do próprio fabricante (a) e do lado do primário da Matesica (b)



(a)

(b)

Figura I- 11 – Evolução da cor Azul ao longo do tempo de exposição natural: coordenadas $L^*a^*b^*$ e ΔE^* do lado do primário do próprio fabricante (a) e do lado do primário da Matesica (b)



(a)

(b)

Figura I- 12 – Evolução da cor Azul longo do tempo de exposição natural: diferenças ΔL^* , Δa^* , Δb^* do lado do primário do próprio fabricante (a) e do lado do primário da Matesica (b)

Quadro I- 1 – Diferenças da cor Bege (lado a – primário do próprio fabricante)

	AL*																								Aa*												Ab*												AE*											
	Meses												Meses												Meses						Meses						Meses						Meses																	
	L*	a*	b*	2	4	6	8	10	12	17	24	2	4	6	8	10	12	17	24	2	4	6	8	10	12	17	24	2	4	6	8	10	12	17	24	2	4	6	8	10	12	17	24																	
I	92,27	0,43	10,98	-1,07	-1,06	-0,66	-0,67	-0,82	-0,52	-1,61	-1,77	-0,04	0,16	0,04	-0,12	-0,07	-0,14	0,17	-0,02	0,04	-0,91	-1,28	-1	-0,63	0,07	0,4	0,72	1,1	1,4	1,4	1,4	1,2	1,0	0,5	1,7	1,9																								
II	92,53	1,93	10,5	-2,95	-4,68	-5,55	-6,49	-6,75	-7,55	-8,92	-9,43	0,25	0,33	0,52	0,73	0,42	0,46	0,61	0,44	0,28	0,44	1,32	1,28	1,41	1,73	2,09	3,0	4,7	5,6	6,7	6,9	7,7	9,1	9,7																										
III	92,2	0,64	11,15	-1,91	-2,91	-3,23	-3,35	-3,89	-3,63	-3,44	-2,53	0,28	0,43	0,4	0,27	0,6	0,43	0,31	0,32	0,28	0,44	0,24	0,11	0,7	0,8	0,45	0,91	2,0	3,0	3,3	3,4	4,0	3,7	3,5	2,7																									
IV	91,97	0,21	11,48	-0,63	-1,33	-1,48	-2,02	-1,89	-2,11	-1,91	-1,59	0,2	0,19	0,28	0,11	0,41	0,26	0,36	0,3	0,35	0,31	0,4	0,37	0,87	0,84	0,88	0,74	0,8	1,4	1,6	2,1	2,1	2,3	2,1	1,8																									
V	93,27	0,84	12,37	-0,17	-1,09	-1,07	-1,07	-0,86	-0,96	-2,98	-2,86	-0,37	-0,3	-0,38	0,75	-0,74	-0,91	-0,65	-0,87	0,54	0,71	0,57	0,31	0,65	0,34	0,17	-0,1	0,7	1,3	1,3	1,3	1,3	1,3	1,4	3,1	3,0																								

Quadro I- 2 - Diferenças da cor Bege (lado b – primário da Matesica)

	AL*																								Aa*												Ab*												AE*											
	Meses												Meses												Meses						Meses						Meses						Meses																	
	L*	a*	b*	2	4	6	8	10	12	17	24	2	4	6	8	10	12	17	24	2	4	6	8	10	12	17	24	2	4	6	8	10	12	17	24	2	4	6	8	10	12	17	24																	
I	92,14	0,41	11,07	-2,09	-2,22	-2,79	-2,73	-3,27	-3,32	-3,75	-2,52	-0,12	0,23	0,18	0,01	0,27	0,09	0,09	-0,08	-0,2	-0,44	-0,46	-0,36	0,45	0,25	0,4	0,67	2,1	2,28	2,83	2,75	3,32	3,33	3,77	2,61																									
II	92,19	1,44	10,11	-1,18	-2,19	-2,38	-2,83	-2,74	-2,2	-2,82	-1,51	0,54	0,67	0,68	0,87	0,61	0,66	0,57	0,37	0,64	0,83	0,94	1,72	1,15	1,48	1,44	1,52	1,45	2,44	2,64	3,42	3,03	2,73	3,22	2,17																									
III	92	0,45	11,02	-2,09	-2,85	-3,22	-3,42	-3,81	-3,75	-4,2	-2,38	0	0,33	0,39	0,51	0,61	0,5	0,41	0,38	-0,13	0,16	0,1	0,09	0,68	0,77	0,63	0,99	2,09	2,88	3,24	3,46	3,91	3,86	4,27	2,61																									
IV	92,05	0,18	11,33	-0,89	-1,6	-1,66	-2,23	-2,25	-2,38	-2,73	-1,88	0,16	0,18	0,22	0,14	0,35	0,3	0,31	0,14	0,32	0,34	0,36	0,44	0,84	0,98	0,89	0,68	0,96	1,65	1,72	2,27	2,42	2,59	2,89	2,00																									
V	93,41	0,84	12,44	-0,51	-1,49	-1,48	-1,48	-1,35	-1,04	-3,71	-3,08	-0,32	-0,23	-0,34	-0,67	-0,66	-0,93	-0,43	-0,81	0,54	0,64	0,53	0,25	0,64	0,48	0,26	-0,27	0,81	1,64	1,6	1,64	1,64	1,47	3,74	3,20																									

Quadro I- 3 – Diferenças da cor Rosa (lado a – primário do próprio fabricante)

	AL*																								Aa*												Ab*												AE*											
	Meses												Meses												Meses						Meses						Meses						Meses																	
	L*	a*	b*	2	4	6	8	10	12	17	24	2	4	6	8	10	12	17	24	2	4	6	8	10	12	17	24	2	4	6	8	10	12	17	24	2	4	6	8	10	12	17	24																	
I	85,29	9,41	9,97	-0,59	-1,34	-1,61	-1,57	-1,7	-0,94	-1,46	-1,01	-0,46	-0,53	-0,72	-0,78	-0,89	-0,86	-0,87	-0,46	-0,1	-0,37	-0,41	-0,18	0,03	0,34	0,31	0,55	0,76	1,49	1,81	1,76	1,92	1,32	1,73	1,24																									
II	87,82	10,13	9,88	-2,51	-4,16	-4,68	-5,68	-5,72	-6,41	-6,82	-5,99	-0,36	0,74	-0,8	-0,12	-1,14	-1,18	-1,2	-2,03	0,17	0,03	0,06	0,89	0,7	0,76	1,04	0,83	2,54	4,23	4,75	5,75	5,88	6,56	7,00	6,38																									
III	88,54	9,98	10,15	-2,28	-3,35	-3,32	-3,86	-3,95	-4,15	-3,15	-2,41	-1,08	-1,34	-1,54	-1,96	-1,87	-2,11	-2,36	-2,59	-0,42	-0,47	-0,71	-1,08	-0,56	-0,74	-0,77	-0,82	2,56	3,64	3,73	4,46	4,4	4,71	4,01	3,63																									
IV	88,19	8,92	10,83	-0,4	-0,58	-0,8	-1,44	-1,43	-1,67	-1,76	-1	0,36	0,29	0,26	0,21	0,35	0,24	0,07	0,43	-0,48	-0,55	-0,44	-0,17	0,33	0,32	0,41	-2,16	0,72	0,85	0,95	1,47	1,51	1,72	1,81	2,42																									
V																																																												

Quadro I- 7 – Diferenças da cor Verde (lado a – primário do próprio fabricante)

Valores iniciais	AL*												Aa*												Ab*												AE*											
	Meses												Meses												Meses												Meses											
	L*	a*	b*	2	4	6	8	10	12	17	24	2	4	6	8	10	12	17	24	2	4	6	8	10	12	17	24	2	4	6	8	10	12	17	24													
I	77,45	-24,54	17,27	-0,05	1,26	2,32	1,28	1,51	1,06	1,86	2,38	4,77	5,92	4,07	5,19	3,13	7,48	-1,91	-4,54	-5,53	-5,15	-5,84	-4,4	-6,86	3,05	6,7	8,43	6,69	7,96	5,51	10,32																	
II	78,42	-26,05	14,55	-2,11	-3,7	-4,71	-6,36	-5,74	-5,49	-7,53	-7,28	2,14	3,43	4,24	1,95	3,83	3,52	3,63	2,44	-0,64	-0,89	-0,84	0,85	0,1	0,14	0,27	0,63	3,07	5,12	6,39	6,71	6,9	6,52	8,36	7,70													
III	77,64	-28,09	17,86	-1,43	-1,92	-2,12	-2,37	-2,22	-2,31	-1,74	-0,46	2,65	3,57	4,36	4,78	5,41	5,57	6,17	6,86	-2,1	-4,02	-5,85	-7,56	-8,35	-8,92	-9,94	11,57	3,67	5,71	7,59	9,25	10,2	10,76	11,83	13,46													
IV	76,85	-25,47	13,07	-0,87	-1,43	-1,72	-2,29	-2,34	-2,61	-2,55	-1,36	0,5	0,89	0,91	0,75	1,22	1,09	1,7	2,21	-0,05	-0,14	-0,13	-0,18	0,24	-0,25	-0,25	-0,29	1,01	1,69	1,95	2,42	2,65	2,84	3,07	2,61													
V	76,02	-26,32	18,96	0,13	-0,46	-0,52	-0,5	-0,17	0,39	-0,41	0,99	0,88	1,61	1,89	1,86	2,07	2,69	4,61	4,9	-0,03	-0,3	-0,64	-1,21	-1,33	-2,2	-4,09	-4,77	0,89	1,7	2,06	2,28	2,46	3,49	6,18	6,91													

Quadro I- 8 – Diferenças da cor Verde (lado b – primário da Matesica)

Valores iniciais	AL*												Aa*												Ab*												AE*											
	Meses												Meses												Meses												Meses											
	L*	a*	b*	2	4	6	8	10	12	17	24	2	4	6	8	10	12	17	24	2	4	6	8	10	12	17	24	2	4	6	8	10	12	17	24													
I	77,38	-24,98	17,18	-1,07	-1,46	-1,61	-1,53	-1,66	-1,42	-1,68	-0,4	0,58	1,37	1,8	1,87	2,47	2,37	3,1	3,27	-0,52	-1,84	-3,07	-3,9	-4,86	-5,3	-6,02	-6,64	1,33	2,72	3,9	4,59	5,7	5,97	6,98	7,41													
II	78,19	-26,11	14,54	-1,59	-1,95	-2,2	-3,64	-2,93	-2,38	-3,02	-1,97	1,83	2,63	2,94	0,77	2,62	2,3	2,49	1,34	-0,72	-0,66	-0,55	0,89	-0,02	0,01	0,21	1,37	2,52	3,34	3,71	3,83	3,93	3,31	3,92	2,75													
III	77,7	-28,15	17,85	-1,62	-2,04	-2,17	-2,5	-2,62	-2,56	-2,45	-0,75	2,65	3,77	4,47	4,95	5,66	5,8	6,62	6,92	-2,28	-4,17	-5,94	-7,5	-8,38	-8,97	-9,81	-9,24	3,85	5,98	7,75	9,32	10,44	10,98	12,09	11,57													
IV	76,9	-25,59	13,09	-1,26	-1,7	-2,05	-2,6	-2,79	-2,91	-2,82	-1,68	0,49	0,87	1,03	0,82	1,2	1,14	1,81	2,22	-0,04	-0,17	-0,18	-0,23	0,1	-0,2	-0,22	-0,28	1,35	1,91	2,3	2,73	3,04	3,14	3,36	2,80													
V	76,19	-26,53	18,97	-0,22	-0,97	-0,67	-0,59	-0,22	0,64	-0,71	0,86	0,99	1,87	1,95	1,97	2,19	2,96	4,94	5,49	0	-0,3	-0,66	-1,4	-1,79	-2,79	-4,24	-5,79	1,01	2,13	2,17	2,49	2,84	4,12	6,55	8,03													

