

A Cor na Formação do Designer



Autora: Margarida Maria Allen Gamito

Orientadora: Doutora Maria João Durão

Júri:

Presidente: Doutor Fernando José Carneiro Moreira da Silva

Professor Associado da Faculdade de Arquitectura da
Universidade Técnica de Lisboa

Vogal e orientadora: Doutora Maria João Durão

Professora Auxiliar da Faculdade de Arquitectura da
Universidade Técnica de Lisboa

Vogal: Doutora Maria Constança Pignateli Vasconcelos

Professora Associada da Universidade Lusófona de
Humanidades e Tecnologias



Faculdade de Arquitectura da Universidade Técnica de Lisboa

Dissertação de Mestrado em Cor na Arquitectura

29 de Novembro de 2005

Faculdade de Arquitectura da Universidade Técnica de Lisboa
Dissertação de Mestrado em Cor na Arquitectura

A Cor na Formação do Designer

Autora: Margarida Maria Allen Gamito

Orientadora: Doutora Maria João Durão

Júri:

Presidente: Doutor Fernando José Carneiro Moreira da Silva

Professor Associado da Faculdade de Arquitectura da
Universidade Técnica de Lisboa

Vogal e orientadora: Doutora Maria João Durão

Professora Auxiliar da Faculdade de Arquitectura da
Universidade Técnica de Lisboa

Vogal: Doutora Maria Constança Pignateli Vasconcelos

Professora Associada da Universidade Lusófona de
Humanidades e Tecnologias

29 de Novembro de 2005

Índice

Índice	I
Índice de figuras	V
Agradecimentos	XII
Resumo	XIII
Abstract	XIV
1. Fundamentação e plano de pesquisa	1
1.1. Introdução	1
1.2. Fundamentação da pesquisa	1
1.3. Objectivos do estudo	4
1.4. Plano de pesquisa e procedimentos metodológicos	4
1.5. Plano da dissertação	8
2. Métodos de recolha e análise de dados	10
2.1. Introdução	10
2.2. Investigação bibliográfica	10
2.3. Recolha de opiniões de especialistas em cor	11
2.4. Inquérito a estudantes de Design	13
2.4.1. Introdução	13
2.4.2. Análise dos inquéritos	14
2.4.3. Conclusões sobre os inquéritos	25
2.5. Resumo do capítulo	27
3. Evolução teórica da Cor	28
3.1. Introdução	28
3.2. Da Antiguidade a Newton	29
3.3. De Newton à Actualidade	33
3.4. Resumo do capítulo	48

4. Visão da Cor	49
4.1. Introdução	49
4.2. O olho	49
4.3. O cérebro	52
4.4. O mecanismo da visão	53
4.5. A visão da cor	54
4.6. Resumo do capítulo	57
5. Percepção da Cor	58
5.1. Introdução	58
5.2. Cor da luz	58
5.2.1. Energia luminosa	58
5.2.2. Sensibilidade à luz e à cor	60
5.2.3. Percepção da luz colorida	61
5.3. Cor dos objectos	63
5.3.1. Factores de percepção da cor dos objectos	64
5.4. Características da cor	67
5.4.1. Matiz	67
5.4.2. Luminosidade	67
5.4.3. Saturação	69
5.4.4. Temperatura	70
5.5. Cores complementares	71
5.6. Imagem posterior ou consecutiva	72
5.6.1. Contraste sucessivo	73
5.6.2. Contraste simultâneo	75
5.6.3. Mistura óptica	77
5.7. Síntese aditiva, subtractiva e partitiva	77
5.7.1. Síntese aditiva	77
5.7.2. Síntese subtractiva	78
5.7.3. Síntese partitiva	78
5.8. Efeito Bezold	79
5.9. Resumo do capítulo	80
6. Interação da Cor	81
6.1. Introdução	81

6.2. Contrastes	81
6.2.1. Contraste de matiz	82
6.2.2. Contraste de luminosidade	82
6.2.3. Contraste de saturação	83
6.2.4. Contraste de complementares	83
6.2.5. Contraste de temperatura	83
6.2.6. Contraste de quantidade ou proporção	84
6.3. Harmonias	84
6.3.1. Harmonia monocromática	84
6.3.2. Harmonia de cores análogas	85
6.3.3. Harmonia de complementares	85
6.3.4. Harmonia complementar dupla	85
6.3.5. Harmonia de três cores	86
6.4. Efeitos espaciais das cores	87
6.5. Modos de aparência das cores	88
6.5.1. Cor opaca de superfície	88
6.5.2. Transparência	88
6.5.3. Cor volume	90
6.5.4. Cor das sombras	91
6.6. Resumo do capítulo	92
7. Psicologia e Simbologia das Cores	93
7.1. Psicologia da cor	93
7.1.1. Efeitos psicofisiológicos da cor	94
7.1.2. Reações fisiológicas da cor	100
7.2. Simbologia e Associação da cor	102
7.2.1. Simbologia da cor	103
7.2.2. Associação da cor	107
7.3. Resumo do capítulo	113
8. Colorimetria e Aplicação da Cor ao Design	114
8.1. Introdução	114
8.2. Sistemas de ordenamento da Cor	114
8.2.1. Sistema RGB	114
8.2.2. Sistema CMYK	116
8.2.3. Sistema Hexacrome	116
8.2.4. Sistema HSV	117

8.2.5. Sistema HLS	117
8.2.6. Sistema Munsell	118
8.2.7. Sistema NCS – Natural Colour System	119
8.2.8. Sistemas da CIE – Comission Internationale d’Éclairage	120
8.3. Aplicação da cor ao design	123
8.3.1. Ritmo	123
8.3.2. Equilíbrio	124
8.3.3. Proporção	126
8.3.4. Escala	126
8.3.5. Ênfase	127
8.4. Resumo do capítulo	128
9. Conclusão e sugestões para futuros estudos	129
9.1. Consulta a especialistas da cor	129
9.2. Inquérito a estudantes de design	130
9.2.1. Estudo comparativo com Inglaterra e Suécia	132
9.3. Pesquisa bibliográfica	133
9.4. Conclusões da pesquisa	133
9.5. Sugestões para futuros estudos	135
Bibliografia de referência	137
Bibliografia	139
Glossário	146
Anexo I – Consulta a peritos em cor	149
Anexo II – Inquérito a estudantes de Design	181
1. Questionário	182
2. Quadros de frequências	191
3. Quadros cruzados em CD anexo	

Índice de figuras

Figura 1.1	Organigrama	6
Figura 1.2	Plano de dissertação	7
Figura 2.1	Quadro de categorias de conteúdos	12
Figura 2.2	Representação gráfica da opinião dos especialistas em cor	13
Figura 2.3	Os inquiridos pertencem maioritariamente ao IADE	14
Figura 2.4	Existe uma maior percentagem de inquiridos do género feminino e de um grupo etário entre 21 e 25 anos	14
Figura 2.5	A maioria não frequentou outros cursos de cor	15
Figura 2.6	A percentagem de utilização de cor nos tempos livres é maioritária	15
Figura 2.7	A maioria dos inquiridos frequentou mais de quatro horas teóricas de cor, por semana	16
Figura 2.8	As aulas práticas também foram mais de quatro horas por semana	16
Figura 2.9	Estes gráficos revelam uma utilização da cor média, nos projectos	17
Figura 2.10	Os inquiridos usaram a cor de preferência no meio do projecto	17
Figura 2.11	O investimento profissional na cor foi mais elevado no IADE	18
Figura 2.12	Os inquiridos preferem ler livros sobre cor, com maior incidência no IADE e menor em Design Industrial	19
Figura 2.13	A maioria dos estudantes não vê programas de vídeo ou televisão, sobre cor	19
Figura 2.14	A maioria dos inquiridos prefere ser informada sobre cor por vídeo e TV	20
Figura 2.15	Uma maioria estima que a cor deve resolver problemas de efeitos psicofisiológicos	20
Figura 2.16	Os futuros designers reivindicam, maioritariamente, a responsabilidade dos projectos de cor	20
Figura 2.17	A quase totalidade dos inquiridos não conhece o sistema NCS	21

Figura 2.18	O sistema Munsell é conhecido no 1º ano do IADE	22
Figura 2.19	Os inquiridos, na sua maioria, pensam que demasiada cor não prejudica a criatividade e aceitam outras opiniões sobre cor	22
Figura 2.20	A cor não é considerada uma questão de gosto	23
Figura 2.21	A preferência da cor azul divide os inquiridos	23
Figura 2.22	Os inquiridos não estão de acordo sobre a harmonia das cores complementares	23
Figura 2.23	O vermelho é considerado pela maioria como cor quente e excitante	24
Figura 2.24	Os efeitos do meio ambiente colorido são ignorados pela maioria	25
Figura 2.25	«How would you like to learn about colour research findings.» (Mikellides 2002)	26
Figura 2.26	«Who should be responsible for colour in the built environment?» (Mikellides 2002)	26
Figura 2.27	«Research on colour psychology is rather meaningless since colour is mostly a matter of taste.» (Mikellides 2002)	27
Figura 2.28	«Too much knowledge of colour and research may hamper the designers creativity». (Mikellides 2002)	27
Figura 3.1	Esquema de Platão (http://www.colors-system.com)	29
Figura 3.2	As cores de Aristóteles (http://www.colors-system.com)	30
Figura 3.3	Esquema de cores de Alberti (http://www.colors-system.com)	32
Figura 3.4	Cores de L. da Vinci (http://www.colors-system.com)	32
Figura 3.5	Decomposição e reconstituição do espectro solar (De Grandis, L. 1984)	34
Figura 3.6	Círculo cromático de Newton (http://www.colors-system.com)	34
Figura 3.7	Exemplo de quatro chapas de Jacques Le Blon (Gage, J. 1993)	35
Figura 3.8	Cores <i>primitivas</i> e <i>compound</i> de Moses Harris (http://www.colors-system.com)	36
Figura 3.9	Círculo cromático de J. W. von Goethe (Fraser, T., Banks, A. 2004 e http://www.colors-system.com)	36
Figura 3.10	O triângulo de Goethe (http://www.colors-system.com)	37

Figura 3.11	Esfera de Phillipp Runge (Gage, J. 1993)	38
Figura 3.12	Semi-hemisfério e círculos de Chevreul (http://www.colors-system.com)	38
Figura 3.13	Círculo de cores oponentes de Hering (http://www.colors-system.com)	39
Figura 3.14	Árvore de Munsell (Swirnoff, Lois. 2003)	40
Figura 3.15	Corte horizontal da árvore de Munsell (Fraser, T., Banks, A. 2004)	40
Figura 3.16	Duplo cone de Ostwald (Feisner, E. A. 2000)	40
Figura 3.17	Corte vertical do duplo cone de Ostwald (Gage, J. 1993)	41
Figura 3.18	Páginas de Ostwald (http://www.colors-system.com)	41
Figura 3.19	Círculo e estrela de Johannes Itten (Fraser, T., Banks, A. (2004)	42
Figura 3.20	Quadro I do <i>Espiritual na Arte</i> (Kandinsky, W. 1987)	43
Figura 3.21	Diagrama triangular de Josef Albers (http://www.colors-system.com)	44
Figura 3.22	Cubo de Hicethier (De Grandis, L. 1984 e http://www.colors-system.com)	44
Figura 3.23	Círculo de Gerritsen (Gerritsen, F. (1983). <i>Présence de la Couleur</i>)	46
Figura 3.24	Leque de superfícies de matizes (Gerritsen, F. 1983)	46
Figura 3.25	Corte vertical e horizontal do diagrama de Frans Gerritsen (http://www.colors-system.com)	47
Figura 3.26	Diagrama de Frans Gerritsen (http://www.colors-system.com)	47
Figura 4.1	Globo ocular (Fraser, T., Banks, A. 2004)	50
Figura 4.2	Pormenor da retina, com os terminais nervosos, cones e bastonetes (Fraser, T., Banks, A. 2004)	51
Figura 4.3	Cérebro (Gregory, R. L. 1968)	52
Figura 4.4	Mecanismo da percepção visual (Gerritsen, F. (1983)	54
Figura 4.5	Funcionamento dos cones M, L, e S na percepção cromática e acromática, segundo a teoria tricromática de Young Helmholtz (http://www.colors-system.com)	55
Figura 4.6	Discos utilizados por Maxwell, nas suas experiências (http://www.colors-system.com)	56
Figura 4.7	Cores oponentes de Hering (http://www.colors-system.com)	56

Figura 5.1	Movimento ondulatório (Gerritsen, F. 1983)	59
Figura 5.2	Decomposição da luz branca através de um prisma (Feisner, E. 2000)	59
Figura 5.3	Espectro solar visível (http://wwwcolorsystem.com)	60
Figura 5.4	Percepção cromática e acromática, segundo a teoria tricromática de Young-Helmholtz através dos cones M, L, e S (Fraser, T., Banks, A. 2004)	60
Figura 5.5	Círculo de cores (Wong, W. 1997)	61
Figura 5.6	Cores primárias e secundárias do olho (Gerritsen, F. 1983)	61
Figura 5.7	Activação igual e simultânea das três sensibilidades do olho (Holtzschue, L. 2002)	62
Figura 5.8	Variação de saturação e luminosidade de uma cor (http://wwwcolorsystem.com)	62
Figura 5.9	A absorção e reflexão do feixe luminoso dá a cor às superfícies (Fraser, T., Banks, A. 2004)	63
Figura 5.10	Absorção e reflexão total e parcial (De Grandis, L. 1984)	64
Figura 5.11	Alterações à cor das superfícies provocada por luz indirecta (Gerritsen, F. 1983)	65
Figura 5.12	Interdependência entre superfície e reflexão da luz (Gerritsen, F. 1983)	66
Figura 5.13	Curva de percepção do espectro visual (Feisner, E. 2000)	66
Figura 5.14	Três características da cor: matiz (hue), luminosidade (lightness) e saturação (chroma) (http://wwwcolorsystem.com)	67
Figura 5.15	Escalas de luminosidade neutras, de matizes puros e matizes pouco saturados (Feisner, E. 2000)	68
Figura 5.16	Escalas de luminosidade neutras, de matizes puros e matizes pouco saturados (Feisner, E. 2000)	68
Figura 5.17	Diferenças de luminosidade das cores (http://wwwcolorsystem.com)	69
Figura 5.18	Escala de saturação acromática, semelhante à escala neutra de luminosidade (http://wwwcolorsystem.com)	69
Figura 5.19	Variação de saturação de um matiz (http://wwwcolorsystem.com)	70
Figura 5.20	Matizes quentes e frios no círculo cromático (http://wwwcolorsystem.com)	70

Figura 5.21	As cores complementares opõem-se no círculo cromático (De Grandis, L. 1984)	71
Figura 5.22	Proporções complementares de Schopenhauer (Itten, J. 1985)	72
Figura 5.23	Imagem posterior ou consecutiva (De Grandis, L. 1984)	73
Figura 5.24	Contraste sucessivo (http://www.colors-system.com)	74
Figura 5.25	Curva de sensibilidade do olho, em direcção às ondas curtas (Gerritsen, F. 1983)	74
Figura 5.26	Visão escotópica (Gerritsen, F. 1983)	75
Figura 5.27	Contraste simultâneo com fundo neutro (Gerritsen, F. 1983)	76
Figura 5.28	Contraste simultâneo de luminosidade (De Grandis, L. 1984)	76
Figura 5.29	Contraste simultâneo de saturação e matiz (De Grandis, L. 1984)	76
Figura 5.30	Síntese aditiva (Fraser, T., Banks, A. 2004)	77
Figura 5.31	Síntese subtractiva (Fraser, T., Banks, A. 2004)	78
Figura 5.32	Síntese partitiva na pintura pontilhista (Feisner, E. 2000)	78
Figura 5.33	Síntese partitiva no processo de impressão (Campbell, A. 1983)	79
Figura 5.34	Efeito Bezold (De Grandis, L. 1984)	79
Figura 6.1	Contraste de matiz eliminado por contorno (Feisner, E. 2000)	82
Figura 6.2	Contraste acromático, ou de luminosidade (Itten, J. 1985)	82
Figura 6.3	Contrastes de saturação e complementares (http://www.colors-system.com)	83
Figura 6.4	Contrastes de temperatura (Itten, J. 1985)	83
Figura 6.5	Proporções estabelecidas por Goethe (Feisner, E. 2000)	84
Figura 6.6	Harmonia monocromática (Fraser, T., Banks, A. 2004)	85
Figura 6.7	Harmonia de cores análogas (Fraser, T., Banks, A. 2004)	85
Figura 6.8	Harmonia complementar (Fraser, T., Banks, A. 2004)	85
Figura 6.9	Harmonia complementar dupla (Fraser, T., Banks, A. 2004)	86
Figura 6.10	Harmonia de três cores (Fraser, T., Banks, A. 2004)	86
Figura 6.11	O quadrado amarelo avança e o azul recua (De Grandis, L. 1984)	87
Figura 6.12	Noção de distância dada pela gradação de matizes (Feisner, E. 2000)	87

Figura 6.13	Ilusão de transparência por diminuição de luminosidade (Gage, J. 1993)	88
Figura 6.14	Ilusão de transparência por alteração de matiz (Holtzschue, L. 2002)	89
Figura 6.15	Ilusão de transparência com mistura de cores (Feisner, E. 2000)	89
Figura 6.16	Sombras provocadas por três luzes primárias (Fraser, T., Banks, A. 2004)	92
Figura 6.16	Sombra de uma luz colorida (Itten, J. 1985)	92
Figura 6.17	Sombra de duas luzes próximas (Itten, J. 1985)	92
Figura 6.18	Sombra de três luzes primárias (Itten, J. 1985)	92
Figura 7.1	A cor como camuflagem e aviso na natureza (Fraser, T., Banks, A. 2004)	93
Figura 7.2	Color Experience Pyramid (Mahnke, F. 1996)	94
Figura 7.3	Estrutura do cérebro (Mahnke, F. 1996)	96
Figura 7.4	Estímulo insuficiente (Wong, W. 1997)	99
Figura 7.5	Estímulo excessivo (Fraser, T., Banks, A. 2004)	99
Figura 7.6	Estímulo equilibrado (Wong, W. 1997)	100
Figura 7.7	Cores dominantes, além do branco, até ao século X (Gage 1993)	104
Figura 7.8	Azul e dourado, cores ascendentes a partir do século X (Pastoureau, M. (2001)	104
Figura 7.9	O preto símbolo de prestígio a partir do século XIII (Gage 1993)	104
Figura 7.10	Simbolismo religioso do preto (Pastoureau, M. (2001)	105
Figura 7.11	A partir do século XVIII termina o domínio do preto (Fraser, T., Banks, A. 2004)	105
Figura 7.12	Cores utilizadas na sinalização (De Grandis, L. 1984)	113
Figura 8.1	Triângulo RGB sobre diagrama CIE (Fraser, T., Banks, A. 2004)	115
Figura 8.2	Cubo RGB (http://www.colorsystm.com)	115
Figura 8.3	Coordenadas CMYK no monitor do computador (Pender, K. 1998)	116
Figura 8.4	Exemplo de placas de impressão em CMYK (Fraser, T., Banks, A. 2004)	116
Figura 8.5	Coordenadas do sistema HSV (Fraser, T., Banks, A. 2004)	117
Figura 8.6	Variáveis de Munsell (Fraser, T., Banks, A. 2004)	118
Figura 8.7	Secção vertical da árvore de Munsell (http://www.colorsystm.com)	118

Figura 8.8	Sólido NCS (http://wwwcolorsystem.com)	119
Figura 8.9	Página NCS (http://wwwcolorsystem.com)	120
Figura 8.10	Página NCS (http://wwwcolorsystem.com)	122
Figura 8.11	Ritmo definido por uma sucessão de cores análogas (Feisner, E. 2000)	123
Figura 8.12	Ritmo definido por luminosidade, saturação e temperatura (Feisner, E. 2000)	124
Figura 8.13	Equilíbrio simétrico e assimétrico (Swirnoff, L. 2003, alterado pela autora)	125
Figura 8.14	Contraste de complementares (Wong, W. 1997)	125
Figura 8.15	As proporções de matizes numa composição, afectam as suas características (Feisner, E. 2000)	126
Figura 8.16	Um matiz saturado destaca-se do fundo (Swirnoff, L. 2003)	126
Figura 8.17	Pontos de ênfase num quadrado (Feisner, E. 2000)	127
Figura 8.18	Pontos de ênfase definidos pela construção do rectângulo de ouro (Feisner, E. 2000)	127
Figura 8.19	Ênfase criada pelo contraste de um matiz com o fundo Itten, J. (1985).	128

Agradecimentos

Este trabalho teria sido muito mais difícil sem o contributo de várias pessoas e entidades, a quem pretendo expressar o meu profundo agradecimento.

Em primeiro lugar quero agradecer à minha orientadora, Professora Doutora Maria João Durão que, apesar dos seus muitos afazeres, foi uma verdadeira amiga sempre pronta a apoiar-me, a incentivar-me e a emprestar-me livros necessários à minha investigação.

Agradeço também ao Professor Doutor Fernando Moreira da Silva pela sua simpatia ao facilitar-me o acesso à sua tese de doutoramento e outros trabalhos seus, assim como por me ter permitido participar no grupo de trabalho de mestrandos e doutorandos, que organizou para a discussão das investigações em curso.

Quero também agradecer a todos os especialistas em cor por mim contactados e que tão prontamente responderam à minha consulta.

À minha amiga e colega Cristina Pinheiro, agradeço o apoio inestimável tanto na revisão dos textos como na montagem do trabalho, para além das constantes trocas de opiniões que ajudaram a clarificar as minhas ideias.

Agradeço ainda ao meu filho que me veio socorrer em todos os problemas informáticos, e à minha nora que me ensinou a tratar dados no Excel.

Também agradeço ao IADE, por se ter candidatado às bolsas de estudo do PRODEP, e a este último por me ter concedido a bolsa que permitiu dedicar-me a tempo inteiro a este trabalho.

Por fim agradeço à minha família e aos meus amigos que, durante todo o tempo que dediquei a este projecto de investigação, suportaram com paciência a minha ausência e falta de disponibilidade.

Resumo

A Cor na formação do Designer

O objectivo desta investigação é o de estabelecer o conhecimento de cor necessário ao exercício do design, devendo ser incluído nos seus programas do ensino.

Para atingir esse fim foi realizada uma extensa pesquisa bibliográfica sobre todos os aspectos da cor, assim como um conjunto de técnicas de recolha e análise de dados. Um grupo seleccionado de especialistas da cor deu a sua opinião sobre programas de ensino relacionados com a cor. Fez-se um inquérito, aos estudantes de duas instituições que ministram cursos de design: Faculdade de Arquitectura da Universidade Técnica de Lisboa (FAUTL) e Instituto de Artes Visuais, Design e Marketing (IADE), para avaliar o seu conhecimento sobre cor.

As conclusões da investigação definiram como relevante o conhecimento da temática seguinte para o ensino e prática do design:

- Teorias da cor, abordadas como suporte histórico para uma melhor compreensão do fenómeno da cor.
- Mecanismo da visão da cor, com o desenvolvimento suficiente para transmitir a noção do modo como o ser humano percebe a cor.
- Percepção e Interacção da cor, incluindo luz e pigmento, as suas características e complementaridade, os modos de percepção da cor e a influência do meio ambiente.
- Os efeitos psicofisiológicos da cor, e o simbolismo da cor, que conduzem a uma maior consciência da interpretação da cor.
- Os diferentes sistemas de colorimetria, usados habitualmente no design, e as diferentes aplicações da cor no design que produzem equilíbrio, ênfase, e ritmo.

Palavras-chave

Cor – Educação – Design – Conhecimento da cor – Percepção – Interações cromáticas

Abstract

Colour for Design Education

The research aims to establish the knowledge of colour that is essential to the design practice, and therefore should be included in the design educational programmes.

The overall research aim required an extensive literature review on all aspects of colour, alongside with qualitative and quantitative data collection techniques. A focus group of colour specialists gave their opinion on the design educational programmes as they relate to colour. In order to survey the knowledge of students, a questionnaire was carried out in two institutions that lecture design courses: the Faculty of Architecture of the Lisbon Technical University (FAUTL) and the Institute of Visual Arts, Design and Marketing (IADE).

The research conclusions highlighted the need to address:

- Colour theories, approached as historical background for a more comprehensive understanding of colour phenomena.
- Colour vision mechanism, with enough development to impart the notions of how humans see colour.
- Colour perception and interactions, including light and pigment, its dimensions and complementary relations, the modes of colour appearance and environmental influences.
- The psychophysiological effects and symbolism, leading to a deeper awareness of colour interpretation.
- The colorimetric systems usually applied in design, and the different colour applications on design projects that produce balance, emphasis, and rhythm.

Key words

Colour – Education – Design – Colour knowledge – Perception – Chromatic interactions

1. Fundamentação e plano de pesquisa

1.1. Introdução

Este capítulo procura indicar as razões da escolha do tema, ou seja a necessidade de estruturar o conhecimento da cor num conjunto de teorias, características e propriedades, que abranjam as noções e metodologias da cor necessárias ao exercício do Design, e que constituirão uma base programática para o ensino do design.

Descreve, ainda, os procedimentos metodológicos utilizados, e traça o plano da investigação, introduzindo os tópicos que serão abordados nos restantes capítulos.

1.2. Fundamentação da pesquisa

A cor é um fenómeno complexo que ultrapassa as características que usualmente a designam – efeito da luz, sensação recebida e interpretada pelo cérebro, simples propriedade de uma superfície ou objecto. No entanto, a cor não depende exclusivamente do mundo exterior, faz parte da nossa mente (consciente, subconsciente ou inconsciente) e influencia o nosso comportamento porque é, também, uma emoção, uma sensação e até um sentimento. Para além dos seus efeitos psicológicos e fisiológicos, a cor tem fortes conotações com a cultura e tradição, simbologia, literatura, filosofia e linguística que não será possível considerar neste estudo.

A experiência de designer e, simultaneamente, de professora de design, foi despertando a necessidade de uma estruturação do conhecimento da cor numa base científica que, englobando uma selecção de teorias, características, propriedades e efeitos da cor, procurasse colmatar as carências ou deficiências manifestas nos actuais programas de ensino e contribuir para uma utilização mais consciente e apropriada da cor nos projectos de design.

«Forms, colors and their arrangement are foundation elements of design. The way in which color forms are arranged – their placement in relation to each other – also modifies how colors are seen (and the reverse is equally true; colors modify the way we understand forms and their arrangement).»¹ (Holtzschue 2002, p1)

Tem-se constatado que, frequentemente, os designers trabalham a cor de uma forma aleatória ou intuitiva. No Design, a cor é frequentemente considerada como uma questão de gosto e, principalmente quando se trata de projectos de Design Industrial (design de produto), é considerada, mesmo por peritos eminentes, como um elemento secundário, associada ao *styling* e não essencial à função.

«There are a number of decisions to be made in the process of developing colour decisions within a design programme. The decisions concern the appropriate colours to use, and encompass a range of design variables that are linked to the function of an environment. Colour can be used to control, to an extent, the character of a space».² (Durão 2002, p163)

Apesar de ser reconhecida a importância da cor no Design de Comunicação, quando se projectam cartazes, embalagens, folhetos e brochuras, ou outras peças de divulgação, a cor é empregue quase sempre sem verdadeiro conhecimento das suas propriedades de harmonia e contraste, e de interacção; sem levar em conta os factores de legibilidade, de integração e destaque de forma/fundo; e até sem considerar o facto de, a cor, ser um meio de transmissão de sensações, emoções e sentimentos. A cor pode ser identificativa de uma Imagem Corporativa, no entanto, nem sempre se pensa que ela pode ter conotações simbólicas. Na sinalética, a cor tem um papel de orientação em que é importante a sua integração ou destaque do meio envolvente.

No Design de Interiores a cor pode controlar relações dimensionais e de distância; contribuir para o conforto dos utentes, pelos seus efeitos psicofisiológi-

¹ «As formas, as cores e a sua disposição são elementos base do design. O modo como as formas das cores são dispostas – a sua colocação em relação a outras – também modifica o modo como as cores são vistas (e o reverso é igualmente verdadeiro; as cores modificam o modo como compreendemos as formas e a sua combinação).» (tradução livre). Holtzschue, L. (2002) *Understanding COLOR. An introduction for Designers*. New York: John Wiley & Sons, Inc.

² «Há um número de decisões a serem tomadas no processo de desenvolver soluções de cor num programa de design. As decisões referem-se ao uso de cores apropriadas, e incluem uma série de variáveis de design que estão ligadas à função de um ambiente. A cor pode ser usada para controlar, até certo ponto, o carácter de um espaço.» (tradução livre). Durão, M. J. (2002). *Colour in the Built Environment. Fabrikart – Arte, Tecnología, Industria, Sociedad*. Nº 2. Ano 2002.

cos e termodinâmicos; e destacar alguns elementos, anulando outros, pelas suas características de harmonia e contraste.

Também no Design Industrial, a cor é um elemento integrante da *pele* dos objectos e é por meio dela que estes se destacam do meio ambiente (como é o caso dos carros de bombeiros ou autocarros, ou ainda o do mobiliário urbano), ou se integram e fundem nele, podendo ir até ao extremo da camuflagem usada pelas forças armadas. Nos aparelhos e máquinas, é pela cor que se destacam elementos funcionais; e é também a cor que dá indicações da sua utilização, da temperatura e do perigo. Numa aplicação mais comercial, o simbolismo da cor contribui para a venda dos produtos, diferenciando-os com cores mais apelativas para os utentes a que se destinam, de acordo com variáveis culturais, geracionais ou geográficas.

No entanto, em todas as vertentes do Design existem problemas comuns, para cuja resolução se torna necessário o conhecimento das características e propriedades da cor. Outro registo consiste na familiarização com os diferentes sistemas de ordenação e de colorimetria, dado que no Design Industrial e de Interiores se utilizam sistemas como o de Munsell ou NCS, enquanto no Design de Comunicação é preciso conhecer os sistemas Pantone, CMYK e RGB.

Outros problemas a considerar são, por exemplo, os de transparência e opacidade, as alterações de cor provocadas pela luz, a diferenciação dos materiais de suporte, e as novas tecnologias de representação e constância cromática que implicam o conhecimento dos diversos sistemas de ordenação e medição da cor.

«The programs of the Bauhaus instructors Johannes Itten and Josef Albers are among the most common models for basic color design curricula today».³ Esta afirmação de Harold Linton (1999, p183), referente ao ensino do Design, vem corroborar a desactualização da maioria dos programas, para além da não referência a outras teorias da cor, igualmente importantes ou mais actuais, como as de Faber Birren ou Franz Gerritsen.

³ «Os programas dos professores da Bauhaus Johannes Itten e Josef Albers estão entre os modelos mais comuns para os curricula dos actuais projectos básicos de cor.» (tradução livre). Linton, H. (1999). *Color in Architecture. Design Methods for Buildings, Interiors and Urban Spaces*. USA. Mc Graw Hill

Por outro lado, a evolução tecnológica abriu campos de investigação e resolução de cor que vieram levantar problemas não contemplados habitualmente nos programas de ensino da cor, como está patente nesta afirmação de Frank Mahnke (1996, p2):

«Architects, designers, city planners, lighting engineers, and color consultants today are confronted with problems and faced with questions that they are often ill-equipped to answer. The design community must adopt a new attitude toward scientific research conducted in many fields and covering many disciplines».⁴

Considera-se que esta atitude, de que fala Mahnke, não pode deixar de ser considerada no que respeita ao ensino do Design. A análise dos inquéritos sobre o conhecimento da cor, levados a cabo no IADE e na Faculdade de Arquitectura da Universidade Técnica de Lisboa, permitem concluir que os alunos do curso de Design manifestam conhecimentos quase inexistentes nesta área, embora utilizem habitualmente a cor nos seus projectos.

1.3. Objectivos do estudo

Este estudo procura avaliar as noções de cor, cujo conhecimento é essencial a um cabal exercício da profissão de designer, constituindo uma base de dados que reúna todas as noções necessárias para a elaboração e actualização dos programas do ensino da cor nos cursos de Design, englobando o Design de Comunicação, o Design Industrial e o Design de Interiores.

Procura, também, estabelecer uma fonte de informação para todos os profissionais que careçam aprofundar os seus conhecimentos no domínio da cor e abrir novas pistas para investigações mais especializadas.

1.4. Plano da pesquisa e procedimentos metodológicos

Os procedimentos metodológicos consistiram de um conjunto de técnicas mistas de recolha de dados que se complementam.

⁴ «Os arquitectos, designers, urbanistas, engenheiros luminotécnicos e consultores de cor são confrontados hoje com problemas e enfrentam questões para que estão, muitas vezes, mal preparados para responder. Esta comunidade deve adoptar uma nova atitude para com a pesquisa científica que é conduzida em vários campos e abrange várias disciplinas.» (tradução livre). Mahnke, F. (1996). *Color, Environment, and Human Response*. USA: John Wiley & Sons, Inc.

A investigação bibliográfica consistiu, essencialmente, na análise das diversas teorias de cor, na leitura de livros e artigos sobre a problemática da cor, e consulta de estudos e teses sobre temas análogos que possam contribuir de algum modo para a elaboração deste trabalho. Paralelamente fez-se uma pesquisa documental de recolha e análise dos conteúdos programáticos, do ensino da cor em diversas Universidades nacionais e estrangeiras. Para complemento da pesquisa bibliográfica, recorreu-se à investigação na Internet e à leitura de documentos publicados por instituições como as Associações Internacionais de Cor.

Na pesquisa de campo, fez-se uma recolha das opiniões de especialistas de Cor, peritos reconhecidos internacionalmente e, alguns deles, membros de Associações Internacionais da Cor, e da IACC – *International Association of Color Consultants and Designers*. Podendo destacar, desde já, aqueles que contribuíram para este mestrado, como Frank Mahnke, Byron Mikellides, Jean-Philippe Lenclos e Luis Badosa; e também José Luís Caivano, Harold Linton, Karin Fridell Anter e Pietro Zennaro, sobejamente conhecidos pelos seus escritos sobre cor.

Procurou-se, também, recolher opiniões de alguns professores de Design que, seguramente, se terão deparado com a problemática do ensino da Cor no Design. No entanto, por falta de respostas, não foi possível incluir este assunto no presente estudo.

Fez-se uma recolha de opinião dos finalistas dos cursos de Design, da FAUTL e do IADE, quanto às deficiências sentidas no ensino da Cor durante os respectivos cursos. Os resultados desta recolha demonstraram que os estudantes de design continuam a considerar a problemática da cor como matéria de importância secundária, abordada instintivamente como uma questão de gosto. Assim, decidiu-se analisar os inquéritos sobre Cor feitos, em 2004, aos alunos do 1º e 5º ano de Design da FAUTL, no âmbito da parte curricular do Mestrado Cor na Arquitectura, e posteriormente utilizar o mesmo formato, no que se refere à estruturação das perguntas, aplicando-o aos correspondentes alunos do IADE.