Quadro I- 9 - Diferenças da cor Encarnado (lado a – primário do próprio fabricante)

Valores iniciais	AL*												Aa*												Ab*												AE*											
	Meses												Meses												Meses												Meses											
	L*	a*	b*	2	4	6	8	10	12	17	24	2	4	6	8	10	12	17	24	2	4	6	8	10	12	17	24	2	4	6	8	10	12	17	24													
I	43,54	47,86	29,81	-0,33	-1,14	-1,42	-1,12	-1,04	2,7	4,91	7,71	-1,43	-2,1	-2,35	-3,24	-3,96	-7,84	-12,8	-13,3	-1,82	-2,86	-3,22	-4,26	-5,23	-9,56	-11,5	-12,1	2,34	3,73	4,23	5,46	6,65	12,7	17,9	19,6													
II	49,29	52,41	31,44	-0,45	-1,46	-1,95	-7,42	-2,11	-1,62	-0,74	2,23	-3,45	-6,01	-7,22	0,73	-9,33	-8,51	-8,87	-11,4	-2,17	-4,16	-4,75	7,23	-5,94	-5,43	-5,26	-5,33	4,1	7,46	8,86	10,39	11,26	10,2	10,3	12,77													
III	45,32	46,19	26,43	1,57	3,64	5,93	8,45	11,0	13,1	16,6	20,7	-2,81	-7,88	-12,4	-17,2	-21,0	-24,0	-28,7	-32,8	-1,16	-3,72	-5,99	-8,83	-10,7	-11,5	-12,6	-15,4	3,43	9,44	15,1	21,1	26,0	29,7	35,5	41,8													
IV	46,51	50,07	28,48	8,88	6,07	-0,39	-1,09	-0,71	-1,1	-1,16	0,01	-14,3	-10,8	-1	-1,26	-2,21	-2,87	-3,4	-5,2	-16,9	-14,0	-4,92	-6,11	-7,66	-8,02	-8,55	-11,9	23,9	18,7	5,04	6,33	8	8,59	9,27	13,0													
V	46,15	48,49	30,51	-0,46	-0,68	-0,88	-0,9	-0,82	0,23	0,71	2,42	-1,17	-2,02	-2,76	-3,2	-3,48	-4,58	-5,73	-7,8	-1,14	-2,14	-2,41	-3	-3,21	-3,83	-5,04	-7,61	1,69	3,02	3,77	4,48	4,8	5,97	7,66	11,2													

Quadro I- 10 - Diferenças da cor Encarnado (lado b – primário da Matesica)

Valores iniciais		ΔL*												Δa*												Δb*												ΔE*											
		Meses				Meses				Meses				Meses				Meses				Meses				Meses				Meses				Meses															
		L*	a*	b*		2	4	6	8	10	12	17	24	2	4	6	8	10	12	17	24	2	4	6	8	10	12	17	24	2	4	6	8	10	12	17	24	2	4	6	8	10	12	17	24				
I	43,78	48,16	30,11	-0,62	-1,06	-1,43	-0,94	-0,84	3,1	4,59	7,34	-2,2	-3,26	-3,54	-3,72	-5,2	-9,01	-14,0	-12,8	-2,56	-3,77	-4,44	-4,88	-6,26	-10,3	-11,9	-9,54	3,44	5,1	5,86	6,2	8,18	14,0	18,9	17,6														
II	48,73	51,43	31,05	0,35	0,27	0,3	-4,49	0,31	1,2	1,57	4,17	-2,62	-3,98	-4,81	2,61	-6,61	-6,61	-8,22	-11,7	-1,8	-2,98	-3,22	7,8	-4,39	-4,27	-4,54	-3,01	3,2	4,98	5,8	9,38	7,94	9,52	12,8															
III	45,18	45,87	26,33	1,52	3,83	6,15	8,52	11,11	13,17	16,41	21,0	-2,58	-7,6	-11,9	-16,6	-20,5	-23,5	-28,4	-32,2	-1,31	-3,69	-5,76	-8,65	-10,3	-11,2	-12,4	-13,8	3,27	9,28	14,6	20,6	25,5	29,2	35,1	40,9														
IV	46,45	49,92	28,58	-0,81	-1,19	-1,49	-1,97	-1,79	-1,94	-1,86	0,2	-1,18	-2,05	-2,2	-2,75	-3,63	-4,13	-5,34	-6,95	-2,05	-3,79	-4,79	-6,54	-8,18	-8,52	-9,56	-11,3	2,5	4,47	5,47	7,36	9,13	9,66	11,1	13,3														
V	46,08	48,63	30,51	-0,33	-0,52	-0,57	-0,57	-0,41	0,71	1,3	2,74	-1,27	-2,33	-2,94	-3,65	-3,81	-4,53	-6,77	-7,64	-1,14	-2,02	-2,58	-3,33	-3,19	-3,76	-5,86	-6,42	1,74	3,13	3,95	4,97	4,99	5,93	9,05	10,3														

Quadro I- 11 - Diferenças da cor Azul (lado a – primário do próprio fabricante)

Valores iniciais		ΔL*												Δa*												Δb*												ΔE*											
		Meses				Meses				Meses				Meses				Meses				Meses				Meses				Meses																			
		L*	a*	b*		2	4	6	8	10	12	17	24	2	4	6	8	10	12	17	24	2	4	6	8	10	12	17	24	2	4	6	8	10	12	17	24	2	4	6	8	10	12	17	24				
I	49,51	2,03	-33,61	1,14	1,03	1,51	1,96	2,21	3,7	4,28	7,87	-1,89	-2,16	-2,69	-3,26	-3,75	-3,81	-4,32	-5,17	2,5	3,04	3,81	4,62	5,21	5,62	7,26	10,1	3,33	3,87	4,9	5,99	6,79	7,73	9,47	13,8														
II	46,41	-2,67	-30,89	-0,32	-1,07	-1,21	-7,31	-1,42	-0,99	-0,66	4,32	-1,34	-1,69	-1,93	-3,94	-3,12	-3,39	-3,91	-4,42	3,18	5,36	6,65	2,94	8,69	8,7	8,73	9,89	3,46	5,72	7,03	8,81	9,34	9,39	9,59	11,7														
III	47,1	-2,11	-31,26	0,02	-0,19	0,01	-0,22	-0,19	0,26	1,21	7,3	-1,26	-1,33	-1,67	-1,73	-2,11	-2,39	-2,8	-3,38	2,24	3,31	4	4,36	5,47	5,84	6,23	8,4	2,57	3,58	4,34	4,69	5,86	6,31	6,94	11,6														
IV	47,28	-2,49	-30,59	3,64	-0,07	-0,02	-0,68	-0,47	-0,58	0,18	1,9	-0,63	-0,91	-1,11	-1,29	-1,67	-1,7	-1,96	-2,46	3,85	1,55	2,1	2,33	3,59	3,85	4,45	5,54	5,34	1,8	2,37	2,74	3,99	4,25	4,87	6,35														
V	48,33	-1,99	-34,77	1,34	1,23	1,58	2,04	2,76	4,92	6,67	10,3	-2,98	-3,33	-3,76	-4,28	-5,01	-5,01	-5	-5,74	1,98	3,57	4,07	4,43	5,22	6,64	9,76	11,6	3,82	5,03	5,76	6,49	7,74	9,66	12,8	16,5														

Quadro I- 12 - Diferenças da cor Azul (lado b – primário da Matesica)

Valores iniciais		ΔL*												Δa*												Δb*												ΔE*											
		Meses				Meses				Meses				Meses				Meses				Meses				Meses																							
		L*	a*	b*		2	4	6	8	10	12	17	24	2	4	6	8	10	12	17	24	2	4	6	8	10	12	17	24	2	4	6	8	10	12	17	24	2	4	6	8	10	12	17	24				
I	49,36	2,14	-33,78	1,19	1,43	1,76	2,13	2,42	3,8	4,51	7,34	-1,54	-1,97	-2,58	-2,98	-3,54	-3,68	-3,93	-5,02	2,49	3,36	3,96	4,59	5,28	5,65	7,65	6,9	3,16	4,15	5,04	5,87	6,8	7,74	9,71	11,3														
II	46,29	-2,7	-30,95	0,21	0,25	0,36	-4,96	0,38	1,49	2,11	6,76	-1,32	-1,57	-2	-3,63	-2,86	-3,16	-3,83	-4,58	2,98	4,34	5,29	1,44	6,55	7,03	8,3	7,29	3,27	4,62	5,67	6,31	7,16	7,85	9,38	10,9														
III	46,9	-2,25	-31,34	0,18	0,11	0,14	-0,1	0,02	0,36	1,25	6,38	-1,12	-1,22	-1,41	-1,48	-1,9	-2,15	-2,52	-3,48	2,06	3,12	3,89	4,24	5,39	5,78	7,06	6,37	2,35	3,36	4,14	4,49	5,71	6,18	7,60	9,66														
IV	47,1	-2,48	-30,66	-0,08	-0,22	-0,16	-0,71	-0,67	-0,71	0,06	1,25	-0,66	-0,83	-1,09	-1,32	-1,82	-1,76	-2,06	-2,51	0,99	1,88	2,35	2,63	3,74	4,01	5,26	4,57	1,19	2,07	2,6	3,03	4,21	4,44	5,65	5,36														
V	48,29	-2,07	-34,5	1,18	1,12	1,54	1,96	2,93	5,39	7,05	9,83	-3,03	-3,29	-3,71	-4,2	-4,6	-4,63	-5,25	2,13	3,51	4,16	4,41	5,46	6,79	10,76	8,85	3,89	4,94	5,79	6,4	7,72	9,83	13,7	14,2															

ANEXO II

Coordenadas cromáticas L*a*b* e diferenças de cor

Envelhecimento artificial

Xenotest, Suntest e QUV

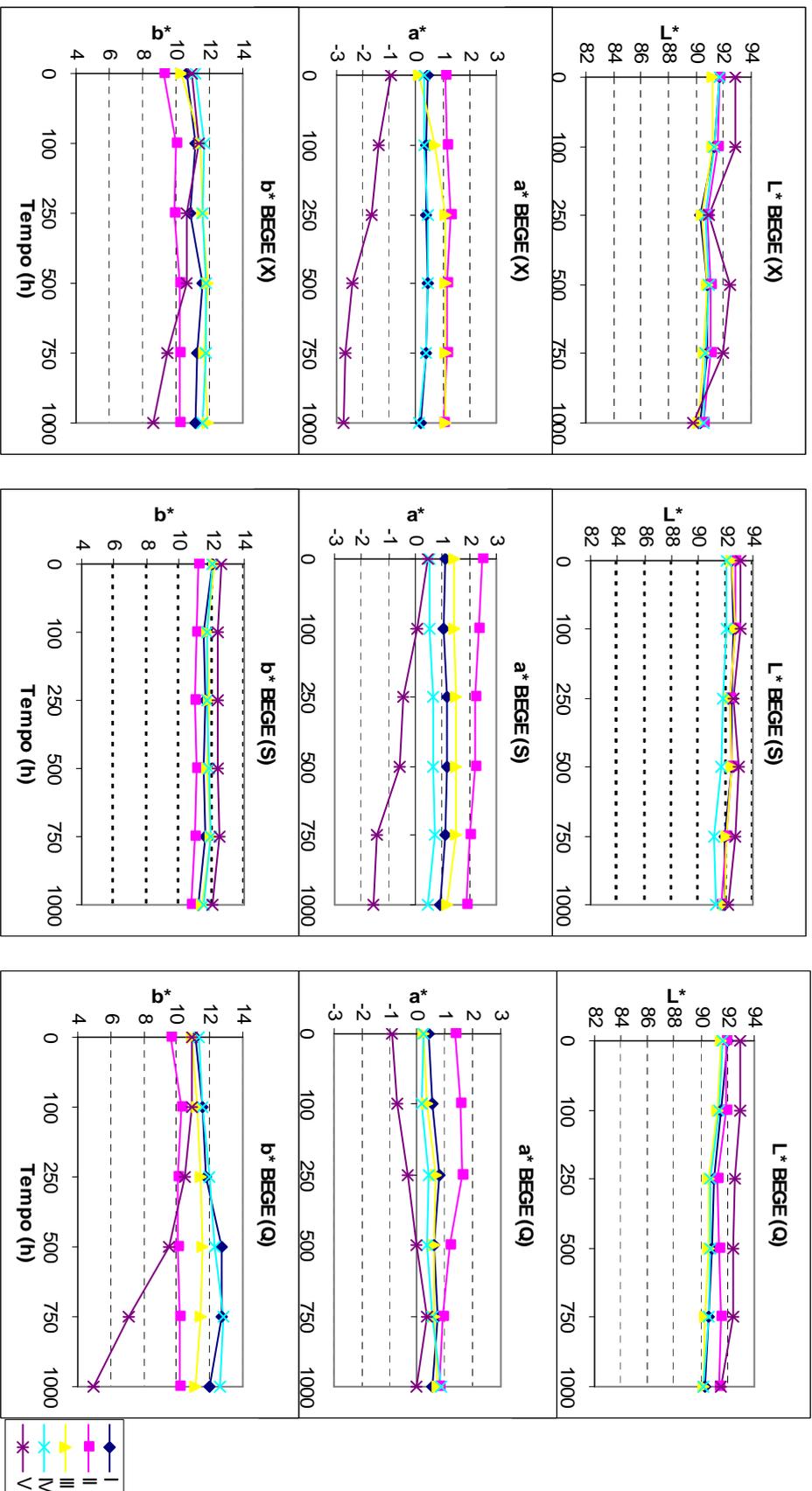


Figura II- 1 – Evolução da cor Bege com o tempo de exposição em câmaras Xenotest (X), Suntest (S) e QUV (Q): coordenadas L*a*b*

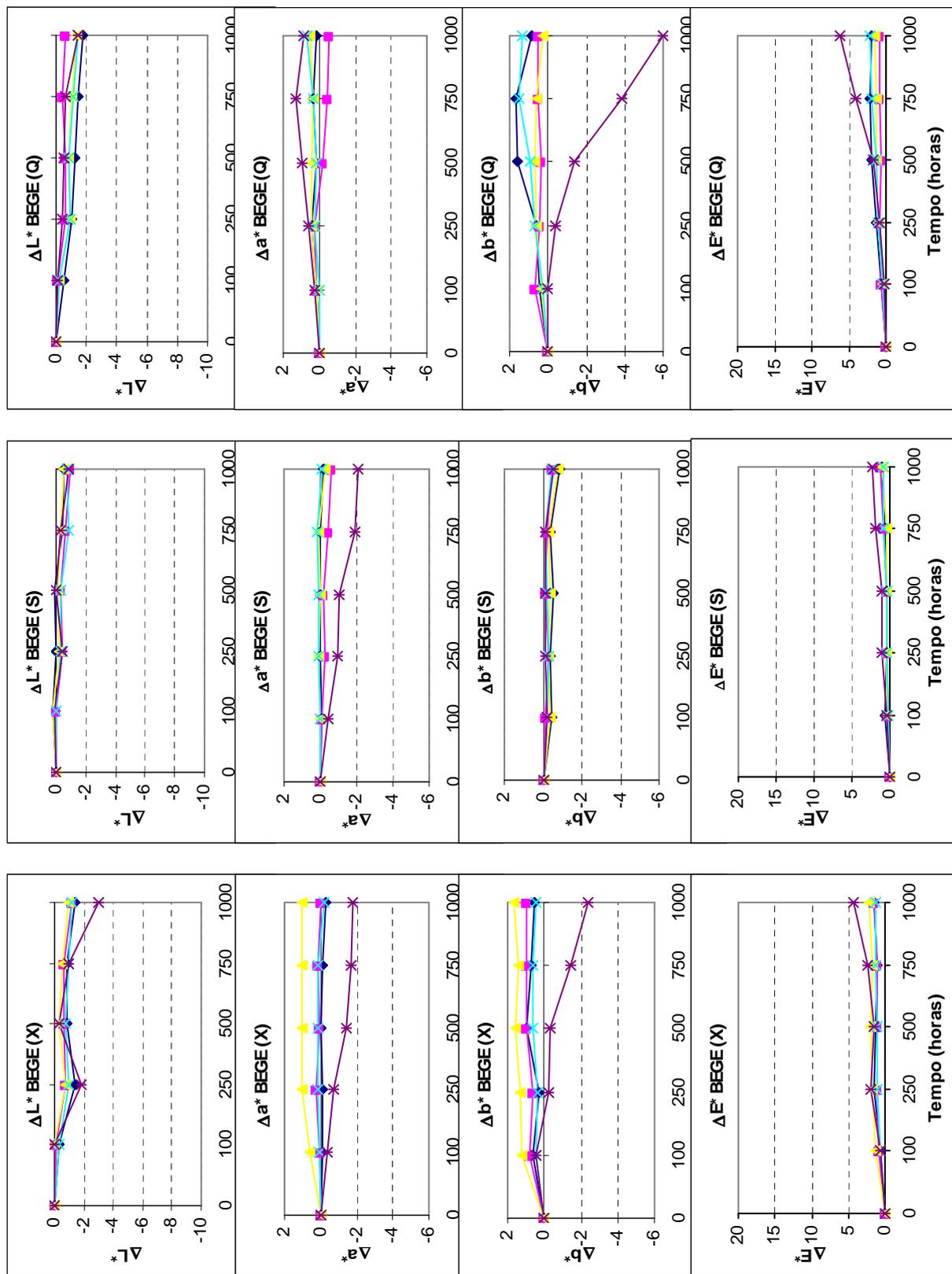


Figura II- 2 – Evolução da diferença da cor Bege com o tempo de exposição em câmaras Xenotest (X), Suntest (S) e QUV (Q): ΔL^* , Δa^* , Δb^* e ΔE^*

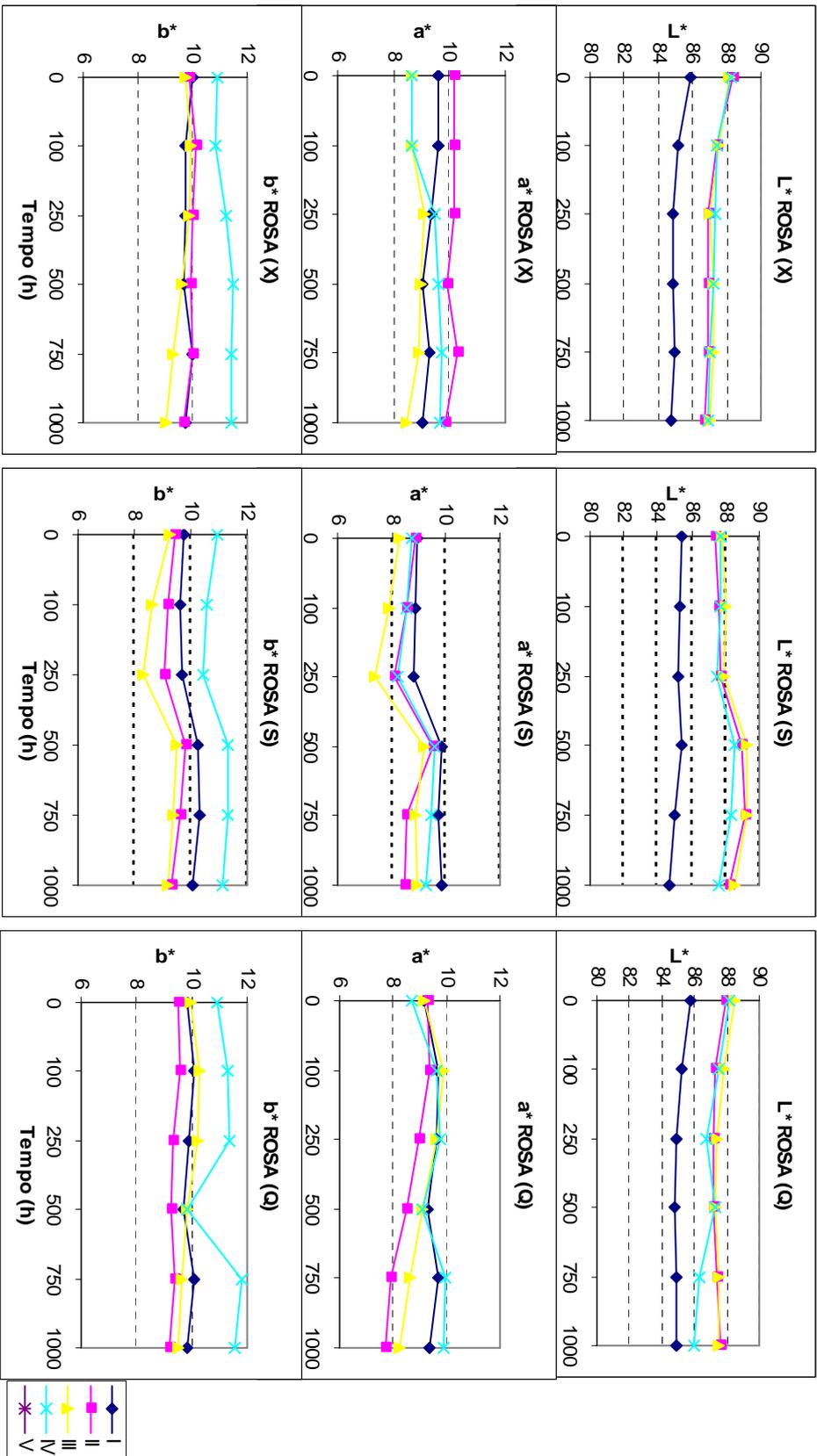


Figura II-3 – Evolução da cor Rosa com o tempo de exposição em câmaras Xenotest (X), Suntest (S) e QUV (Q): coordenadas L^* , a^* , b^*