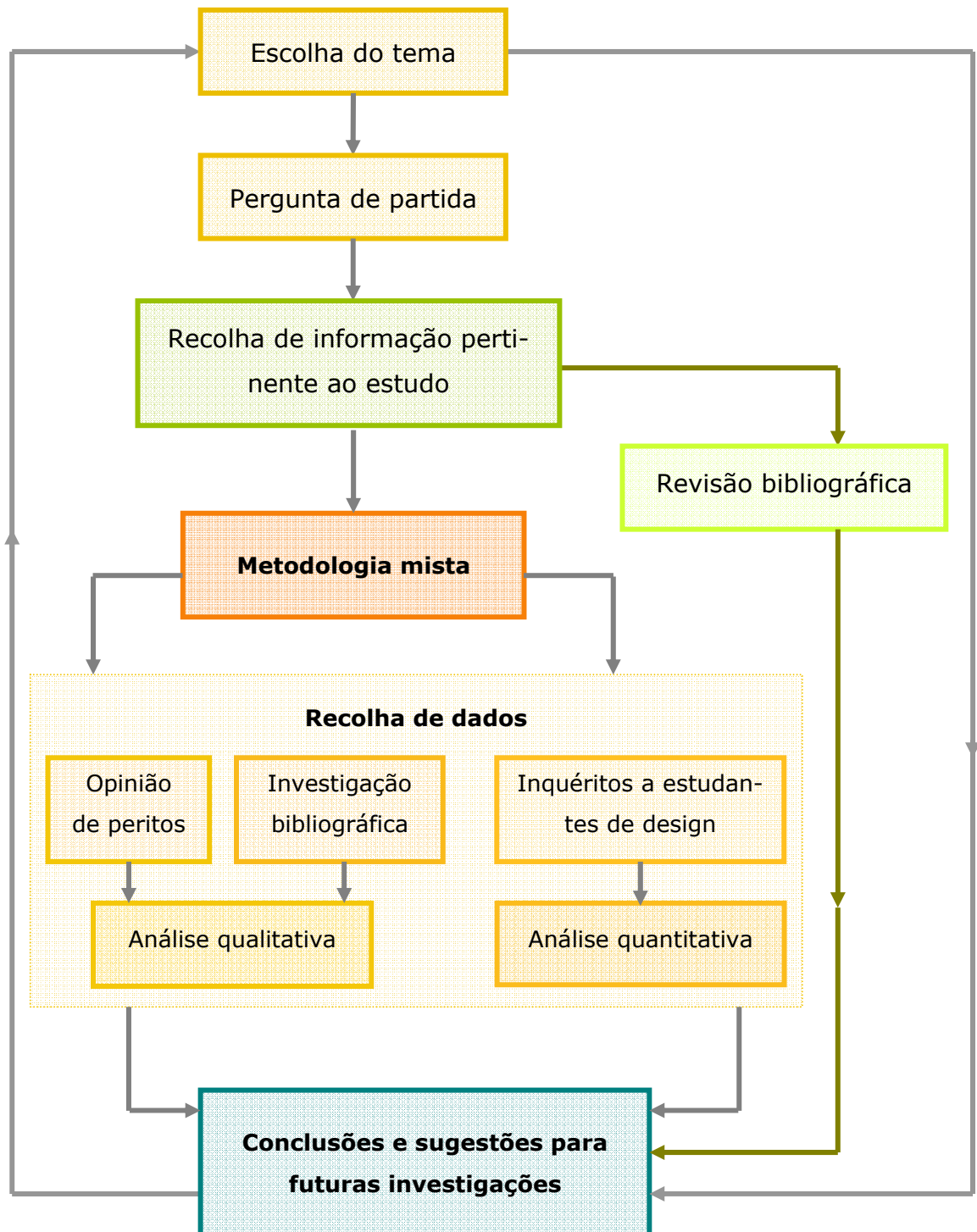


Fig.1.1: Organigrama

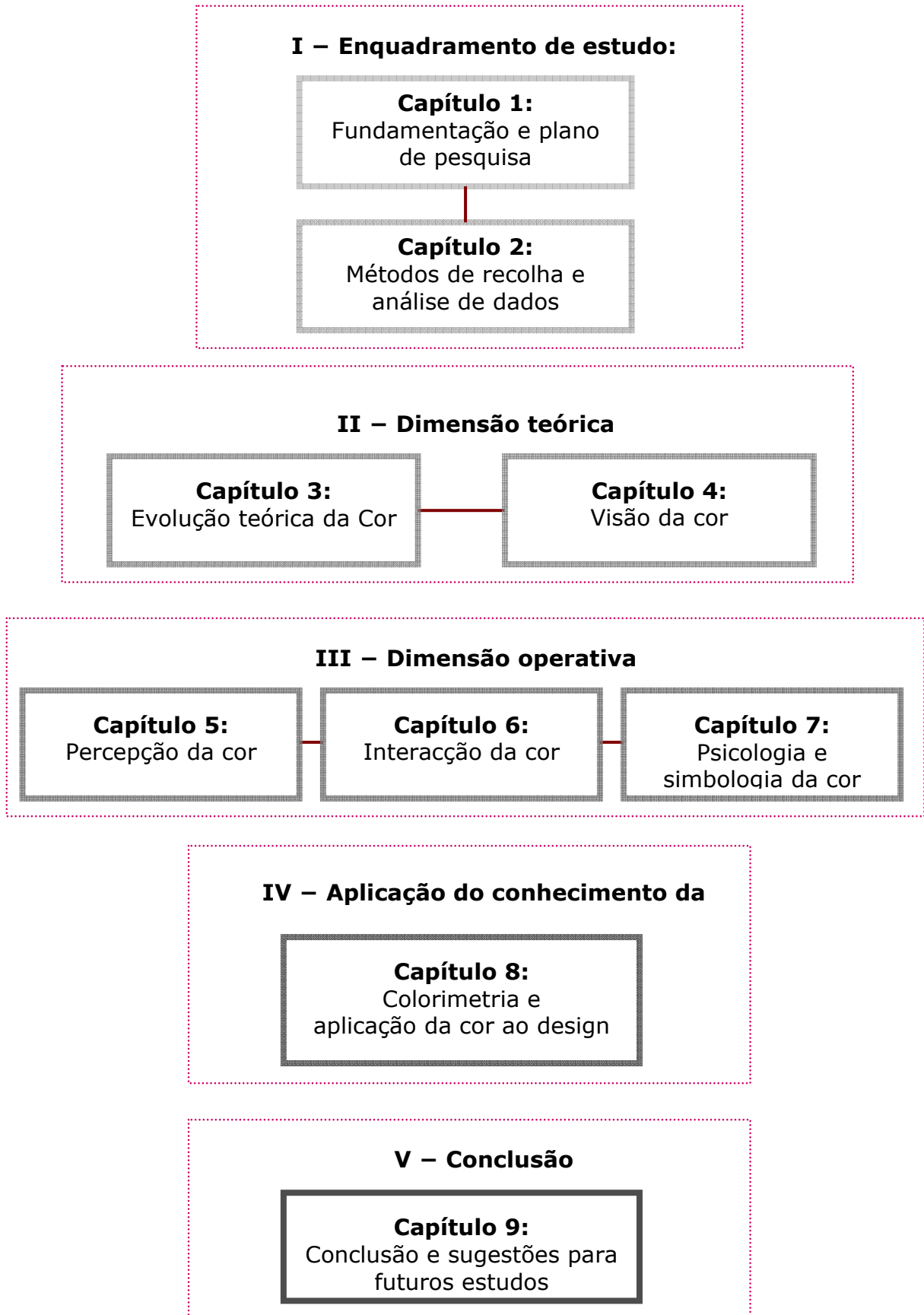


Fig. 1.1: Plano da dissertação

1.5. Plano da dissertação

1.5.1. Enquadramento do estudo

Estes dois capítulos delimitam e fundamentam os objectivos da dissertação, e analisam os dados recolhidos.

- **Capítulo 1 – Fundamentação e plano de pesquisa**

Este capítulo introduz o tema da dissertação, fundamenta a sua necessidade e define os objectivos do estudo.

- **Capítulo 2 – Métodos de recolha e análise de dados**

Neste capítulo descrevem-se os passos para estabelecer os tópicos da investigação, recorrendo à pesquisa bibliográfica, à opinião de especialistas em cor e a inquéritos a estudantes de Design. Faz-se também a análise dos elementos da pesquisa de campo, como contribuição para a escolha dos tópicos.

1.5.2. Dimensão teórica

Estes dois capítulos, não sendo considerados essenciais para a prática do design, são abordados numa perspectiva de informação, ou suporte histórico, que contribui para a compreensão do fenómeno da cor.

- **Capítulo 3 – Evolução teórica da cor**

Faz-se, neste capítulo, um breve historial das teorias da cor, partindo do estudo empírico das cores, da Antiguidade até Newton, e abordando o estudo científico da cor dos tempos modernos.

- **Capítulo 4 – Visão da cor**

Este capítulo faz uma descrição sucinta do aparelho visual e do mecanismo da visão, com destaque para a visão das cores, pretendendo criar uma base de conhecimento que facilite a compreensão do modo como o ser humano percebe o fenómeno da cor.

1.5.3. Dimensão operativa

Estes três capítulos descrevem as propriedades e características da cor, as suas interferências mútuas e efeitos secundários. Considera-se este conjunto

de conhecimentos muito importante, para a prática e ensino do design, por permitirem uma utilização consciente da cor.

- **Capítulo 5 – Percepção da cor:**

Este capítulo incide sobre o estudo da percepção da cor como luz, e como cor reflectida a partir dos objectos. Caracteriza a cor a partir das suas propriedades características e estuda serão dos diversos modos de percepção da cor, abordando, ainda, o conceito de complementaridade das cores.

- **Capítulo 6 – Interação da cor**

Este capítulo aborda as relações entre as cores, e as suas alterações recíprocas provocadas por situações de proximidade, noções de harmonia e contraste, e a descrição dos diversos contrastes cromáticos.

- **Capítulo 7 – Psicologia e simbologia das cores**

Este capítulo incide sobre a simbologia das cores, as associações cromáticas e os efeitos psicofisiológicos da cor.

1.5.4. Aplicação do conhecimento da cor

- **Capítulo 8 – Colorimetria e aplicação da cor ao design**

Neste capítulo descrevem-se os sistemas de colorimetria mais aplicados nas diferentes vertentes do design, cujo conhecimento é necessário para uma correcta utilização das cores. Estuda-se, também, o modo como a percepção e interação das cores, assim como a sua simbologia e efeitos psicofisiológicos, podem ser aplicados no design, de modo a conseguir os efeitos pretendidos.

1.5.5. Conclusão

- **Capítulo 9 – Conclusão e sugestões para futuros estudos**

Este capítulo, indica os conteúdos que devem fazer parte dos programas de ensino do design, apresentando sugestões para a realização de outros estudos ou para desenvolvimentos mais aprofundados.

2. Métodos de recolha e análise de dados

2.1. Introdução

Este capítulo descreve os passos dados na investigação bibliográfica e na pesquisa de campo, dando particular relevo à análise da pesquisa de campo. Esta última consistiu, numa primeira fase, na consulta a especialistas em cor, para coligir as suas opiniões quanto às noções de cor que deveriam ser ensinadas no núcleo básico dos cursos de Design.

Numa segunda fase, foi feito um inquérito aos estudantes de Design da Faculdade de Arquitectura (FAUTL) e da Escola Superior de Design (IADE), no início e no fim do curso, para compreender as suas atitudes no que diz respeito à aprendizagem da cor, avaliando, simultaneamente, o grau de conhecimento desta matéria, no início do curso, com o intuito de avaliar as lacunas no actual ensino do design e fazer uma compilação das noções de cor necessárias à formação do designer.

A investigação bibliográfica foi dirigida para uma procura e selecção dos conhecimentos de cor que permitam uma optimização do ensino do Design, e uma aplicação mais consciente da cor na vida profissional, pelos designers.

2.2. Investigação bibliográfica

A investigação bibliográfica incidiu na selecção e análise de diversas teorias de cor, na leitura de livros e artigos sobre a problemática da cor, e consulta de estudos e teses sobre temas análogos que pudessem contribuir de algum modo para a elaboração deste trabalho. Paralelamente fez-se uma pesquisa documental de recolha e análise dos conteúdos programáticos, do ensino da Cor em diversas Universidades nacionais e estrangeiras, tendo-se chegado à conclusão de que a cor continua a ser matéria secundária, ou inexistente no ensino do design, devido à não existência de programas destacados nesta matéria. Para complemento da pesquisa bibliográfica, recorreu-se à investi-

gação na Internet e à leitura de documentos publicados por instituições como as Associações Internacionais de Cor.

2.3. Recolha de opiniões de especialistas em cor

Considerou-se importante dispor de opiniões abalizadas para orientar e reforçar esta pesquisa. Assim foi enviada a vários especialistas em cor a seguinte questão: Que conhecimentos devem ser ensinados, sob a forma de disciplinas e conteúdo de programas, na formação de designers nas três variantes do design – Design Industrial (de Produto), Design de Comunicação (Gráfico) e Design de Interiores?

Dos especialistas seleccionados, destacam-se os que merecem reconhecimento internacional pela qualidade dos seus trabalhos sobre cor:

- Karin Fridell Anter, investigadora da *School of Architecture do Royal Institute of Technology (KTH)*, em Estocolmo, e autora de diversos livros sobre a problemática da cor em arquitectura, entre os quais se salienta *What colour is the red house? Perceived colour of painted facades (2000)*.
- Luis Badosa Conill, professor catedrático de pintura na *Facultad de Bellas Artes da Universidad del Pais Vasco* e especialista em Psicologia e Simbologia da Cor.
- José Luís Caivano, presidente do *Grupo Argentino del Color* e professor da *Facultad Arquitectura, Diseño y Urbanismo da Universidade de Buenos Aires*, autor do livro *Sistemas de orden del color*, organizador de uma bibliografia sobre teoria da cor, participação em variadíssimas conferências internacionais sobre cor.
- Jean-Philippe Lenclos, professor da especialidade *cor na arquitectura na Ecole Nationale Supérieure des Arts Décoratifs*, autor de vários livros sobre *Geografia da Cor* e fundador de um atelier especializado em estudos sobre a aplicação de cor no ambiente, arquitectura e produtos industriais.
- Harold Linton, entre outros cargos desempenhados, é chefe do Departamento de Arte no *Slane College of Communications and Fine Arts da Universidade de Bradley*, nos EUA, fundador e professor de Cor e Design do *Masters*

of Arts Degree Program in Color and Design na University of Art and Design – UIAH, em Helsínquia, Finlândia, e autor de vários livros sobre Cor e Design.

- Frank Mahnke, é presidente de IACC – *International Association of Color Consultants*, onde dirige seminários e conferências sobre os efeitos psicológicos e fisiológicos da cor, entre os quais o *Salzburg Seminar*, é autor do livro *Color, Environment & Human Response*, sendo, também, fundador e director do *American Information Center for Color and Environment* em San Diego, Califórnia.
- Byron Mikellides, cordenador do *Architectural Psychology Lab* e da *Colour Research Section* na *School of the Built Environment* da Oxford Brookes University, Reino Unido, é co-autor, com Tom Porter, do livro *Colour for Architecture* (1976) e autor de *Architecture for People* (1980), e tem participado em inúmeras conferências, pesquisas e consultorias sobre cor.
- Pietro Zennaro, professor da Faculdade de Arquitectura na Università IUAV di Venezia, organizador da conferência *Il colore dei materiali per l'architettura* e responsável pela compilação dos textos dessa conferência, e impulsionador da criação de cursos específicos de cor, nas faculdades italianas.

	1	2	3	4	5	6	7	8
Teorias da Cor	Orange	Orange	Orange			Orange	Orange	
Sistemas de Ordenamento		Blue		Blue	Blue			Blue
Física da Luz e da Cor		Red	Red	Red	Red	Red	Red	
Características				Green	Green		Green	
Percepção da cor		Blue	Blue		Blue		Blue	
Interação da cor	Green			Green				Green
Dinâmica da cor				Green			Green	Green
Harmonia e Contraste		Orange	Orange	Orange	Orange		Orange	
Visibilidade e Legibilidade		Green		Green	Green			
Simbologia e Associação	Orange	Orange		Orange	Orange		Orange	
Aspectos Psicológicos		Blue		Blue	Blue		Blue	
Efeitos psicofisiológicos		Blue		Blue	Blue		Blue	
Iluminação				Cyan				
Materiais				Yellow				Yellow
Técnicas				Cyan				
Volumetria					Cyan			
Temperatura							Cyan	

Fig. 2.1: Quadro de categorias de conteúdos.

- Perante as primeiras respostas, foi elaborado um quadro com as categorias de conteúdos. Este quadro foi posteriormente enviado a todos os especialistas para confirmação e comentários, que foram organizados num gráfico de barras.

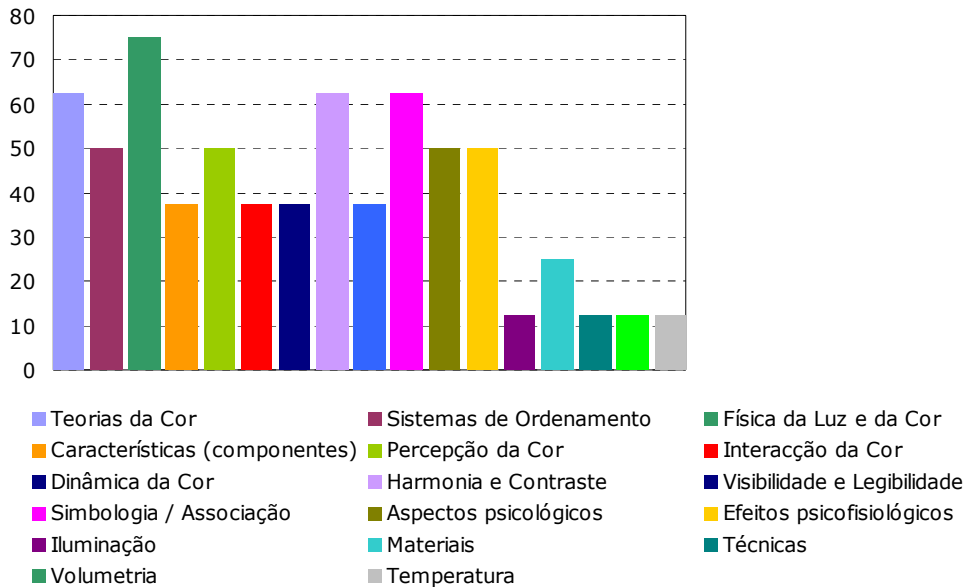


Fig. 2.2: Representação gráfica da opinião dos especialistas em cor.

A análise das respostas à pergunta colocada aos peritos de cor, já anteriormente enunciada, permitiu agrupar os conteúdos temáticos da seguinte forma, ordenados por ordem de frequência – física da luz e da cor, teorias da cor, harmonia e contraste, simbologia e associação, sistemas de ordenamento, percepção da cor, aspectos psicológicos e efeitos psicofisiológicos, características ou componentes, interacção da cor, dinâmica da cor, visibilidade e legibilidade, materiais, iluminação, técnicas, volumetria, e temperatura – que vieram confirmar as indicações da investigação bibliográfica e assim, reforçar a validade da constituição deste conjunto de noções de cor necessárias à formação dos designers.

2.4. Inquérito a estudantes de Design

2.4.1. Introdução

As questões apresentadas neste inquérito baseiam-se no projecto de pesquisa *Colour research in practice and education*, realizado simultaneamente na

Oxford Brookes University, Reino Unido e Lund Institute of Technology, Suécia.

O inquérito subdivide-se em vários grupos: desde a caracterização dos inquiridos e frequência de cursos anteriores, até a questões que procuram avaliar o conhecimento sobre cor e pesquisa da cor. As questões incidiram também sobre o significado, dimensões, aplicações da cor e sistemas de ordenamento da cor.

2.4.2. Análise dos inquéritos

• Caracterização dos inquiridos

No conjunto das duas escolas, obtiveram-se cento e quarenta e sete respostas, distribuídos da seguinte forma: cento e onze no IADE (75.5%) e trinta e seis na FAUTL (24.5%). A discrepância justifica-se dado que a primeira escola lecciona maioritariamente cursos de Design, não sendo esse o caso da segunda, cujos cursos versam predominantemente as áreas de arquitetura.



Fig. 2.3: Os inquiridos pertencem maioritariamente ao IADE

Os inquiridos são maioritariamente do género feminino (66.7%), com maior predominância na FAUTL (75.0%), e estando as idades divididas por três gru-

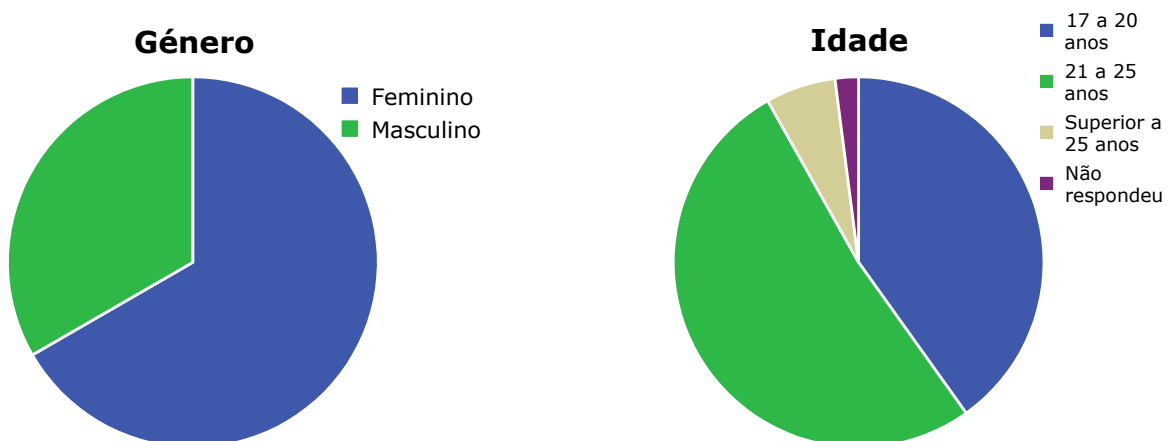


Fig. 2.4: Existe uma maior percentagem de inquiridos do género feminino e de um grupo etário entre 21 e 25 anos.

pos etários: 17 a 20 anos (40.1%), 21 a 25 anos (51.7%) e mais de 25 anos (6.1%).

Da totalidade dos inquiridos, 87.8% estudaram Arte na Escola Secundária, mas analisando o inquérito por escolas, apura-se que 88.3% dos estudantes do IADE e 86.1% da FAUTL estudaram Arte. No entanto só 16.2% dos estudantes frequentaram outro curso sobre cor, com maior percentagem nas idades compreendidas entre 21 e 25 anos (87.0% dos que responderam sim).

Salientando-se ainda que a especialização onde houve mais interesse por outros cursos foi a de Design de Interiores, com uma percentagem de 69.6% do total que os frequentou, e 48.5% dentro da especialização.

O interesse pela cor é manifesto, pois 91.1% das respostas afirmam utilizar cor nos tempos livres (71.4% do IADE e 19.7% da FAUTL), embora a maior percentagem só o faça esporadicamente. Neste caso verifica-se que todos os inquiridos de Design Visual utilizam cor nos tempos livres, enquanto em Design

Frequência de outros cursos sobre cor

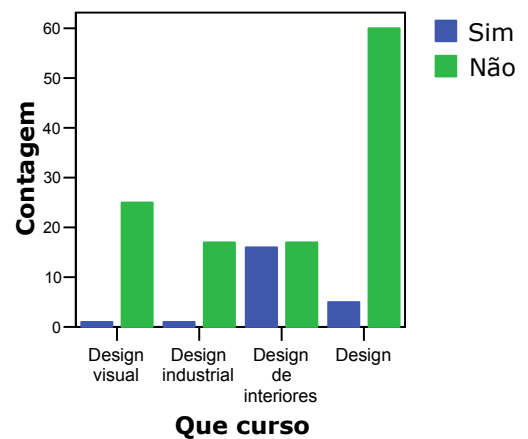
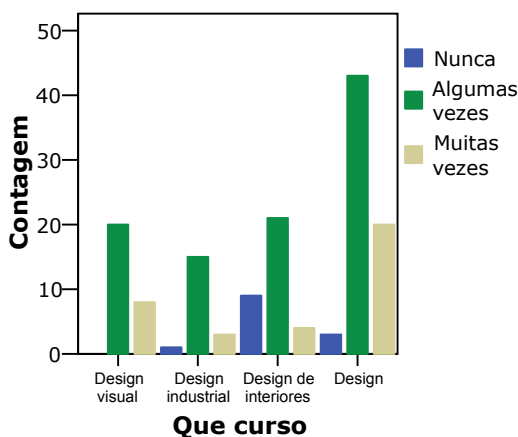


Fig.2.5: A maioria não frequentou outros cursos de cor

Utilização da cor nos tempos livres



Utilização da cor nos tempos livres

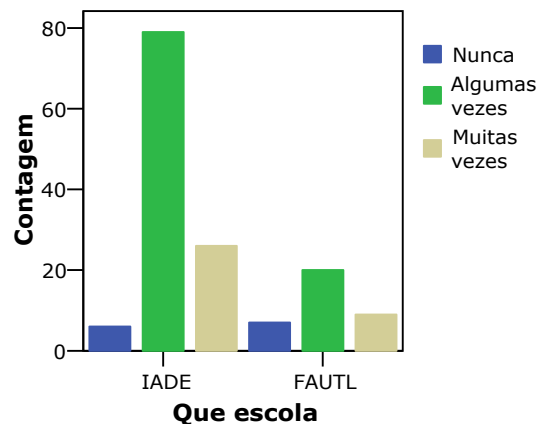


Fig.2.6: A percentagem de utilização de cor nos tempos livres é maioritária.

Industrial a percentagem diminuiu para 94.7% e em Design de Interiores para 94.5%, notando-se que os alunos do primeiro ano utilizam a cor numa percentagem de 95.5%. Destas observações, pode-se desde já concluir que a maior parte dos estudantes de design se interessam pela cor e a utilizam nos seus tempos livres.

Caracterização de estudos anteriores

Para uma melhor identificação, procurou-se avaliar a utilização da cor em estudos anteriores. Das respostas obtidas, 81.5% são positivas quanto a terem lidado anteriormente com a problemática da cor. Considerando as diferentes escolas, verificou-se que 89.0% dos estudantes do IADE utilizou cor em Oficina de Artes e em Metodologias e Técnicas de Expressão Plástica, e que na FAUTL a cor foi empregue por 75.0%, de preferência na cadeira de projectos.

Procurou-se saber qual teria sido a média de aulas práticas e teóricas que os inquiridos tiveram por semana, só tendo sido apuradas 78.9% respostas.

Quanto a aulas teóricas, 12.0% afirmou não ter tido nenhuma, 36.8% tiveram uma média de uma a três horas, 35.0% assinalaram quatro a seis horas, e 16.2% mais de seis horas semanais.

No que diz respeito a aulas práticas 6.9% não teve qualquer aula, 31.9% teve uma a três horas por semana, para uma média de quatro a seis horas houve uma percentagem de 34.5%, e os restantes 26.7% afirmaram ter tido mais de seis horas semanais.

Média de nº de horas de aulas teóricas sobre cor/semana

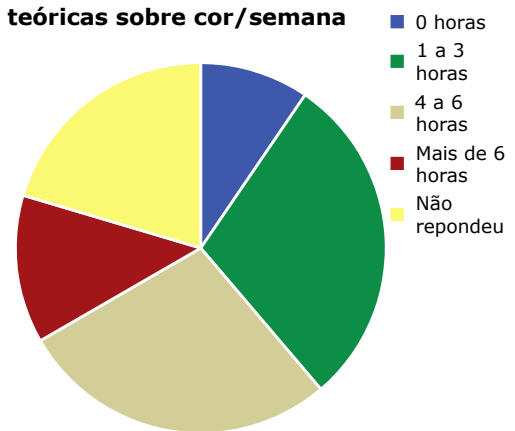


Fig. 2.7: A maioria dos inquiridos frequentou mais de quatro horas teóricas de cor, por semana.

Média de nº de horas de aulas práticas sobre cor/semana

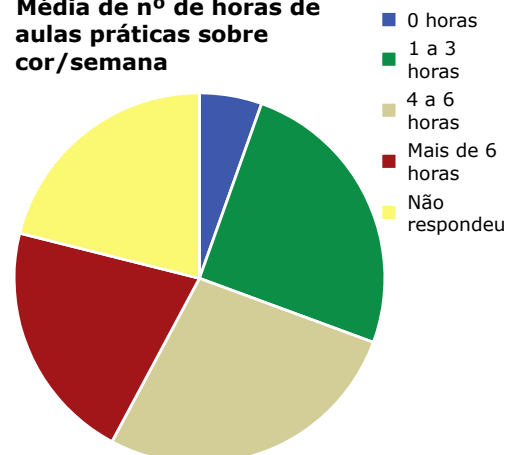
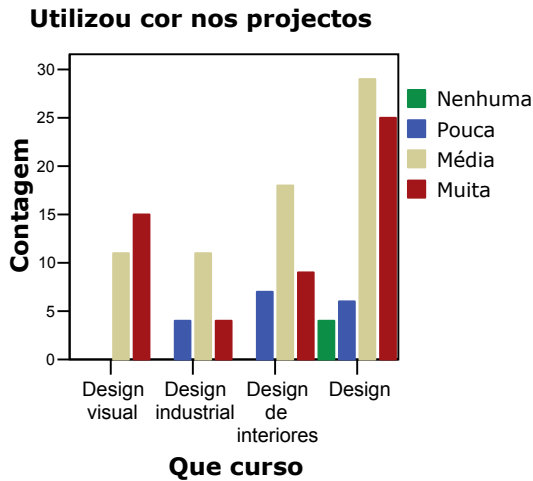
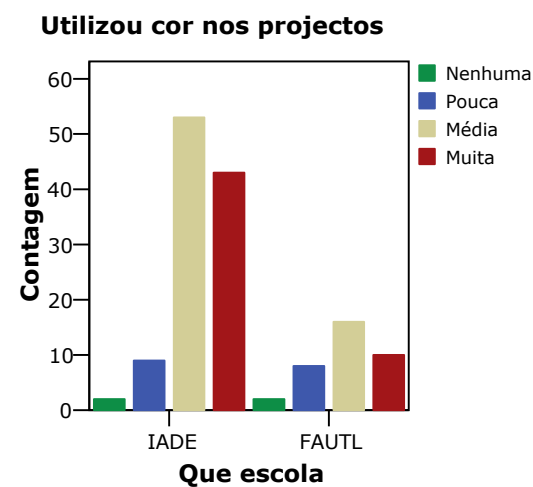


Fig. 2.8: As aulas práticas também foram mais de quatro horas por semana.



Averiguou-se que a maior parte dos estudantes aplicaram cor nos projectos. Apesar de 2.7% não terem respondido, de entre os que responderam, 97.2% utilizaram-na, sendo que 11.9% usou pouca, 48.3% usou alguma e 37.1% usou muita cor.



As percentagens de utilização da cor foram sensivelmente semelhantes nas duas escolas e, no que se refere aos diferentes cursos, unicamente uma pequena percentagem dos alunos do primeiro ano de Design não utilizaram a cor (6.3%); enquanto os restantes 9.4% usaram pouca cor, 45.3% utilizaram alguma e 39.1% usaram muita.

Fig. 2.9: Estes gráficos revelam uma utilização da cor média, nos projectos.

Os alunos finalistas utilizaram todos cor, destacando-se os de Design Visual que usaram alguma (42.3%) e muita cor (57.7%). Em Design Industrial 21.1%

usaram pouca cor, 57.9% alguma e 21.1% aplicaram muita cor, e em Design de Interiores 20.6% aplicaram pouca cor, 52.9% alguma e 26.5% usaram muita cor.

Quando interrogados sobre a fase do processo de design lidavam com considerações de cor, responderam 98.0% dos inquiridos. Destes 4.2% nunca consideraram a cor, 39.1% consideraram-na no início, 50.0% no meio e 10.8% só a consideraram no fim.

Fase do processo em que considerou a cor

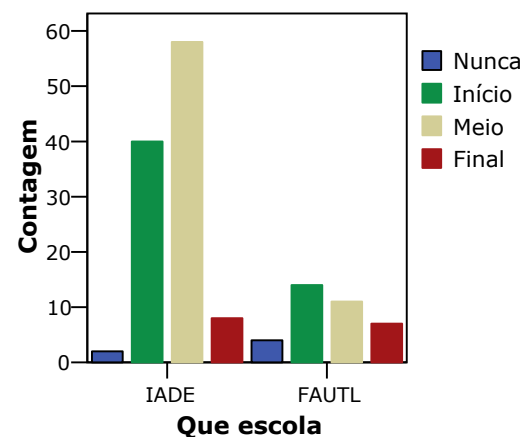


Fig. 2.10: Os inquiridos usaram a cor de preferência no meio do projecto.

Percentagem de investimento profissional no estudo da cor

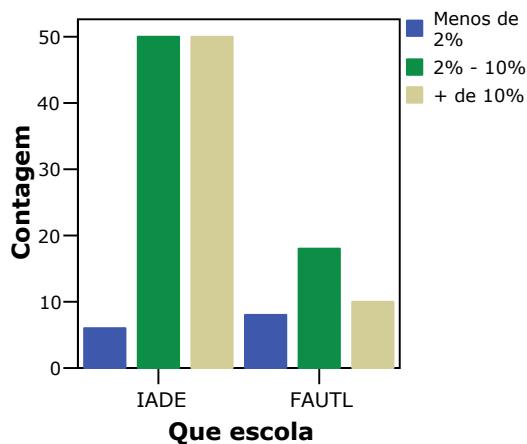


Fig. 2.11: O investimento profissional na cor foi mais elevado no IADE.

Separados por escolas, dos estudantes do IADE não consideraram a cor 1.9%, enquanto 37.0% consideraram-na no início, 53.7 fizeram-no no meio e 7.4% no fim; na FAUTL 11.1% nunca consideraram a cor, 38.9% no meio e 19.4% lidaram com considerações de cor no fim do processo.

Por fim inquiriu-se acerca da percentagem em que os aspectos da cor entraram na educação profissional. De um total de 96.6% de respostas, apurou-se

que em 9.9% a cor ocupou menos de 2%, em 47.9% a percentagem variou entre 2% e 10%, e para 42.3% a cor entrou na sua educação numa percentagem de mais de 10%.

Considerando as diferentes escolas, verificou-se que no IADE as percentagens acima de 2% e 10% coincidiam (47.2%), enquanto a percentagem abaixo de 2% descia para 5.7%; na FAUTL houve uma percentagem de 22.2% que considerou em menos de 2% a percentagem da cor na sua educação, enquanto 50% a avaliou entre 2% e 10%, e 27.8% avaliou-a em mais de 10%.

• Pesquisa da cor

Procurou-se saber se, por meio de leituras, frequentando outros cursos, ou ainda assistindo a programas de vídeo e televisão, os inquiridos estavam informados sobre a pesquisa da cor.

Questionados sobre se liam livros, revistas, ou artigos sobre cor, houve 98.6% de respostas, das quais 43.4% não lêem nada, 55.9% lêem alguns e 7.0% lêem muitos. Mais especificamente, chegou-se à conclusão que, da totalidade dos que responderam, 11.6% lêem revistas, 6.1% artigos e 27.9% livros.

Ao fazer-se a análise por escolas, concluiu-se que no IADE 13.5% dos estudantes lêem revistas, 4.5% artigos e 18.9% lêem livros, enquanto na FAUTL 5.6% da totalidade lêem revistas, 11.1% lêem artigos e 55.6% livros.

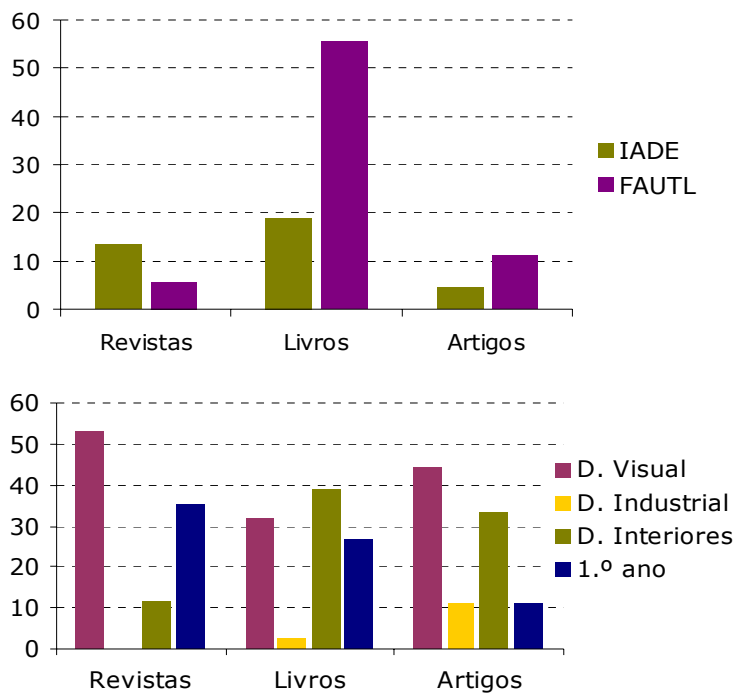


Fig. 2.12: Os inquiridos preferem ler livros sobre cor, com maior incidência no IADE e menor em Design Industrial.

(27.9%) de alunos que lêem livros, 26.8% são do primeiro ano e 73.2% são finalistas (31.7% de Design Visual, 39.0% de Design de Interiores e 2.4% de Design industrial). No entanto não se conseguiu identificar o género de livros que tinha a preferência dos inquiridos.

Pode-se, assim, concluir que a maioria dos inquiridos lêem publicações sobre cor, dando preferência aos livros. Concluiu-se, também, que são os alunos finalistas que lêem mais, e que, entre eles, os que lêem menos são os que frequentam Design Industrial.

Dos inquiridos que responderam se tinham, ou não, frequentado cursos sobre cor (98.6%), só uma ínfima percentagem (2.1%) o fez.

Averiguou-se, também, que da totalidade de inquiridos que lêem revistas, 64.7% são finalistas (52.9% de Design Visual e 11.8% de Design de Interiores) e 10.2% são alunos do primeiro ano. Dos 6.1% que lêem artigos, 88.9% são finalistas (44.4% de Design Visual, 33.3% de Design de Interiores e 11.1% de Design Industrial) e 11.1% frequentam o primeiro ano. Da percentagem

Já viu programas sobre cor na televisão

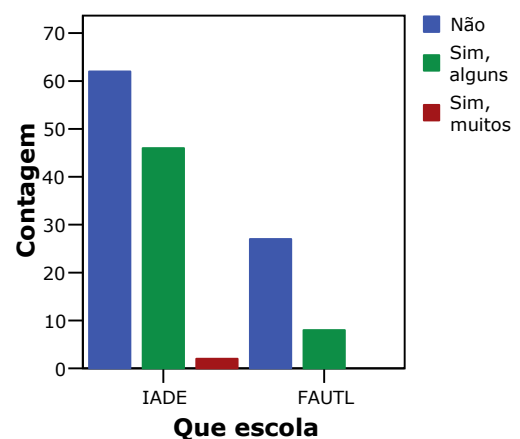


Fig.2.13: A maioria dos estudantes não vê programas de vídeo ou televisão, sobre cor.