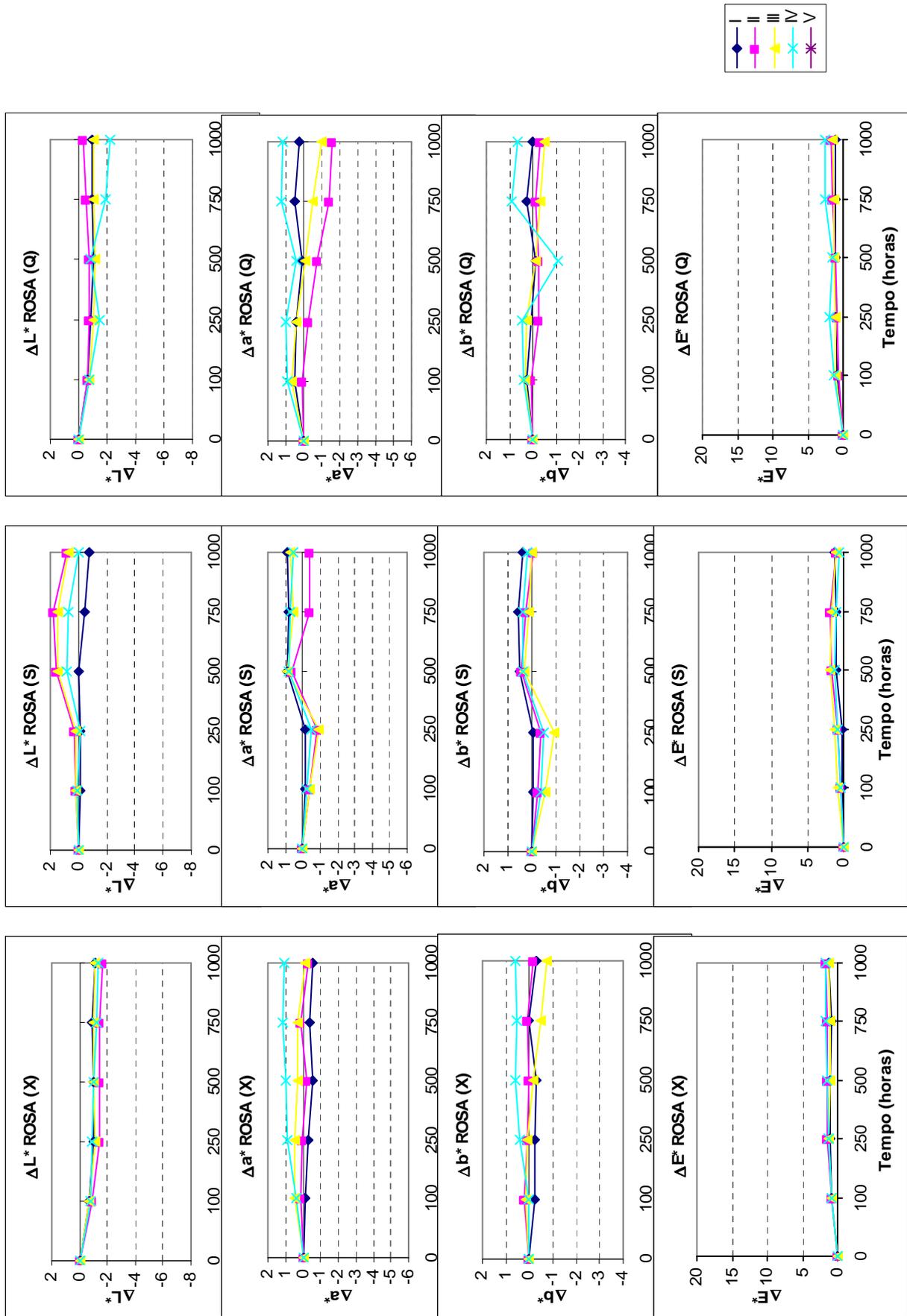


Figura II-4 – Evolução da diferença da cor Rosa com o tempo de exposição em câmaras Xenotest (X), Suntest (S) e QUV (Q): ΔL^* , Δa^* , Δb^* e ΔE^*

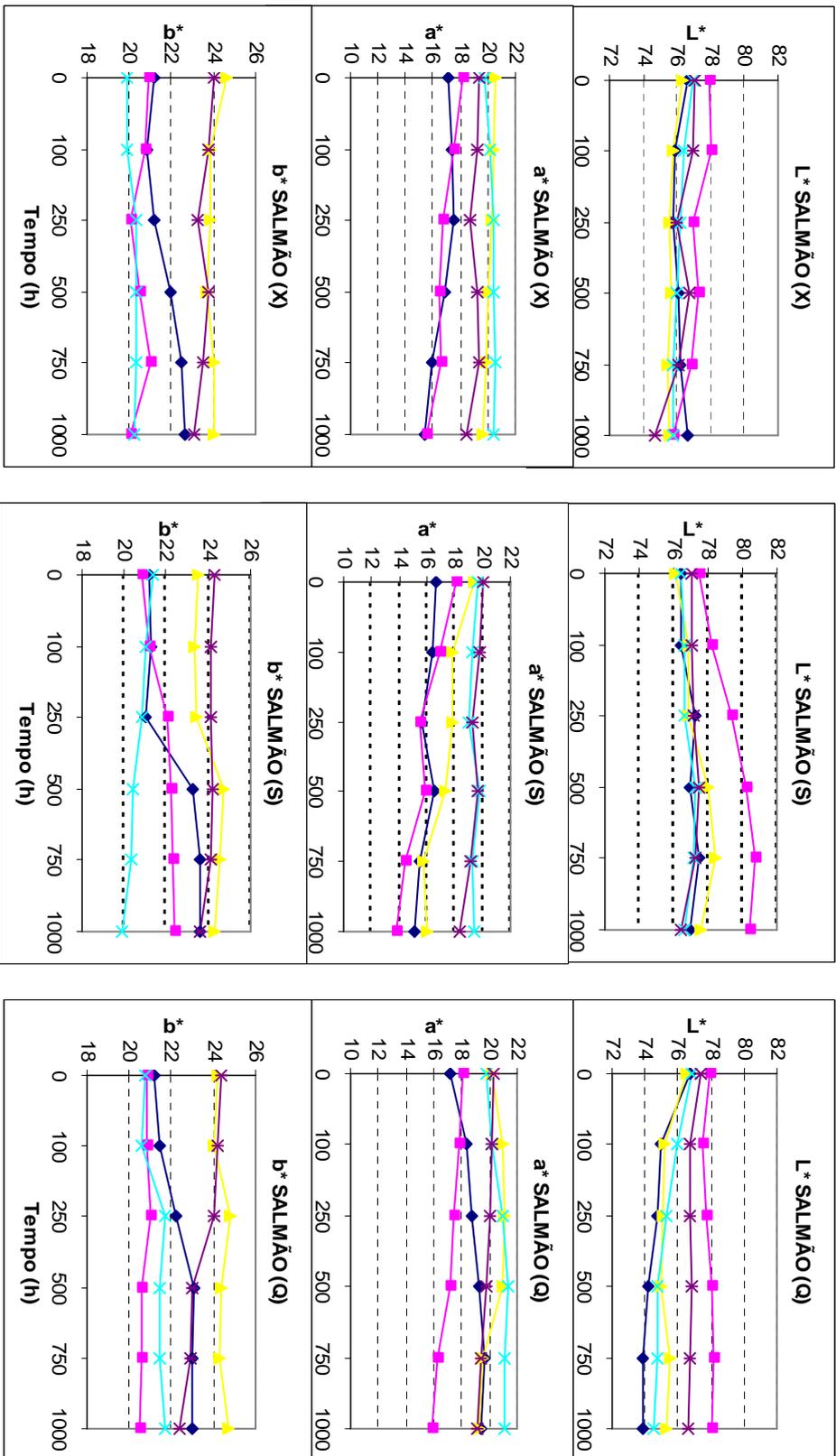


Figura II- 5 – Evolução da cor Salmão com o tempo de exposição em câmaras Xenotest (X), Suntest (S) e QUV (Q): coordenadas L*, a*, b*

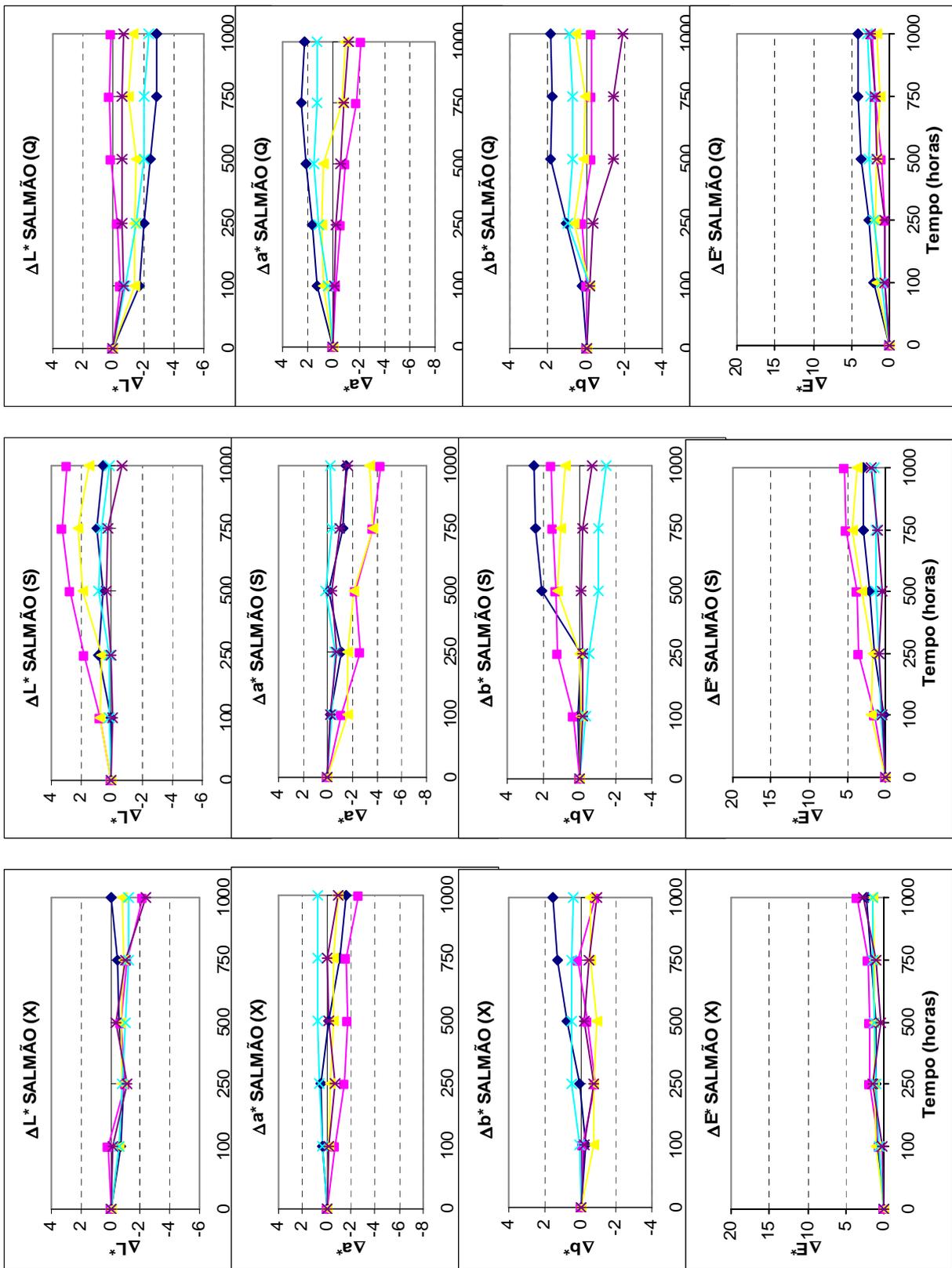


Figura II- 6 – Evolução da diferença da cor Salmão com o tempo de exposição em câmaras Xenotest (X), Suntest (S) e QUV (Q): ΔL^* , Δa^* , Δb^* , ΔE^*