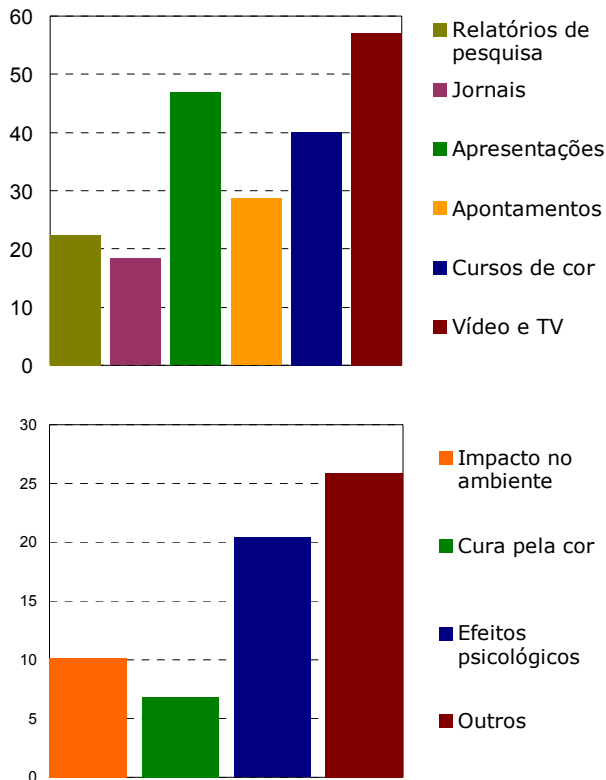


Fig. 2.14: A maioria dos inquiridos prefere ser informada sobre cor por vídeo e TV.

Fig. 2.15: Uma maioria estima que a cor deve resolver problemas de efeitos psicofisiológicos.

Quanto a terem visto programas de vídeo ou televisão, houve 98.6% de respostas e, deste conjunto, 61.4% não viu qualquer programa, 37.2% viu alguns e 1.4% considera que viu muitos. Nas respostas por escola, 41.8% dos alunos do IADE e 22.9% da FAUTL viram alguns. No entanto, só 14.3% afirma poder recomendar um livro ou programa, mas só 1.3% recomenda um livro, e 5.4% um programa.

Inquiriu-se ainda sobre o modo como gostariam de ser informados sobre pesquisa de cor, e quais as questões que a mesma devia resolver.

Quanto a informações sobre pesquisa de cor, 51% preferem ser informados por vídeo e televisão, 46.9% por apresentações, 40.1% indicam cursos de cor, 28.6% querem ser informados por apontamentos, 18.4% por relatórios de pesquisa, e 18.4% por jornais.

À pergunta sobre que questões a cor devia resolver, 20.4% indicaram os efeitos psicofisiológicos da cor, 10.2% o impacto no ambiente, e 6.8% assinalaram a cura pela cor (de notar é que esta indicação foi unicamente dada pelos inquiridos da FAUTL).

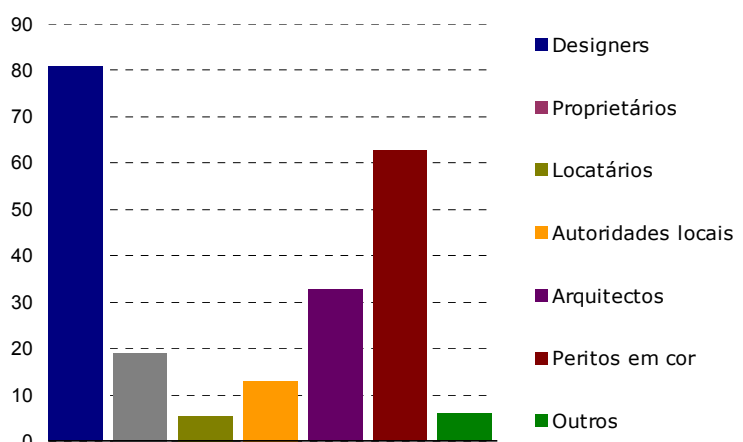


Fig. 2.16: Os futuros designers reivindicam, maioritariamente, a responsabilidade dos projectos de cor.

Procurou-se ainda saber quem os inquiridos consideravam que devia ser responsável pelos projectos de cor no ambiente construído. A maioria das respostas assinaladas (81%) considerou os designers, o que se pode considerar como uma pretensão de assumir responsabilidades, uma vez que os inquiridos são estudantes de design. Os restantes responsáveis que foram assinalados, por ordem decrescente, são peritos em cor (62.6%), arquitectos (32.7%), proprietários (19.0%), autoridades locais (12.9%), e locatários (5.4%).

▪ Sistemas de cor

Para aferir o nível de conhecimentos sobre cor, pôs-se uma série de questões sobre sistemas de cor, nomeadamente o sistema NCS e o sistema Munsell.

Da totalidade de inquiridos, a quem foi perguntado se conheciam o sistema NCS, só 3.4% responderam que sim, e unicamente 2.7% o utilizou, sendo estes últimos alunos da FAUTL. À pergunta sobre as dimensões utilizadas neste sistema, responderam 2.0%, e só 1.4% (todos estudantes da FAUTL) o fez correctamente.

Surpreendentemente, 10.9% da totalidade dos inquiridos conseguiu identificar a cor verde da Bandeira Nacional (IS 2070-G10Y) e, dentro destas respostas, 82.4% pertenciam ao IADE e 11.8% à FAUTL. O facto de 56.3% das respostas correctas serem do curso de Design Visual, e compreendendo alunos que desconheciam o sistema, deve-se provavelmente ao facto de estes estudantes trabalharem habitualmente com computadores, onde no sistema RGB a cor verde ser identificada pela letra G (Green).

O sistema Munsell faz parte do novo programa da disciplina de Análise Cromática (1º ano do IADE). Assim, 19.7% dos inquiridos, afirmou saber quais eram as dimensões usadas para definir uma cor, e 9.6% conseguiu defini-las correctamente. Estes últimos pertenciam todos ao IADE, sendo 58.6% do 1º

Conhece o sistema NCS (natural colour system)

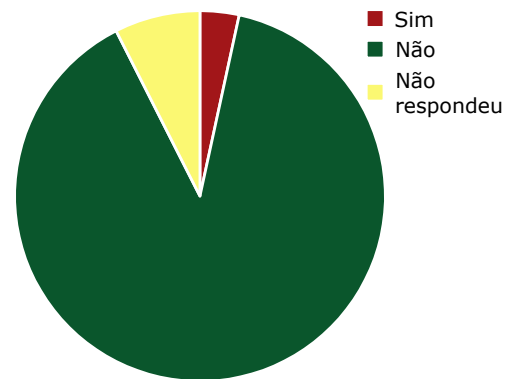
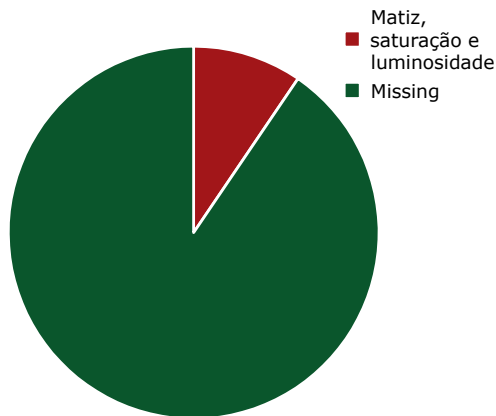


Fig. 2,17: A quase totalidade dos inquiridos não conhece o sistema NCS.

ano, 24.2% finalistas de Design de Interiores, 12.5% de Design Industrial e 8.0% de Design Visual, especialização em que este sistema é menos aplicado. No entanto, nenhum dos inquiridos conseguiu definir a cor vermelha da Bandeira Nacional pelo sistema Munsell.

Dimensões usadas para definir uma cor



Qual das seguintes notações dá melhor a cor verde da Bandeira Nacional

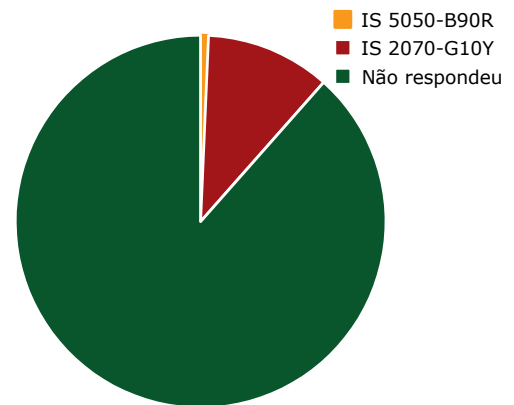


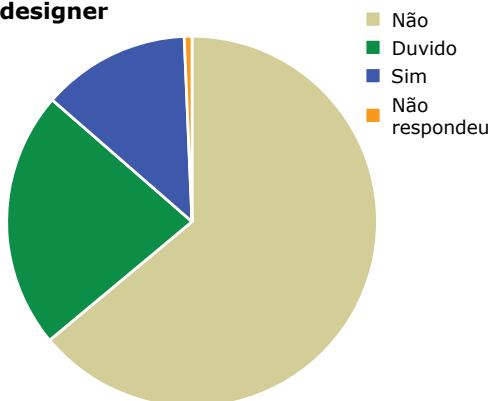
Fig. 2.18: O sistema Munsell é conhecido no 1º ano do IADE.

Opiniões sobre efeitos da cor

Testaram-se, por fim, as opiniões dos estudantes de design no que diz respeito a afirmações sobre cor e efeitos da cor.

Da quase totalidade dos inquiridos (99.3%), 63.9% considera que demasiado conhecimento sobre cor não prejudica a criatividade, e 22.4% tem dúvidas sobre esta afirmação.

Demasiado conhecimento ou pesquisa sobre a cor prejudica a criatividade do designer



O designer deve ter em conta a opinião de pessoas menos informadas sobre projectos de cor

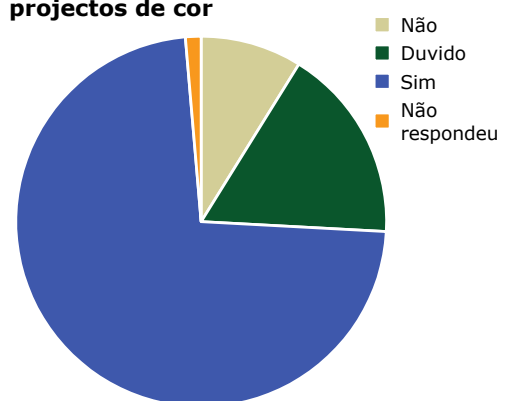


Fig. 2.19: Os inquiridos, na sua maioria, pensam que demasiada cor não prejudica a criatividade e aceitam outras opiniões sobre cor.

A pesquisa em psicologia da cor não tem grande significado uma vez que a cor é em grande parte uma questão de gosto

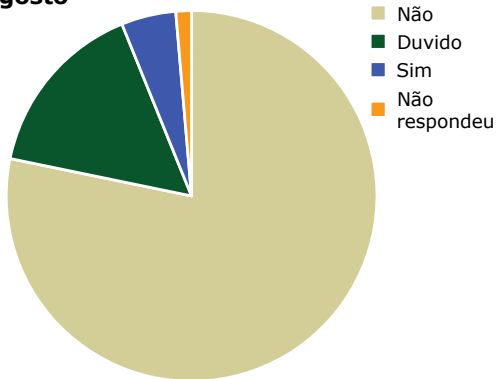


Fig. 2.20: A cor não é considerada uma questão de gosto.

A maioria dos estudantes de design (72.8%) aceita a opinião de pessoas menos informadas sobre projectos de cor, e 17.0% põe essa questão em dúvida. No entanto, 78.2% dos inquiridos não considera a cor uma questão de gosto, e 15.6% tem dúvidas. As respostas a estas duas questões, parecem de certo modo contraditórias, o que leva a pensar que, embora aceitem a opinião de pessoas menos informadas, não confiam

inteiramente nessa opinião e preferem apoiar-se em bases mais científicas.

A preferência da cor azul é uma questão que divide os inquiridos. 40.1% da totalidade dos estudantes concorda ser esta a cor mais bonita, enquanto 38.1% não tem opinião e 21.8% não está de acordo com esta preferência.

Ao serem inquiridos sobre a harmonia das cores oponentes, 42.9% considera o emprego de cores opostas como não harmónico, enquanto 38.8% têm opinião contrária, e 17.7% não têm opinião. Quanto ao número de tons de cor percebidas pelo olho humano, 49.0% dos estudantes manifesta a sua ignorância e, dos 51% restantes, 21.1% responde afirmativamente e 29.9% negativamente. Na pergunta sobre se a cor afecta o ser humano do mesmo modo se for luz ou pigmento, 45.6%

Será verdade que a maioria das pessoas considera que o azul é a cor mais bonita

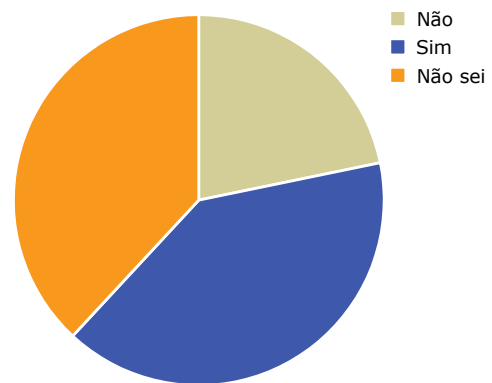


Fig.2.21: A preferência da cor azul divide os inquiridos.

Será que as cores consideradas opostas causam sempre uma impressão harmoniosa quando são usadas juntas

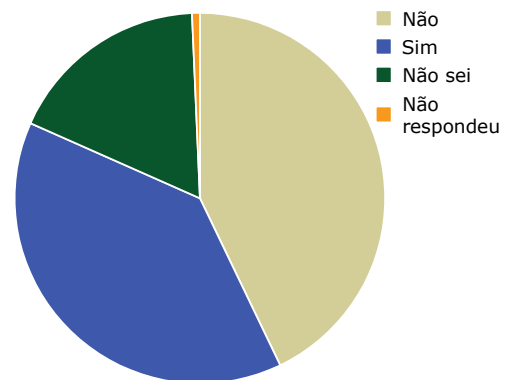
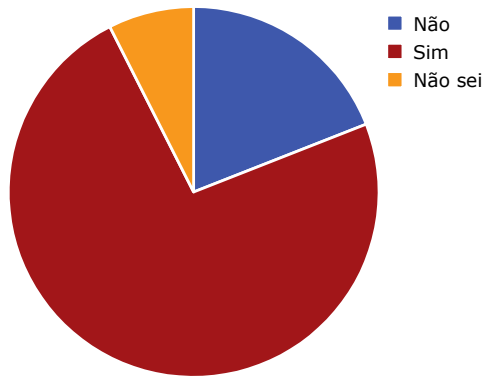


Fig. 2.22: Os inquiridos não estão de acordo sobre a harmonia das cores complementares.

não tem opinião, 36.1% considera que afecta de forma diferente, e 17.1% pensa que o faz de igual forma.

Se um quarto é fisicamente frio, podemos torná-lo mais quente se o pintarmos de vermelho



Será verdade que, comparando um vermelho com um azul da mesma luminosidade e força cromática, o vermelho é percebido como mais excitante que o azul

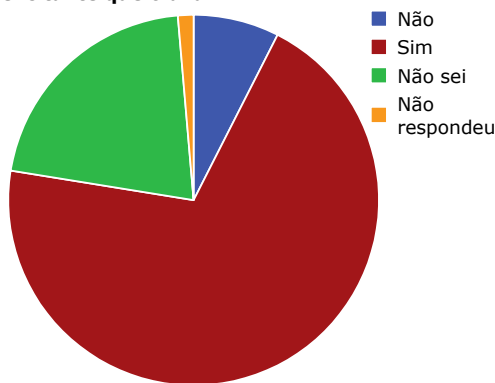


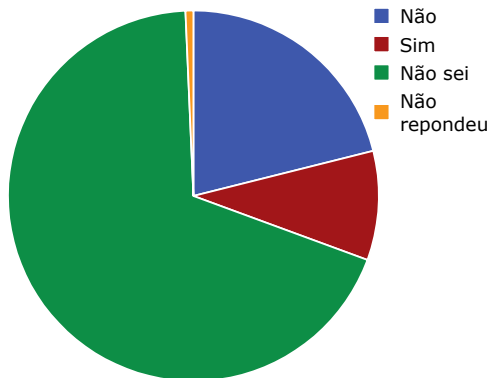
Fig. 2.23: O vermelho é considerado pela maioria como cor quente e excitante.

Respondendo sobre os efeitos psicofisiológicos da cor, 73.5% acredita nas propriedades caloríficas da cor vermelha, enquanto 19.0% discorda e 7.5% ignora se pode, ou não, tornar um quarto mais quente pintando-o de vermelho. Também, 70.1% dos alunos considera a cor vermelha mais quente que uma cor azul com a mesma luminosidade e força cromática, tendo opinião oposta 7.5%, e existindo 21.1% que não sabem. No entanto, 46.3% não concorda que os quartos vermelhos sejam mais agradáveis que os azuis, contra a opinião oposta de 8.8% e a ignorância dos 44.9% restantes. Na questão sobre a aceleração da passagem do tempo num quarto vermelho, a maioria (68.7%) não tem opinião, para 21.1% pensa que não e 9.5% tem opinião oposta.

As propriedades da cor verde, das paredes dos quartos de hospitais, para acelerar a recuperação dos doentes, são ignoradas por 40.8% dos inquiridos, enquanto 31.3% são apologistas, e 27.9% são contra.

Sobre a aparente redução dos espaços pintados de cores escuras, 85.0% dos inquiridos está em sintonia, 7.5% não concorda e 6.8% não tem opinião. Quanto ao peso das cores escuras, 89.1% dos estudantes considera as cores claras mais leves, 5.4% discorda e a mesma percentagem diz não saber. Já, quanto à preferência das cores escuras pelos homens e das cores claras pelas mulheres, 23.1% está de acordo, 25.9% tem opinião contrária e 51.0% ignora.

Será verdade que num quarto vermelho, o tempo parece passar mais rapidamente



As paredes pintadas de verde dos quartos de hospital, aceleram a recuperação da maioria dos doentes

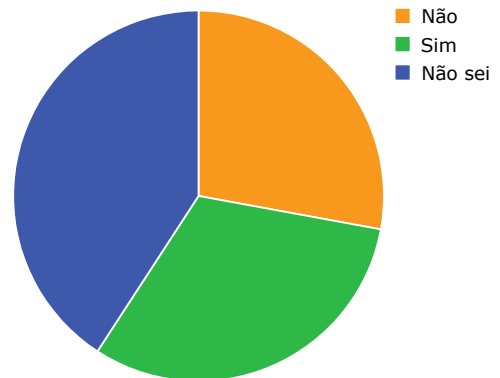


Fig. 2.24: Os efeitos do meio ambiente colorido são ignorados pela maioria.

2.4.3. Conclusões sobre os inquéritos

A análise deste inquérito pode ainda ser comparada com os resultados dos que foram realizados em Oxford e em Lund, descritos por Byron Mikellides (2002)⁵. Procurar-se-á, assim, comparar os resultados agora obtidos com os das outras duas Universidades, sempre que para tal existam dados disponíveis.

Da análise às respostas deste inquérito, podemos, logo de início, tirar a conclusão que os estudantes portugueses estudaram arte na Escola Secundária numa percentagem superior aos estudantes ingleses (87.8%, contra cerca de 75%).

Pode-se concluir que os estudantes portugueses de design se interessam pela cor e que 91% a utilizam mesmo nos tempos livres e, também, a maioria já tinha lidado com a problemática da cor e utilizou-a nos projectos do anterior ano lectivo. Em comparação com os resultados apurados nos outros inquéritos, os inquiridos portugueses utilizaram muito mais cor, uma vez que 37.1% declarou usar muita, enquanto só 20% de ingleses e 5% de suecos o fizeram.

Cerca de 40% dos alunos consideram ser de 2% a 10% a percentagem em que a cor fez parte da sua educação profissional, e 55% lêem publicações sobre cor, dando preferência a livros, no entanto, as respostas não foram cla-

⁵ Mikellides, B. (2002). *Colour Theory & Practice in Architecture 2002 – A longitudinal perspective*. Oxford School of Architecture, Oxford OX3, England . Conferência proferida no Argencolor 2002, Sexto Congresso Argentino del Color, Facultad de Arquitectura, Planeamiento Y Diseño, Universidad Nacional de Rosario.

ras quanto à especificação das publicações e livros preferidos. Embora não tenham frequentado cursos sobre cor fora da escola, a percentagem de estudantes que vê programas de televisão anda perto dos 40%.

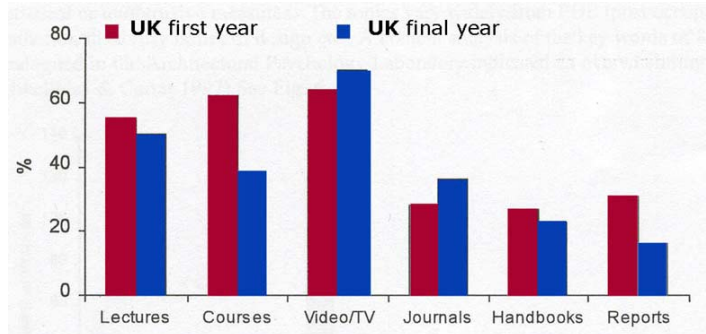


Fig. 2.25: «How would you like to learn about colour research findings.» (Mikellides 2002)

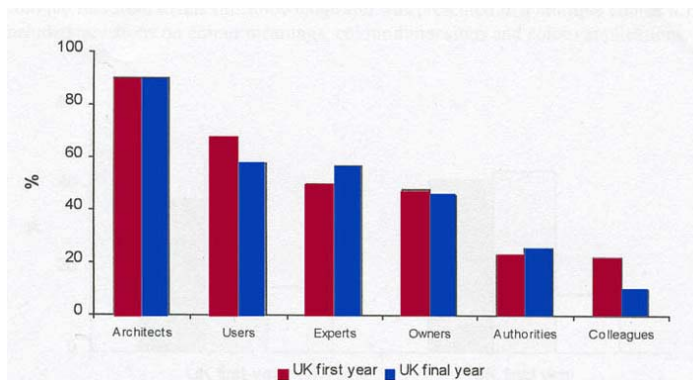


Fig. 2.26: «Who should be responsible for colour in the built environment?» (Mikellides 2002)

Assim como os inquiridos de Inglaterra e da Suécia, também é por meio de programas de vídeo e televisão, que os estudantes de design preferem ser informados sobre pesquisas de cor, escolhendo em segundo lugar os cursos sobre cor e colocando em último lugar os relatórios de pesquisa e jornais.

O conjunto dos inquiridos das duas Universidades portuguesas, gostaria que a cor resolvesse problemas de efeitos psicofisiológicos, de impacto no ambiente e de cura pela cor.

Tendo este inquérito sido feito em turmas de design, os inquiridos querem assumir as responsabilidades nas decisões sobre cor, deixando em segundo lugar os peritos de cor e, em terceiro, os arquitectos. Em Inglaterra, talvez porque as questões terem sido postas em escolas de arquitectura, a escolha recaiu em primeiro lugar sobre os arquitectos, seguidos pelos locatários e peritos de cor.

Apesar do seu interesse pela cor, os alunos de design revelam um grande desconhecimento em todas as questões sobre noções de cor, o que vem reforçar a impressão de um ensino incompleto ou desactualizado. No que diz respeito ao Sistema NCS, mesmo na Suécia, unicamente 35% dos alunos do primeiro ano e 75% finalistas disseram conhecê-lo, em Inglaterra esta percentagem desceu para 40% e em Portugal ficou em 3.4%.

À semelhança das respostas apuradas em Inglaterra e na Suécia, os inquiridos portugueses consideram que demasiado conhecimento sobre cor não prejudica a criatividade, aceitam ouvir opiniões de pessoas não especializadas, mas não pensam que a cor seja uma questão de gosto.

As respostas a este inquérito demonstram que os estudantes têm alguma ideia sobre temperatura, peso e dimensões, provocadas pelos efeitos da cor, mas manifestam ignorância nas questões que envolvem noções de tempo, preferência ou harmonia das cores.

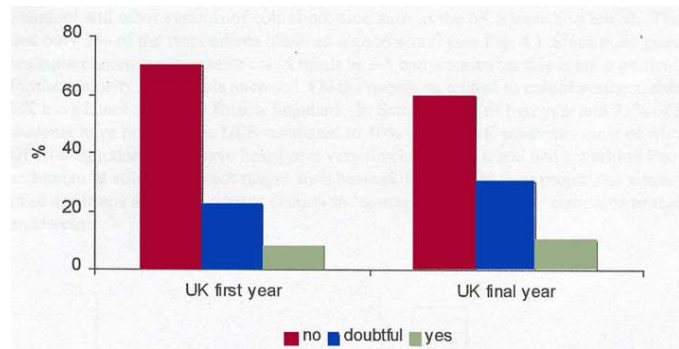


Fig. 2.27: «Research on colour psychology is rather meaningless since colour is mostly a matter of taste.» (Mikellides 2002)

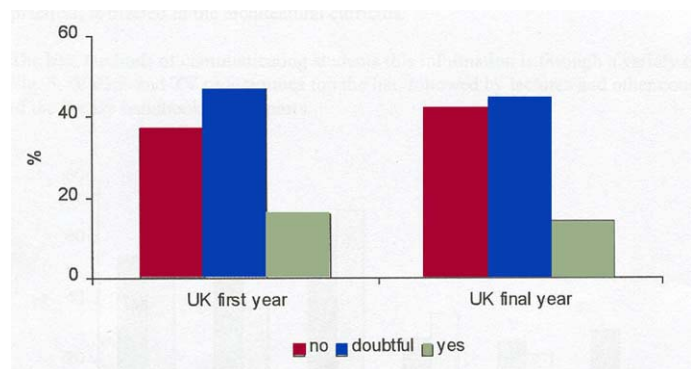


Fig. 2.28: «Too much knowledge of colour and research may hamper the designers creativity.» (Mikellides 2002)

2.5. Resumo do capítulo

Neste capítulo apresentaram-se as opiniões de especialistas em cor, sobre que conhecimentos, ou noções de cor, devem ser ensinadas aos estudantes de Design, nos cursos de formação básica de Design de Comunicação, Design Industrial e Design de Interiores.

Analisaram-se as respostas a um inquérito feito a estudantes de design, no IADE e na FAUTL, baseado nos inquéritos feitos nas universidades de Oxford e Lund. Compararam-se os resultados dos três inquéritos, para se tirarem conclusões mais abrangentes sobre as atitudes dos estudantes no que diz respeito à aprendizagem da cor.

No próximo capítulo far-se-á um apanhado das diferentes teorias da cor e da sua evolução, desde a antiguidade até aos dias de hoje.

3. Evolução teórica da Cor

3.1. Introdução

«Although colour is a sensation, and as such its reactions cannot be neatly categorized, our awareness of the work of colour theorists does help us in understanding colour. Colour usage is complex and knowledge of how colour theory has evolved lets us utilize these various theories, where appropriate, in working with colour.»⁶
(Feisner 2000, p13)

A cor pode ser utilizada no design sem o conhecimento de como ela evoluiu através dos tempos. No entanto, uma breve abordagem à evolução histórica das teorias da cor, pode contribuir para um melhor enquadramento do estudo da cor, e permitir uma melhor compreensão da importância deste estudo.

A cor foi sempre uma preocupação de todas as civilizações, desde as mais remotas e primitivas até às mais evoluídas e actuais. Também, a compreensão do fenómeno Cor tem preocupado filósofos e teóricos através dos tempos. Para uma melhor compreensão do modo como as teorias da cor foram evoluindo, é conveniente recuar até à Antiguidade Grega, uma vez que os escritos mais antigos sobre teorias da cor são de filósofos gregos.

«[...] the theory of colour in the Western tradition, from Antiquity to the present, can be divided into two phases. Until the seventeenth century the main emphasis was on the objective status of colour in the world, what its nature was, and how it could be organized into a coherent system of relationships. From the time of Newton, on the other hand, the emphasis has been increasingly subjective, concerned more with the understanding of colour as generated and articulated by the mechanism of vision and perception».⁷ (Gage 1999, p43)

⁶ «Embora a cor seja uma sensação, e como tal as suas reacções não possam ser eficientemente categorizadas, a nossa consciência do trabalho dos teóricos da cor ajuda-nos a percebê-la. O uso da cor é complexo e o conhecimento de como a teoria da cor evoluiu, permite-nos utilizar as várias teorias, onde são apropriadas, quando se trabalha com a cor.» (tradução livre). Feisner, E. A. (2000). *Colour: How to Use Colour in Art and Design*. London: Lawrence King Publishing Ltd.

⁷ «[...] a teoria da cor na tradição ocidental, desde a antiguidade até ao presente, pode ser dividida em duas fases. Até ao século dezassete a ênfase principal estava na situação objectiva da cor no mundo, qual era a

3.2. Da Antiguidade até Newton

Pode-se considerar que a primeira teoria da cor foi formulada por Empédocles (492 a.C. - 431 a.C.) que, pela observação do que o rodeava, chegou à conclusão de que a cor não era propriedade dos objectos, mas sim uma percepção do olho do observador. Fazendo uma analogia com a mistura de cores usada pelos pintores, Empédocles concebeu uma harmonia de quatro elementos (terra, ar, fogo e água), acrescentando ao branco e ao preto, o vermelho e o *ōchron* (palavra que talvez englobasse uma gama de cores do vermelho para o verde, através do amarelo), e afirmando que os elementos ígneos do olho percebem o branco, enquanto os aquosos percebem o preto.

Outro filósofo grego, Demócrito (c.460 a.C. – c.370 a.C.), considerou que o mundo se compunha de átomos e a cor resultava de combinações atômicas. Falava, também, de quatro cores simples (hapla): branco, função da lisura; preto, função da aspereza; vermelho, ligado ao calor; e *chlōron*, composto ao mesmo tempo de sólido e de vácuo. Para Demócrito, todas as outras cores derivavam das quatro primárias, por mistura.

Platão (428 a.C. - 347 a.C.) considerava a percepção como uma propriedade do observador, em que os raios emitidos pelos olhos se misturavam com as emissões dos objectos, criando uma ligação entre os dois, onde o objecto é influenciado pelo órgão visual e este estimula a consciência.

Ele propôs *uma teoria de cores racional*, em que a cor branca resultava da dilatação do raio emitido pelo olho no processo de visão, enquanto a cor preta resultaria da contracção desse mesmo raio. Uma dilatação mais violenta produziria o encandeamento, e uma dilatação média produziria uma cor avermelhada. Apesar de o seu sistema de cores ser bastante limitado, descreveu algumas misturas de cores que incluíam um *ōchron*, composto por branco e amarelo-chama (*xanthon*) que, por sua vez, seria uma mistura de

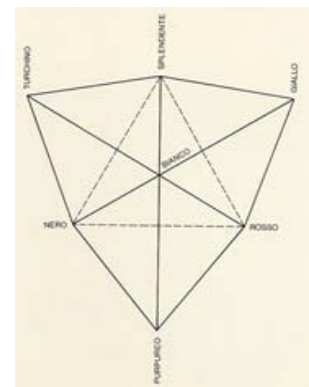


Fig.3.1: Esquema de Platão
(<http://www.colorsystem.com>)

sua natureza, e como podia ser organizada num sistema coerente de relações. A partir da época de Newton, por outro lado, a ênfase tem sido crescentemente subjectiva, mais preocupada com a compreensão da cor ao ser gerada e articulada pelos mecanismos da visão e da percepção» (tradução livre). Gage, J. (1999). *Colour and Meaning: Art, Science and Symbolism*. London: Thames & Hudson, Ltd.

vermelho, branco e *lampron*; e um verde resultante da mistura da cor do fogo (*purron*) com outra cor mais escura (*melan*).

Aristóteles (384 a.C. - 322 a.C.) foi o filósofo grego que deu o maior contributo para as actuais teorias da cor, e cujas ideias permaneceram através dos séculos, até às descobertas de Newton. A sua teoria difere da de Platão porque, para este filósofo, a visão é uma acção do objecto sobre o olho conduzida por um meio intermediário, invisível e imaterial (ar), activado por um material luminoso.

«An essential part of this view, widely held up to Newton's time (1642 to 1727), is that all true and pure light, such as light from the sun, has no color, and color must be some sort of constituent or material permeating opaque and transparent objects and media, capable of altering or degrading the pure light incident upon them.»⁸
(Judd, D. 1969, pv)

Na teoria de Aristóteles, todas as cores derivavam das misturas, em vários graus, da luz solar, do fogo, e ausência de luz. As suas cores primárias seriam o branco (cor do ar, água e terra) e o dourado (cor do fogo), enquanto o preto era a cor de elementos em transformação. As cores intermédias puras, resultantes da mistura da claridade e escuridão, eram: vermelho, violeta, verde, e azul ou cinzento, que poderia ser um variante de branco. Também acreditava que, variando as misturas destas cores com preto e branco, conseguia formar todas as cores. Da sua observação dos têxteis, Aristóteles fez relatórios sobre contrastes por justaposição e sobre a alteração das cores sob a acção da luz artificial, antecipando a questão do metamerismo, que foi abordada através dos tempos até à época de Chevreul, no século XIX.

Outro ponto interessante da teoria de Aristóteles foi o facto de ter agrupado as cores numa escala de sete tonalidades, numa aproximação à escala musical, procurando conferir-lhes uma relação numeral.



Fig. 3.2: As cores de Aristóteles (<http://www.colors-system.com>)

⁸ «Uma parte essencial da sua observação, que, na generalidade se manteve até à época de Newton (1642 - 1727), é que toda a verdadeira e pura luz, tal como a luz do sol, não tem cor, e a cor deve ser alguma espécie de constituinte ou material atravessando os objectos e meios opacos ou transparentes, capaz de alterar ou degradar a luz pura que incide sobre eles.» (tradução livre). Judd, D. (1969). In Goethe, J. W. (2002). *Theory of Colours*. England: The M. I. T. Press.

Apesar de os filósofos se continuarem a preocupar com a cor, os seus escritos apenas confirmavam e completavam as teorias de Aristóteles. No entanto, é de destacar a contribuição de dois estudiosos árabes que, no início do século XI se debruçaram sobre o estudo da cor.

Ibn-al-Haytham (965 - 1039), ou Al Hazen como é habitualmente conhecido no Ocidente, foi um físico, matemático e astrónomo árabe que, por volta de 1020, escreveu *Kital-al-manazir*, o mais completo tratado de óptica da Idade Média, que foi mundialmente considerado como obra básica desta disciplina até ao século XVIII. Baseando-se nas teorias de Aristóteles, justificou que a luz era recebida pelo olho, e não emitida por este, pelas seguintes razões:

- O olho pode ser danificado por uma forte luz solar.
- Os raios do olho, em que se acreditava anteriormente, não se podem concentrar sobre qualquer objecto determinado quando os olhos estão fechados. Mas fazendo incidir sobre os olhos fechados uma luz, emitida por um espelho que reflecta o sol, estes observam uma sensação luminosa sem que se produza a focagem dos raios do olho sobre o espelho.
- As estrelas não são visíveis durante o dia, unicamente porque o seu brilho é ultrapassado pela radiação solar. (Gerritsen 1974, p16)

Afirmou ainda, que, contrariamente aos espelhos que só reflectem a luz em algumas direcções, os corpos opacos as reenviam em todas. Tentou explicar as leis da refacção da luz, atribuindo-lhe velocidades de propagação diferentes no ar, água, vidro e outros meios transparentes, tendo as suas teorias sido defendidas por Descartes e Newton.

Estudou o fenómeno da cor e fez experiências com discos giratórios, notando que, em termos de luminosidade, as cores mais fortes (mais claras) se sobrepõem às cores mais fracas (cores escuras). Estudou os contrastes tonais de forma e fundo, estabelecendo o cinzento como fundo neutro, que não alterava a cor, ao contrário dos fundos brancos e pretos.

Ibn Sina (980 - 1037), ou Avicenna como é habitualmente conhecido, foi um filósofo e médico persa que escreveu um *Canon de Medicina*, traduzido para latim no século XII, e considerado como texto indispensável pelas

Universidades Ocidentais. Estudou a filosofia de Aristóteles e preocupou-se com a relação de luminosidade de matizes, diferenciando-os individualmente em escalas de claro para escuro, e considerou, também, a existência de uma sequência pura, ou acromática, de branco para preto através do cinzento.

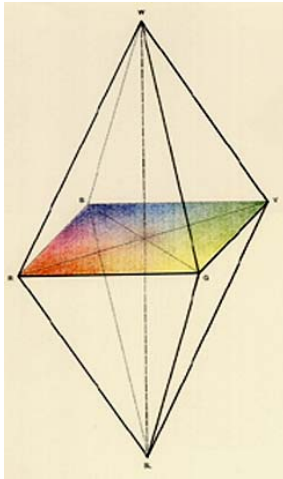


Fig. 3.3: Esquema de cores de Alberti
(<http://www.colors-system.com>)

Os contrastes de luminosidade das cores também preocupavam os pintores italianos. Leon-Battista Alberti (1404 - 1472) foi um filósofo e arquitecto florentino que, sendo também pintor, escreveu em 1405 o tratado *Della pittura*, onde registou importantes observações sobre cor, segundo as teorias de Aristóteles. Associou as quatro *vera genera* das cores com os quatro elementos, identificando o vermelho com o fogo, o azul com a água e a cor de cinza, ou amarelo escuro, com a terra. Preocupou-se com os efeitos de claro-escuro, tendo feito um relatório sobre os efeitos de luminosidade dos matizes que completava as tentativas de Avicenna.

Leonardo da Vinci (1452 - 1519) estudou aprofundadamente o fenómeno da cor, mas não chegou a estabelecer uma nova teoria das cores. No seu tratado *Sulla pittura*, Leonardo tece considerações sobre o papel da composição da pintura no que diz respeito à luz e sombra e reflecte sobre as leis de percepção e contraste. Considerou o branco e o preto como cores, ao estabelecer as suas cores primárias que ordenou por ordem de importância, dando à cor branca o primeiro lugar por ser a mais simples e representar a luz, em segundo lugar vinha o amarelo (terra), a terceira cor era o verde (água), a quarta o azul (ar), a quinta seria o vermelho (fogo), enquanto a sexta cor era o preto (escuridão total). Estudou a perspectiva atmosférica, observando a tendência para a uniformidade de matiz e luminosidade das formas vistas a grandes distâncias, mas preocupou-se principalmente com a forma como as cores reagem em relação umas com as outras e com o que as rodeia, numa antecipação do que viria a ser apelidado de contraste simultâneo. Na sua preocupação com o claro-escuro descreveu os



Fig.3.4: Cores de L. da Vinci
(<http://www.colors-system.com>)

melhores contrastes como opostos directos (*retto contrario*), não chegando, no entanto, a estabelecer uma verdadeira relação de complementaridade.

3.3. De Newton à Actualidade:

No século XVII deram-se passos importantes para a compreensão da cor como fenómeno físico. Embora, no princípio do século, ainda se fizesse uma diferença entre cores *verdadeiras* (cores das substâncias) e cores *aparentes* (cores do arco íris e de outras luzes), já em 1604 Johannes Kepler (1571 - 1630) tinha defendido que não existia diferença entre cores verdadeiras e aparentes e que todas as cores, à excepção do branco e do preto eram transparentes. Esta afirmação foi também defendida por Descartes no seu *Dioptrique* (1637).

«The notion that the colours were dependent not on the interaction of black and white but on the various degrees of refraction of light and that they were, indeed, inherent in light, had been advanced and to some extent demonstrated by Mersenne in 1634, by Marci in 1648 and by Grimaldi in 1665.»⁹ (Gage 1993, p153)

A ideia da refracção da luz já tinha sido investigada nos séculos XIII e XIV. O investigador polaco Witelo e o Arcebispo de Canterbury, John Pecham fizeram experiências com cristais hexagonais. No início do século XIV, Theodoric de Freiberg empregou frascos esféricos, assim como esferas de berilo e cristais hexagonais de quartzo para refractar a luz e diferenciar as cores. Já no século XVII, Kepler «se sert d'une boule remplie d'eau au lieu d'une boule 'cristalline' pour transformer le cône divergent en cône convergent.»¹⁰ (Gerritsen 1983, p17)

Sir Isaac Newton (1642 - 1727), interessava-se mais pela física das cores do que pela sua percepção. Nos seus trabalhos em Cambridge, nos finais do século XVII, ele conseguiu decompor a luz branca nos seus comprimentos de onda componentes, fazendo passar um feixe desta luz através de um prisma

⁹ «A noção de que as cores eram dependentes não da interacção de preto e branco mas de vários graus de refração da luz e que elas eram, de facto, inerentes da luz, tinha sido avançada e até certo ponto defendida por Mersenne em 1634, por Marci em 1648 e por Grimaldi em 1665.» (tradução livre). Gage, J. (1993). *Colour and Culture: Practice and Meaning from Antiquity to Abstraction*. London: Thames & Hudson.

¹⁰ «serve-se de uma esfera cheia de água em vez de uma esfera "cristalina" para transformar o cone divergente em cone convergente.» (tradução livre). Gerritsen, F. (1983). *Présence de la Couleur*. Paris: Dessain et Tolra.

triangular. Ao entrar no prisma a luz branca refractava-se em ângulos diferentes, correspondentes aos vários comprimentos de onda, emergindo como um feixe multicolorido de sete cores ou matizes diferentes – vermelho, laranja, amarelo, verde, azul, índigo e violeta.

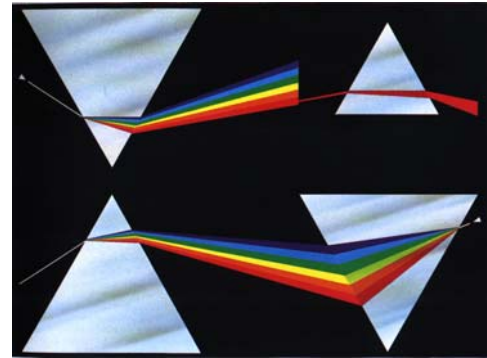


Fig. 3.5: Decomposição e reconstituição do espectro solar (De Grandis 1984)

No entanto uma experiência mais importante de Newton, que constituiu um considerável avanço, foi a reconstituição da luz branca a partir do feixe de luz refractado, o que ele conseguiu ao fazer passar este feixe por um prisma invertido. Newton verificou, assim, que a luz branca era uma mistura de todos os matizes espectrais e, a partir desta observação, ele colocou a hipótese da natureza da luz e da origem da cor percebida, concluindo que só a luz gera a cor. Newton publicou estes resultados em 1703 na sua obra intitulada *Opticks*, que permanece a base da física moderna, no que respeita à luz.

Newton foi o primeiro teórico a ordenar as sete cores do espectro num círculo, porque considerava «que as relações da cor podiam ser mais bem vistas num arranjo circular» (Gage 1993, p171), onde cada cor ocupava uma divisão proporcional à sua representação no espectro e se opunha diametralmente à cor complementar. Este círculo das cores, que foi publicado no seu livro *Opticks* em 1704, mostrava as cores do espectro como uma gradação contínua em que o vermelho estava colocado perto do violeta, separado unicamente

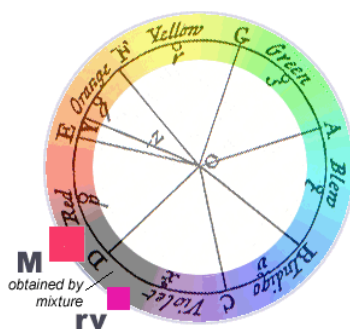


Fig. 3.6: Círculo cromático de Newton (<http://www.colorsystem.com>)

pelas cores magenta e violeta avermelhado que, por não fazerem parte do espectro, se podem considerar cores artificiais.

Newton utilizou este círculo como um método geométrico para prever as misturas de cores, e as suas experiências para recompor a luz branca, através de duas cores *opostas* conduziram-no à ideia da complementaridade da cor; «[...] in a paper of 1672 he had already regarded red and

blue, yellow and violet, and green and 'a purple close to scarlet' as opposite [...] so the 'opposites' were those pairs which mixed to white.»¹¹ (Gage 1993, p172). O centro deste círculo, representado pela letra O representa o branco (a luz incolor), e na circunferência exterior estão representadas as cores saturadas, enquanto a distância do centro à circunferência engloba todas as diferenças de saturação das cores.

Nas suas tentativas de misturar pigmentos correspondentes às cores opostas do seu círculo, Newton descobriu que os resultados eram algumas cores anónimas desmaiadas e nunca conseguia obter branco. Também o seu colaborador em Cambridge, o matemático Brook Taylor (1685 - 1731) tentou aplicar o diagrama das misturas de Newton substituindo as sete cores espectrais por cores de pigmentos, tendo verificado que as misturas de tintas eram algumas vezes imprevisíveis e diferentes das misturas de luz, mas não chegou a usar o círculo das cores para prever uma mistura subtractiva.

Este passo foi dado pelo impressor Jacques Christophe Le Blon (1667 - 1741) ao inventar um sistema que utilizava três chapas de impressão, com as correspondentes cores primárias da pintura (vermelho, amarelo e azul), acrescentando por vezes uma outra chapa com preto. O seu tratado *Coloritto*, publicado em 1725 na Holanda, deu-nos o primeiro conceito de cores primárias que constitui a base da impressão a quatro cores dos nossos dias.



Fig. 3.7: Exemplo de quatro chapas de Jacques Le Blon (Gage, J. 1993)

O gravador inglês Moses Harris (1731 - 1785) utilizou as três cores de Le Blon para produzir, por volta de 1766, o primeiro círculo de cores impresso. No seu livro *The Natural System of Colours* ele apresentou as cores vermelho, amarelo e azul como cores primárias, a que chamou *primitivas*, enquanto a mistura destas primitivas produziam as cores *compound* (secundárias) que eram laranja, verde e púrpura. As misturas das primitivas e secundárias faziam-se

¹¹«[...] numa comunicação de 1672 ele já tinha considerado vermelho e azul, amarelo e violeta, e verde e 'púrpura perto do escarlate' como opostos [...] Portanto os 'opostos' eram os pares que misturados davam branco.» (tradução livre). Gage, J. (1993). *Colour and Culture: Practice and Meaning from Antiquity to Abstraction*. London: Thames & Hudson.

em duas direcções – a mistura de vermelho e laranja dava vermelho alaranjado (mais vermelho que laranja) e laranja avermelhado (mais laranja que vermelho). O seu círculo era formado por dezoito divisões iguais que se graduavam, de seguida, por luminosidade para claro (com mais branco) e para

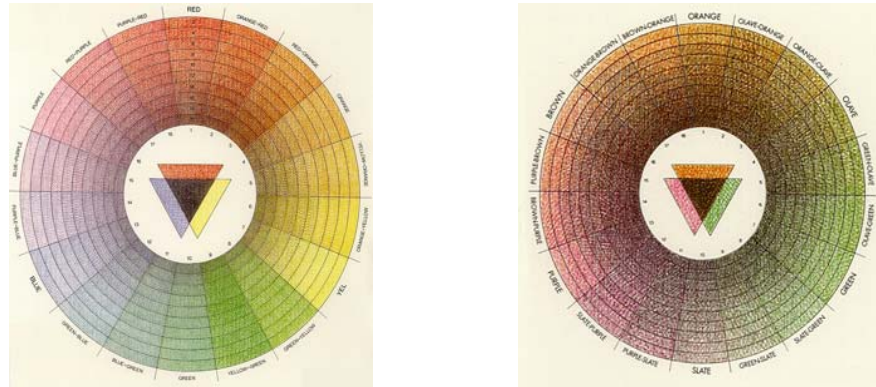


Fig.3.8: Cores *primitivas* e *compound* de Moses Harris (<http://www.colors-system.com>)

escuro (com mais preto).

O poeta alemão J. W. von Goethe (1749 - 1832) tinha um fascínio pela cor, e publicou em 1810 o seu livro *Farbenlehre* (Teoria das cores) que considerou mais importante para a posteridade que a sua poesia. Embora estivesse familiarizado com as teorias de Newton, opôs-se-lhes fortemente porque via as cores como uma entidade própria e não como luz.

Goethe utilizava o olho como única ferramenta para as suas experiências, em que a retina fazia as vezes de ecrã. Baseou as suas deduções em experiências sobre a junção de áreas de luz e escuridão, através de um prisma em que observava as franjas coloridas que apareciam onde os limites da imagem eram deslocados. Concluiu que a luz era homogénea, originando a cor só quando era

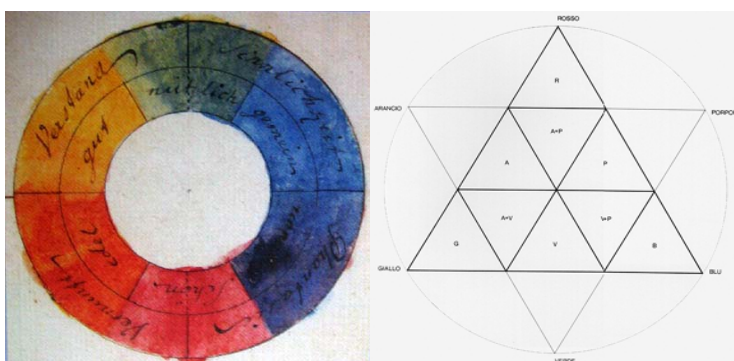


Fig. 3.9: Círculo cromático de J. W. von Goethe (Fraser, T., Banks, A. 2004)

perturbada pela escuridão, e que as duas cores extremas, amarelo e azul, interagiam por um misterioso processo, *Steigerung* (aumento), para formar a terceira cor principal, vermelho, que ele apelidou de *púrpura* por ser a mais

nobre. A ênfase posta por Goethe na polaridade da formação das cores a partir do claro e escuro e da sua recepção pelo olho tornou o seu sistema o antecessor da teoria das cores oponentes de Hering.

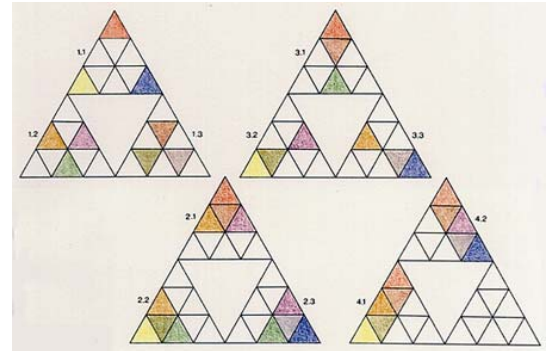


Fig. 3.10: O triângulo de Goethe (<http://www.colorsystem.com>)

Goethe arrumou as suas cores num círculo bidimensional de seis cores percebidas, baseado no círculo de Moses Harris, em que as cores secundárias funcionavam como complementares das três cores primárias. A partir deste círculo Goethe formulou as várias hipóteses de ordem, simetria e equilíbrio para combinações harmoniosas de cores. Em adição a este círculo, desenvolveu um triângulo que ele considerava reforçar as relações entre as cores. Atribuiu números a cada uma das cores, proporcionalmente à sua luminosidade, assim o branco (luminosidade máxima) teria o número 10, seguia-se o amarelo com o número 9, o laranja era o número 8, o vermelho e o verde tinham a luminosidade 6, o azul 4, o violeta 3, e o preto (a cor menos luminosa) tinha o número 0.

«[...] he explored every aspect of color and its reactions, including the role of complementary colors in creating shadows, simultaneous contrast, **successive contrast**, the effects of cast light on an object, and proportional color use, leaving us with one of the foremost research references available to artists in all fields of endeavour»¹² (Feisner 2000, p15)

Arthur Schopenhauer (1788 - 1860), na sua obra publicada em 1816: *Über das Sehn und die Farben: Eine Abhandlung* (Da Visão e das Cores: Um ensaio), sistematizou a teoria de Goethe e defendeu que a retina era estimulada pelos pólos complementares: vermelho / verde, laranja / azul, e amarelo / violeta.

As experiências de Goethe vieram a ser confirmadas cientificamente pela teoria tricromática de Young-Helmholtz, e pelas experiências de James Clerk Maxwell

¹²«[...] ele explorou todos os aspectos da cor e as suas reacções, incluindo o papel das cores complementares na criação de sombras, contrastes simultâneos, **contrastos sucessivos**, os efeitos de captação da luz num objecto, e o uso proporcional da cor, deixando-nos uma das mais avançadas referências de pesquisa à disposição dos artistas em todos os campos de experimentação.» (tradução livre). Feisner, E. A. (2000). *Colour: How to Use Colour in Art and Design*. London: Lawrence King Publishing Ltd.

de que se falará mais detalhadamente no capítulo 4., quando for descrito o mecanismo da visão e, mais particularmente, a visão das cores.

O pintor alemão Phillipp Otto Runge (1777 - 1810) foi o autor do primeiro sistema tridimensional de ordenamento das cores, arrumando-as numa esfera que, segundo ele, «é a forma mais prática para representar a ordem das cores» (Itten, 1985, p114). Runge publicou esta arrumação no seu livro *Die Farbenkugel* (A Esfera da cor), onde trata a



Fig. 3.11: Esfera de Phillipp Runge (Gage, J. (1993))



Fig. 3.12: Semi-hemisfério e círculos de Chevreul (<http://www.colors-system.com>)

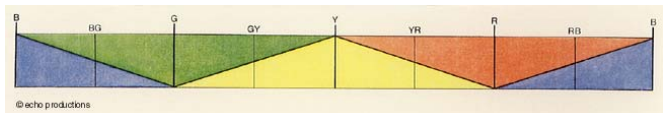
cor nas suas três características – matiz, saturação e luminosidade. Aí, ele começa por arrumar no equador da esfera, as suas três cores primárias (vermelho, amarelo e azul), a que intercala as cores secundárias e ainda outras seis cores intermédias, num total de doze cores. De seguida cada uma destas cores misturava-se com branco, em dois passos, no sentido do pólo superior da esfera enquanto em outros dois passos, no sentido do outro pólo, se misturava com preto.

O contraste e a harmonia das cores continuava a ser uma preocupação dominante. Em 1820 o químico francês Michel-Eugène Chevreul (1786 - 1889) deu uma importante contribuição científica para esta matéria, ao ser contratado como director do *Atelier des Teintures* da *Manufacture Royale des Gobelins* em Paris, com o fim de melhorar a qualidade dos tintos. Como resultado do seu trabalho, ele publicou um importante tratado *De la loi du contraste*

simultané des couleurs (A lei do contraste simultâneo das cores), publicado em 1839, em que analisava exaustivamente os contrastes simultâneos entre duas ou mais cores colocadas contiguamente, contrastes estes que influenciavam não só a cor mas também o seu brilho. Identificou também os contrastes sucessivos e as alterações provocadas pelas imagens posteriores na percepção das cores. Os seus trabalhos foram uma fonte de inspiração que vieram a influenciar posteriores movimentos de pintura.

Chevreul criou um sistema tridimensional de classificação de cores (1864), um semi-hemisfério, a partir do qual criou o seu atlas das cores e relatou a influência exercida na visão, por objectos coloridos em movimento circular em torno de um eixo.

Ewald Hering (1834 - 1918), fisiólogo e psicólogo alemão,



preocupava-se com as teorias da percepção da cor e estabeleceu as suas cores primárias, arrumadas em pólos opostos, como vermelho, amarelo, azul e verde. A sua teoria das cores oponentes foi importante para completar a teoria tricromática de Young-Helmholtz, mas falar-se-á mais pormenorizadamente desta teoria na explicação do mecanismo da visão e visão das cores, no capítulo 4.

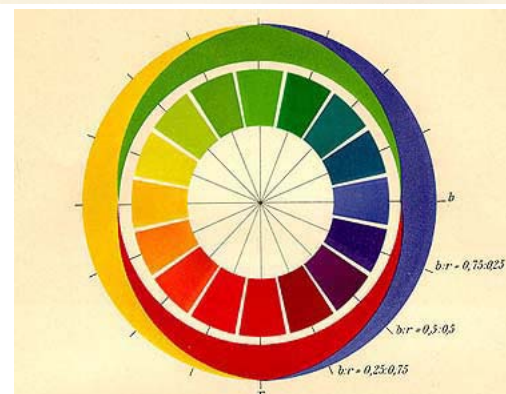


Fig. 3.13: Círculo de cores oponentes de Hering (<http://www.colors-system.com>)

O americano Ogden Rood (1831 - 1902) publicou a sua pesquisa, a partir do duplo ponto de vista da Arte e Ciência, na sua obra *Modern Chromatics* em 1879. Aí, ele admitiu que as cores se diferenciavam umas das outras em função das três variantes – pureza (saturação), luminosidade e matiz. As suas experiências baseavam-se nas mesmas misturas ópticas que foram utilizadas no pontilhismo e o seu sistema de ordenamento, em forma de cone, considerava as cores primárias da luz: vermelho, verde e azul, resultando as complementares de imagens posteriores.

Outro americano, Albert Munsell (1858 - 1918), baseando-se inicialmente nos métodos de mistura visual de Rood, criou um sistema, que publicou na sua

obra *Color Notation* em 1905, em que a cor era descrita com as três variáveis: *hue* (matiz), *value* (luminosidade) e *chroma* (saturação). As suas cores primárias são cinco: vermelho, amarelo, azul, verde e púrpura; e as imagens posteriores destas cinco cores formam as suas complementares: azul esverdeado (oposto a vermelho), púrpura azulado (oposto a amarelo), amarelo avermelhado (oposto a azul), vermelho-púrpura (oposto a verde), e verde amarelado (oposto a púrpura). Ele arrumou as suas cores num sólido irregular, a *Árvore de Munsell*, que apresenta graduações de luminosidade ao longo do eixo vertical, e graduações de saturação ao longo dos ramos horizontais, onde o equador mostra a cor pura.

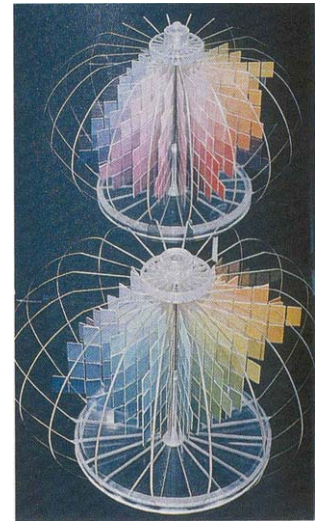


Fig. 3.14: Árvore de Munsell (Swirnoff, Lois. 2003)

Munsell atribuiu a estas variáveis um sistema de letras e números que permitiram identificar rigorosamente as cores e os seus graus de luminosidade e saturação.

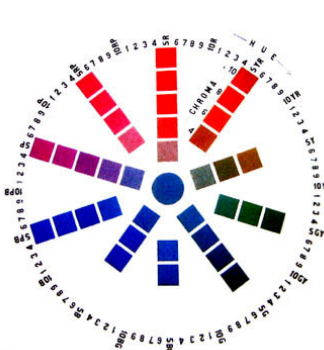


Fig. 3.15: Corte horizontal da árvore de Munsell (Fraser, T., Banks, A. 2004)

Neste sistema, as cores principais têm a notação 5, enquanto as secundárias têm a notação 10, a que é acrescentado um algarismo entre 0 e 9, para indicar a luminosidade, e um outro número depois de uma barra (/) para indicar a saturação (ex: 5R5/14 é um vermelho de luminosidade média). Para uma melhor consulta de cada espaço de cor, as suas graduações foram espalmadas numa página, um ramo da árvore, arrumado em torno do tronco da luminosidade. Esta pormenorização deu

origem a que este sistema fosse adoptado pelo *United States Bureau of Standards* como a linguagem de cor mais aceitável e ainda hoje em uso.

O químico alemão Wilhelm Ostwald (1853 - 1932), que ganhou o prémio Nobel, baseou o seu modelo de cores numa progressão geomé-

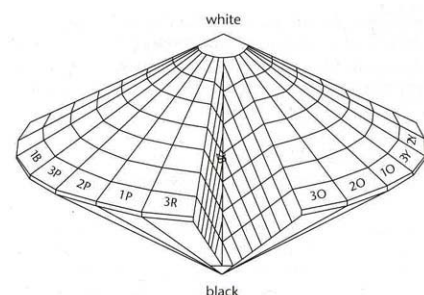


Fig.3.16: Duplo cone de Ostwald (Feisner, E. A. 2000)



Fig. 3.17: Corte vertical do duplo cone de Ostwald (Gage, J. 1993)

trica de uma escala óptica de luminosidade fundamentada nas qualidades de absorção da luz branca, e afirmou que todas as cores são uma combinação de matiz e preto e branco. O seu sistema era constituído por dois cones unidos pela base, com a cor preta num dos vértices e a cor branca no vértice oposto, estando o equador ocupado por vinte e quatro cores puras, formadas a partir das cores primárias vermelho, amarelo e azul. A escala de cinzentos de Ostwald, entre os pólos branco e preto, continha oito passos. À semelhança de Munsell, também Ostwald separou as suas cores em triângulos em que as cores intermédias eram percentagens de preto, branco e cor, numa mistura percentual cujo total era sempre 100%, tornando-as completas.

A teoria de Wilhelm Ostwald foi completamente desenvolvida em *Color Science* (1923) e alterada posteriormente em *The Color Primer*, para um espectro de oito matizes que foi adoptado em muitas escolas alemãs e inglesas, e teve uma forte influência nos artistas do movimento da Bauhaus.

O grupo Bauhaus chamou a atenção para o estudo da cor, criando uma separação entre o estudo da cor como ciência e o estudo da cor como arte, mantendo a luz no âmbito da física, química e engenharia, enquanto a psicologia, fisiologia e medicina tratavam da percepção da cor.

O professor e artista suíço, Johannes Itten (1888 - 1967), seguiu as teorias de Goethe, Runge, Bezold, Chevreul e Hölzel, que considerou de grande valor para ele (Itten 1985, p12) e definiu a cor como uma série de sistemas de contrastes e forças opostas, baseando as suas conclusões na observação do fenómeno.

Itten organizou um sistema de ordenamento das cores, o círculo cromático, a partir das cores primárias – amarelo, vermelho (correspondente ao magenta

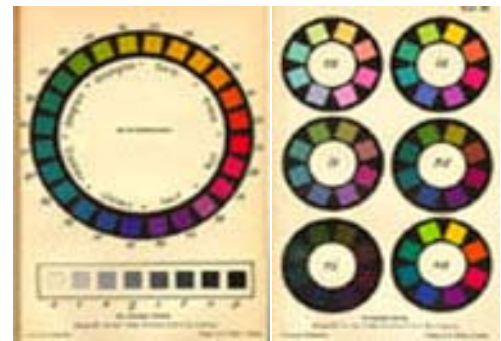


Fig. 3.18: Páginas de Ostwald (<http://www.colorsystem.com>)

de Newton) e azul. Este sistema era constituído por dois círculos concêntricos, em que o círculo interior tinha inscritos um hexágono e um triângulo equilátero. O triângulo central continha as três cores primárias com o amarelo colocado no topo, por ser a mais brilhante das cores e visualmente mais próxima da luz branca, e as duas outras cores em baixo, estando o vermelho à direita e o azul à esquerda. Nos triângulos restantes, que formavam o hexágono, foram

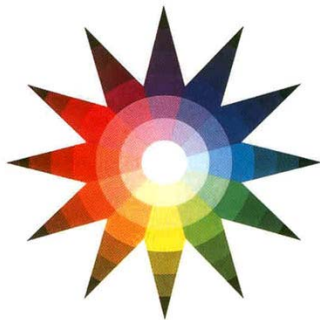


Fig. 3.19: Círculo e estrela de Johannes Itten (Itten, J. 1985)

colocadas as cores secundárias, ou mistas, cada uma delas formada pela mistura de duas cores primárias – laranja (amarelo mais vermelho), verde (amarelo mais azul) e violeta (vermelho mais azul). A coroa circular, entre os dois círculos concêntricos, foi dividida em doze partes preenchidas pelas cores primárias e secundárias, entre as quais se intercalaram as cores terciárias, formadas por misturas das cores primárias e secundárias adjacentes – amarelo alaranjado (amarelo e laranja), vermelho alaranjado (vermelho e laranja), violeta avermelhado (vermelho e violeta), violeta azulado (azul e violeta), azul esverdeado (azul e verde) e amarelo esverdeado (amarelo e verde).

As doze cores do círculo estão colocadas com intervalos iguais, e as cores complementares são diametralmente opostas. Como ele afirmou: «Ainsi est réalisé un cercle de douze couleurs équidistantes, où chaque couleur prend sa place non interchangeable. Les couleurs se suivent selon l'ordre de l'arc-en-ciel et du spectre.»¹³(Itten 1985, p34)

No seu curso preliminar de cor e design na Escola da Bauhaus, em 1919, desenvolveu a sua esfera e a sua estrela das cores (uma versão espalmada da esfera que torna possível a visão do conjunto) baseada na esfera de Runge. A estrela das cores é um diagrama formado por um círculo de doze cores, graduados em sete passos para branco, ao centro, e para escuro, nas pontas da

¹³«realizou-se assim um círculo de doze cores equidistantes, onde cada cor toma o seu lugar não intermutável. As cores seguem-se segundo a ordem do arco-íris e do espectro.» (tradução livre). Itten, J. (1985). *Art de la Couleur*. Paris : Dessain et Tolra

estrela, para que os estudantes pudessem observar simultaneamente as diferenças de cor e luminosidade.

Considerando a esfera como a forma, completamente simétrica, mais apropriada para a representação das características das cores, Itten dividiu-a em doze meridianos e seis paralelos, de modo a que cada ponto da esfera pudesse ser determinado pelo seu meridiano e paralelo. Os doze meridianos correspondem às cores do círculo cromático e os seis paralelos dividem a esfera em sete zonas, estando as cores puras colocadas na zona do equador; o branco situa-se na zona correspondente ao pólo superior, e as duas zonas intermédias, entre a cor e branco, correspondem a gradações para branco; a zona correspondente ao pólo inferior está ocupada pelo preto, enquanto as duas zonas intermédias, entre a cor e o preto, representam gradações da cor para preto. Estes segmentos permitem, então, representar a lei das complementares e todas as relações fundamentais entre as cores, assim como as relações destas com o branco e o preto.

Itten teorizou sete contrastes de cor: contraste de cor em si própria, contrastes de claro/escuro e quente/frio, contraste de complementares, contraste simultâneo, contraste de qualidade e contraste de quantidade. Em 1961 desenvolveu outro círculo de cores baseado nas cores primárias amarelo, vermelho e azul, que assumiam uma posição triangular no interior do círculo.

Wassily Kandinsky (1866 - 1944), também professor da Bauhaus, aderiu à teoria de Goethe depois ter publicado a primeira edição do seu manifesto *Über das Geistige in der Kunst, insbesondere in der Malerei* (Do Espiritual na Arte) em 1912, onde aprofundava de uma forma clássica a teoria expressionista da cor. Neste seu livro

introduziu o tópico dos efeitos psicológicos não associativos das cores, e descreveu vários tipos de sinestesia numa convergência de vários sentidos para o mesmo estímulo. Associou, também, os efeitos contrastantes do vermelho e

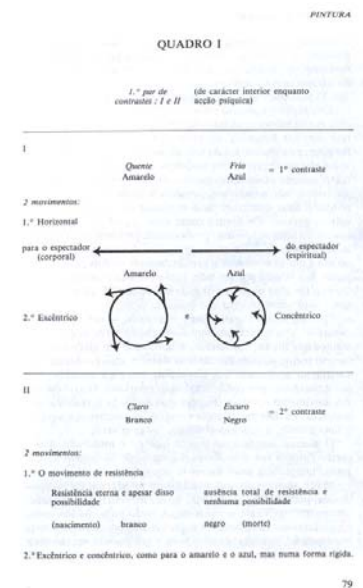


Fig. 3.20: Quadro I do *Espiritual na Arte* (Kandinsky, W. 1987)

azul com os símbolos das forças centrípetas e centrífugas, mais tarde usadas no quadro I do *Do Espiritual na Arte*, para caracterizar o azul e amarelo.

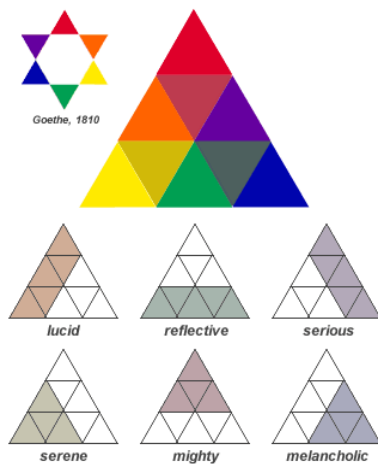


Fig. 3.21: Diagrama triangular de Josef Albers (<http://www.colorsystem.com>)

O seu sistema de cores era um arranjo polar de preto e branco, azul e amarelo, vermelho e verde, e laranja e violeta que, apesar de não depender de nenhum sistema anterior, estava relacionado com o sistema de Ewald Hering.

Outro professor da Bauhaus, Josef Albers (1888 - 1976), apurou o trabalho de Itten e Kandinsky, tendo construído um diagrama triangular, inspirado no triângulo de Goethe, em que se preocupava principalmente com o modo como as cores reagem e interagem entre si.

Depois da Bauhaus, Albers foi para os Estados Unidos da América, onde foi professor da Universidade de Yale. Aí aprofundou a sua exploração das teorias das cores, publicando, em 1963, o livro *Interaction of Color* (A Interacção da Cor) cujo conteúdo se baseava principalmente no fenómeno do contraste simultâneo e nas reacções que acontecem entre cores justapostas. Investigou também as infinitas combinações de cor possíveis, assim como os seus efeitos variáveis.

O pintor alemão Alfred Hicethier (1903 - 1967) foi importante para o estudo da cor no que diz respeito à impressão tipográfica. Os seus estudos sobre teorias de cor levaram-no à sistematização e publicação de folhas de cor para impressão nas suas obras:

O Sistema de Cor de Hicethier

(publicado em 1952) e *Mistura de Cores por Números* (1963).

Hicethier defendia que as cores para impressão deviam ser facilmente obtidas e identificadas e, para esse fim, atribuiu um número a cada uma das suas

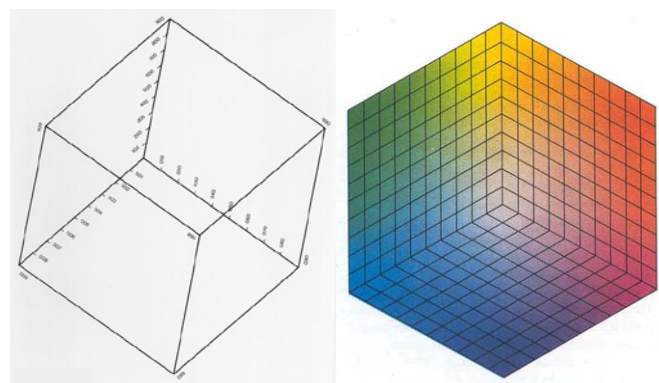


Fig.3.22: Cubo de Hicethier (De Grandis, L. (1984) e (<http://www.colorsystem.com>))

cores primárias, assim como ao preto e ao branco: o branco era 000 (ausência total de cor), ao preto correspondia 999 (presença de toda a cor), o amarelo (process yellow) era 900, o vermelho (magenta) tinha o número 090, e o azul (ciano) era o número 009. Assim, o amarelo ocupava o primeiro dígito, enquanto o vermelho e o azul ocupavam, respectivamente, o segundo e o terceiro dígitos do seu sistema de três dígitos que representam a proporção das cores primárias que devem ser misturadas para formar qualquer cor. Ele arrumou as suas cores num cubo que continha mil cores arrumadas em intervalos de dez, em que 0 corresponde à não cor e 9 à intensidade máxima, e o seu sistema permite misturas de cores muito precisas, incluindo as cores pálidas, assim como outras cores não levadas em conta noutros sistemas.

Faber Birren (1900 - 1988), foi um teórico americano que se tornou numa das autoridades mais conhecidas e lidas do século XX, tendo publicado mais de vinte e quatro livros sobre vários aspectos da cor. Em 1934 projectou o seu *Rational Color Circle*, onde arrumou as cores em intervalos iguais, com maior tendência para as cores quentes, uma vez que defendia que o olho humano via mais cores quentes do que frias, o que colocava o seu cinzento neutro assimetricamente dentro do círculo. Continuou a considerar como cores primárias o vermelho, amarelo e azul, acrescentando um verde folha na área das cores quentes e um azul-turquesa na área fresca do seu círculo, e manteve a complementaridade do vermelho e do verde, cores que considerou como simultaneamente quentes e frias.

Birren, como Itten, estava interessado nas harmonias de cores e baseou o seu trabalho no de Chevreul. Em 1937, como parte da sua investigação sobre a harmonia das formas das cores, desenvolveu triângulos onde lidava com os aspectos visuais e psicológicos de qualquer cor. Considerando as cores primárias e o preto e o branco, colocou-as nos vértices dos triângulos, combinando-as de modo que o branco, acrescentado à cor, desse um tom, enquanto o preto, acrescentado à cor, dava uma sombra. O preto e o branco combinados formavam os cinzentos. O centro dos triângulos mostrava tonalidades que eram misturas de branco, preto e cor.