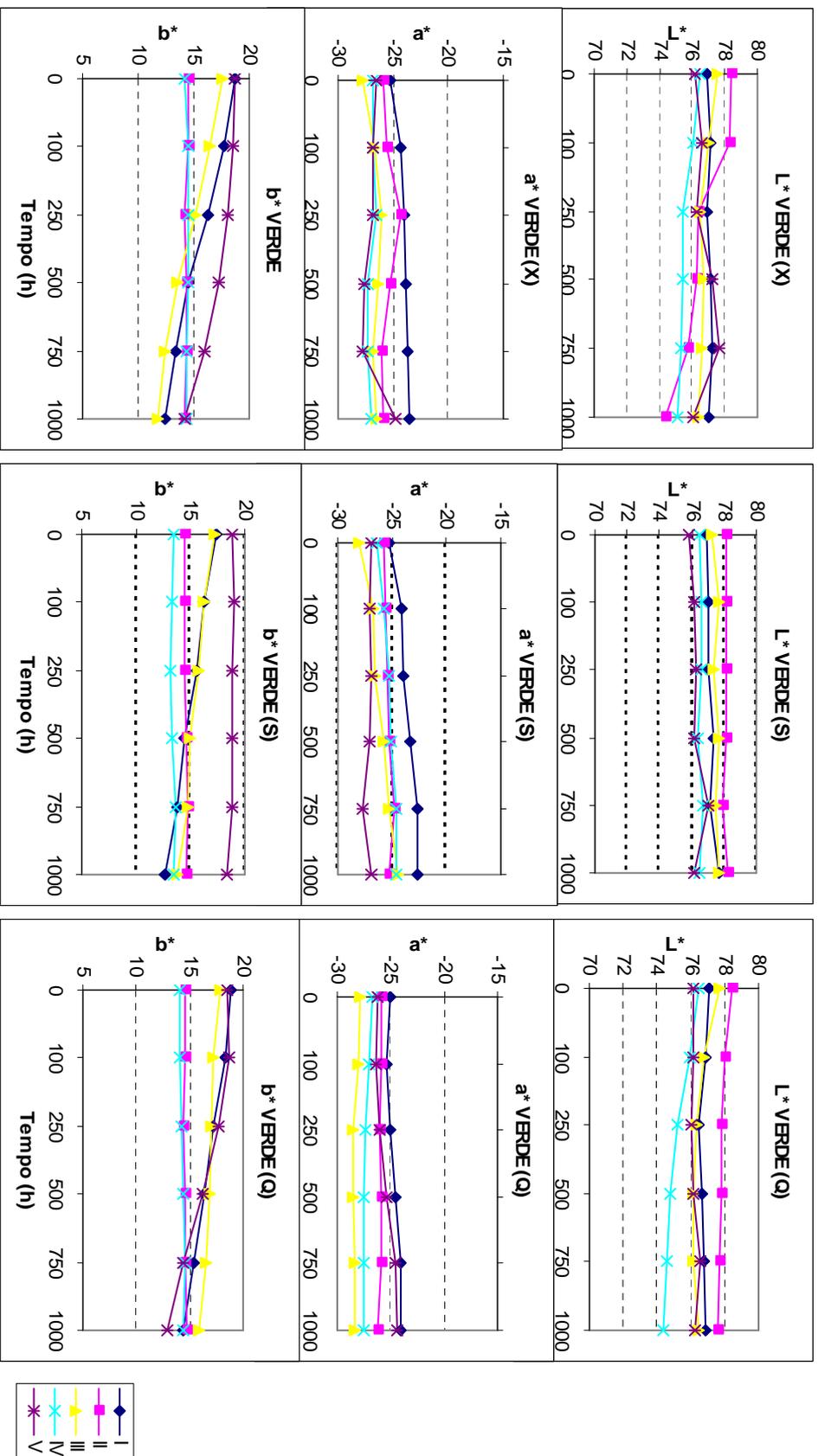


Figura II- 7 – Evolução da cor Verde com o tempo de exposição em câmaras Xenotest (X), Suntest (S) e QUV (Q): coordenadas L*a*b*

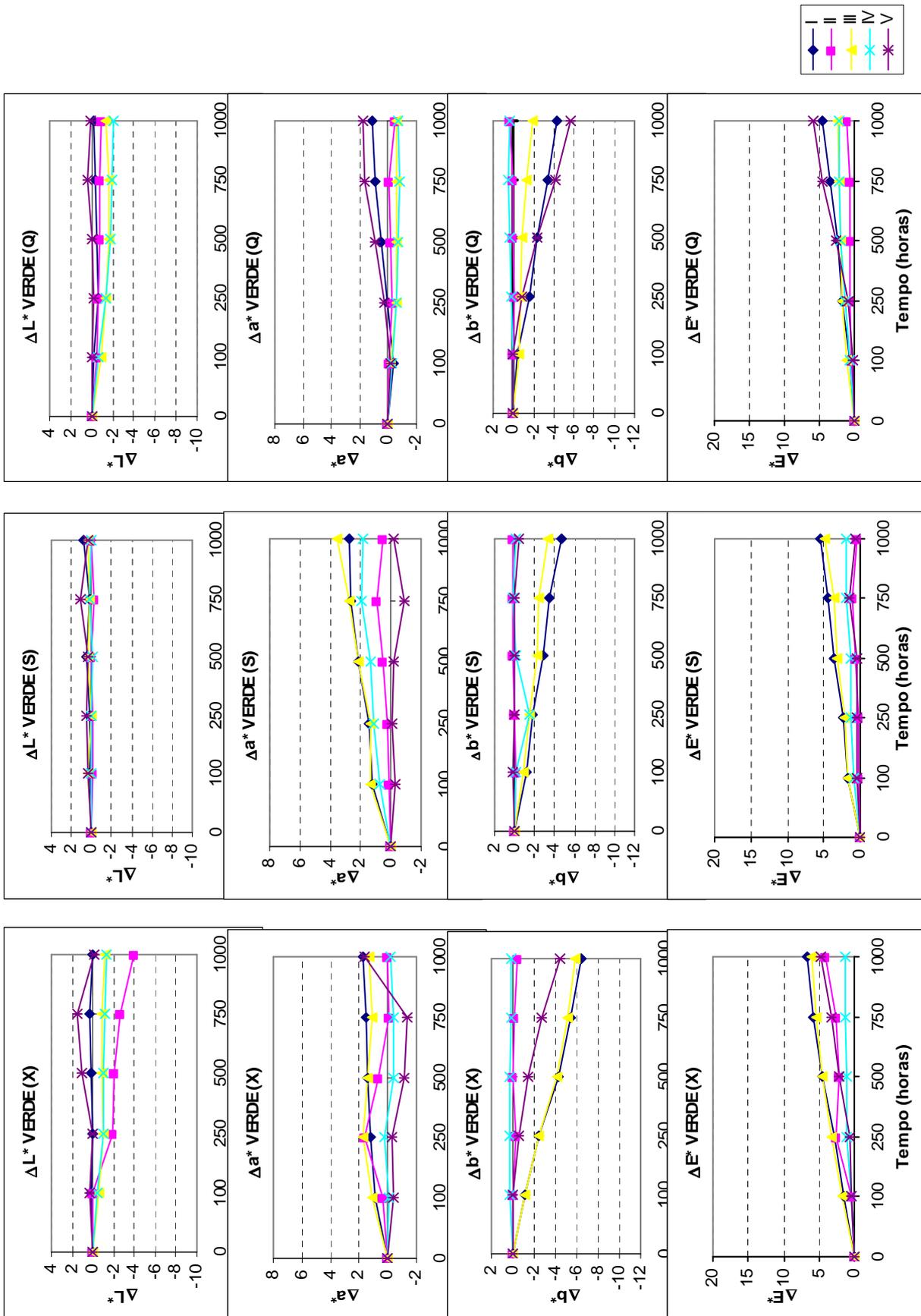


Figura II-8 – Evolução da diferença da cor Verde com o tempo de exposição em câmaras Xenotest (X), Suntest (S) e QUV (Q): ΔL^* , Δa^* , Δb^* , ΔE^*

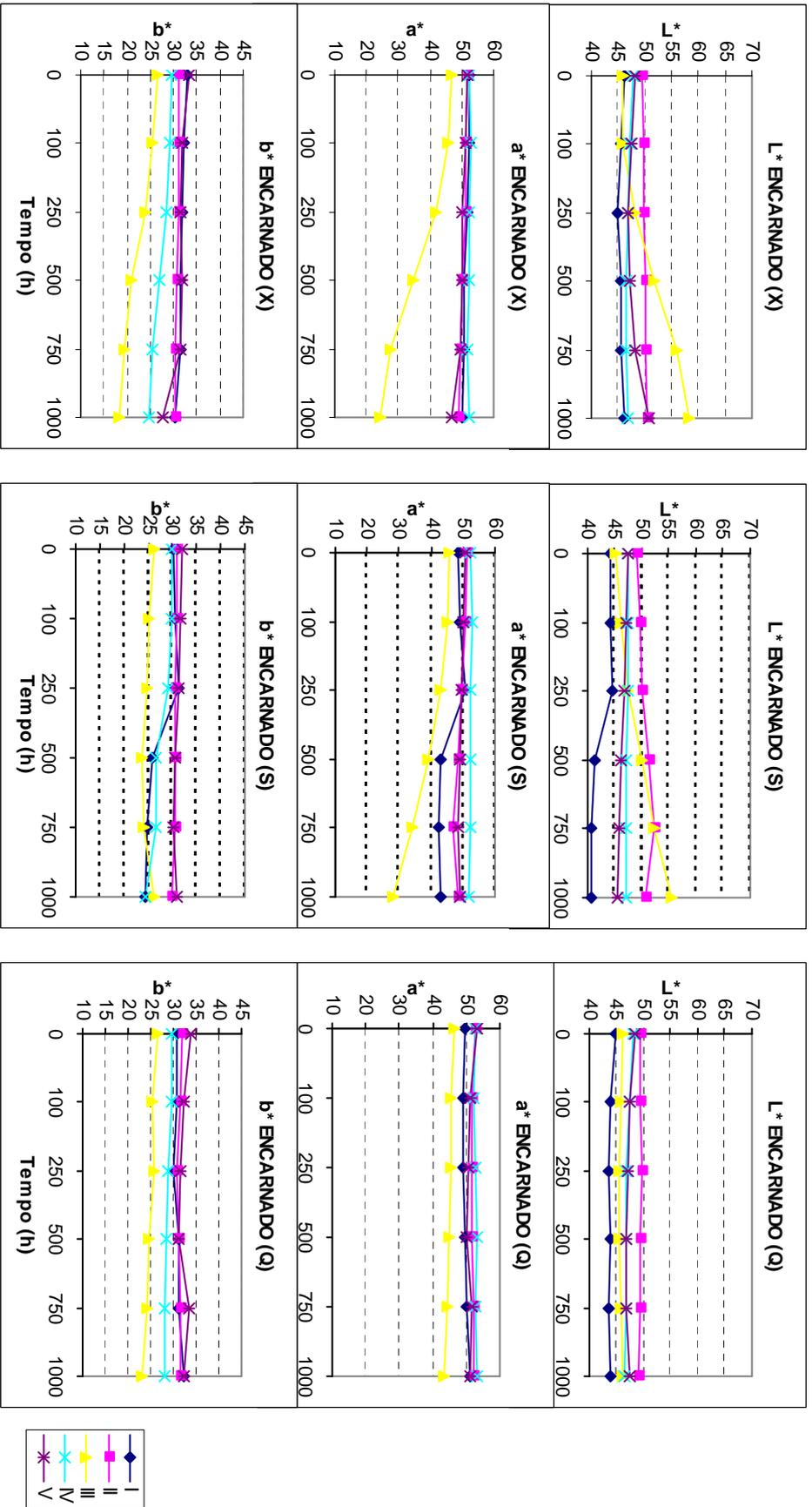


Figura II- 9 – Evolução da cor Encarnada com o tempo de exposição em câmaras Xenotest (X), Suntest (S) e QUV (Q): coordenadas L*a*b*