As harmonias, ou efeitos de cor de Faber Birren, evoluíram para o que ele apelidou de *nova percepção de cor*, onde considerou efeitos de brilho, de iridescência, de luminosidade, de transparência e de cromatismo da luz.



Fig. 3.23: Círculo de Gerritsen (Gerritsen, F. 1983)

O teórico de cor holandês, Frans Gerritsen, publicou pela primeira vez as suas teorias de cor em 1974, no seu livro *Het fenomeen kleur* (Presença da Cor), a que se seguiu em 1982 o livro *Evolução da Cor*. Gerritsen considerava que os anteriores teóricos se tinham baseado quer na teoria subtrativa, quer na teoria aditiva, ou ainda na teoria partitiva, sem fazer a ligação entre elas, embora todas tivessem em comum o olho e as suas reacções às combinações de cor.

Fundamentando o seu trabalho nas leis da percepção, Gerritsen chegou à conclusão de que o olho humano tem sensibilidades específicas à cor, e que se fosse possível ver o espectro visível completo, como uma banda de cor, o olho mostraria ser mais sensível às cores azul, verde e vermelho. Estas cores tornaram-se, assim, as suas cores primárias, de cuja combinação podem surgir todas as outras cores. Gerritsen acreditou que todas as outras teorias de cor podiam ser explicadas nos termos da sua concepção, desde que fossem vistas sob a perspectiva do olho, ou antes da luz que entra no olho. Gerritsen também estabeleceu um sistema para a fotolitografia, em que as cores secundárias passavam a primárias, e a que ele acrescentava a cor preta, para o sistema de quadricromia com ciano, magenta, amarelo e preto (CMYK).

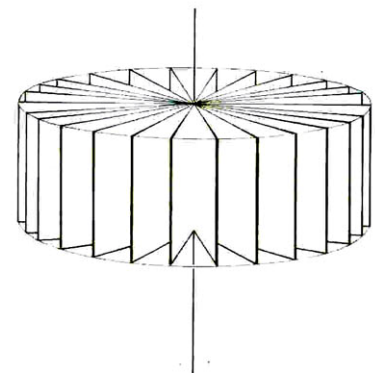


Fig.3.24: Leque de superfícies de matizes (Gerritsen, F. 1983)

O esquema de cores de Gerritsen identifica as cores a partir de uma posição numerada, numa forma complexa multidimensional, onde as cores primárias são designadas pelos seus comprimentos de onda e pelas intensidades entre 0 e 100. Este diagrama baseia-se na representação sistemática, em três dimen-

sões, das três características da cor (matiz, luminosidade e saturação) numa disposição circular em torno de um eixo vertical de luminosidade.

O eixo de luminosidade representa uma gradação que vai do branco, com gradação 0, em cima, até ao preto, igualmente com gradação 0, em baixo, passando pelo cinzento neutro, ao centro agrupados em segmentos sinalizados pelas letras de A (branco) a J (preto). Em torno deste eixo, espalha-se um cilindro de cores, cuja luminosidade acompanha a do eixo central e com a saturação plena no exterior.

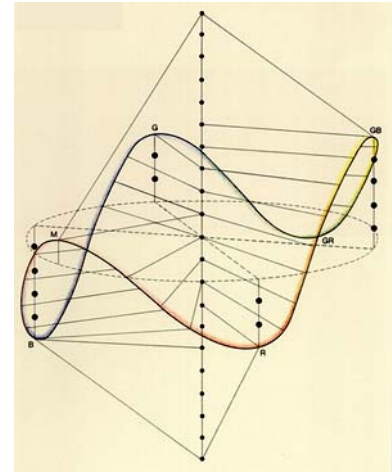


Fig.3.25: Diagrama de Frans Gerritsen (<http://www.colors-system.com>)

Imaginando uma circunferência de cores completamente saturadas (cor=100), à altura do cinzento neutro, situam-se aí as três cores primárias e as três secundárias. Procura-se, de seguida, a luminosidade característica de cada matiz, situadas acima e abaixo do círculo médio, respectivamente: azul ultramarino, cinco meios graus abaixo do círculo médio e correspondendo à letra H; amarelo, cinco meios graus acima, à altura da letra C; a cor seguinte, o ciano, está três meios graus em direcção ao branco e corresponde à letra D, enquanto a sua complementar, o vermelho, se encontra três meios graus na direcção do preto, à altura da letra G; por fim a cor verde, que se segue ao ciano, está à altura da letra F, meio grau abaixo do círculo médio e em oposição à cor magenta, meio grau acima do círculo, à altura da letra E.

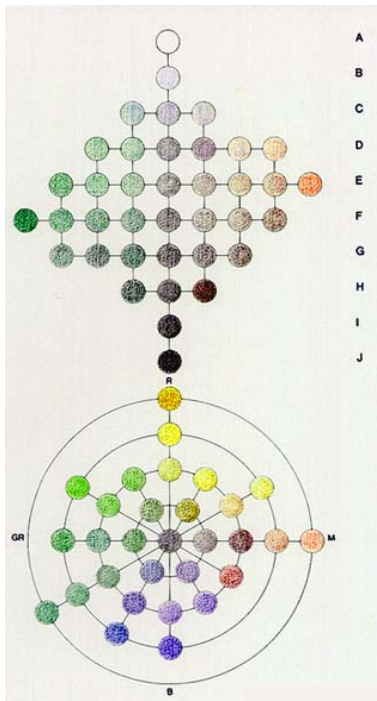


Fig. 3.26: Corte vertical e horizontal do diagrama de Frans Gerritsen (<http://www.colors-system.com>)

A linha que une as cores, no máximo de saturação e na sua luminosidade óptima, é uma linha ondulada de pontos equidistantes do eixo de luminosidade. As linhas que unem as cores complementares, diametralmente opostas, cruzam-se todas no ponto de saturação 0 das cores correspondente ao cin-

zento neutro do eixo de luminosidade. As linhas que partem dos pontos das cores, em direcção ao ponto O do branco, formam um cone em que a saturação diminui enquanto a luminosidade aumenta e, inversamente, as linhas que se dirigem para o ponto O do preto, diminuem simultaneamente de saturação e luminosidade. Assim, neste diagrama, torna-se possível representar todas as disposições possíveis de qualquer ponto de cor.

Frans Gerritsen eliminou a confusão entre as diferentes teorias de cor, ao reinterpretá-las nos termos do seu novo conceito, e as suas contribuições para o estudo da teoria da cor, são muito importantes por terem estabelecido que o olho é o ponto de partida da teoria da cor e que as cores vermelho, verde e azul (fontes de luz) passaram a ser as cores primárias para todas as futuras teorias de cor.

3.4. Resumo do capítulo

Neste capítulo abordou-se a evolução histórica das teorias da cor, numa perspectiva de suporte histórico, que pudesse ajudar a compreender quanto a problemática da cor foi desde sempre uma preocupação importante para o homem.

Na primeira parte, descreveu-se a evolução das teorias da cor propostas por filósofos, e baseada na observação empírica do fenómeno da cor. Na segunda parte, a cor é observada de forma científica e as teorias aqui descritas tendem para a universalidade.

No capítulo seguinte far-se-á a descrição do sistema visual e do mecanismo da visão, com destaque para a visão das cores, com o objectivo de facilitar a compreensão do modo como o ser humano distingue as cores.

4. Visão da Cor

4.1. Introdução

«Color is not the property of objects, spaces, or surfaces; it is the sensation caused by certain qualities of light that the eye recognizes and the brain interprets»¹⁴ (Mahnke 1996, p2)

«Although the idea of "colour" may seem a simple concept, it conjures up very different ideas for each of us. To the physicist, colour is determined by the wavelength of light. To the physiologist and psychologist, our perception of colour involves neural responses in the eye and the brain, and is subject to the limitations of our nervous system...»¹⁵ (Lamb, & Bourriau 1999, p1)

A visão e, neste caso particular, a visão das cores, acontece através de um sistema que envolve o olho e o cérebro. Embora por meio da sinestesia seja possível a percepção da cor através de outros sentidos, o olho é, sem dúvida, o órgão por excelência da visão da cor, que recebe as radiações luminosas e as encaminha para o cérebro onde são processadas. Assim, parece consistente começar o estudo da visão por uma breve descrição do aparelho visual e do mecanismo da visão, com destaque para a visão das cores, com a finalidade de criar uma base de conhecimento que facilite a compreensão do modo como o ser humano percebe o fenómeno da cor.

4.2. O olho

O olho tem a forma de um globo de cerca de 24 mm de diâmetro (22mm no sentido transversal e 26mm no longitudinal), que pode girar em todas as

¹⁴ «A Cor não é propriedade de objectos, espaços, ou superfícies; é uma sensação causada por certas qualidades da luz que o olho reconhece e o cérebro interpreta.» (tradução livre). Mahnke, F. (1996). *Color, Environment, and Human Response*. USA: John Wiley & Sons, Inc.

¹⁵ «Embora a ideia de "cor" possa parecer um conceito simples, evoca muitas ideias diferentes em cada um de nós. Para o físico, a cor é determinada pelo comprimento de onda da luz. Para o fisiologista e para o psicólogo, a nossa percepção de cor envolve respostas neurais no olho e no cérebro, e está sujeita às limitações do nosso sistema nervoso...» (tradução livre). Lamb, T. & Bourriau, J. (Ed.) (1999). *Colour: Art & Science*. UK: Cambridge University Press (1st edition 1995).

direcções, dentro das limitações condicionadas pela cavidade óssea em que está inserido e pelos músculos que o sustentam.

A camada externa, protectora do globo ocular é formada pela esclerótica, uma membrana dura, branca e opaca, não irrigada por vasos sanguíneos, que se torna transparente e convexa na parte dianteira do globo ocular: a córnea. A córnea está protegida por uma camada fina e transparente chamada conjuntiva, que é a superfície de maior refacção do olho, e tem como função a de formar uma imagem nítida na retina. A esclerótica é forrada interiormente pela coróide, que sendo formada por vasos sanguíneos, é responsável por parte da nutrição do olho e da retina.

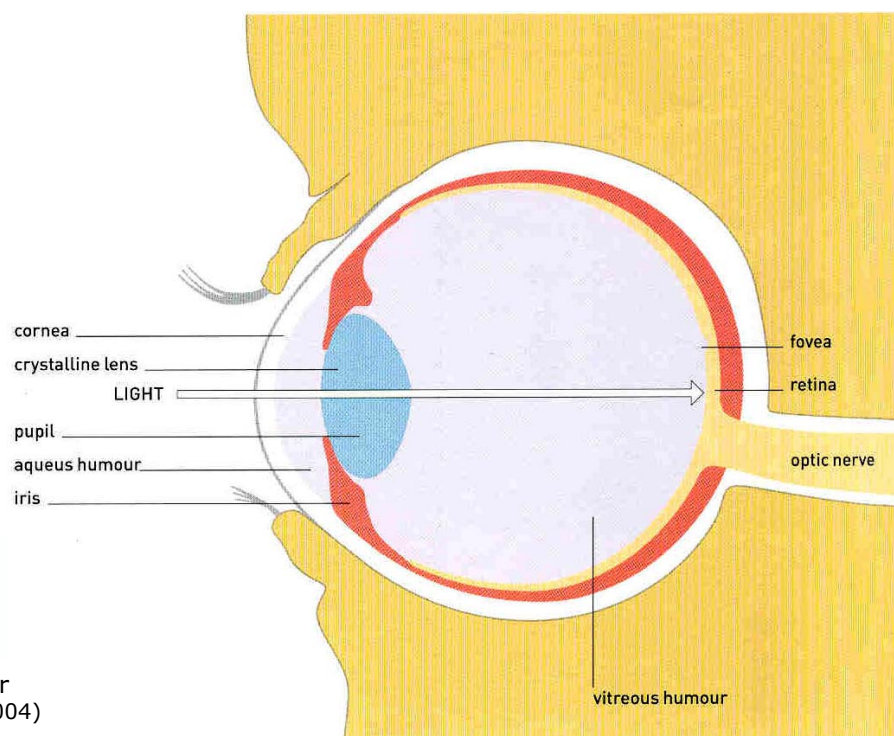


Fig. 4.1: Globo ocular
(Fraser, T., Banks, A. 2004)

Atrás da córnea encontra-se a íris, um diafragma ou anel muscular opaco e pigmentado, que dá a cor ao olho e se pode contrair e dilatar para controlar a quantidade de luz que entra na pupila (abertura circular por onde passam todos os raios que atingem a retina) e a profundidade do campo visual. Entre a córnea e a íris existe uma câmara que contém um líquido claro (o humor aquoso) cuja função consiste em adaptar os índices de refacção entre a córnea e o cristalino (uma lente formada por camadas fibrosas e finas sobrepostas) que, acomodando a sua forma, permite a formação das imagens na retina. A forma e função do cristalino são controladas pelos músculos ciliares.

A camada interna do globo ocular é constituída pela retina, uma fina camada de células nervosas interligadas, responsáveis pela detecção das radiações. Entre o cristalino e a retina existe uma outra câmara preenchida por uma substância gelatinosa e transparente, o humor vítreo, cuja função é adaptar os índices de refração entre o cristalino e a retina, e sustentar a forma globular do olho.

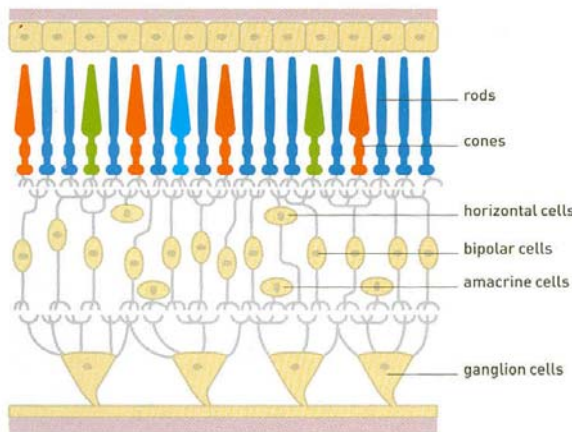


Fig. 4.2: Pormenor da retina, com os terminais nervosos, cones e bastonetes (Fraser, T., Banks, A. 2004)

Na zona posterior da retina, atrás dos vasos sanguíneos, encontram-se as células receptoras, cones e bastonetes (assim designados pelo seu aspecto visto ao microscópio), que ao serem atingidos pelas radiações ópticas que atravessaram o globo ocular, as transformam em impulsos eléctricos e as enviam ao cérebro para serem interpretados.

Os bastonetes contêm um fotopigmento, a rodopsina, não sensível à cor mas que, sob a acção da luz, sofre uma transformação química e transmite ao cérebro estímulos que vão permitir a adaptação do olho à luz. Como os bastonetes constituem grandes grupos, situados principalmente na zona periférica da retina, a acção conjunta destas células receptoras confere uma elevada capacidade para perceber a intensidade mínima da luz, a qual é maior nesta zona da retina. Assim, os bastonetes não reconhecem as cores, à excepção de alguns comprimentos de onda correspondentes à cor verde, mas captam os brilhos e têm grande sensibilidade à luz mesmo em condições de visibilidade fraca, pelo que são responsáveis pela adaptação ao claro e escuro e pela visão nocturna – a visão escotópica.

Os cones, com menos sensibilidade que os bastonetes, permitem distinguir as cores e funcionam em condições de boa visibilidade, sendo responsáveis pela visão diurna – a visão fotópica. À semelhança dos bastonetes, os cones contêm uma substância, a iodopsina, que sob o efeito da luz se divide em várias

opsinas capazes de distinguir as diferenças qualitativas e quantitativas dos comprimentos de onda da luz, permitindo identificar as diferentes cores.

Os cones agrupam-se predominantemente na zona central e mais sensível da retina, a fóvea, responsável pela visão com maior resolução de pormenor e detalhe da cor.

Da retina parte o nervo óptico, cuja função é a de transportar a informação óptica, do olho ao cérebro, para processamento da imagem. O ponto da retina por onde os vasos sanguíneos entram no globo ocular e onde se reúnem todas as fibras nervosas que vão formar o nervo óptico, não tem bastonetes nem cones e é apelidada de ponto cego.

Existem ainda outros elementos constituintes do olho que são responsáveis pela sua protecção, higiene e movimento: as pálpebras que servem para proteger os olhos, limpá-los e lubrificá-los por meio das secreções lacrimais; o sistema lacrimal constituído por canais lacrimais, que conduzem as lágrimas produzidas pelas glândulas situadas ao nível das pálpebras superiores; os cílios que protegem o olho das poeiras; os músculos extrínsecos, seis em cada olho, são os responsáveis pelo seu movimento e trabalham de forma conjugada; e as órbitas, cavidades ósseas simétricas, que abrigam e protegem os olhos e suas estruturas.

4.3. O cérebro

O olho tem uma importância primordial na captação e selecção dos comprimentos de onda luminosos, mas é no cérebro que se realizam os passos importantes para transformar os estímulos visuais em percepção propriamente dita. Torna-se, portanto, importante compreender o modo como o cérebro e o sistema nervoso intervêm na percepção da cor.

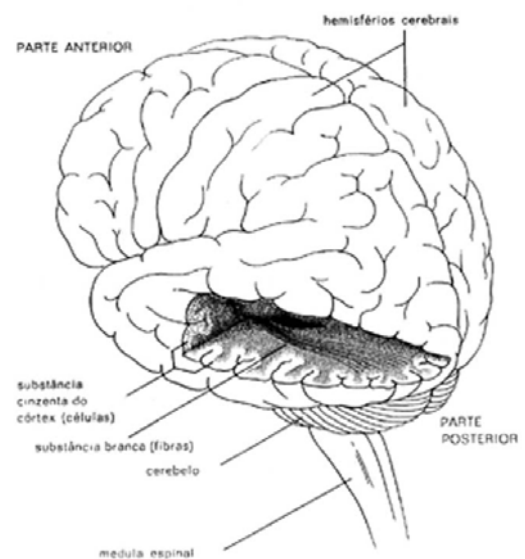


Fig.4.3: Cérebro (Gregory, R. L. 1968)

O cérebro é um órgão muito complexo, que recebe informações e toma decisões de acordo com as indicações recebidas. É constituído por uma substância cinzenta, formada por corpos celulares, ligados entre si por fibras, que constituem a substância branca do cérebro.

A parte superficial do cérebro, o córtex, apresenta várias circunvalações com funções diferentes de recepção e interpretação de estímulos, essenciais na percepção dos vários sentidos. A função da visão está situada no córtex visual, na zona occipital do cérebro.

As células nervosas do cérebro são formadas por corpos celulares, os axónios, dotados de prolongamentos finos e compridos que transmitem os influxos vindos das células, e por muitas outras fibras, os dendritos, mais delgadas e curtas que transmitem os sinais às células. Estas células, com dendritos ligados entre si e axónios, podem parecer dispostas aleatoriamente mas, no caso do aparelho visual, formam fileiras regulares.

Estes conjuntos de células nervosas agrupam-se em dois hemisférios simétricos, idênticos e completos, ligados por dois feixes de fibras: o corpo caloso, mais espesso, e outro menor, o quiasma óptico.

4.4. O mecanismo da visão

O mecanismo da visão engloba os olhos e o cérebro. A função do olho consiste em concentrar os raios luminosos que o atingem e conduzi-los aos receptores (cones e bastonetes) que se situam na retina. Por meio da refração da córnea e da adaptação da íris, que se contrai ou dilata conforme a distância dos objectos ou intensidade da luz, e, principalmente, pelo poder de adaptação do cristalino, as radiações de luz são conduzidas aos pontos certos da retina, dando origem a uma imagem invertida, captada pelos fotorreceptores que enviam a informação ao cérebro, através do nervo óptico, onde a imagem é reconstruída na sua posição correcta.

Os olhos movimentam-se constantemente para possibilitar o envio da imagem ao cérebro. A imagem estabilizada na retina esbate-se em poucos segundos, tornando-se, portanto, necessário o movimento sacudido dos olhos para os

receptores não se adaptarem e não cessarem de enviar informações da presença da imagem para o cérebro.

Para uma visão correcta torna-se necessária a cooperação dos dois olhos na comparação da informação. O mecanismo visual unifica as duas imagens, ligeiramente diferentes, formadas nas retinas para conseguir a percepção dos objectos sólidos a três dimensões.

A retina de cada olho está dividida ao meio, verticalmente. As fibras retinianas que constituem o nervo óptico também estão divididas, e as fibras dos lados externos dos olhos dirigem-se ao lado correspondente da parte posterior do cérebro, enquanto as fibras dos lados internos (nasais) se cruzam por detrás dos olhos, no quiasma óptico, encaminhando-se para lados opostos do cérebro. Vindas do quiasma óptico, as fibras ópticas atravessam o corpo genicular lateral de cada hemisfério e vão terminar na zona central da área striata, a área de projecção visual.



Fig.4.4: Mecanismo da percepção visual (Gerritsen, F. 1983)

4.5. A visão da cor

A visão cromática pode ser considerada a parte mais importante do estudo da visão humana, porque distingue o homem da maior parte dos animais, contribuindo para uma melhor compreensão do mundo que nos rodeia e afectando os nossos estados emocionais. A importância da visão da cor é realçada nesta afirmação de Edith Feisner (2000, p2): «Our eyes are attracted to colour to such an extent that the colour of an object is perceived before the details imparted by its shapes and lines».¹⁶

Já vimos como as radiações luminosas captadas pelo olho, depois de atravessarem as diversas camadas do globo ocular, são projectadas na retina de onde as células fotorreceptoras diferenciadas enviam as informações para o cérebro.

¹⁶«Os nossos olhos são atraídos pela cor numa extensão tal que a cor de um objecto é percebida antes dos detalhes comunicados pelas suas formas e linhas.» (tradução livre). Feisner, E. A. (2000). *Colour: How to Use Colour in Art and Design*. London: Lawrence King Publishing Ltd.

bro. Sabemos que os cones são os responsáveis pela visão cromática, mas torna-se necessário compreender como se processa a diferenciação das cores.

Thomas Young (1773 a 1829) foi o primeiro cientista a procurar a explicação da visão das cores na diferenciação de três qualidades de receptores na retina, e a limitar a percepção cromática a três cores fundamentais, sendo as restantes cores, o resultado da soma de vários estímulos sobre os receptores referenciados. Em 1802, Thomas Young afirmou:

«Como é quase impossível conceber que cada ponto sensível da retina contenha um número infinito de partículas, cada uma das quais susceptível de vibrar de perfeito acordo com cada comprimento de onda possível, deve admitir-se que o número é limitado, por exemplo, às cores principais: vermelho, amarelo e azul...»¹⁷

Young veio a alterar a sua definição de cores principais para vermelho, verde e azul, no seu *Tratado da Filosofia Natural* em 1807, tendo esta teoria tricromática sido confirmada e ampliada, cinquenta anos mais tarde, por Herman Helmholtz (1821 a 1894) na sua obra *Óptica Fisiológica*. Assim, a teoria de Young-Helmholtz, como passou a ser conhecida, pressupõe a existência de três tipos de fotorreceptores: Cones S, sensíveis aos comprimentos de onda

curtos – cor azul ultramarino; Cones M, receptores de ondas médias e sensíveis à cor verde; e Cones L que captam as ondas longas

correspondentes à cor vermelha. No entanto a sensibilidade dos cones alarga-se a outros comprimentos de onda.

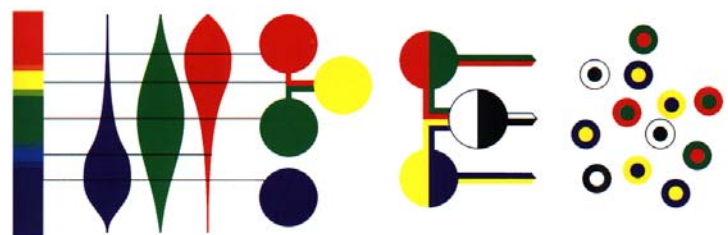


Fig.4.5: Sensibilidade dos cones M, L, e S à luz, segundo a teoria tricromática de Young Helmholtz (Miller, Mary C. 1997)

James Clerk Maxwell (1831 a 1879) veio confirmar esta teoria ao verificar, através de trabalhos experimentais, que conseguia obter qualquer cor através

¹⁷ Young, T. (1802) p120. In Gregory, R. L. (1968). *A Psicologia da Visão / o Olho e o Cérebro*. Sardoeira, I. & Salgado, A. (trad.). Porto: Editorial Inova Limitada.

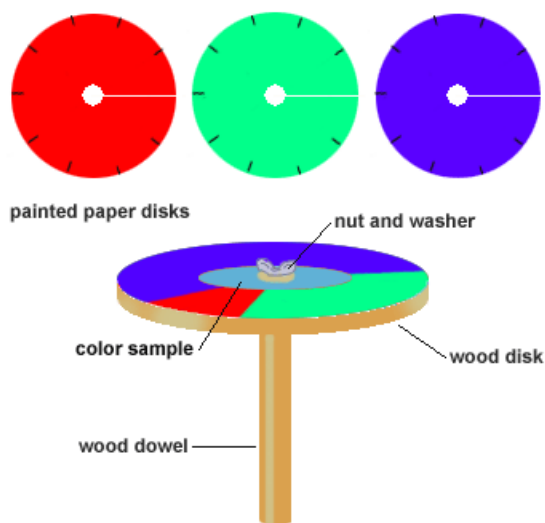


Fig.4.6: Discos utilizados por Maxwell, nas suas experiências (<http://www.colorsystm.com>)

de duas ou três fontes luminosas emissoras das cores primárias por meio de variações de intensidade.

Esta teoria não foi bem aceita na generalidade e outros estudiosos admitiram a ideia de quatro sensibilidades diferentes nos fotorreceptores. Ewald Hering (1834-1918), na sua teoria das cores oponentes, tenta explicar a formação de imagens posteriores que aparecem após uma observação prolongada de uma cor, afirmando que qualquer cor pode ser representada num eixo de coordenadas

que varia entre essa cor e a sua oponente, ou complementar. Assim Hering pressupõe que o sistema visual cria na retina sinais de pares opostos (Amarelo - Azul, Vermelho - Verde e Branco - Preto) que envia para o cérebro. Aqui, as cores intermédias ou secundárias resultam da combinação da informação enviada por cada canal de cores oponentes.

David Hubel e Torsten Wiesel fizeram investigações, a partir de 1966 que vieram comprovar a teoria das cores oponentes de Hering, identificando, no núcleo genicular lateral, três grupos de células que demonstravam a oponência das cores. Destas células, dois grupos funcionam como sistemas oponentes de cor, enquanto o terceiro funciona como sistema oponente espacial.

A teoria tricromática, de Young-Helmholtz, e a teoria das cores oponentes, de Hering, são hoje consideradas como teorias complementares. A teoria tricromática processa-se no olho, ao nível dos cones, enquanto a teoria das cores oponentes se processa no córtex visual por meio das células ganglionares que comunicam directamente com o cérebro, através do nervo óptico.

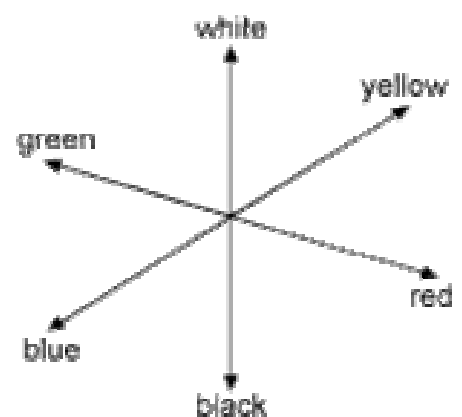


Fig. 4.7: Cores oponentes de Hering (<http://www.colorsystm.com>)

4.6. Resumo do Capítulo

Para uma melhor compreensão da cor e do modo como o ser humano a percebe, abordou-se, neste capítulo, o sistema visual e o mecanismo da visão, com destaque para a visão das cores. Fez-se a descrição do olho e do cérebro e do modo como estes dois órgãos contribuem para a visão dos objectos e das cores, através da descrição do mecanismo da visão com destaque para a visão das cores.

O capítulo seguinte incide sobre o fenómeno de percepção da cor, fazendo a distinção entre síntese aditiva, subtractiva e partitiva da cor, e definindo-se a cor pelas suas propriedades características de matiz, luminosidade, saturação, e pela sua temperatura. Abordar-se-á o conceito de cores complementares e descrever-se-ão os diferentes sistemas de ordenamento das cores.

5. Percepção da Cor

5.1. Introdução

A visão das cores é experimentada de modo diferente consoante se trate de cor directa, de cor percebida a partir de uma fonte de luz, ou de cor reflectida a partir de uma superfície. Procura-se, então, explicar neste capítulo os diferentes modos de percepção, descrever as características e a complementaridade das cores, e o fenómeno da imagem posterior.

5.2. Cor da luz

Desde o início dos tempos que a cor se identifica com a luz. A primeira fonte de luz conhecida é o sol que emite energia em todos os sentidos, o espectro electromagnético, de que só uma pequena quantidade chega até nós.

A luz que irradia do sol, só se torna visível quando incide sobre um planeta ou qualquer outra superfície. Quando a luz solar atinge a atmosfera terrestre, parte desta luz dispersa-se constituindo a luz ambiente, e a aparente cor azul do céu é resultante da reflexão das suas ondas curtas pelas partículas de vapor de água, suspensas na atmosfera. A luz irradiante que não se dispersou, atravessa a atmosfera e é percebida como luz solar directa.

5.2.1. Energia luminosa

Esta forma de energia propaga-se em linha recta, com uma velocidade constante (v) de $\sim 300\,000\text{Km/s}$, segundo um movimento ondulatório, um comportamento sinusoidal com picos e vales, cuja altura (positiva ou negativa) constitui a amplitude da onda, com comprimentos de onda (λ) e frequências características (γ).

O comprimento de onda (λ) representa a distância entre dois pontos de um movimento ondulatório com características semelhantes, sendo medido habi-

tualmente em milimicrons ($m\mu$), ou nanómetros (nm), o que corresponde a $1 \cdot 10^{-9}$ metros, e décimos de milimicron, denominados angstroms (\AA).

No movimento ondulatório, chama-se período ao espaço de tempo ocorrido entre dois pontos consecutivos com as mesmas características. Habitualmente, por uma questão prática, caracteriza-se a radiação em termos de frequência (γ), que representa o número de períodos por segundo que uma onda percorre, e é medida em hertz, equivalente a $1s^{-1}$.

A velocidade (v), que se exprime em ms^{-1} , representa o espaço percorrido pelos fótons durante um segundo, e estabelece com o comprimento de onda e com a frequência uma relação que se exprime pela fórmula – ' $v = \lambda \gamma$ '.

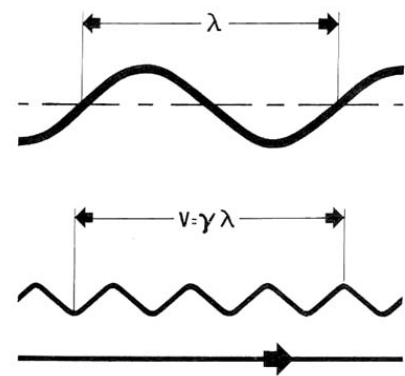


Fig. 5.1: Movimento ondulatório (Gerritsen, F. 1983)

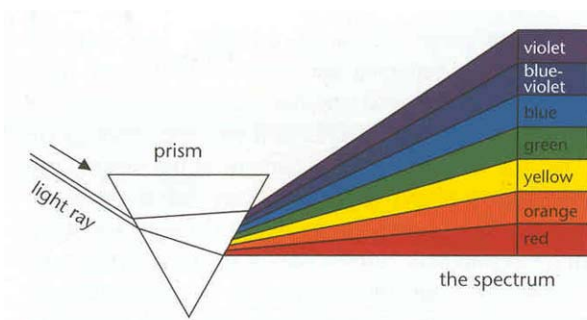


Fig. 5.2: Decomposição da luz branca através de um prisma (Feisner, E. 2000)

A luz é o efeito das radiações visíveis que fazem parte do espectro eletromagnético e cujos comprimentos de onda (λ) estão compreendidos entre 380 e 750 nm. Como já foi referido no capítulo 3., Sir Isaac Newton, em 1676, decompôs através de um prisma a luz branca do espectro solar num feixe de luz

multicolorida, em que a cada cor corresponde um comprimento de onda e uma frequência próprias, apelidando de *espectro* ou *íris* a progressão das cores, e *dispersão* a separação das cores.

No espectro, Newton identificou sete cores – violeta, azul ultramarino (violeta azulado), ciano (azul esverdeado), verde, amarelo, laranja e vermelho – e definiu as regras de refração, correspondendo o maior desvio aos comprimentos de onda mais curtos, e a uma refração menor os comprimentos de onda mais longos. O espectro visível, no entanto, não se limita a estas sete cores, apresentando-se como uma série contínua de gradações de matizes,

determinados por mudanças mínimas de comprimentos de onda mas, dada a dificuldade em os perceber todos, consideram-se aqueles que se percebem mais claramente.

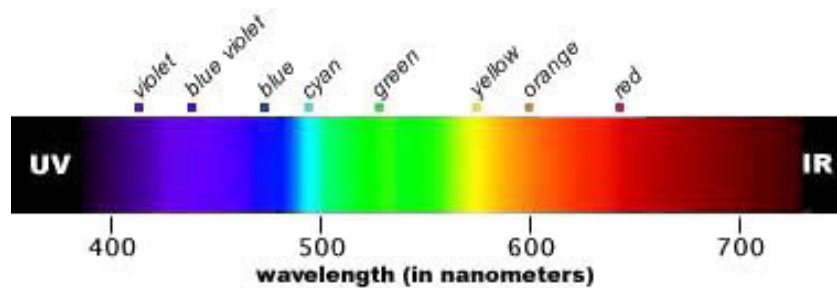


Fig. 5.3: Espectro solar visível (<http://www.colors-system.com>)

5.2.2. Sensibilidade à luz e à cor

Toda a radiação electromagnética, incluindo a luz, é emitida por fontes de radiação apropriadas. A fonte de radiação natural é o sol, mas existem outras fontes artificiais que emitem em vários comprimentos de onda e têm distribuições espectrais de energia diferentes (lâmpadas incandescentes, lâmpadas de descarga, etc.).

É possível medir a sensibilidade do olho às diferentes fontes de luz e, por meio de testes, descobriu-se que a sensibilidade do olho à luz é inversamente proporcional à quantidade de energia necessária para produzir a mesma luminosidade, e que o comprimento de onda mais favorável para obter a claridade máxima com a menor quantidade de energia (watts/cm^2) é de 555nm, zona em que o olho é mais sensível à luminosidade.

A sensibilidade do olho à cor foi estudada por vários cientistas e, como se viu no capítulo anterior, a teoria de Young-Helmholtz e as experiências de Clerck Maxwell explicam essa sensibilidade pela existência de três tipos de fotorreceptores: Cones S, sen-

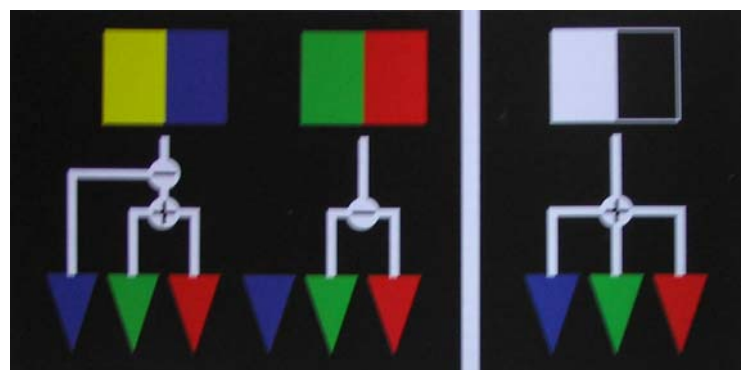


Fig. 5.4: Percepção cromática e acromática, segundo a teoria tricromática de Young-Helmholtz através dos cones M, L, e S (Fraser, T., Banks, A. 2004)

síveis aos comprimentos de onda curtos do azul; Cones M, receptores de ondas médias e sensíveis à cor verde; e Cones L que captam as ondas longas correspondentes à cor vermelha. Estes cientistas consideraram que a partir destas três cores espectrais se podiam obter todas as outras e, estudos posteriores vieram confirmar que se obtinham sempre resultados semelhantes, na fixação das curvas de distribuição espectral da energia luminosa, para obter estas três cores básicas.

5.2.3. Percepção da luz colorida

No conjunto do processo de recepção da energia luminosa e da sua transformação em sensação de cor, apesar da importância atribuída aos cones, é o sistema da visão na sua totalidade, que participa na formação da imagem final e contribui para a percepção das cores.