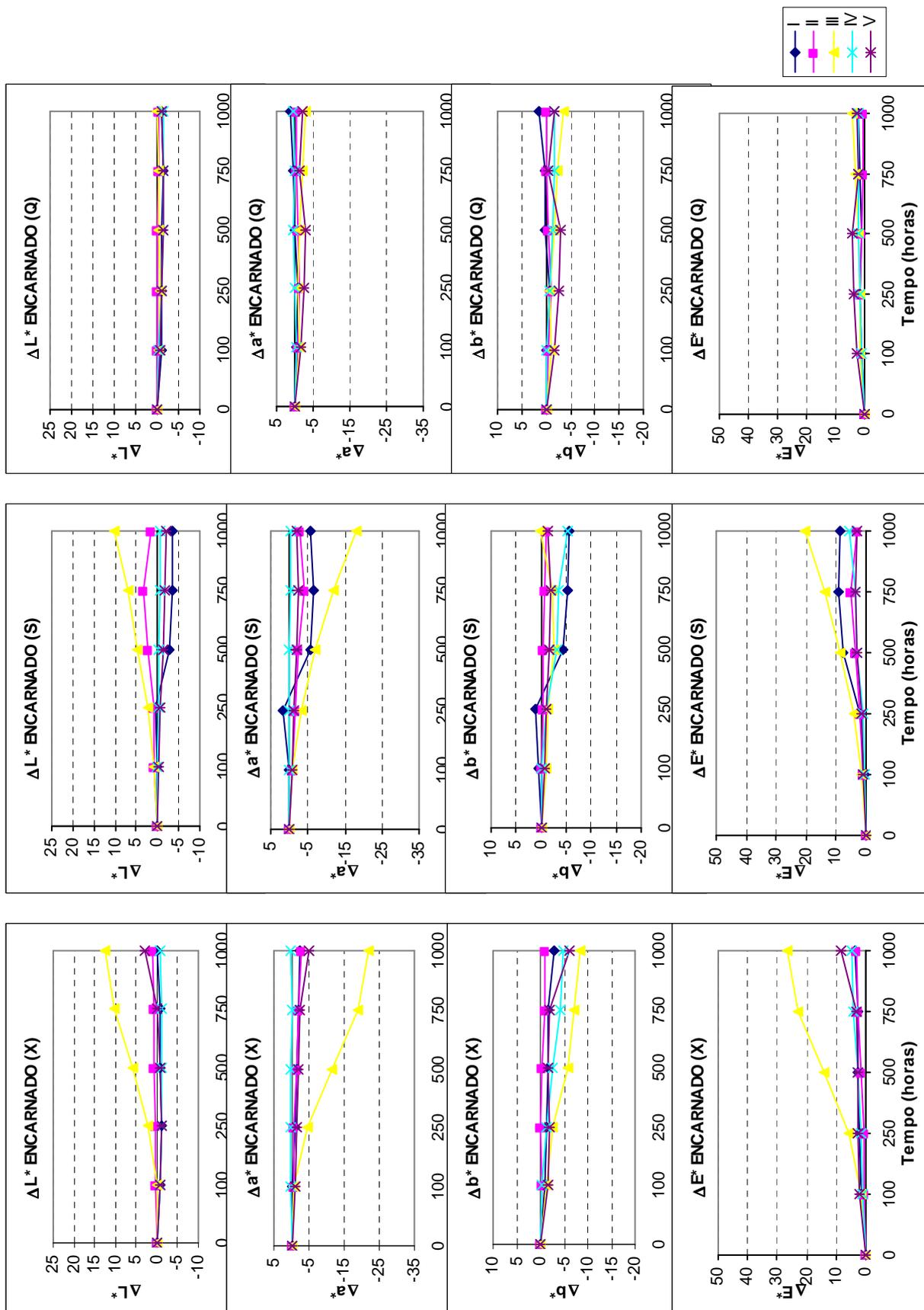


Figura II-10– Evolução da diferença da cor Encarnada com o tempo de exposição em câmaras Xenotest (X), Suntest (S) e QUV (Q): ΔL^* , Δa^* , Δb^* , ΔE^*

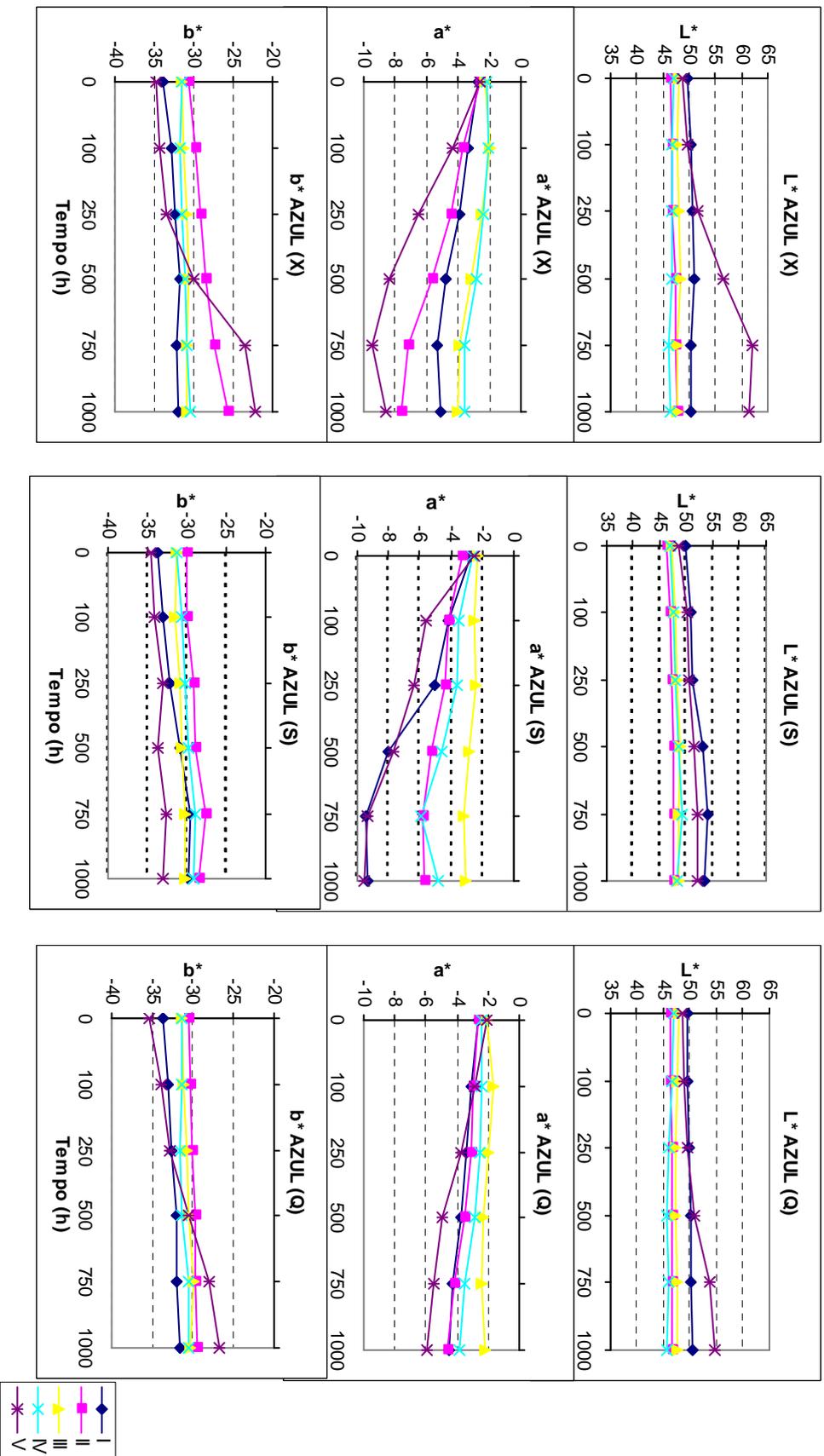


Figura II- 11 – Evolução da cor Azul com o tempo de exposição em câmaras Xenotest (X), Suntest (S) e QUV (Q): coordenadas $L^*a^*b^*$

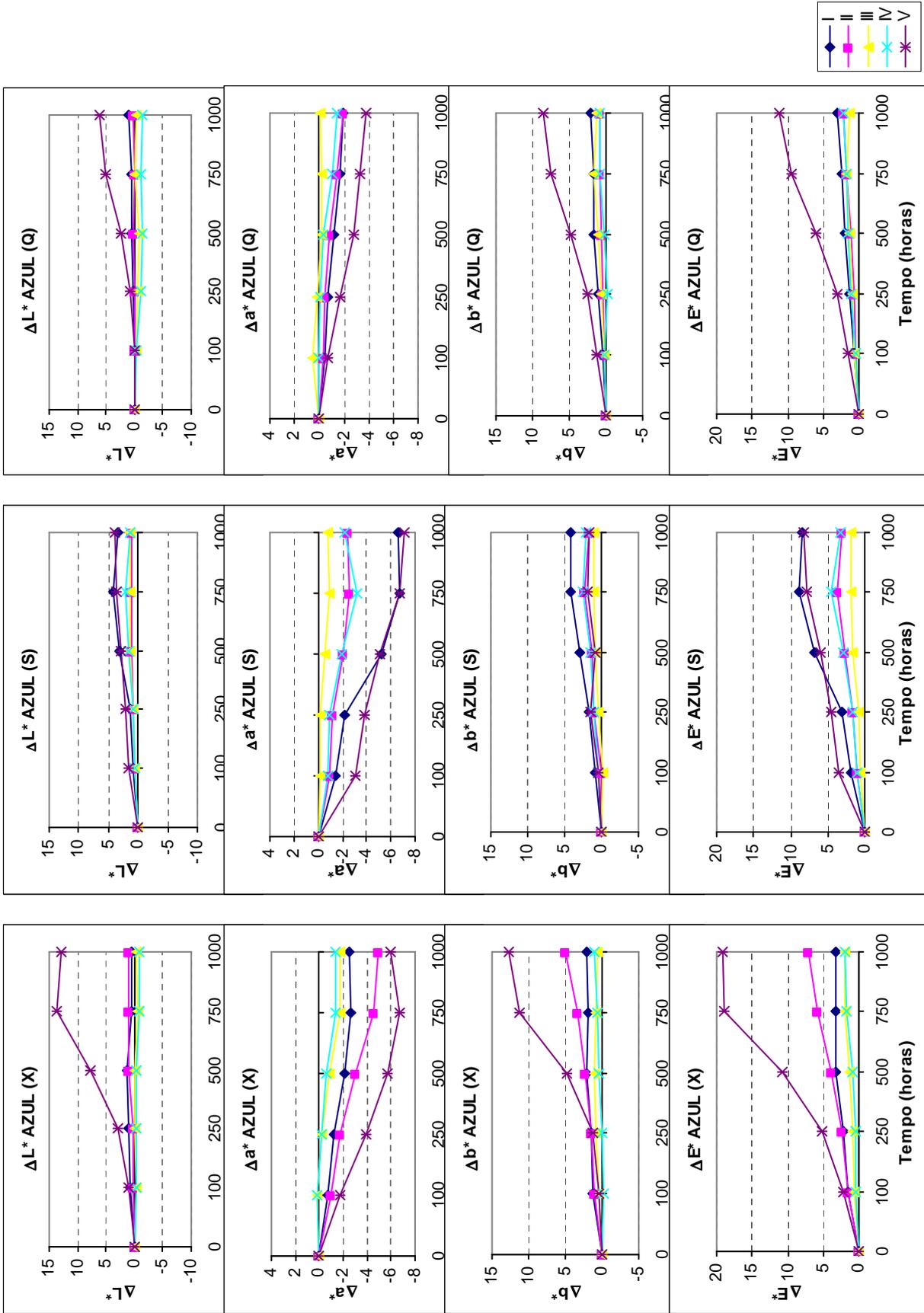


Figura II- 12 – Evolução da diferença da cor Azul com o tempo de exposição em câmaras Xenotest (X), Suntest (S) e QUV (Q): ΔL^* , Δa^* , Δb^* , ΔE^*

Quadro II- 4 - Diferenças da cor Rosa - Xenotest

	Valores iniciais		Δa^*												Δb^*												ΔE^*					
			Horas						Horas						Horas						Horas											
			100	250	500	750	1000	1000	100	250	500	750	1000	1000	100	250	500	750	1000	100	250	500	750	1000	100	250	500	750	1000			
I	85,86	9,6	10,02	-0,7	-0,99	-0,97	-0,87	-1,13	-1,13	-0,15	-0,28	-0,57	-0,35	-0,56	-0,25	-0,25	-0,31	-0,01	-0,28	0,75	1,06	1,16	0,93	1,29								
II	88,35	10,14	9,9	-0,9	-1,44	-1,43	-1,4	-1,69	-1,4	0,11	0,02	-0,24	0,17	-0,29	0,23	0,1	0,04	0,09	-0,2	0,93	1,44	1,45	1,42	1,73								
III	88,14	8,66	9,77	-0,65	-1,09	-0,98	-0,96	-1,12	-1,12	0,48	0,44	0,3	0,28	-0,17	0,15	0,11	-0,14	-0,49	-0,75	0,83	1,18	1,03	1,11	1,36								
IV	88,22	8,64	10,88	-0,81	-0,92	-0,98	-1,22	-1,28	-1,22	0,36	0,86	0,94	1,12	1,03	-0,01	0,38	0,6	0,56	0,57	0,89	1,31	1,48	1,75	1,74								
V																																

Quadro II- 5 - Diferenças da cor Rosa - Suntest

	Valores iniciais		Δa^*												Δb^*												ΔE^*					
			Horas						Horas						Horas						Horas											
			100	250	500	750	1000	1000	100	250	500	750	1000	1000	100	250	500	750	1000	100	250	500	750	1000								
I	85,41	8,96	9,72	-0,11	-0,15	-0,04	-0,44	-0,78	-0,78	-0,11	-0,18	0,88	0,79	0,92	-0,07	-0,06	0,53	0,58	0,35	0,17	0,24	1,03	1,08	1,25								
II	87,41	8,89	9,42	0,21	0,28	1,55	1,8	0,84	0,84	-0,37	-0,8	0,6	-0,37	-0,42	-0,22	-0,35	0,41	0,23	-0,09	0,48	0,92	1,71	1,86	0,94								
III	87,82	8,29	9,22	0,18	0,14	1,5	1,49	0,76	0,76	-0,42	-0,93	0,89	0,56	0,67	-0,57	-0,91	0,3	0,15	-0,01	0,73	1,31	1,77	1,6	1,01								
IV	87,67	8,76	10,93	0,05	-0,15	0,85	0,7	-0,05	-0,05	-0,21	-0,53	0,8	0,67	0,51	-0,35	-0,49	0,37	0,36	0,19	0,41	0,74	1,23	1,03	0,54								
V																																

Quadro II- 6 - Diferenças da cor Rosa - QUV

	Valores iniciais		Δa^*												Δb^*												ΔE^*					
			Horas						Horas						Horas						Horas											
			100	250	500	750	1000	1000	100	250	500	750	1000	1000	100	250	500	750	1000	100	250	500	750	1000								
I	85,79	9,17	9,83	-0,6	-0,88	-1,03	-0,94	-0,95	-0,95	0,51	0,43	0,12	0,53	0,21	0,25	0,05	-0,12	0,26	-0,02	0,83	0,99	1,04	1,11	0,97								
II	87,92	9,29	9,54	-0,63	-0,72	-0,78	-0,51	-0,34	-0,34	0,05	-0,28	-0,76	-1,38	-1,59	0,04	-0,24	-0,28	-0,15	-0,32	0,63	0,81	1,12	1,48	1,66								
III	88,5	9,19	9,98	-0,71	-1,06	-1,17	-1,03	-1,04	-1,04	0,68	0,41	-0,08	-0,53	-0,97	0,31	0,23	-0,15	-0,33	-0,49	1,04	1,16	1,18	1,2	1,5								
IV	88,2	8,7	10,9	-0,73	-1,43	-0,87	-1,91	-2,23	-2,23	0,95	1,03	0,41	1,25	1,2	0,37	0,44	-1,07	0,91	0,64	1,25	1,81	1,44	2,46	2,61								
V																																

Quadro II- 7 - Diferenças da cor Salmão - Xenotest

Valores iniciais	AL*										Ab*					AE*								
	Horas										Horas					Horas								
	L*	a*	b*	100	250	500	750	1000	100	250	500	750	1000	100	250	500	750	1000	100	250	500	750	1000	
I	76,6	17,08	21,17	-0,72	-0,86	-0,54	-0,43	-0,01	0,33	0,43	-0,17	-1,09	-1,65	-0,32	0,02	0,76	1,28	1,51	0,85	0,96	0,95	1,74	2,24	2,24
II	77,94	18,2	20,89	0,13	-0,96	-0,68	-1,13	-2,18	-0,7	-1,48	-1,72	-1,65	-2,62	-0,14	-0,83	-0,4	0,14	-0,83	0,72	1,95	1,89	2,01	3,51	3,51
III	76,35	20,49	24,61	-0,56	-0,8	-0,73	-0,88	-0,84	-0,12	-0,24	-0,52	-0,63	-0,9	-0,75	-0,78	-0,92	-0,61	-0,6	0,94	1,14	1,28	1,24	1,36	1,36
IV	76,97	19,72	19,85	-0,6	-0,78	-1	-1,21	-1,2	0,37	0,65	0,75	0,79	0,7	0,04	0,44	0,46	0,46	0,38	0,71	1,11	1,33	1,52	1,44	1,44
V	77,08	19,4	23,98	-0,17	-1,13	-0,31	-1,02	-2,35	-0,12	-0,65	-0,16	-0,08	-0,92	-0,22	-0,75	-0,22	-0,49	-0,93	0,3	1,5	0,41	1,13	2,69	2,69

Quadro II- 8 - Diferenças da cor Salmão - Suntest

Valores iniciais	AL*										Da*					Ab*					AE*						
	Horas										Horas					Horas					Horas						
	L*	a*	b*	100	250	500	750	1000	100	250	500	750	1000	100	250	500	750	1000	100	250	500	750	1000	100	250	500	750
I	76,43	16,63	21,15	0,04	0,84	0,55	1,02	0,55	-0,21	-1,05	-0,09	-1,19	-1,55	0,12	-0,12	2,08	2,46	2,48	0,25	1,35	2,15	2,91	2,97	2,97			
II	77,47	18,12	20,85	0,79	1,85	2,78	3,24	2,94	-1,17	-2,69	-2,23	-3,7	-4,34	0,35	1,19	1,34	1,49	1,53	1,45	3,47	3,81	5,14	5,46	5,46			
III	76,15	19,43	23,47	0,72	0,71	1,87	2,23	1,48	-1,65	-1,6	-2,08	-3,65	-3,42	-0,1	-0,02	1,2	1,06	0,81	1,8	1,75	3,05	4,4	3,81	3,81			
IV	76,47	19,62	21,39	0,11	0,14	0,83	0,69	0,11	-0,33	-0,61	0,12	-0,33	-0,25	-0,38	-0,54	-1,02	-1,07	-1,47	0,52	0,83	1,33	1,31	1,49	1,49			
V	77,09	20,05	24,29	-0,02	0,07	0,34	0,21	-0,7	-0,27	-0,75	-0,35	-0,94	-1,64	-0,18	-0,16	-0,07	-0,16	-0,66	0,33	0,77	0,5	0,97	1,91	1,91			

Quadro II- 9 - Diferenças da cor Salmão - QUV

Valores iniciais	AL*										Da*					Ab*					AE*						
	Horas										Horas					Horas					Horas						
	L*	a*	b*	100	250	500	750	1000	100	250	500	750	1000	100	250	500	750	1000	100	250	500	750	1000	100	250	500	750
I	76,73	17,16	21,19	-1,71	-2,02	-2,51	-2,89	-2,85	1,23	1,61	2,14	2,46	2,24	0,23	1,03	1,85	1,78	1,83	2,12	2,78	3,78	4,19	4,06	4,06			
II	77,95	18,04	20,84	-0,45	-0,25	0,11	0,25	0,12	-0,25	-0,58	-0,89	-1,77	-2,18	0	0,18	-0,26	-0,25	-0,32	0,52	0,65	0,94	1,8	2,21	2,21			
III	76,53	20,2	24,22	-1,37	-1,41	-1,51	-1,02	-1,28	0,77	0,92	0,75	-0,74	-0,89	-0,22	0,6	0,13	0,01	0,53	1,59	1,79	1,69	1,26	1,65	1,65			
IV	76,82	19,8	20,77	-0,83	-1,54	-2,06	-2,03	-2,32	0,42	1,12	1,57	1,29	1,32	-0,21	0,94	0,66	0,67	0,9	0,96	2,13	2,67	2,5	2,81	2,81			
V	77,36	20,31	24,35	-0,68	-0,58	-0,56	-0,6	-0,72	-0,08	-0,2	-0,55	-0,87	-1,21	-0,19	-0,33	-1,41	-1,48	-1,92	0,71	0,7	1,61	1,82	2,38	2,38			

Quadro II- 10 - Diferenças da cor Verde - Xenotest

	Valores iniciais		ΔL^*										Δa^*										Δb^*										ΔE^*				
			Horas					Horas					Horas					Horas					Horas														
			100	250	500	750	1000	100	250	500	750	1000	100	250	500	750	1000	100	250	500	750	1000	100	250	500	750	1000	100	250	500	750	1000					
I	L*	76,94	25,25	18,79	0,19	0,02	0,19	0,27	0,04	1000	0,9	1,18	1,44	1,53	1,73	1,08	-2,48	-4,34	-5,49	-6,38	1000	1,42	2,74	4,58	5,71	6,61	1000	1,42	2,74	4,58	5,71	6,61					
II	L*	78,36	-25,9	14,48	-0,01	-1,93	-2,03	-2,62	-3,97	1000	0,37	1,59	0,7	-0,08	0,03	0,01	-0,25	-0,07	-0,09	-0,36	1000	0,37	2,52	2,15	2,62	3,99	1000	0,37	2,52	2,15	2,62	3,99					
III	L*	77,53	-27,82	17,63	-0,54	-1,02	-0,82	-0,92	-1,15	1000	1,13	1,73	1,44	1,05	1,26	-1,14	-2,4	-4,15	-5,15	-5,82	1000	1,69	3,13	4,47	5,33	6,07	1000	1,69	3,13	4,47	5,33	6,07					
IV	L*	76,49	-26,82	14,2	-0,44	-1,07	-1,02	-1,2	-1,37	1000	-0,05	0,22	-0,44	-0,42	-0,17	0,28	0,26	0,26	0,09	0,15	1000	0,52	1,12	1,14	1,28	1,39	1000	0,52	1,12	1,14	1,28	1,39					
V	L*	76,21	-26,47	18,65	0,35	0,04	1,04	1,46	-0,16	1000	-0,38	-0,33	-1,18	-1,33	1,67	-0,07	-0,62	-1,41	-2,65	-4,4	1000	0,53	0,7	2,11	3,3	4,71	1000	0,53	0,7	2,11	3,3	4,71					