Viu-se que, quando activadas separadamente, as três sensibilidades espectrais do sistema visual

humano percebem as cores azul, verde e vermelho. No entanto, estas sensibilidades podem ser activadas com maior ou menor intensidade e em infinitas combinações, o que permite distinguir um grande número de cores que, num órgão visual normal, pode atingir os nove milhões.

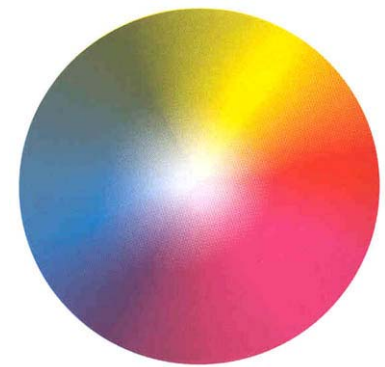


Fig. 5.5: Circulo de cores (Wong, W. 1997)

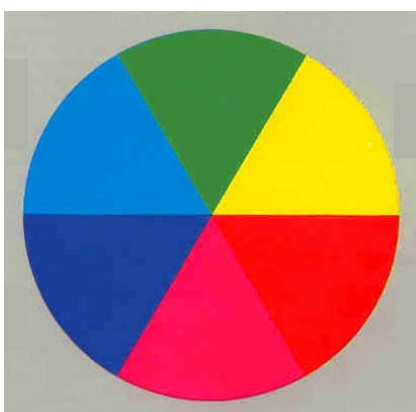


Fig. 5.6: Cores primárias e secundárias do olho (Gerritsen, F. 1983)

Segundo Frans Gerritsen (1974, p68), as três cores que correspondem às três sensibilidades dos cones, podem ser apelidadas de *cores primárias do olho* e, quando duas primárias do olho são activadas igualmente e simultaneamente, as cores resultantes – amarelo, magenta e ciano – serão chamadas de *cores secundárias especiais do olho*. Podem surgir muitas outras *cores secundárias do olho*, sempre que uma das duas sensibilidades da combinação for activada de forma diferente que o seu par. Todas as cores

para as quais forem activadas mais de duas sensibilidades, constituem as *cores terciárias do olho*.

O conjunto das cores primárias e secundárias do olho, e as suas infinitas combinações podem arrumar-se num único anel de cores, colocado no ponto 100 de luminosidade, enquanto o ponto neutro se coloca no 0, porque nenhuma das cores é atraída para o ponto neutro pela sua complementar (Gerritsen, 1974, p68).

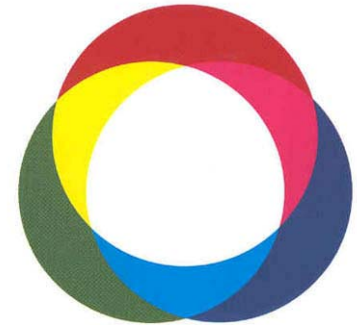


Fig.5.7: Activação igual e simultânea das três sensibilidades do olho (Holtzschue, L. 2002)

Quando as três sensibilidades do olho à cor são activadas, igualmente e simultaneamente, por uma fonte luminosa de iluminante D65 (iluminante padrão correspondente à distribuição espectral da luz do dia) incidente sobre uma superfície reflectora de todos os comprimentos de onda, surge a sensação de branco.

Reduzindo a intensidade de activação das três sensibilidades de modo a manter o equilíbrio, sem que nenhuma

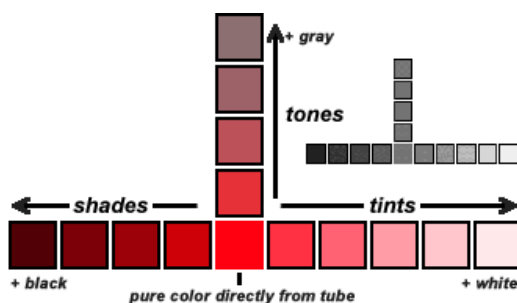


Fig.5.8: Variação de saturação e luminosidade de uma cor (<http://www.colors-system.com>)

domine, obtém-se a sensação de neutro no ponto 0 branco. Se, por outro lado, a activação das três sensibilidades for diminuída progressivamente até não existir activação, a cor chega ao 0 no ponto neutro preto. É possível fazer variar gradualmente o ponto neutro, do branco ao preto, com as três sensibilidades sempre activadas na mesma proporção, como

condição *especial* necessária à neutralidade, os cinzentos neutros conseguidos são as *cores terciárias especiais do olho* e correspondem às diferenças de luminosidade perceptíveis.

As cores directas, ou cores luz, são mais estáveis e não mudam quando a sua fonte muda de local, ou de um ambiente mais escuro para outro mais claro, o seu comprimento de onda específico é constante em todas as situações. Qualquer diferença na sua percepção é provocada unicamente pelas diferenças de

interpretação provocadas pela maior ou menor acuidade visual, ou pelos defeitos do mecanismo da visão, de quem vê a cor.

5.3. Cor dos objectos

Quando um feixe de luz branca, o feixe incidente, incide sobre uma superfície, um ou vários comprimentos de onda são absorvidos consoante os materiais ou pigmentos que a constituem ou revestem, e os restantes comprimentos de onda são reflectidos, formando o feixe reflectido, que, ao atingir o olho, permi-

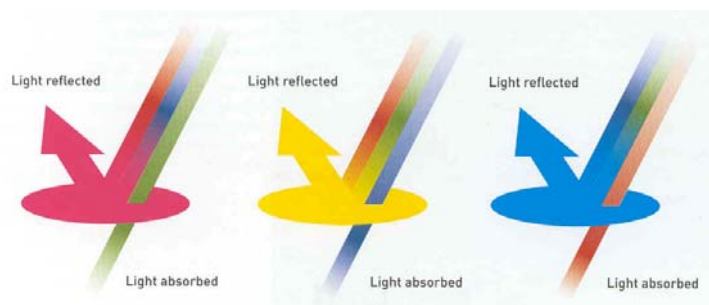


Fig. 5.9: A absorção e reflexão do feixe luminoso dá a cor às superfícies
(Fraser, T., Banks, A. 2004)

te a visão da cor da superfície. É este fenómeno que dá a cor aos objectos, mas para esta cor ser percebida, o seu comprimento de onda tem de fazer parte do conjunto dos comprimentos de onda do feixe incidente.

Os feixes luminosos podem ser absorvidos e reflectidos total ou parcialmente, dando assim origem às diferentes combinações de comprimentos de onda reflectidos que formam o conjunto de todas as cores visíveis. Quando todos os comprimentos de onda do feixe de luz branca são reflectidos, vê-se a cor branca e quando a totalidade do feixe incidente é absorvido, a cor visível é o preto; mas, se parte dos comprimentos de onda são absorvidos e os restantes reflectidos, vê-se a cor correspondente à combinação dos comprimentos de onda reflectidos.

Quando um único feixe, das três cores básicas da luz, é absorvido completamente, as cores visíveis correspondem às cores secundárias do olho, e são habitualmente consideradas como cores primárias. Deste modo se for absorvido unicamente o feixe de ondas curtas, correspondente à cor azul, a cor visível é o amarelo, resultante da activação dos sensores de ondas longas e

médias; se for absorvido o feixe de ondas médias (verde), vê-se a cor magenta, correspondente à activação simultânea dos sensores de ondas curtas e longas; e se for absorvido o feixe de ondas longas (vermelho) a cor percebida

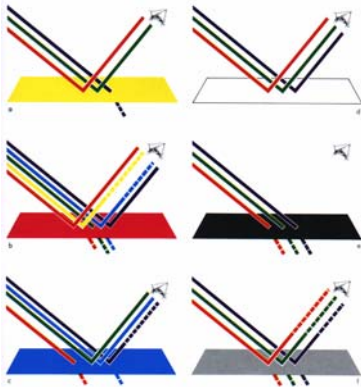


Fig. 5.10: Absorção e reflexão total e parcial
(De Grandis, L. 1984)

será o ciano provocada pela activação dos sensores de ondas curtas e médias.

As superfícies, ou os seus materiais de revestimento, não reflectem os comprimentos de onda que formam o feixe reflectido de forma absolutamente perfeita, antes podem absorver uma fracção de um comprimento de onda e reflectir o restante.

Os factores de absorção e reflexão também variam de material para material. Os materiais opacos absorvem e reflectem, total ou parcialmente, a

luz; os materiais transparentes são atravessados pela luz, sem absorverem, nem reflectirem, nenhum comprimento de onda; e os materiais translúcidos são atravessados por parte da luz incidente, reflectindo os restantes comprimentos de onda.

5.3.1. Factores de alteração da percepção da cor dos objectos

Existem vários factores, para além da interpretação do observador, que condicionam a percepção da cor das superfícies vistas pelo olho humano, para além dos materiais ou pigmentos que as revestem. As condições de iluminação (os comprimentos de onda da luz incidente, ou a sua intensidade), o meio envolvente e a textura da própria superfície, podem alterar a cor percebida, independentemente das suas características de absorção.

Uma luz incidente diferente da luz branca, como algumas luzes artificiais ou a luz do sol, ao amanhecer ou no poente, ou ainda com tempo encoberto, modificam a cor do objecto porquanto, não estando presentes todos os comprimentos de onda que constituem o espectro solar, o feixe reflectido se torna necessariamente diferente.

Também podem surgir modificações em resultado dos efeitos de uma fonte de luz indirecta. A luz indirecta acontece quando o feixe incidente atinge a

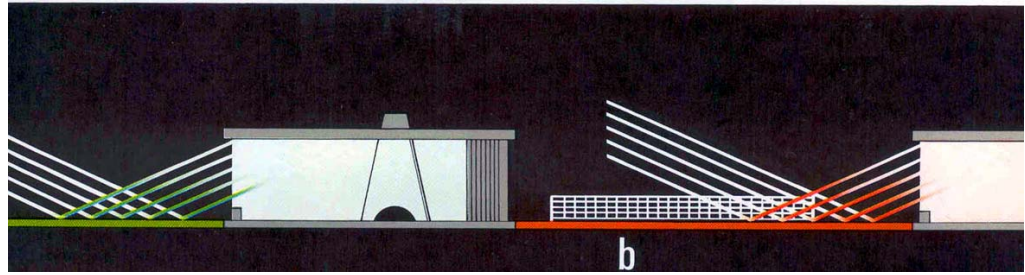
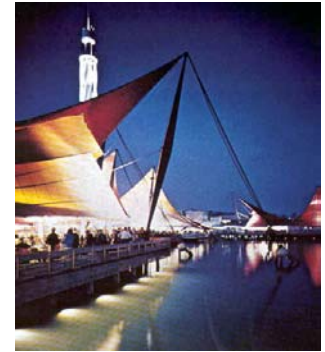


Fig. 5.11: Alterações à cor das superfícies provocada por luz indirecta (Gerritsen, F. 1983)

superfície reflectora segundo um ângulo tal que o feixe reflectido vai, ainda, incidir sobre outra superfície e é reflectido, a partir desta para o olho. O resultado de uma luz indirecta pode ser uma cor indirecta, que depende do ângulo de incidência da luz, de uma superfície reflectora e de uma superfície alvo. Se a luz branca atinge uma superfície altamente reflectora de modo que o feixe colorido, reflectido a partir dela, vá incidir sobre outra superfície, a superfície alvo, a cor aparente desta última vai ser alterada por influência da luz colorida.



Enquanto a posição da fonte de luz e o seu ângulo de incidência, determinam o ângulo de reflexão, também a natureza das superfícies de revestimento, conforme ela é rugosa ou lisa, determina a direcção da luz e, conseqüentemente, influencia a percepção da cor em termos de claro e escuro.

As superfícies lisas reflectem a luz directamente, de modo que grande parte da luz incidente é reflectida directamente para o olho, parecendo mais clara que uma superfície rugosa. Uma superfície lisa e brilhante reflecte a luz tão directamente que grande parte é reflectida como luz branca, sendo só uma ínfima parte reflectida como cor. Quando a superfície é muito brilhante ofusca o olho com a luz branca, desviando a maior parte do feixe incidente, antes de atingir os receptores sensíveis à cor, e tornando a cor menos perceptível e mais escura, porque a maior parte do feixe incidente é desviado antes de atingir a superfície.

Uma superfície mate, sem brilho, é uma superfície que é quase microscopicamente enrugada, de modo que a sua rugosidade é tão fina que não pode ser vista a olho nu. Esta superfície difunde a luz igualmente em todas as direcções, de modo que o feixe reflectido é constante de qualquer ponto de vista.

As cores, numa superfície mate, são lisas e uniformes, o que as torna fáceis de ver e compreender.

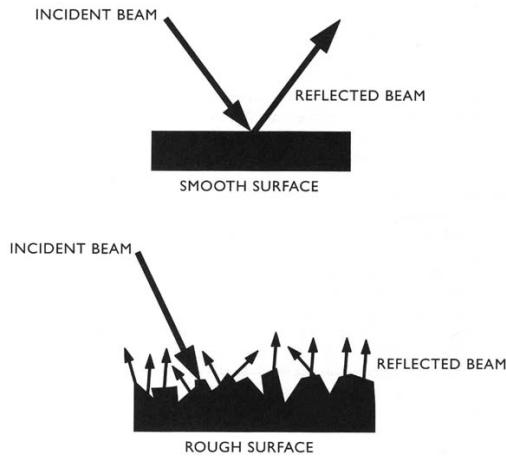


Fig. 5.12: Interdependência entre superfície e reflexão da luz (Gerritsen, F. 1983)

As superfícies rugosas, ou texturadas, refletem a luz de modo fragmentado, espalhando a luz em várias direções e parecendo mais escuras que uma superfície lisa do mesmo material, porque o feixe de luz que atinge o olho é menor. Se uma superfície for muito rugosa, ou tiver uma textura irregular, a luz refletida é espalhada em tantas direções, e com ângulos de reflexão tão diferentes, que a superfície parece matizada com áreas claras, médias e escuras, o que as torna mais dinâmicas e vivas.

A cor que se vê, a sua pureza e a sua luminosidade, são um produto da ação combinada do olho e do cérebro, no entanto, a memória também tem influência na percepção da cor, porque grande quantidade das cores percebidas é baseada em experiências anteriores e não corresponde à realidade da cor observada, mas ao reconhecimento de uma cor observada anteriormente.

Na realidade, as três sensibilidades à cor são sempre activadas simultaneamente, com intensidades diferentes, quando se olha para uma cor isolada do espectro solar. No entanto, quando uma cor *primária* é activada de modo predominante, é a sensação de cor correspondente que é recebida, enquanto a influência das outras sensibilidades é posta de parte.

Também, a facilidade de percepção não é idêntica para todas as cores, as cores amarelas e verdes são vistas mais rapidamente e com mais facilidade que os

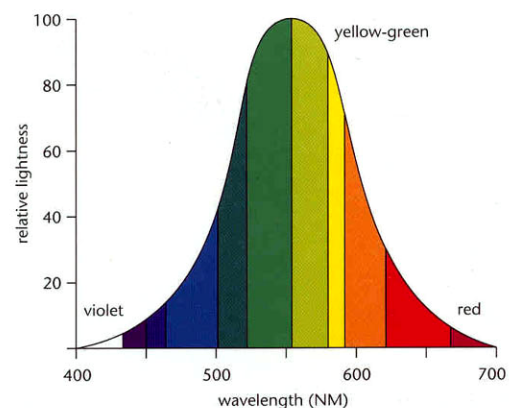


Fig. 5.13: Curva de percepção do espectro visual (Feisner, E. 2000)

vermelhos e violetas. Olhando para a ordem das cores no espectro visual, pode-se observar que as cores amarelo e verde se encontram no cimo da curva da percepção, enquanto o vermelho e o violeta formam as extremidades mais baixas.

5.4. Características da Cor

As cores têm várias características próprias, que ajudam a descrevê-las de forma objectiva, e contribuem para uma boa percepção e identificação. As três características, habitualmente consideradas para definir uma cor, são: matiz, luminosidade e saturação. Poder-se-á, ainda, acrescentar como quarta característica a temperatura.

5.4.1. Matiz

Matiz é a característica da cor que é definida pelo seu comprimento de onda, e a situa no espectro visível. Na linguagem comum, confunde-se com o nome da cor, mas, mesmo que seja apelidado de modo diferente, o matiz mantém-se constante desde que o comprimento de onda seja o mesmo.

As cores primárias especiais do olho são matizes que activam uma única sensibilidade do olho, mas, na medida em que as várias sensibilidades do olho são activadas, com maior ou menor intensidade, vão surgindo vários matizes, as cores secundárias do olho, qualquer deles puro, sem mistura de branco, preto ou cinzento, e com um comprimento de onda próprio.

5.4.2. Luminosidade

Luminosidade é o grau de claridade de um matiz. É uma característica de intensidade que, na linguagem corrente tem o significado de cor clara ou escura, ou de fonte luminosa intensa ou fraca, e que pode ser alterada pela adição de branco ou preto.

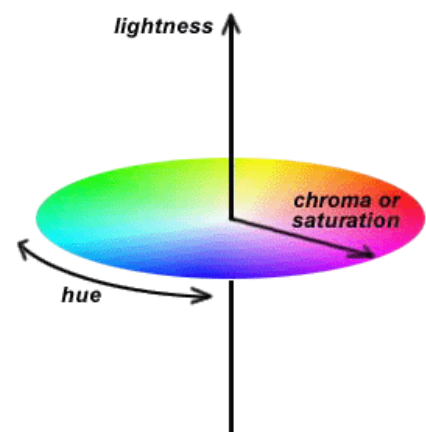


Fig. 5.14: Três características da cor: matiz (hue), luminosidade (lightness) e saturação (chroma) (<http://www.colors-system.com>)

Segundo as leis da percepção, quando as três sensibilidades do olho são activadas igualmente e simultaneamente, à luminosidade máxima corresponde a cor branca. Quando uma ou várias sensibilidades são activadas, à luminosidade mais fraca possível, corresponde a cor preta. No eixo de luminosidade neutro, que vai do branco ao preto, passando pelos vários cinzentos, as três sensibilidades são activadas sem que nenhuma delas seja dominante, e o cinzento que se encontra a meio da escala é denominado de *cinzento de luminosidade média*.

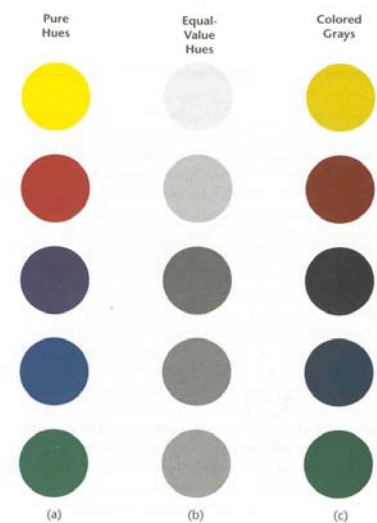


Fig.5.15: Escalas de luminosidade neutras, de matizes puros e matizes pouco saturados (Feisner, E. 2000)

Os matizes puros, que resultam da activação predominante de uma ou duas sensibilidades, têm todos uma luminosidade relativa determinada. Quando é activada uma única sensibilidade, o matiz correspondente é menos claro que qualquer outro em que tenham sido activadas duas sensibilidades.

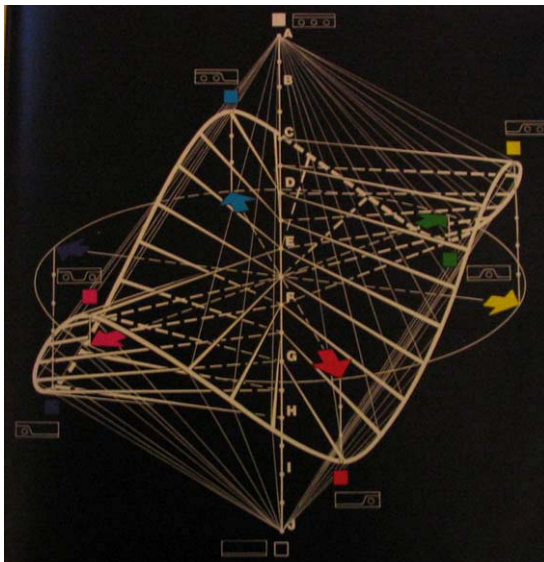


Fig. 5.16: Diagrama de F. Gerritsen com escala de luminosidade (Gerritsen, F. 1983)

segmentos iguais e correspondentes à gradação de luminosidade, atribuindo-lhes letras de A a J, por ordem decrescente, em que à letra A corresponderia o branco, enquanto o preto estaria situado na letra J. Considerando, então, as

Quando se misturam pigmentos, a luminosidade também é diminuída e, por isso, os matizes resultantes da mistura são mais escuros. Acrescentando branco, a um matiz puro, este torna-se mais luminoso e frio, no entanto, acrescentando cinzento, se for um cinzento com a mesma luminosidade que o matiz, pode-se alterar a cor sem que a luminosidade mude.

Segundo Gerritsen (1974, p103), dividindo-se o eixo neutro de luminosidade, que vai do branco ao preto, em

cores primárias do olho (activadas por uma sensibilidade) e as cores secundárias especiais do olho (activadas igual e simultaneamente por duas sensibilidades), pela mesma ordem ao amarelo corresponderia a letra *C*, ao ciano a letra *D*, ao magenta o *E*, a letra *F* corresponderia ao verde, o *G* ao vermelho, e o *H* ao azul ultramarino. Também Schopenhauer, ao sistematizar as teorias de Goethe, atribuiu uma numeração aos diferentes matizes por ordem decrescente de luminosidade.

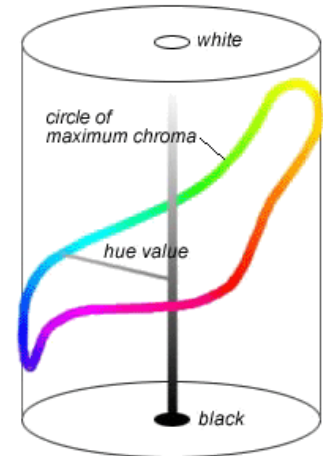


Fig. 5.17: Diferenças de luminosidade das cores (<http://www.colors-system.com>)

A linha da luminosidade não é uma linha de nível, uma vez que os diferentes matizes têm luminosidades diferentes, como já foi referido no capítulo 3. quando se descreveu o sistema de ordenamento, ou diagrama das cores, proposto por Frans Gerritsen.

Também a luz altera a luminosidade dos diferentes matizes. A luz forte intensifica os matizes mais claros, enquanto a luz fraca intensifica os matizes mais escuros.

5.4.3. Saturação

A saturação define o grau de pureza de um matiz. Todos os matizes puros são completamente saturados, têm a saturação a *100*, o que significa que está no seu grau óptimo de saturação. Quando a saturação é nula, a cor é acromática e pertence ao eixo neutro de luminosidade.

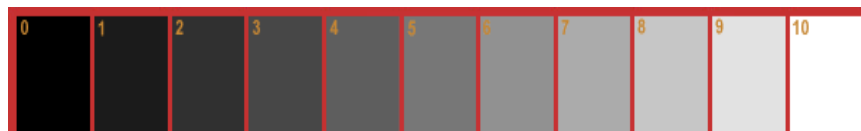


Fig. 5.18: Escala de saturação acromática, semelhante à escala neutra de luminosidade (<http://www.colors-system.com>)

No entanto, dentro do eixo de neutralidade podem existir diferenças de saturação, considerando o preto como completamente saturado e o branco sem saturação, do mesmo modo que existe uma escala acromática de luminosidade.

Segundo as leis de percepção das cores, e de acordo com a teoria de Young-Helmholtz, para aclarar uma cor torna-se necessário activar em parte as sensibilidades que não pertencem à cor, mas, quando esta se torna mais clara, fica também mais pálida, ou menos saturada. Para tornar uma cor mais escura, a sua sensibilidade deve ser menos activada, perdendo assim luminosidade e saturação.



Fig.5.19: Variação de saturação de um matiz (<http://www.colorsystm.com>)

5.4.4. Temperatura

A temperatura da cor é, também, uma característica da cor, quer por comparação com outras cores, quer pelos efeitos que provocam.

Pesquisas efectuadas demonstram que certas cores estimulam e aumentam ligeiramente a temperatura do corpo humano, as cores quentes, enquanto outras as cores frias, relaxam e fazem baixar a temperatura.

Sir William Herschell, nas suas experiências, mediu a temperatura das cores refractadas do prisma, colocando um termómetro no centro dos vários feixes do espectro, chegando à conclusão que esta aumentava do feixe violeta para o vermelho. Paralelamente a medição das cores, por meio de sensores electrónicos, revela que as superfícies revestidas de gamas de vermelho, laranja, ou amarelo, são mais quentes que as revestidas de verde ou azul. A escala decrescente das temperaturas das cores principais é: vermelho, laranja, amarelo, azul ultramarino, ciano, magenta e branco. As cores violeta e verde, no que respeita à temperatura, são cores neutras.

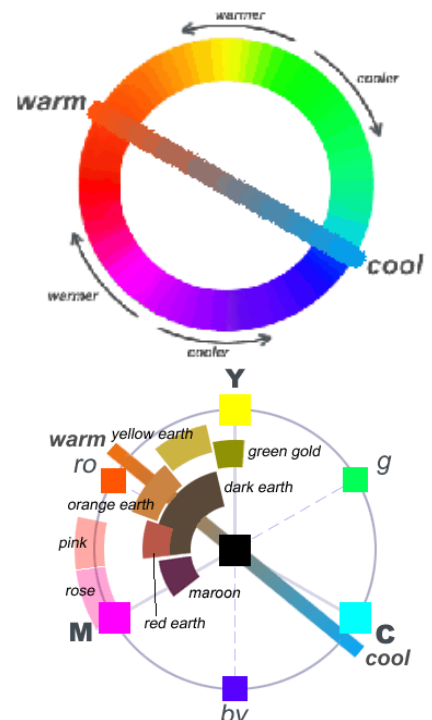


Fig. 5.20: Matizes quentes e frios no círculo cromático (<http://www.colorsystm.com>)

As cores escuras são mais quentes que as cores claras, porque absorvem mais luz incidente. Compreende-se assim, que dentro de um mesmo matiz, a temperatura possa variar com a luminosidade. Numa composição, ou num meio

envolvente, o olho é espontaneamente atraído pelas cores quentes, mas necessita de maior concentração para perceber as cores frias.

A mistura de pigmentos também pode alterar a temperatura das cores. Assim, um matiz frio, quente, ou neutro, misturado com outro mais frio, vai perder temperatura, enquanto, se for misturado com outro mais quente, adquire uma temperatura mais elevada.

A temperatura relativa das cores, faz com que uma cor possa parecer fria em relação a uma cor mais quente, e quente em relação a outra menos quente.

5.5. Cores complementares

«Deux couleurs pigmentaires qui, mélangées, donnent du gris-noir neutre, nous les désignerons sous le nom de couleurs complémentaires. Physiquement, deux lumières colorées qui, mélangées, donnent de la lumière blanche sont également complémentaires. [...] Elles sont opposées, elles s'exigent réciproquement, elles se renforcent jusqu'à la luminosité la plus grande l'une à côté de l'autre et se détruisent par le mélange en gris – comme le feu et l'eau. Il n'y a chaque fois qu'une seule couleur qui soit complémentaire d'une autre.»¹⁸ (Itten 1985, p78)



Fig. 5.21: As cores complementares opõem-se no círculo cromático (De Grandis, L. 1984)

O conceito das cores complementares foi estabelecido a partir das descobertas de Sir Isaac Newton, no entanto, foi Ewald Hering quem relacionou este conceito com o mecanismo da visão ao propor a sua teoria das cores oponentes, mais tarde comprovada por David Hubel e Torsten Wiesel, de que já se falou no capítulo 4.

A percepção da luminosidade e do matiz de uma cor é activada pela reacção das sensibilidades do olho, à emissão, reemissão, ou transmissão de certos comprimentos de onda da luz. Os comprimentos de onda que iriam activar as sensibilidades do olho, ainda não activadas, constituem a cor complementar. A

¹⁸ «Duas cores pigmentares que, misturadas dão um cinzento-escuro neutro, designá-las-emos pelo nome de cores complementares. Fisicamente, duas luzes coloridas que, misturadas, dão a luz branca são igualmente complementares. [...] são opostas, exigem-se reciprocamente, reforçam-se até à luminosidade maior uma ao lado da outra e destroem-se pela mistura, em cinzento – como o fogo e a água. Não há de cada vez senão uma cor que seja complementar de uma outra.» (tradução livre). Itten, J. (1985). *Art de la Couleur*. Paris : Dessain et Tolra

cor complementar é, portanto, igual ao feixe de luz absorvido e, a adição das duas cores, ou dos dois feixes luminosos, reconstitui a luz branca, como acontece na síntese aditiva da cor. Na síntese subtractiva, a soma das duas cores complementares, que resultam na absorção total da luz, é o preto. Na síntese partitiva, ou mistura óptica, a cor percebida pela mistura de duas cores complementares de igual grandeza, será um cinzento neutro, cuja luminosidade é a média da luminosidade das duas cores intervenientes.

A cor complementar do branco é o preto, e as complementares das cores primárias do olho são, deste modo, as cores secundárias especiais do olho, assim, a cor complementar do azul ultramarino é o amarelo, a complementar do vermelho é o ciano, e a do verde é a cor magenta. No entanto, a totalidade dos pares de cores complementares não se limitam a estas, porque cada matiz do espectro visível, independentemente da sua luminosidade ou saturação, tem uma cor complementar, o seu par para a reconstituição da luz branca.

Partindo do pressuposto que um par de complementares activa completamente a retina, ou seja todas as sensibilidades do olho, Schopenhauer (1994, pp30-34) estabeleceu uma relação de proporcionalidade para os pares de cores complementares. Assim o par violeta/amarelo tem a correspondência de 1/4 para 3/4, ao par azul/laranja correspondem respectivamente 1/3 e 2/3, e para o par verde/vermelho, de luminosidade próxima, a correspondência será de 1/2 para 1/2. Ao par acromático branco/preto corresponde 1 e 0, porque o branco activa completamente as sensibilidades do olho e o preto não activa nenhuma sensibilidade.

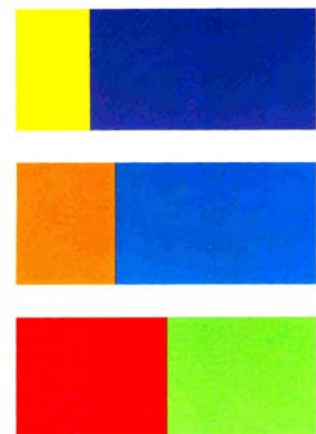


Fig. 5.22: Proporções entre complementares de Schopenhauer (Itten, J. 1985)

5.6. Imagem posterior ou consecutiva

A imagem posterior, ou consecutiva, é uma relação de complementaridade provocada pela fadiga do olho e pela memória visual, que se mantém durante alguns segundos. Este fenómeno consiste em, após observar fixamente uma cor, ver a cor complementar sobre um fundo branco. A reacção é mais imediata se a cor observada for muito intensa, e acontece porque os cones sensíveis

a essa cor ficam saturados e, quando o olhar se desvia para a superfície branca, esses cones estão temporariamente inibidos sendo unicamente activadas as sensibilidades complementares. Esta imagem posterior, que tem como resultado uma imagem complementar, é habitualmente denominada imagem posterior negativa.

No entanto, a imagem posterior pode ser positiva quando acontece sob um estímulo intenso de uma luz forte, após uma breve observação, e é semelhante à cor vista. Depois de se olhar brevemente para uma luz branca, ou para um raio de sol reflectido por um vidro ou pela água, vê-se uma imagem posterior amarelo esverdeada, correspondente ao pico de sensibilidade da curva de percepção do espectro visível.

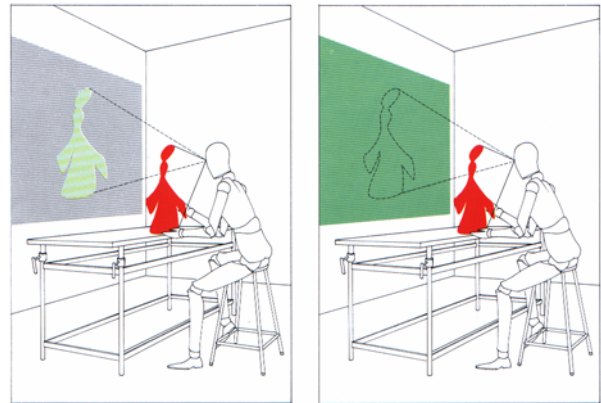


Fig.5.23: Imagem posterior ou consecutiva (De Grandis, L. 1984)

Todos os matizes formam uma imagem posterior com o seu matiz complementar e, do mesmo modo, a imagem posterior da cor branca é a cor preta. Este fenómeno é a base dos contrastes sucessivo e simultâneo.

5.6.1. Contraste sucessivo:

Contraste sucessivo é a reacção de imagem posterior que as cores provocam, quando o olho as observa uma em seguimento de outra. Quando o olho se move rapidamente sobre uma superfície colorida, observa não só a cor em que está focado, mas também a imagem posterior da cor previamente observada. Este fenómeno acontece porque o olho, ao procurar activar a sensibilidade completa, vai tingir as cores adjacentes com o matiz complementar da cor observada.

O contraste sucessivo é provocado unicamente pelos matizes, independentemente da sua luminosidade, e todos eles têm imagens posteriores que afectam as cores adjacentes, especialmente o branco. Se dois matizes com máximo contraste de luminosidade são colocados ao lado um do outro, quando se afastam, o matiz claro escurece e o matiz escuro torna-se mais claro. Embora

a imagem posterior do branco seja o preto, o contraste sucessivo não acontece com estas duas cores, em razão da sua neutralidade, assim como não acontece com matizes pouco saturados.



Fig 5.24: Contraste sucessivo (<http://www.colorsystm.com>)

Frans Gerritsen (1974, p138) descreve a seguinte experiência: depois de fixar a luz através de um vidro magenta, o olho, mais ou menos adaptado ao magenta, vê o verde (cor complementar do magenta) quando se retira o vidro. Fechando os olhos para fazer desaparecer o verde, vê-se a imagem consecutiva da cor formada por vermelho e verde, quer dizer o azul, imagem consecutiva do amarelo.

O contraste sucessivo pode ser neutralizado, se a cor circundante for a cor complementar. Também se pode diminuir, ou neutralizar, o efeito de imagem posterior contornando a cor observada a preto ou a branco.

▪ **Contraste sucessivo na visão escotópica**

Chama-se visão escotópica à visão a meia-luz, em que é activada unicamente a sensibilidade dos bastonetes. No capítulo 4., foi descrita a diferença entre cones e bastonetes e o modo diferente como reagem ao estímulo da luz, tendo-se referido o facto de os bastonetes serem responsáveis pela adaptação do olho à luz e pela visão escotópica. A velocidade de adaptação dos cones e bastonetes também é diferente, sendo a velocidade dos cones de cerca de sete minutos, enquanto a dos bastonetes demora uma hora ou mais.

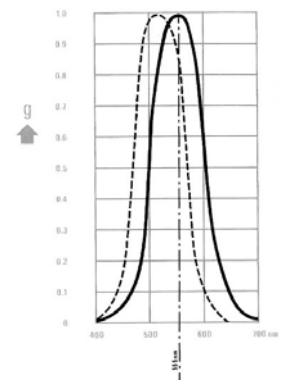


Fig. 5.25: Curva de sensibilidade do olho, em direcção às ondas curtas (Gerritsen, F. 1983)

No processo de adaptação à escuridão, o olho, perde acuidade na percepção do espaço e no tempo, perdendo a faculdade de discriminar pormenores, e

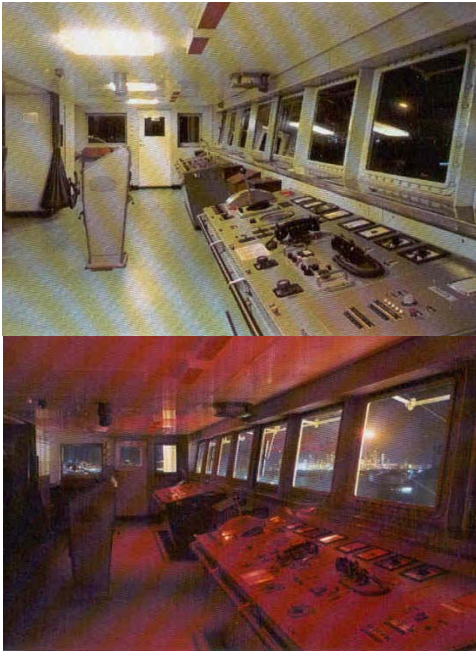


Fig. 5.26: Visão escotópica
(Gerritsen, F. 1983)

ganhando sensibilidade. A menor velocidade da adaptação do olho à obscuridade resulta num atraso da mensagem do olho para o cérebro, semelhante ao que acontece quando se foca uma máquina fotográfica em luz fraca e o tempo de exposição aumenta.

Como abaixo de um determinado nível de luminosidade só entram em acção os bastonetes, e estes são unicamente sensíveis a comprimentos de onda médios e curtos, continua a ter-se a percepção das cores azul e verde, mas não do vermelho.

Comparando à meia-luz um vermelho e um azul, que parecem igualmente saturados à

luz do dia, a visibilidade do vermelho diminui até a cor se confundir com o preto, enquanto a visibilidade do azul aumenta e se torna mais nítida, sendo esta percepção apelidada de efeito Purkinje, do nome do fisiólogo checo Jan Evangelista Purkinje, ou Purkině, que o descreveu em 1819.

Estas propriedades de adaptação do olho são importantes para resolver a dificuldade de funcionamento na obscuridade, em que se torna necessário observar o interior iluminado, ou os quadrantes luminosos dos aparelhos, e o exterior na escuridão. Para facilitar a adaptação do olho, o interior e os quadrantes de controlo devem ter uma iluminação em que dominem os comprimentos de onda longos, da gama dos vermelhos, facilitando a adaptação do olho às restantes sensibilidades, quando fixa o exterior na obscuridade.

5.6.2. Contraste simultâneo

Contraste simultâneo é o resultado de uma imagem posterior que altera o aspecto de uma cor, por influência de cores adjacentes, tendo a cor influenciada, necessariamente, uma área menor que a cor influente. Esta reacção pode acontecer sobre matizes, saturados e esbatidos, e cores neutras, podendo também afectar a sombra de um objecto.

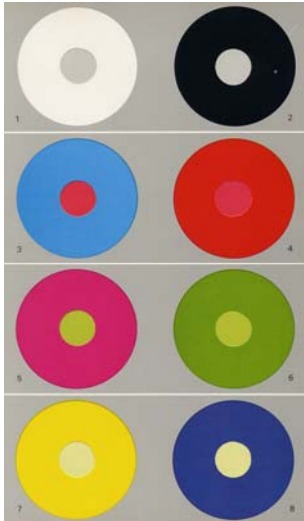


Fig. 5.27: Contraste simultâneo com fundo neutro (Gerritsen, F. 1983)

As cores neutras são as mais afectadas pelo contraste simultâneo, e um fundo cinzento neutro, que em resultado deste contraste fica tingido com o matiz complementar, tendo como resultado as cores envolvidas parecerem mais intensas.

Sendo previsível, o contraste simultâneo pode ser controlado, alterado e até anulado pela substituição das cores adjacentes. Uma das formas de eliminar este contraste é tingindo a área circundante com o matiz da cor influenciada, outra forma será delimitando a cor com um contorno que cria um área fechada e serve de barreira entre as cores.

O contraste simultâneo, sendo um contraste de forma e fundo, pode acontecer em relação à luminosidade, saturação e matiz, e em relação ao conjunto das três características da cor:

- **Contraste simultâneo de luminosidade**

Uma cor sobre um fundo branco, ou de uma cor clara, parece menos luminosa, porque quando o meio envolvente tem uma grande luminosidade o olho adapta-se localmente a essa claridade, tornando-se menos sensível a outra grande luminosidade, e ficando mais sensível a uma luminosidade mais fraca. Quando o fundo é preto, ou de uma cor escura, o olho é localmente menos sensível a uma luminosidade mais baixa e as cores, sobre esse fundo, parecem relativamente mais claras.

- **Contraste simultâneo de saturação e de matiz**

Acontece quando uma cor é colocada sobre um fundo complementar. Neste caso a cor, porque é reforçada com a cor de contraste simultâneo, parece tingida pela cor desse contraste, e tem um aspecto mais saturado do que se estiver colocada sobre um fundo com uma tonalidade próxima da sensibilidade do seu matiz.

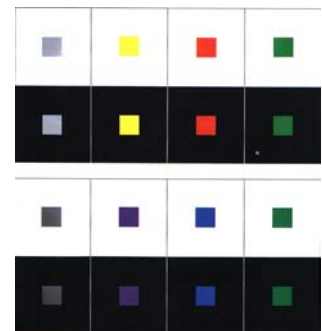


Fig. 5.28: Contraste simultâneo de luminosidade (De Grandis, L. 1984)

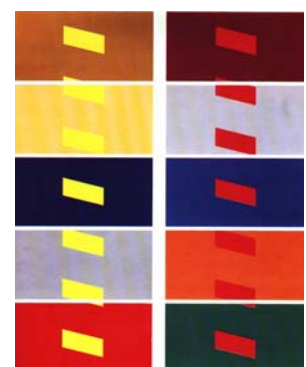


Fig. 5.29: Contraste simultâneo de saturação e matiz (De Grandis, L. 1984)

5.6.3. Mistura óptica

É a imagem posterior que acontece quando o olho, após se fixar durante algum tempo numa cor muito saturada, se desvia para um fundo de matiz diferente mas igualmente saturado. O cérebro interpreta esta cor como uma mistura da cor observada anteriormente com a nova cor, com uma intensidade de cor luz, superior à da mistura de pigmentos. Deste modo se for observado um objecto amarelo, quando o olho está adaptado à cor verde do objecto anterior, esse objecto parecerá laranja.

5.7. Síntese aditiva, subtractiva e partitiva

A mistura das cores faz-se de modo diferente, conforme se trate de uma mistura de luz ou de cor directa, de uma mistura de cores pigmento, ou ainda, de uma mistura indirecta de feixes reflectidos.

5.7.1. Síntese aditiva da cor

É um processo de mistura directa de feixes luminosos coloridos, como a que é utilizada nos espectáculos de luz e som, bem como na iluminação cénica. Nesta combinação de cores acrescenta-se energia luminosa, numa ou mais zonas de comprimentos de onda do espectro luminoso, ao fluxo de luz emitido em direcção ao olho pela fonte luminosa. Um ou vários receptores sensíveis aos vários comprimentos de onda são activados e a cor misturada será sempre mais clara que a mais luminosa das cores componentes.

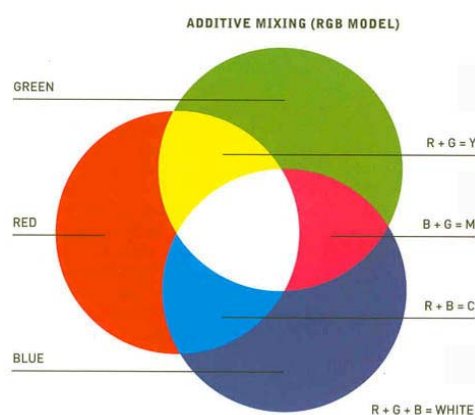


Fig. 5.30: Síntese aditiva
(Fraser, T., Banks, A. 2004)

Quando os três receptores são activados igualmente vê-se a luz branca, e se o forem de modo desigual ver-se-á uma cor terciária do olho. Se só um dos receptores for activado, a luz que se vê corresponde à cor primária do olho do respectivo comprimento de onda e, quando dois receptores são activados de modo similar vêem-se as cores secundárias do olho.

5.7.2. Síntese substractiva da cor

É um processo de sobreposição de cores transparentes, como as aguarelas, ou de mistura de pigmentos, que são vistas pelo olho como luz reflectida. Na formação destas cores retira-se energia luminosa, numa ou várias faixas de comprimento de onda, ao fluxo luminoso reflectido pelo objecto em direcção ao olho, que vai activar um ou mais receptores de ondas curtas, médias ou longas.

Embora teoricamente a sobreposição das cores secundárias do olho (cian, magenta e amarelo), elimine toda a reflexão da luz e tenha como resultado a cor preta, na prática existe sempre alguma reflexão e a cor percebida, neste caso, é um cinzento-escuro ou acastanhado. Do mesmo modo, uma mistura substractiva é sempre mais escura que qualquer das componentes.

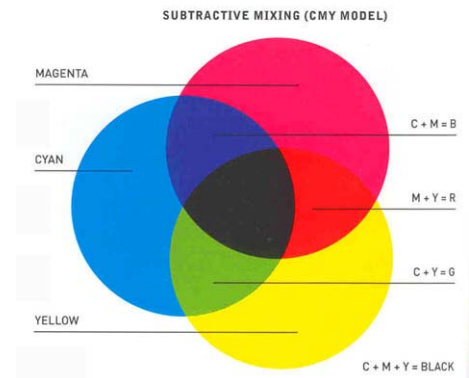


Fig.5.31: Síntese substractiva (Fraser, T., Banks, A. 2004)

5.7.3. Síntese partitiva da cor

Esta síntese baseia-se na reacção que as cores provocam quando são vistas em relação a outras, colocadas junto delas, e não isoladamente.

Na impressão a quatro cores, na pintura pontilhista e na mistura de cores dos mosaicos, utiliza-se a síntese partitiva da cor reflectida. Faz-se aqui uma mistura óptica, uma repartição das cores em zonas diminutas que se misturam no olho, sendo a luminosidade da cor resultante correspondente à média de todas as cores misturadas.



Fig. 5.32: Síntese partitiva na pintura pontilhista (Feisner, E. 2000)

No processo de impressão a quatro cores, as redes de pontos das três cores primárias e de preto são colocadas umas sobre as outras, segundo ângulos diferentes (45° para preto, 75° para magenta, 90° para amarelo e 105° para ciano). O olho mistura opticamente estes pontos para formar todos os mati-

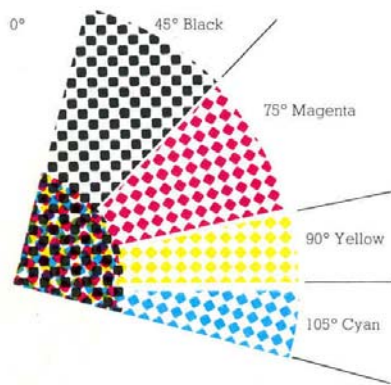


Fig. 5.33: Síntese partitiva no processo de impressão (Campbell, A. 1983)

zes, sendo a densidade e tamanho dos pontos a determinarem a intensidade da cor. A impressão da cor preta torna-se necessária porque a mistura de luminosidade das três cores primárias (cores secundárias do olho), seria o cinzento.

Nesta combinação de cores, são proporcionalmente activados um ou mais receptores sensíveis aos diferentes comprimentos de onda, e o fluxo luminoso reflectido terá a luminosidade média das emissões das superfícies coloridas que se pretendem combinar.

As transmissões de vídeo e televisão constituem um processo de síntese partitiva da cor luz, em que são transmitidas, segundo um padrão preestabelecido, as três cores primárias do olho: azul, verde e vermelho. Este padrão está repartido em todo o ecrã, dentro de um tubo e, na medida em que os três principais comprimentos de onda são activados, vêem-se as cores que constituem as imagens coloridas de tal modo que a claridade e a construção da cor obedecem à síntese aditiva da cor, enquanto as superfícies coloridas são formadas a partir da síntese partitiva.

5.8. Efeito Bezold

Wilhelm von Bezold (1837 – 1907) descobriu que podia alterar completamente a aparência dos desenhos, ou dos ambientes, mudando uma única cor. Este conceito tornou-se conhecido como efeito Bezold, e acontece quando a cor dominante de uma composição é alterada, provocando diferenças de luminosidade e resultando numa percepção completamente diferente de todo o conjunto.

A utilização da cor branca, como dominante, aclara toda a composição, porque esta cor parece expandir-se, enquanto, nas mesmas condições, o preto provoca um escurecimento da tonalidade do conjun-

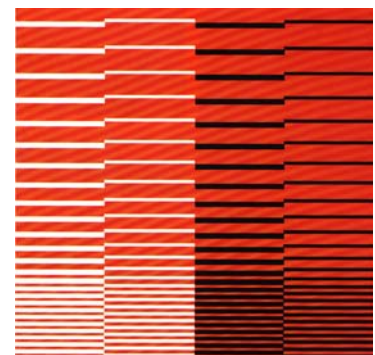


Fig. 5.34: Efeito Bezold (De Grandis, L. 1984)

to. Do mesmo modo, um matiz dominante com alta luminosidade irá aclarar a composição, e um matiz de baixa luminosidade vai escurecê-la. Estas alterações serão tanto mais dramáticas, quanto maiores forem as diferenças entre matizes, e as diferenças de luminosidade.

5.9. Resumo do capítulo

Este capítulo descreveu as características do movimento ondulatório da luz e abordou o fenómeno de percepção da cor. Na percepção da cor foi feita a distinção entre cor luz e cor reflectida.

Definiu-se a cor pelas suas propriedades características de matiz, luminosidade e saturação, tendo-se também caracterizado a cor pela sua temperatura. Abordou-se ainda, o conceito de cores complementares, o efeito de imagem posterior e as sínteses aditiva, subtractiva e partitiva da cor, tendo-se referido os efeitos de Purkinje e Bezold.

No próximo capítulo tratar-se-á da interacção das cores, ou seja das alterações que as cores provocam umas nas outras por efeito de justaposição ou proximidade. Falar-se-á de harmonia e dos vários contrastes de cores, assim como do efeito de espaço, transparência e modos de aparência das cores.

6. Interacção da Cor

6.1. Introdução

«Le caractère et l'effet d'une couleur est déterminé par sa position vis-à-vis des couleurs qui l'accompagnent. Une couleur ne se voit jamais seule, mais toujours en rapport avec son entourage. [...] Plus une couleur est éloignée d'une autre dans le cercle chromatique, plus la force de contraste est grande.»¹⁹ (Itten 1985, p144)

Esta relação entre cores, ou de uma cor com o meio envolvente, cromático ou acromático, com o qual ela interfere, causando e sofrendo alterações foi apelidada de *Interacção das cores* por Josef Albers (1971), no seu livro com o mesmo título.

6.2. Contrastes

«On parle de contraste quand, entre deux effets de couleurs à comparer, on peut établir des différences ou intervalles sensibles. Quand ces différences atteignent un maximum, on parle de contrastes d'opposition ou polaires. Ainsi les termes grand-petit, noir-bleu, chaud-froid à leur point plus élevé sont des contrastes polaires. Les organes de nos sens ne peuvent percevoir que par l'intermédiaire de comparaisons. [...] les effets de couleurs peuvent s'intensifier ou s'affaiblir par des contrastes colorés.»²⁰(Itten 1985, p36)

No seu livro *Art de la Couleur*, Itten estabeleceu sete efeitos de contrastes de cores diferentes, no entanto, neste estudo optou-se por organizar os contrastes em função das características das cores, e da sua complementaridade e temperatura.

¹⁹ «O carácter e o efeito de uma cor é determinado pela sua posição em relação às cores que a acompanham. Uma cor nunca é vista só, mas sempre em relação com o seu meio envolvente. [...] Quanto mais uma cor se afasta de outra no círculo cromático, mais a força de contraste é grande.» (tradução livre). Itten, J. (1985). *Art de la Couleur*. Paris : Dessain et Tolra

²⁰«Fala-se de contraste quando, entre dois efeitos de cores a comparar, se podem estabelecer diferenças ou intervalos sensíveis. Quando essas diferenças atingem um máximo, fala-se de contrastes de oposição ou polares. Assim os termos grande-pequeno, preto-branco, quente-frio no seu ponto mais elevado são contrastes polares. Os nossos órgãos dos sentidos não podem perceber senão por meio de comparações. [...] os efeitos das cores podem intensificar-se ou enfraquecer por contrastes coloridos.» (tradução livre). Itten, J. (1985). *Art de la Couleur*. Paris : Dessain et Tolra

6.2.1. Contraste de matiz

Neste contraste utilizam-se os matizes no seu ponto óptimo de luminosidade e saturação. São necessários pelo menos três matizes diferentes, que produzem um efeito intenso, vibrante e nítido.

Destes contrastes, o mais forte é o que engloba amarelo, ciano e magenta (as três cores primárias das cores reflectidas) e a sua força vai diminuindo na medida em que as cores se afastam das cores primárias. No entanto, o carácter particular de cada cor pode ser realçado por um contorno preto ou branco, porque eliminam o contraste simultâneo, e a expressão destes contrastes pode ainda ser alterada pela combinação com outros contrastes como o claro-escuro, ou o quente-frio.

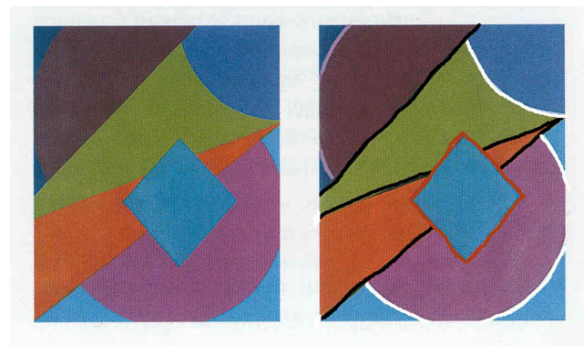


Fig. 6.1: Contraste de matiz eliminado por contorno (Feisner, E. 2000)

6.2.2. Contraste de luminosidade

Estes contrastes que consistem numa modelação de luminosidade, são muito utilizados em pintura por conferirem relações de expressividade, proximidade e relevo, e podem ser cromáticos ou acromáticos.

O contraste de luminosidade máximo, acromático, dá-se entre o branco e o preto, mas, entre estas duas cores, existe uma vasta gama de cinzentos que se podem articular em contrastes mais ou menos fortes, conforme os cinzentos intervenientes estão próximos ou afastados, na escala de luminosidade que vai do branco ao preto.

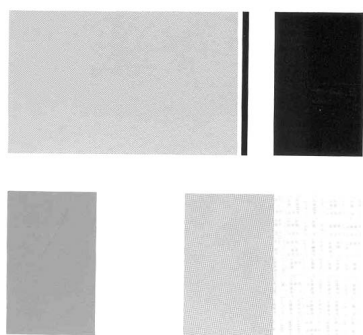


Fig. 6.2: Contraste acromático, ou de luminosidade (Itten, J. 1985)

Os contrastes cromáticos podem ser monocromáticos, quando utilizam um único matiz, mais ou menos saturado, com gradações de luminosidade. Podem também ser policromáticos, se acontecerem entre matizes diferentes, com saturações iguais ou diferentes, desde que existam diferenças de luminosidade. Estes contrastes podem ainda realizar-se entre um, ou vários matizes, e uma cor acromática.

6.2.3. Contraste de saturação

Este contraste pode ser realizado com um único matiz, utilizado com saturações diferentes, ou com vários matizes. No entanto, para não se confundir com um contraste de luminosidade, deve-se ter em conta que todas as cores devem ter a mesma luminosidade.

6.2.4. Contraste de complementares

Um contraste de cores complementares é um contraste harmónico porque activa todas as sensibilidades do olho, e como já foi referido quando se estudou o contraste simultâneo, a vizinhança das cores complementares confere-lhes o máximo da sua força. Quando as cores são utilizadas nas proporções correctas obtém-se uma imagem estática e sólida, mas em proporções erradas pode resultar em contrastes agressivos, instáveis e vibrantes, que serão tanto maiores, quanto maiores forem as diferenças de luminosidade e temperatura.

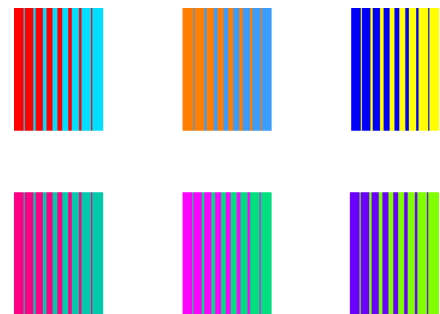


Fig. 6.3: Contrastes de saturação e complementares (<http://www.colors-system.com>)

6.2.5. Contraste de temperatura

A existência de cores quentes, frias e neutras, já foi referida no capítulo 5., quando se falou da temperatura das cores, tendo também sido abordada a temperatura relativa das cores.

Habitualmente, consideram-se cores quentes, as que pertencem à gama dos vermelhos, enquanto as cores frias englobam a gama dos azuis, podendo o amarelo ser frio ou quente, conforme tende para o verde ou para o laranja, sendo neutras as cores verde e violeta.

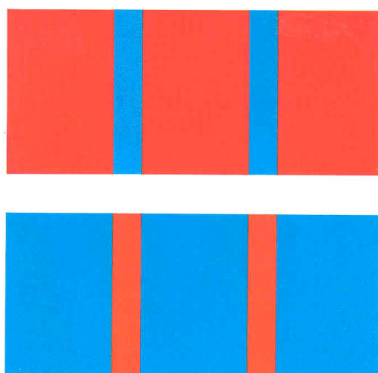


Fig. 6.4: Contrastes de temperatura (Itten, J. 1985)

Deste modo é possível estabelecer contrastes entre cores quentes e cores frias, assim como entre cores com diferenças de temperatura relativas, mais e menos quentes, ou mais e menos frias. Estes contrastes sugerem proximidade e afastamento e são importantes para transmitir efeitos de perspectiva e relevo.

6.2.6. Contraste de quantidade ou de proporção

Este contraste estabelece uma relação de grandeza, que depende da luminosidade e superfície das cores. São contrastes que produzem efeitos expressivos, fazendo ressaltar a cor de menor área, que toma um aspecto mais luminoso.

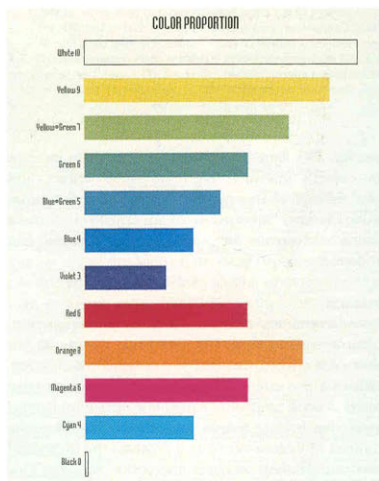


Fig. 6.5: Proporções estabelecidas por Goethe (Feisner, E. 2000)

Quando estes contrastes estão equilibrados, produzem um efeito calmo mas sem contraste de quantidade. Este equilíbrio baseia-se nas razões de proporcionalidade estabelecidas por Goethe e Schopenhauer. No entanto, para se conseguir o equilíbrio destes contrastes, torna-se necessário inverter esta proporcionalidade.

A relação de proporção, entre superfície e luminosidade das cores, é válida para qualquer matiz, considerado na sua luminosidade óptima. Quando se altera a luminosidade de uma cor, é forçoso alterar a sua área para manter o equilíbrio.

6.3. Harmonias

Considera-se que uma composição de cores é harmoniosa, quando a soma das suas cores activam, em maior ou menor quantidade, todas as sensibilidades do olho. Também se conseguem conjuntos harmoniosos, combinando um matiz e uma cor neutra. As harmonias de cores podem ser monocromáticas ou policromáticas, e contemplam inúmeras variantes, das quais se destacam algumas:

6.3.1. Harmonia monocromática

Neste tipo de harmonia utiliza-se uma única cor, em modelações de saturação e luminosidade. Pode ser acromática, quando se utilizam escalas neutras de luminosidade, ou cromáticas quando a modelação é feita em torno de um matiz.

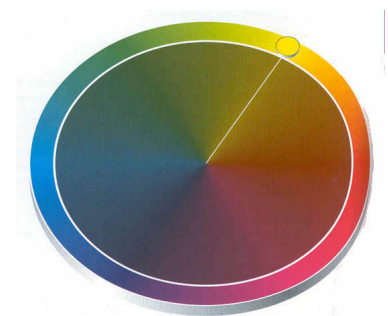


Fig. 6.6: Harmonia monocromática (Fraser, T., Banks, A. 2004)

A temperatura destes conjuntos depende da temperatura do matiz que o compõe e, em qualquer dos casos, transmitem sensações de unidade, continuidade e tranquilidade.

6.3.2. Harmonia de cores análogas

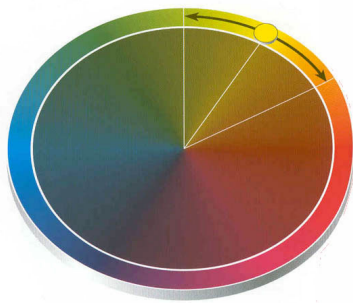


Fig. 6.7: Harmonia de cores análogas (Fraser, T., Banks, A. 2004)

É uma harmonia em que os matizes utilizados, estão colocados uns a seguir aos outros num diagrama de cores, transmitindo unidade visual e sensações de calma.

Estes conjuntos possuem a característica de terem um componente comum que, se for uma cor primária, torna a composição mais forte. No entanto, para funcionarem correctamente devem respeitar as proporções de luminosidade.

6.3.3. Harmonia de complementares

Como no contraste de complementares, esta harmonia é a mais intensa e consegue-se pela utilização de duas cores complementares, desde que se utilizem as proporções correctas. Os pares de complementares não são necessariamente constituídos por cores primárias e secundárias, pois é igualmente harmonioso qualquer par de complementares, independentemente da posição que ocupem num diagrama de cores.

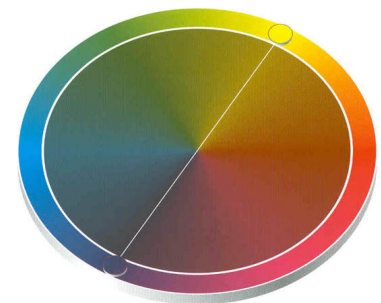


Fig. 6.8: Harmonia complementar (Fraser, T., Banks, A. 2004)

6.3.4. Harmonia complementar dupla

É a harmonia resultante da utilização de dois pares de complementares, que provoca um contraste menor do que a harmonia complementar simples.

Este tipo de harmonia comporta algumas variantes:

- **Harmonia quadrada**

É uma harmonia formada por um conjunto de dois

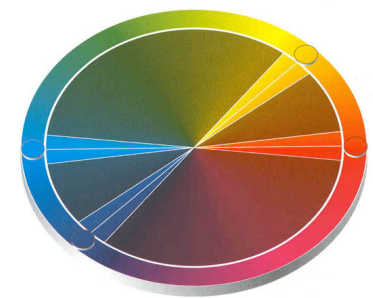


Fig. 6.9: Harmonia complementar dupla (Fraser, T., Banks, A. 2004)

pares de complementares, cujos eixos fazem um ângulo de 90° , em que a união das quatro cores forma um quadrado. Estas harmonias podem ser mais ou menos intensas, dependendo de na sua composição entrarem, ou não, cores primárias.

- **Harmonia rectangular**

Formada por dois pares de complementares que não são perpendiculares entre si, é menos intensa que a anterior porque se aproxima de uma dupla harmonia de cores análogas.

- **Harmonia trapezoidal**

É uma harmonia mais atenuada que a rectangular, por ser formada por duas cores e pelas duas cores análogas, ou próximas, das suas complementares.

6.3.5. Harmonia de três cores

É a harmonia conseguida quando se escolhem três cores que formam um triângulo equilátero ou isósceles. Se o vértice superior do triângulo estiver situado no branco, ou no preto, a harmonia tripla resultante é uma harmonia de claro-escuro.

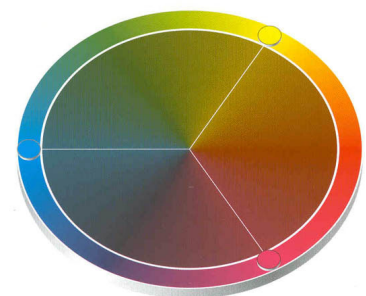


Fig. 6.10: Harmonia de três cores
(Fraser, T., Banks, A. 2004)

- **Triângulo equilátero**

Quando as cores, componentes desta harmonia, formam um triângulo equilátero num diagrama de cores, o resultado é um conjunto harmónico em que a soma das cores activa completamente as sensibilidades do olho. A harmonia tripla fundamental é formada pelas três cores primárias reflectidas – amarelo, magenta e ciano.

- **Triângulo isósceles**

Considerando um triângulo isósceles, em que as duas cores da base são as cores vizinhas das que formavam o triângulo equilátero, ainda se consegue um conjunto harmonioso. Esta harmonia pode ainda ser atenuada, se o triângulo for constituído por uma cor e pelas duas cores vizinhas da sua complementar.

6.4. Efeitos espaciais das cores

A temperatura, a saturação e a luminosidade de uma cor influenciam a sua posição no espaço, colocando-a perto, longe ou a meia distância.

Em níveis iguais de luminosidade, os matizes quentes avançam, ou ressaltam, e os frios recuam, dando uma sensação de profundidade, no entanto, este efeito pode ser invertido se os matizes quentes forem pouco saturados e os frios tiverem alta saturação. No que se refere à saturação, pode-se constatar que os matizes muito saturados parecem maiores, em relação aos de baixa saturação com igual luminosidade, e dão a sensação de proximidade, enquanto os menos saturados se distanciam. Quando os valores de saturação e de luminosidade das cores de uma composição são iguais, ou próximos, esta fica sem relevo e as diferenças de dimensão perdem-se.

A influência da luminosidade faz-se notar, principalmente nas relações forma/fundo. Sobre um fundo de alta luminosidade (claro, ou branco) os matizes escuros avançam e os claros esbatem-se no fundo, por uma ordem de gradação de luminosidade que vai do violeta puro, o que se destaca mais, até ao amarelo. Inversamente, sobre um fundo de baixa luminosidade (escuro, ou preto) os matizes pouco luminosos tendem a perder visibilidade e volume, enquanto os luminosos ressaltam do fundo numa ordem decrescente de luminosidade, em que o amarelo se destaca mais e o violeta perde relevo e contraste.



Fig. 6.11: o quadrado amarelo avança e o azul recua
(De Grandis, L. 1984)

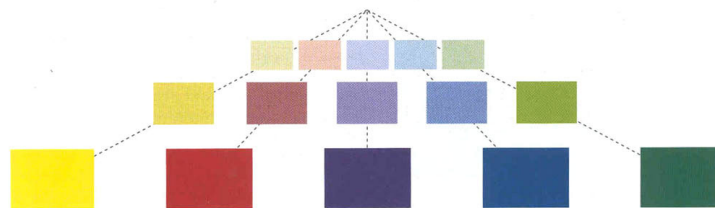


Fig. 6.12: Noção de distância dada pela gradação de matizes
(Feisner, E. 2000)

A luminosidade e, principalmente o contraste de luminosidade, permitem estabelecer relações de distância, numa composição. A noção de distância é dada por altas luminosidades de matizes pouco saturados, como os cinzentos coloridos, e a noção de profundidade pode ser dada por tonalidades de azul acinzentado.

6.5. Modos de aparência das cores

«The sensation and appearance of color is encoded through the structure of the eye and in the visual centers of the brain. A particular color may appear solid and opaque like a painted wall, transparent like a glass window, lustrous like the glaze of a ceramic vase, metallic like a holiday ornament, luminous like the beacon of a lighthouse, and voluminous like a bottle of colored ink.»²¹(Linton 1985, p66)

Podem-se considerar vários modos de aparência das cores:

6.5.1. Cor opaca de superfície

A cor opaca de superfície é a mais frequente na percepção visual dos objectos no meio ambiente. A maior parte dos objectos sólidos, sob normais condições de visão, comunicam uma impressão de superfície colorida, a qual é uma barreira que o olho não consegue ultrapassar.

6.5.2. Transparência

A transparência ocorre quando uma superfície, ou um objecto, se sobrepõe a outro elemento permitindo que este continue a ser visto completamente. É possível criar ilusões de transparência, podendo este espaço ser chamado de *equivoco* (Feisner 2000, p80) porque ao permitir ao olho movimentar-se simultaneamente dentro e fora do espaço,

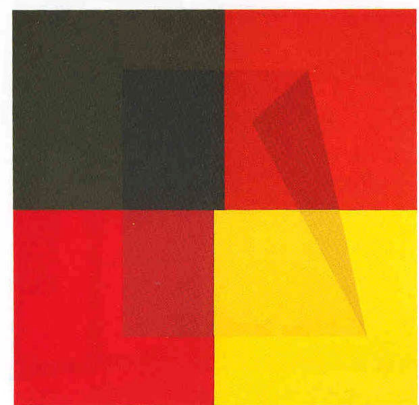


Fig. 6.13: Ilusão de transparência por diminuição de luminosidade (Gage, J. 1993)

²¹ «A sensação e aparência da cor está codificada através da estrutura do olho e nos centros visuais do cérebro. Uma cor pode parecer sólida e opaca como uma parede pintada, transparente como uma janela de vidro, reluzente como o brilho de um vaso de cerâmica, metálica como um enfeite de Natal, luminosa como a luz de um farol e volumosa como um frasco de tinta colorida.» (tradução livre). Linton, H. (1985). *Color Model Environments: Color and Light in Three Dimensional Design*. New York: Van Nostrand Reinhold Company Inc.

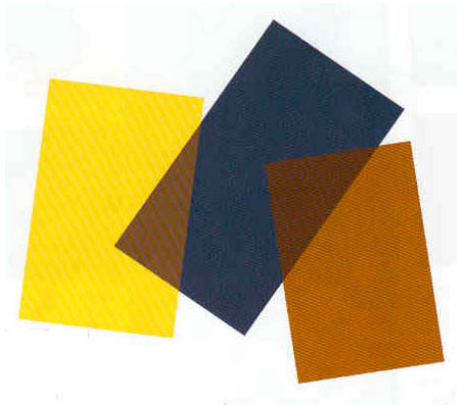


Fig. 6.14: Ilusão de transparência por alteração de matiz (Holtzschue, L. 2002)

comunica a sensação de alteração de espaço.

A cor é um factor muito importante na transmissão da ilusão de transparência, provocada pelas mudanças de matiz e luminosidade que acontecem quando uma superfície se sobrepõe a outra.

Quando um matiz de alta luminosidade se sobrepõe a uma cor escura, a luminosidade de transparência, ou de sobreposição, será mais baixa que a do matiz que se sobrepõe, e mais alta que a do que é sobreposto. Inversamente,

quando uma cor clara é sobreposta por uma cor escura, a luminosidade de transparência será mais clara que a do matiz superior e mais escura que a luminosidade do matiz de fundo.

O matiz resultante de uma transparência será uma mistura da cor do fundo e da que se sobrepõe e, embora as duas cores originais sejam igualmente importantes na formação de uma ilusão de transparência, esta terá a predominância do matiz de sobreposição. A transparência pode dar a ilusão de uma mistura aditiva (de luz), de uma mistura óptica, ou de uma mistura de pigmentos.

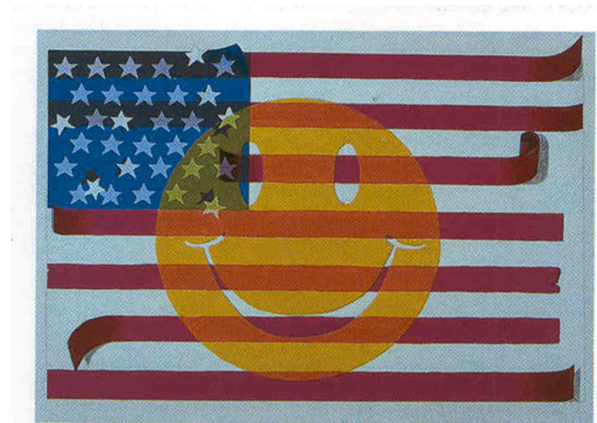


Fig. 6.15: Ilusão de transparência com mistura de cores (Feisner, E. 2000)

A ilusão de transparência pode também transmitir uma sensação de profundidade de espaço, quando a luminosidade da área de sobreposição está mais próxima da luminosidade da cor que se sobrepõe e, quanto maior for o afastamento da luminosidade sobreposta, maior será a ilusão de distância entre planos. Esta ilusão de profundidade também pode ser dada pelo matiz da área de sobreposição, se este estiver relacionado de perto com o matiz do nível superior.

- **Ilusão translúcida**

Pode-se criar um aspecto translúcido, uma ilusão de várias camadas transparentes que diminuem a percepção do fundo, ajustando as luminosidades para produzir uma imagem menos clara e esbatida.

- **Cor filme**

Cor filme é a cor transparente que aparece como uma representação de luz, não escondendo completamente a dimensão do fundo, mas formando uma camada sobre as superfícies. A ilusão de cor filme caracteriza-se por uma mistura visual da cor do próprio filme e da cor do fundo contra a qual ela é vista.

O matiz da representação da luz será mais saturado e mais luminoso, perdendo estas características na medida em que se afasta da luz. As áreas mais próximas da fonte luminosa mantêm a luminosidade clara da superfície colorida mas, quando a luz é projectada, torna-se menos saturada e mais escura, embora os tons escuros mantenham uma ligação ao matiz da superfície original. A cor filme é menos saturada e contém o complemento do matiz de fundo, mas conserva a predominância da cor da superfície misturada com a cor filme, numa percentagem que depende da força do filme.