Quadro II- 11 - Diferenças da cor Verde - Suntest

	Valores iniciais		ΔL^*										Δa^*										Δb^*										ΔE^*				
			Horas					Horas					Horas					Horas					Horas														
			100	250	500	750	1000	100	250	500	750	1000	100	250	500	750	1000	100	250	500	750	1000	100	250	500	750	1000	100	250	500	750	1000					
I	L*	76,89	-25,35	17,35	0,16	0,14	0,46	0,26	0,82	1000	1,19	1,41	2,12	2,67	2,73	-1,13	-1,83	-2,82	-3,49	-4,63	1000	1,65	2,31	3,56	4,4	5,44	1000	1,65	2,31	3,56	4,4	5,44					
II	L*	78,17	-25,76	14,52	-0,07	-0,04	-0,02	-0,22	0,04	1000	0,12	0,27	0,52	0,94	0,49	-0,06	-0,02	0,13	0,24	0,13	1000	0,15	0,28	0,53	0,99	0,51	1000	0,15	0,28	0,53	0,99	0,51					
III	L*	77,25	-28	17,19	0,4	0,11	0,41	0,21	0,4	1000	1,34	1,38	2,17	2,72	3,53	-0,96	-1,49	-2,21	-2,44	-3,39	1000	1,69	2,03	3,12	3,66	4,91	1000	1,69	2,03	3,12	3,66	4,91					
IV	L*	76,51	-26,45	13,5	0,03	0,11	-0,18	0,15	-0,01	1000	0,74	1,17	1,33	1,9	1,82	-0,19	-1,49	-0,16	0,14	-0,06	1000	0,77	1,22	1,35	1,91	1,82	1000	0,77	1,22	1,35	1,91	1,82					
V	L*	75,81	-26,83	18,85	0,32	0,45	0,38	1,17	0,39	1000	-0,28	-0,07	-0,19	-0,89	-0,14	0,12	0,09	-0,02	0,06	-0,4	1000	0,45	0,46	0,42	1,47	0,58	1000	0,45	0,46	0,42	1,47	0,58					

Quadro II- 12 - Diferenças da cor Verde - QUV

	Valores iniciais		ΔL^*										Δa^*										Δb^*										ΔE^*				
			Horas					Horas					Horas					Horas					Horas														
			100	250	500	750	1000	100	250	500	750	1000	100	250	500	750	1000	100	250	500	750	1000	100	250	500	750	1000	100	250	500	750	1000					
I	L*	77,08	-25,08	18,77	-0,23	-0,65	-0,45	-0,29	-0,25	1000	-0,36	0,09	0,48	0,94	1,07	-0,44	-1,64	-2,4	-3,42	-4,37	1000	0,61	1,77	2,48	3,56	4,51	1000	0,61	1,77	2,48	3,56	4,51					
II	L*	78,47	-25,82	14,48	-0,49	-0,65	-0,7	-0,75	-0,88	1000	-0,11	-0,24	-0,13	-0,03	-0,46	0,08	-0,16	0,02	0,07	0,29	1000	0,51	0,71	0,71	0,76	1,04	1000	0,51	0,71	0,71	0,76	1,04					
III	L*	77,72	-27,83	17,78	-0,96	-1,35	-1,59	-1,61	-1,29	1000	-0,16	-0,62	-0,61	-0,56	-0,56	-0,57	-0,75	-0,93	-1,26	-1,95	1000	1,13	1,67	1,94	2,12	2,41	1000	1,13	1,67	1,94	2,12	2,41					
IV	L*	76,51	-26,78	14,06	-0,6	-1,28	-1,72	-1,9	-2,1	1000	-0,23	-0,58	-0,69	-0,78	-0,7	0,08	0,14	0,38	0,42	0,35	1000	0,65	1,41	1,89	2,1	2,24	1000	0,65	1,41	1,89	2,1	2,24					
V	L*	76,13	-26,23	18,53	0	-0,15	0,01	0,38	0,07	1000	-0,15	0,25	0,9	1,65	1,78	0,07	-0,81	-2,38	-4,15	-5,68	1000	0,16	0,86	2,55	4,48	5,95	1000	0,16	0,86	2,55	4,48	5,95					

Quadro II- 13 - Diferenças da cor Encarnada - Xenotest

Valores iniciais	AL*										Aa*										Ab*										AE*									
	Horas					Horas					Horas					Horas					Horas					Horas					Horas									
	L*	a*	b*	100	250	500	750	1000	100	250	500	750	1000	100	250	500	750	1000	100	250	500	750	1000	100	250	500	750	1000	100	250	500	750	1000							
I	46,33	52,47	33,13	-0,81	-1,3	-0,65	-0,82	-0,09	-0,39	-0,91	-1,67	-1,86	-2,49	-1,1	-1,35	-1,73	-1,76	-2,97	1,42	2,08	2,49	2,69	3,88	1,42	2,08	2,49	2,69	3,88	1,42	2,08	2,49	2,69	3,88							
II	49,4	51,75	31,25	0,38	0,27	0,66	0,86	1,03	-0,59	-0,71	-1,61	-2,11	-2,97	-0,31	-0,03	-0,46	-0,89	-0,87	0,76	0,76	1,8	2,45	3,26	0,76	0,76	1,8	2,45	3,26	0,76	0,76	1,8	2,45	3,26							
III	45,93	46,56	26,45	0,09	2,08	5,85	10,14	12,43	-0,79	-4,78	-11,64	-18,97	-22,08	-1,18	-2,7	-5,66	-7,22	-8,3	1,42	5,87	14,2	22,69	26,66	1,42	5,87	14,2	22,69	26,66	1,42	5,87	14,2	22,69	26,66							
IV	47,84	52,32	29,55	-0,79	-1,08	-1,16	-1,31	-0,92	0,37	0,17	0,02	-0,36	0,05	-0,3	-1,14	-2,58	-4,2	-4,73	0,92	1,58	2,83	4,42	4,82	0,92	1,58	2,83	4,42	4,82	0,92	1,58	2,83	4,42	4,82							
V	48	51,95	33,51	-0,62	-1,13	-0,83	0,09	2,78	-0,94	-1,66	-2,11	-2,26	-5,09	-1,69	-1,92	-1,59	-2,02	-5,97	2,03	2,78	2,77	3,03	8,33	2,03	2,78	2,77	3,03	8,33	2,03	2,78	2,77	3,03	8,33							

Quadro II- 14 - Diferenças da cor Encarnada - Suntest

Valores iniciais	AL*										Aa*										Ab*										AE*									
	Horas					Horas					Horas					Horas					Horas					Horas														
	L*	a*	b*	100	250	500	750	1000	100	250	500	750	1000	100	250	500	750	1000	100	250	500	750	1000	100	250	500	750	1000	100	250	500	750	1000							
I	44,05	48,73	30,22	0,04	0,55	-2,76	-3,34	-3,39	0,23	1,72	-5,58	-6,36	-5,56	0,44	1,16	-4,36	-5,42	-5,7	0,5	2,15	7,61	9	8,65	0,5	2,15	7,61	9	8,65	0,5	2,15	7,61	9	8,65							
II	48,97	51,21	31,07	0,76	0,94	2,4	3,23	1,54	-0,77	-1,62	-2,51	-4,14	-2,66	-0,21	-0,53	-0,52	-0,68	-1,06	1,1	1,95	3,52	5,3	3,25	1,1	1,95	3,52	5,3	3,25	1,1	1,95	3,52	5,3	3,25							
III	45,28	45,95	26,17	0,9	2,17	4,8	6,9	10,07	-0,97	-3,07	-7,04	-11,75	-17,91	-0,98	-1,44	-2,48	-2,13	0,1	1,65	4,03	8,87	13,79	20,55	1,65	4,03	8,87	13,79	20,55	1,65	4,03	8,87	13,79	20,55							
IV	47,45	52,55	29,91	0,03	-0,17	-0,24	-0,44	-0,47	0,25	-0,09	-0,11	-0,28	-0,52	-0,18	-0,95	-3,29	-3,34	-5,38	0,31	0,97	3,3	3,38	5,43	0,31	0,97	3,3	3,38	5,43	0,31	0,97	3,3	3,38	5,43							
V	47,43	50,82	32,16	-0,24	-0,63	-1,29	-1,62	-2	-0,61	-1,04	-2,01	-2,58	-1,85	-0,63	-0,92	-1,5	-1,88	-1,29	0,91	1,52	2,82	3,58	3,01	0,91	1,52	2,82	3,58	3,01	0,91	1,52	2,82	3,58	3,01							

Quadro II- 15 - Diferenças da cor Encarnada - QUV

Valores iniciais	AL*										Aa*										Ab*										AE*									
	Horas					Horas					Horas					Horas					Horas																			
	L*	a*	b*	100	250	500	750	1000	100	250	500	750	1000	100	250	500	750	1000	100	250	500	750	1000	100	250	500	750	1000	100	250	500	750	1000							
I	44,87	49,72	30,9	-0,92	-1,22	-1,08	-1,35	-0,95	-0,46	-0,74	-0,04	0,36	1,3	-0,04	-0,72	0,1	0,27	1,34	1,03	1,6	1,09	1,42	2,09	1,03	1,6	1,09	1,42	2,09	1,03	1,6	1,09	1,42	2,09							
II	49,44	52,55	31,83	0,06	0,1	0,01	-0,21	-0,33	-0,83	-1,13	-1,03	-0,61	-0,37	-0,47	-0,9	-0,52	-0,25	-0,24	0,96	1,45	1,16	0,7	0,55	0,96	1,45	1,16	0,7	0,55	0,96	1,45	1,16	0,7	0,55							
III	46,05	46,37	26,41	-0,26	-0,62	-0,46	-0,29	0,03	-1,13	-0,99	-1,31	-2,16	-2,84	-0,94	-0,83	-1,74	-2,36	-3,43	1,49	1,44	2,22	3,21	4,46	1,49	1,44	2,22	3,21	4,46	1,49	1,44	2,22	3,21	4,46							
IV	48,02	52,56	29,78	-0,53	-1,19	-1,35	-1,38	-1,44	-0,56	0,1	0,41	-0,08	0,54	-0,15	-0,8	-1,25	-1,63	-1,64	0,79	1,44	1,88	2,14	2,25	0,79	1,44	1,88	2,14	2,25	0,79	1,44	1,88	2,14	2,25							
V	48,29	53,06	33,98	-0,79	-1,09	-1,37	-1,4	-0,95	-1,73	-2,44	-2,84	-1,42	-1,92	-1,59	-2,61	-2,81	-0,57	-1,64	2,48	3,74	4,23	2,08	2,7	2,48	3,74	4,23	2,08	2,7	2,48	3,74	4,23	2,08	2,7							