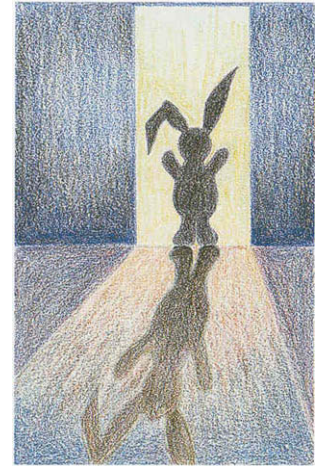


Fig. 6.16: Cor filme (Feisner, E. 2000)

6.5.3. Cor volume

É a representação colorida do afastamento progressivo de objectos, em direcção ao horizonte enevoado, ou de objectos por detrás de um líquido colorido. Esta representação faz-se por meio da fusão gradual da cor dos objectos na cor do meio envolvente até ao desaparecimento completo, ou quase.

A ilusão deste efeito de volume pode ser criada pela utilização de intervalos iguais de cor, observados em contraste simultâneo. Pode-se escolher uma cor num

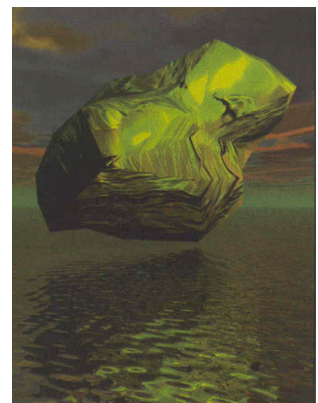


Fig. 6.17: Cor volume (Pender, K. 1998)

extremo de uma escala cromática, para a cor do objecto, e uma cor no extremo oposto da mesma escala, para a cor do volume em que o objecto está colocado. O objecto pode então ser repetido numa graduação de diminuição de tamanho, acompanhada por uma progressiva mudança de cor que resultará numa sensação de espaço tridimensional. As gradações da cor volume podem ser feitas em várias gamas de cor, e também em escalas de luminosidade.

6.5.4. Cor das sombras

A cor das sombras dos objectos depende da cor da luz incidente. Toda a luz colorida dá origem a uma sombra na cor complementar, que são cores reais e não efeito de contrastes simultâneos.

A luz do dia, luz branca que activa todas as sensibilidades do olho, dará uma sombra preta. Por outro lado, as cores das sombras provocadas por mais de uma luz colorida, correspondem a misturas aditivas de cor porque são misturas de luzes coloridas.

Johannes Itten demonstrou em 1944, em Zurique, o fenómeno das sombras coloridas projectadas de um objecto branco, iluminado por luzes coloridas à luz do dia, o resultado foi o seguinte:

- Quando o objecto era iluminado por uma luz vermelha (magenta), aparecia uma sombra verde, complementar, se a luz fosse verde a sombra era vermelha, e, do mesmo modo, a luz amarela dava sombras azuis e a luz azul projectava sombras amarelas.

Posteriores investigações de Itten, sem a interferência da luz do dia, deram os seguintes resultados:

- Uma iluminação vermelha alaranjada origina sombras pretas, acontecendo o mesmo se a luz incidente for azul ou verde, porque qualquer dessas luzes activa unicamente a sua sensibilidade no olho, e a sua ausência desactiva por completo as sensibilidades.

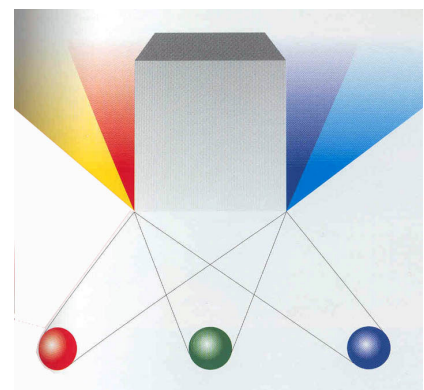


Fig. 6.16: Sombras provocadas por três luzes primárias (Fraser, T., Banks, A. 2004)

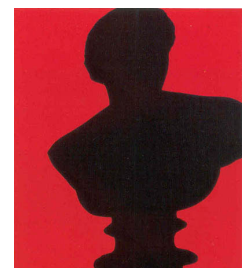


Fig. 6.17: Sombra de uma luz colorida (Itten, J. 1985)

- Se um objecto for iluminado por duas luzes coloridas complementares, cada luz provoca uma sombra complementar e, onde as sombras se sobrepõem vê-se a cor preta, enquanto a luz misturada é o resultado da síntese aditiva das duas cores.



Fig.6.18: Sombra de duas luzes próximas (Itten, J. 1985)

- Se as luzes iluminantes forem análogas, ou próximas, cada luz projecta uma sombra na cor da outra luz inciden-



Fig.6.19: Sombra de três luzes primárias (Itten, J. 1985)

te, a sombra sobreposta continua a ser preta (ausência de luz) e a luz misturada é síntese aditiva das duas cores.

Projectando três luzes primárias, o resultado seria três sombras, nas cores primárias, uma sombra sobreposta preta, e uma mistura de luz branca, porque a síntese aditiva dos três feixes de luz reconstitui a luz solar. (Itten 1985, p126)

6.6. Resumo do capítulo

Este capítulo estudou a interacção das cores, alterações que as cores provocam umas nas outras por efeito de justaposição ou proximidade. Abordou os efeitos de harmonia e de contrastes nas combinações de cores, e, ainda, o efeito de espaço e distância, e os diferentes modos de aparência das cores. O próximo capítulo abordará a psicologia das cores, com os seus efeitos psicofisiológicos e reacções fisiológicas, e a simbologia das cores, assim como as associações resultantes.

7. Psicologia e Simbologia das Cores

A natureza cria meios de defesa e de conservação das espécies, e a cor é usada para atrair ou para esconder, como uma camuflagem, e ainda para avisar, no caso dos animais venenosos, cuja cor alerta possíveis predadores. Através dos tempos, as plantas e os animais desenvolveram a cor, e a visão da cor, como um factor de atracção ou rejeição que lhes permitiam reproduzirem-se e defenderem-se.

Como resultado destes condicionamentos, o ser humano, na sua evolução, herdou reacções psicológicas e fisiológicas à cor que não podem ser controladas nem explicadas objectivamente, a não ser por poderem ter sido, em tempos, essenciais ao seu modo de vida.

Assim, sendo a cor um meio necessário para a informação, comunicação e compreensão do meio ambiente, tem uma carga visual, associativa, simbólica, de sinestesia e emocional que afecta o ser humano psicologicamente e fisiologicamente e, como tal pode ser abordada a partir de múltiplas e diferentes perspectivas, entre as quais a psicológica.



Fig. 7.1: A cor como camuflagem e aviso na natureza (Fraser, T., Banks, A. 2004)

7.1. Psicologia da Cor

A cor não depende unicamente do mundo exterior, nem é apenas a resposta a um estímulo que se percebe. Faz parte da nossa psique, do consciente, subconsciente, ou inconsciente, e é também uma experiência que integra o comportamento humano. Estando no cérebro, a cor é também uma emoção, uma impressão ou sensação que activa simultaneamente o pensamento e o sistema cognitivo.

A definição e avaliação de toda a percepção do mundo visual, incluindo a percepção das cores, é diferente de indivíduo para indivíduo, porque depende do estado emocional e mental, memória pessoal, sugestibilidade, capacidade de atenção, armazenamento de conhecimento adquirido a partir da educação, ambiente e cultura.

7.1.1. Efeitos psicofisiológicos da cor

«Color and light [...] have great impact on our psychological reactions and physiological well-being. Research has proven that light and color affect the human organism on both a visual and non visual basis. It is no longer valid to assume that the 'only' significant role of light and color is to provide adequate illumination and a pleasant visual environment.»²² (Mahnke 1996, p3)

- No que se refere à psicologia, a cor é uma percepção sensorial que o cérebro recebe e interpreta, provocando reacções físicas, psíquicas e emocionais. Frank Mahnke (1996, pp10-18) refere seis factores básicos que influenciam a experiência da cor no ser humano, os quais organiza na sua *Color Experience Pyramid*:

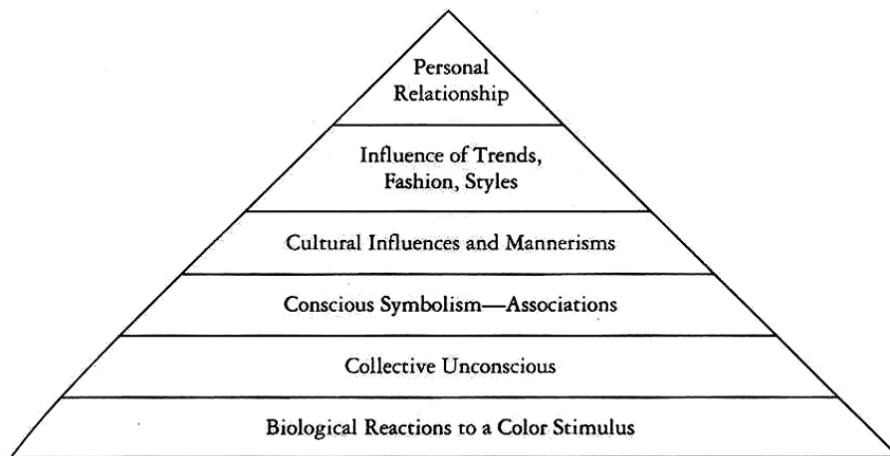


Fig. 7.2: Color Experience Pyramid (Mahnke, F. 1996)

²² «Cor e luz [...] têm grande impacto nas nossas reacções psicológicas e bem-estar fisiológico. Pesquisa provou que a luz e a cor afecta o organismo humano numa base visual e não visual. Já não é válido assumir que o 'único' papel significativo da luz e da cor seja prover iluminação adequada e um ambiente visual agradável.» (tradução livre). Mahnke, F. (1996). *Color, Environment, and Human Response*. USA: John Wiley & Sons, Inc.

- **Reacções biológicas ao estímulo da cor**

Estas reacções, incontroláveis pelo ser humano, pertencem ao domínio psicológico da conservação da espécie que permanece independente do modo como os indivíduos pensam ou sentem a cor.

- **Inconsciente colectivo**

Este nível, que também não pode ser controlado ou provocado conscientemente, faz parte de uma parte da psique que tem a ver com as memórias herdadas da experiência da humanidade, e não com as reacções conscientes ou inconscientes baseadas na experiência pessoal.

- **Simbolismo consciente – Associações**

São aqui representadas as associações, impressões e simbolismos, feitos a um nível consciente, que correspondem a respostas aprendidas, e que coincidem, na maior parte das culturas.

- **Influências culturais e maneirismos**

Associações de cor, simbolismos, impressões e maneirismos que, tendo um papel na utilização e experimentação da cor, caracterizam culturas e grupos.

- **Influências de tendências, modas e estilos**

Cores que podem ser características de uma época particular e, como tal, constituem uma tendência temporária. Estas mudanças, que também fazem parte do modo geral como experimentamos a cor, são necessárias para proteger do aborrecimento e, principalmente, para aumentar as vendas de certos produtos.

- **Relacionamento pessoal**

Relações pessoais com a cor que exprimem agrado, desagrado, ou indiferença a certas cores. Como o modo como se experimenta a cor envolve todos os níveis da pirâmide, que incluem o inconsciente e o consciente, estas relações são necessariamente subjectivas.

- Para uma melhor compreensão de como a informação visual da cor se transforma em sensações, pensamentos, ou acções, torna-se importante estudar as estruturas do cérebro que a recebem e interpretam, regulando as

funções fundamentais do corpo. A neuropsicologia é a ciência que estuda a estrutura do sistema nervoso, as suas relações com os outros órgãos do corpo, os músculos e as glândulas.

▪ **Córtex cerebral**

O córtex cerebral (de que também faz parte o córtex sensorial) é a matéria cinzenta que cobre o cérebro e contém 90% de todas as células nervosas. É o centro da actividade cognitiva que recebe e interpreta os estímulos sensoriais, estruturando as suas respostas.

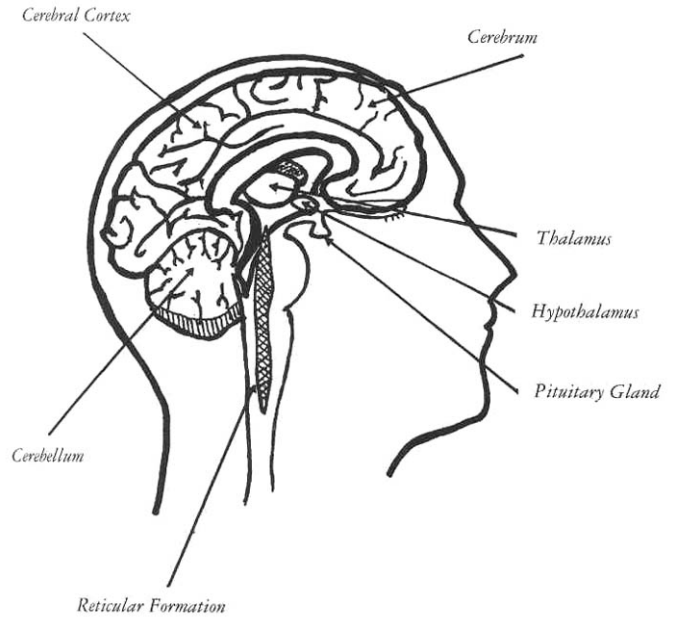


Fig. 7.3: Estrutura do cérebro (Mahnke, F. 1996)

▪ **Cerebrum, parte frontal do cérebro**

A zona frontal do cérebro, que é a mais desenvolvida, controla os processos voluntários e conscientes e é composta por dois hemisférios. No hemisfério direito processa-se a imaginação, o conhecimento, a arte e a música e as formas tridimensionais; o hemisfério esquerdo controla os aspectos científicos e lógicos do pensamento.

▪ **Tálamo**

O tálamo é a zona do cérebro onde são recebidos e seleccionados os impulsos da visão, audição, gosto e tacto que, de seguida são enviados às respectivas regiões do córtex.

▪ **Hipotálamo**

O hipotálamo, ou cérebro médio, é o controlador do interior do corpo, e as sensações de luz aí recebidas actuam como estímulos biológicos do sistema nervoso central. É o centro que regula a pressão sanguínea e a temperatura corporal, e estimula as glândulas que controlam a produção e libertação das hormonas.

Traduz as emoções em respostas físicas, de modo que, quando o cérebro recebe um estímulo exterior, ou de uma imagem mental, que provocam fortes reacções emocionais, o hipotálamo envia sinais para mudanças fisiológicas através do sistema nervoso e através da libertação de hormonas da glândula pituitária.

- **Glândula pituitária**

A glândula pituitária é a principal glândula endócrina do corpo humano, e as suas secreções influenciam a actividade das outras glândulas.

- **Cerebelo**

O Cerebelo é responsável pela selecção e processamento da coordenação muscular, sentido de equilíbrio, e movimentos coordenados.

- **Formação reticular**

O Sistema Nervoso Central (CNS) é o principal centro de controlo do comportamento humano, sendo composto pelo cérebro e espinal-medula. Todos os impulsos transmitidos pelos nervos aferentes que atingem os centros mais elevados do CNS, activam em primeiro lugar parte do fluido cerebral, a formação reticular, que vai activar todo o Sistema Nervoso Central, afectando o estado de prevenção. Esta activação foi designada por Sistema de Activação Reticular Ascendente (ARAS).

Como Rikard Küller (1981, p234) afirmou: «The ARAS might be regarded as a clearing station for kinds of stimulation ranging from sensory deprivation at one extreme to sensory overload at the other».²³ O Sistema de Activação Reticular Ascendente é afectado por variadíssimas espécies de estimulação, sensorial e mental, que inclui a informação proveniente do campo visual.

O mecanismo cognitivo (percepção, memória, e ajuizamento) também está preparado para lidar com uma grande parte da informação acumulada, impulsos que descem do córtex pela formação reticular e formam o Sistema de Activação Reticular Descendente (DRAS). Portanto, o nível de excitação do

²³ «O ARAS pode ser considerado como uma estação de clarificação para os estímulos cuja gama vai da privação sensorial, num extremo, à sobrecarga sensorial, no outro.» (tradução livre). Küller, R. (1981). *Non-Visual Effects of Light and Colour*. Annotated bibliography. Document D15:81. Stockholm: Swedish Council for Building Research.

ser humano pode ser influenciado pelo ARAS antes dos impulsos terem atingido o córtex, ou pelo DRAS depois do córtex ter tido tempo de os analisar.

A activação divide-se em excitação fásica e excitação tónica. A excitação fásica consiste na resposta imediata a um estímulo, enquanto a excitação tónica representa o nível médio de resposta depois de um período prolongado, que muda gradualmente, para cima ou para baixo, consoante as reacções da excitação fásica. Assim, um estímulo sensorial ou mental provoca uma breve excitação fásica e, quando esse estímulo se vai repetindo, a excitação tónica resultante pode ser alterada num sentido ascendente ou descendente, o que implica mudanças no estado emocional do indivíduo.

- Quando se mede o equilíbrio pela quantidade de informação visual como ela é percebida pelo sistema óptico, podem-se identificar dois pólos opostos referentes à unidade e complexidade, conhecidos como extremos sensoriais de percepção. Um excesso de unidade pode levar à estimulação insuficiente, enquanto o excesso de complexidade conduz à estimulação excessiva.

Rikard Küller (1976) fez experiências sobre estes dois efeitos, fechando grupos de seis homens e seis mulheres em salas que diferiam em unidade e complexidade visual, sendo a primeira cinzenta e monótona e a segunda colorida e diversificada. A experiência demonstrou que a sala com estímulos excessivos podia provocar efeitos profundos em electroencefalogramas (EEG) e nas pulsações, assim como nas sensações emocionais subjectivas dos participantes nas experiências. Estes factos vêm comprovar que o sistema de activação reticular ascendente (ARAS) afecta não somente o córtex, mas também o sistema nervoso completo.

O impacto visual da sala mais complexa e colorida, tornou as pessoas silenciosas e dominadas, e as ondas alfa, que são produzidas em estado de plena consciência, eram mais baixas do que na sala monótona, o que constituiu um resultado surpreendente. Os electrocardiogramas (EKG) também indicaram pulsações mais baixas na sala colorida do que na sala cinzenta, confirmando as apreciações de outros cientistas de que a atenção intensa pode ser acompanhada de desaceleração cardíaca. Reacções de tensão eram mais evidentes nos homens do que nas mulheres, e estas aborreciam-se menos que os seus companheiros na sala cinzenta.

O resultado da observação das reacções em ambiente de estímulo excessivo indicam distracção e fadiga. As cores fortes e demasiados padrões visuais, assim como os altos brilhos, obrigam a uma atenção voluntária e involuntária que podem prejudicar trabalhos que exijam concentração visual.

▪ **Estimulação insuficiente**

Um ambiente com estímulos insuficientes é monótono, utilizando habitualmente cores monocromáticas, ou contrastes fracos, e formas severas e pouco atractivas. Este ambiente pode levar o utente a virar-se para o seu íntimo, por falta de estímulo exterior, o que pode provocar ansiedade, medo e tristeza, consoante as situações e a natureza dos pensamentos pessoais. Os indivíduos nestes ambientes mostram-se inquietos, irritados, com reacções emocionais excessivas e dificuldade de concentração, chegando mesmo, em alguns casos a ter várias reacções extremas. Por essas razões, os ambientes monótonos e acromáticos, que proporcionam uma estimulação insuficiente, são desaconselháveis para o bem-estar do utente, tanto do ponto de vista psicológico, como fisiológico.



Fig.7.4: Estímulo insuficiente (Wong, W. 1997)

▪ **Estimulação excessiva**

Um ambiente com estímulos excessivos apresenta habitualmente muita diversidade de formas e cores, com padrões geométricos em cores saturadas e fortemente contrastadas, excessivo cromatismo e contrastes violentos, e mesmo quando é monocromático a cor utilizada é vigorosa. A estimulação excessiva causa distracção e é cansativa, alterando as pulsações, o ritmo respiratório e a tensão arterial, e aumentando também a tensão muscular. Pode provocar reacções psiquiátricas de vários tipos, e consequências fisiológicas como perda de imunidade às infecções, doenças coronárias e úlceras.



Fig. 7.5: Estímulo excessivo (Fraser, T., Banks, A. 2004)

▪ **Equilíbrio de estímulos**

A unidade e variedade são igualmente necessárias para manter o interesse, mas é preciso encontrar a harmonia entre elas para conseguir um ambiente equilibrado. Portanto, as cores de um ambiente equilibrado devem ter variados graus de luminosidade, saturação e temperatura, devendo também estar sempre presente, em alguma quantidade, a complementar da cor dominante.



Fig. 7.6: Equilíbrio de estímulos (Wong, W. 1997)

7.1.2. Reações fisiológicas à cor

«Everyone knows that a rise of blood pressure also causes a specific attitude of mind, but it is also known that certain behavior will cause the blood pressure to rise; further it is known that irradiation with color also affects blood pressure. So where is there the beginning and the end of the chain reaction?»²⁴ (Frieling 1990, In Mahnke 1996. p42)

Existem diferenças entre as reações fisiológicas e psicológicas provocadas pelas cores principais. A percepção das cores não é igual em todas as pessoas, para além de diferentes condicionalismos psicológicos, depende de velocidades diferentes de reações da retina que variam de indivíduo para indivíduo, assim como da condição nervosa, da recepção das células do cérebro e dos níveis de reacção e excitação de cada observador.

Segundo observações de Rikard Küller (1977) as medições fisiológicas indicam que os matizes da gama dos vermelhos, correspondentes a comprimentos de onda longos, são mais estimulantes que os verdes e azuis, e que toda a cor saturada causa uma radiação imediata, de duração não contínua, que pode ser medida fisiologicamente. Os electroencefalogramas indicam diferenças nos efeitos provocados por cores de diferentes comprimentos de onda, no que se refere à tensão arterial (pressão sanguínea), ritmo respiratório e tempo de reacção.

²⁴«Todos sabem que uma subida de tensão arterial também causa uma atitude específica da mente, mas também se sabe que certos comportamentos farão subir a tensão arterial; além disso é conhecido que irradiações com cor também afectam a tensão arterial. Assim onde é que aí começa e acaba a reacção em cadeia?» (tradução livre). Frieling (1990). In Mahnke, F. (1996). *Color, Environment, and Human Response*. USA: John Wiley & Sons, Inc.

Frieling, no seu livro *Geset der Farbe* (1990) apresentou os resultados de experiências em que os participantes deviam fixar luz colorida de vermelho, azul, verde e amarelo, tendo registado reacções fisiológicas, para além de respostas psicológicas. Estas experiências completam as de Louis Cheskin, que comparou as reacções de indivíduos dentro de quartos completamente revestidos das mesmas quatro cores:

▪ **Vermelho**

O vermelho é excitante e estimulante, e como o seu comprimento de onda (longo) obriga o olho a uma grande adaptação, parece aproximar-se ou estar mais perto.

A luz vermelha provoca excitação, tensão arterial inconstante, aumento de pulsações e sensação de aperto na garganta, não se tendo encontrado componentes agradáveis. Os participantes nas experiências consideraram que o brilho ofuscante era desagradável e provocava dores de cabeça, para além de mostrarem uma tendência para recuarem e moverem os braços para trás, quando deviam tê-los estendidos para a frente.

Em relação a estas duas luzes, Birren (1961, p127) afirma, baseado em experiências feitas por cientistas japoneses, que o vermelho provoca uma imediata subida da tensão arterial e actua como um estimulante, sendo seguido mais tarde por uma baixa dessa tensão.

A cor vermelha provoca uma subida de tensão arterial e pulsação, tendo os participantes manifestado dificuldade em trabalhar, ou mesmo permanecer no quarto, por causa do estímulo excessivo.

▪ **Amarelo**

O amarelo, com um comprimento de onda relativamente longo, é estimulante mas o seu estímulo é preponderantemente emocional, provocando simultaneamente tensão e liberdade, e aumentando a actividade motora. Nos participantes que mantinham os braços abertos, notou-se um arrepio nervoso e um movimento activo centrífugo, para além de uma sensação nas palmas das mãos.

A cor amarela, embora não produza efeitos sobre a tensão arterial e a pulsação, provoca uma tensão ocular que é impeditiva de muitas actividades.

- **Azul (azul-violeta)**

O azul e o azul-violeta, aumentam as reacções interiores e proporcionam calma e capacidade de concentração, a adaptação do olho aos seus comprimentos de onda (curtos) dá a esta cor uma impressão de distância. A luz azul é agradável e tranquila, sem componentes desagradáveis ou excitantes. Birren (1961, p127) indica que, sob esta luz, a tensão arterial baixa de imediato, seguindo-se uma reacção acelerada e uma pronunciada subida de tensão.

A cor azul provoca um abaixamento da tensão arterial e pulsação, assim como uma diminuição de actividade.

- **Verde**

O verde situado no centro do espectro visível, e como não requer ajustamentos do olho representa o equilíbrio perfeito. A luz verde é aprazível e agradável e mais calmante que a luz vermelha.

A cor verde não provoca reacções anormais, mas é monótona.

Apesar das observações registadas nestas experiências, habitualmente os seres humanos não se confrontam com uma cor isolada, mas com um conjunto de cores e reagem ao seu equilíbrio ou desarmonia.

7.2. Simbologia e Associação da cor:

A cor é uma percepção visual e psicológica que, como já foi referido anteriormente, não é absolutamente idêntica para todos os indivíduos. Mas, independentemente dos indivíduos, o significado das cores também pode variar através dos tempos, consoante as diferentes culturas, ou na sua utilização, pois uma cor pode ter um sentido numa determinada aplicação e outro sentido, completamente diferente, noutra aplicação. Existem ainda, associações dos significados das cores com a sua representação na natureza, ou com a temperatura, mesmo sem coincidir com a sua temperatura física.

7.2.1. Simbologia da Cor:

Os campos psicológico e simbólico estão interligados e, na procura de uma harmonia de cores, torna-se necessário ter em conta o efeito psicológico em função da simbologia.

O simbolismo representa o conjunto de associações e impressões, consagradas pelas tradições que nos foram transmitidas através dos séculos, por meio das civilizações e religiões. Como foi referido na *Color Experience Pyramid* (Mahnke 1996), existem simbolismos das cores que fazem parte da herança da humanidade e são comuns à maior parte das culturas, e outros simbolismos, por vezes menos duradouros ou permanentes, que são características de culturas e grupos específicos: a morte, por exemplo, que no Ocidente está ligada à cor preta, no Oriente é representada pela cor branca.

O conceito de simbolismo, assim como a linguagem das cores, podem ser alargados à literatura, moda, folclore e etnografia. A cor como símbolo pode ser identificada racionalmente, com um carácter mais profundo e eterno, ou subjectivamente pela psicologia, razão e emoção.

«As cores tiveram o mesmo significado em todos os povos da Alta Antiguidade. Esta coincidência indica-nos uma origem comum, que se liga ao berço da Humanidade [...] O dualismo entre a luz e as trevas está na base, com efeito, dos dois tipos de cor que virão simbolizar o Bem e o Mal.»²⁵ (Portal 2001, p7)

Também segundo Portal (2001, p19): «A regra das oposições é comum à linguagem das cores e a todos os símbolos em geral», a simbologia representa aquilo que é, mas também o seu contrário. Nos dois princípios que estão na origem de todas as cores: a luz é representada pela cor branca, e as trevas pelo preto, sendo estas duas cores as únicas que têm nomes em todos os idiomas. Mas a luz não existe sem a acção do fogo, que é representado pelo vermelho, a terceira cor a ser percebida pelo ser humano, recaindo sobre estas três cores a maior simbologia. A quarta cor percebida é o amarelo, seguido pelo verde, com que se confunde muitas vezes, continuando a

²⁵ Portal, F. (2001). *A Simbologia das Cores*. Lisboa: Hugin Editores, Lda.

sequência com o azul e o castanho, seguidos pelas outras cores sem ordem estabelecida.

Apesar de certas civilizações primitivas considerarem o preto como negação da cor, sendo as suas cores principais o branco e o vermelho, a maioria continua a ter como cores principais a tríade branco, preto e vermelho, a que se junta por vezes o amarelo. A civilização ocidental, actual, manifesta uma preferência acentuada pelo azul, salvaguardando algumas excepções como a Espanha e alguns países Sul-Americanos que se mantêm fiéis às preferências primitivas.

Mas as preferências ocidentais não foram sempre estas e da Antiguidade até à época romana, as três cores simbólicas constituíam uma tripla polaridade em que o branco representava ao mesmo tempo a



Fig. 7.7: Cores dominantes, além do branco, até ao século X (Gage 1993)



Fig. 7.8: Azul e dourado, cores ascendentes a partir do século X (Pastoureau, M. (2001)

luz, em contraposição com o preto tenebroso, e a falta de saturação em relação ao vermelho denso. Na Roma Antiga, quase todos os tecidos eram tingidos de vermelho, em várias gamas que correspondiam à hierarquia social, e o azul estava conotado com os bárbaros e os trajes rústicos. A primazia do vermelho era tal que o seu nome em latim, *coloratus*, passou a ser sinónimo de ter cor (colorido) e está associado à saúde e à beleza.



Fig. 7.9: O preto símbolo de prestígio a partir do século XIII (Gage 1993)

Os significados atribuídos às cores, nos dias de hoje, sofrem influências que vêm de um passado remoto. Segundo Pastoureau (1997), existem três fases de mudanças essenciais, marcadas preponderantemente pelas cores do vestuário. A primeira situa-se na Idade Média, abrangendo o período entre os séculos X e XIII, quando as três cores simbólicas da Antiguidade (branco, preto e vermelho) são substituídas por uma combinação de seis cores preponderantes: branco,

preto, vermelho, azul, verde e amarelo. Nesta fase a primazia do vermelho vai sendo substituída gradualmente pelo azul, ligado ao firmamento e a tudo o que é celestial, destacando-se também o amarelo dourado, símbolo de riqueza, enquanto os outros amarelos passaram a ter uma conotação negativa ligada à doença e à loucura, e também à falsidade e traição.



Fig. 7.10: Simbolismo religioso do preto (Pastoreau, M. (2001))

A segunda fase, entre o fim da Idade Média e

o início dos tempos modernos, foi muito influenciada pela difusão da imprensa



Fig. 7.11: A partir do século XVIII termina o domínio do preto (Fraser, T., Banks, A. 2004)

e também pelas lutas religiosas e o advento do protestantismo. Aqui as cores dominantes passaram a ser o preto, símbolo de austeridade e poder, e o branco que simbolizava a pureza, tendo as cores vivas sido depreciadas por representarem a falta de modéstia, embora o azul continuasse a ser tolerado. O vermelho passou a ser a cor do pecado e os amarelos, principalmente o amarelo esverdeado e o amarelo avermelhado, continuaram a ser depreciados.

Finalmente, a partir do século XVIII e principalmente a partir da revolução industrial, a facilidade em reproduzir qualquer cor veio acabar com o domínio de umas cores em relação a outras, embora não terminassem as preferências generalizadas, nem as associações simbólicas das cores.

As conotações simbólicas das cores principais, que podem ser positivas ou negativas, são:

- **Branco**

Conotações positivas: é a cor da pureza, castidade, virgindade e inocência e também do divino, quando associado à religião ou ao sagrado. É ainda a cor da simplicidade, modéstia, paz, sabedoria, velhice e da aristocracia ou dos partidos monárquicos.

Conotações negativas: está ligada à morte, ao medo e rendição (bandeira branca), cobardia (pena branca), branqueamento (de dinheiro), e também à ausência da cor.

- **Preto**

Conotações positivas: representa autoridade, modernidade e sofisticação (exprime elegância, estatuto, riqueza e dignidade), austeridade, renúncia e religião.

Conotações negativas: é a cor da morte, ligada aos rituais funerários e também ao diabo, às trevas e ao inferno, e transmite solidão, tristeza e melancolia; é ainda a cor do pecado, desonestidade e desaprovação (bola preta), má sorte, ameaça e desconhecido.

O preto e o branco, juntos em composições, podem significar autoridade e verdade.

- **Cinzento**

Conotações positivas: é uma cor calma que indica inteligência (massa cinzenta do cérebro), tecnologia e trabalho.

Conotações negativas: transmite confusão, tédio e passividade.

- **Vermelho**

Conotações positivas: fogo, saúde (sangue vermelho), beleza, amor (rosas vermelhas e corações), erotismo (batom vermelho, carro desportivo), alegria e infância, dinamismo e criatividade, luxo e importância (cor da realeza, tapete vermelha), festividade (Natal), coisas memoráveis (marcar a vermelho) e compaixão (cruz vermelha).

Conotações negativas: inferno, guerra (sangue, uniformes vermelhos), revolução e anarquia (bandeiras), crime, pecado, perigo (luzes de trânsito, stop) e fogo.

O preto e o vermelho, em composições podem significar autoridade.

- **Amarelo**

Conotações positivas: simboliza luz e calor, alegria, energia, vivacidade e actividade, e também prosperidade e riqueza, porque está associado à cor do ouro e dos cereais (celeiro cheio).

Conotações negativas: é a cor da doença e da loucura, do declínio, mentira e traição.

- **Verde**

Conotações positivas: esperança e fortuna, sorte (mesas de jogo, campos desportivos), permissão e liberdade (sinal de trânsito), está ligado à natureza, à ecologia, e ao meio ambiente, ao crescimento e à renovação, e pode indicar juventude, frescura e saúde.

Conotações negativas: azar (jogo), veneno e acidez, náusea, azedume, inveja, inexperiência e ingenuidade, ou imaturidade e timidez, e também deterioração, doença e morte. É também a cor do que é estranho e inquietante (marcianos) e, quando associado ao amarelo é a cor da loucura.

- **Azul**

Em muitas culturas, o azul é a cor da espiritualidade e da sabedoria.

Conotações positivas: fidelidade e fé, sonho e evasão, realeza e aristocracia (sangue azul), conservadorismo, sobriedade e conforto, noite, mar ou água, frio, segurança e alta tecnologia.

Conotações negativas: introversão, tristeza e melancolia, censura (lápiz azul), ameaça, depressão e frio.

- **Púrpura e Violeta**

Conotações positivas: bravura, aristocracia, espiritualidade e mistério.

Conotações negativas: presunção, pompa, raiva, luto e morte.

7.2.2. Associação da cor:

A percepção da cor pode não estar associada a um facto físico, pode ver-se a cor no cérebro sem o contributo da visão, unicamente pelo poder da imagina-

ção e da memória, ou em associação com os outros órgãos dos sentidos, pela sinestesia.

- **Sinestesia e memória da cor**

«Dans la plupart des civilisations d’Afrique noire, par exemple, peu d’importance est attachée à la frontière qui peut séparer la gamme des tons rouges de celle des bruns ou des jaunes, voire de celle des verts. En revanche, devant une couleur donnée, il est essentiel de savoir s’il s’agit d’une couleur sèche ou d’une couleur humide, d’une couleur tendre ou d’une couleur dure, d’une couleur lisse ou d’une couleur rugueuse, d’une couleur sourde ou d’une couleur sonore, parfois d’une couleur gaie ou d’une couleur triste.»²⁶ (Pastoureau, p15)

A visão acontece quando a luz, passando através do globo ocular, atinge os elementos fotossensíveis da retina e inicia uma série de processos bioquímicos que transformam a energia dos seus diferentes comprimentos de onda em impulsos nervosos que são enviados ao cérebro, onde são analisados, interpretados e armazenados como aquisições a serem memorizadas.

Similarmente, o cérebro recebe os impulsos dos órgãos dos sentidos, que são analisados e interpretados em diferentes partes do cérebro. Estas informações estão de tal modo interligadas que a percepção de uma mensagem, enviada por um órgão dos sentidos, pode despertar a memória de outra percepção adquirida através de um órgão sensorial diferente.

Os sentidos mais ligados são a visão e o ouvido. A visão de certas cores pode despertar a memória de sons específicos, sendo talvez essa a razão pela qual Aristóteles, Newton, Kandinsky e Shopenhauer, entre outros, associaram as cores à escala musical, assim como Liszt, Schubert e Beethoven associaram a cor à sua música. Assim podemos atribuir qualidades sonoras às cores descrevendo-as como metálicas, estridentes, barulhentas, abafadas, etc. As conotações especiais destes dois órgãos, e também o facto de serem os que envol-

²⁶«Na maior parte das civilizações da África negra, por exemplo, é dada pouca importância à fronteira que pode separar a gama dos tons vermelhos da dos castanhos ou dos amarelos, ou mesmo da dos verdes. Em contrapartida, diante de uma cor dada, é essencial saber quando se trata de uma cor seca ou de uma cor húmida, uma cor tenra ou de uma cor dura, de uma cor lisa ou de uma cor rugosa, de uma cor surda ou de uma cor sonora, por vezes de uma cor alegre ou de uma cor triste» (tradução livre). Pastoureau, M. (s/d). *Couleurs, Images, Symboles – Etudes d’histoire et d’anthropologie*. Paris: Le Léopard d’Or

vem mais contactos e adaptações com o exterior, contribuem para que sejam considerados como os mais importantes órgãos dos sentidos.

A relação da visão com o paladar associa a cor a certos sabores, definindo-a, por exemplo, como ácida, amarga, doce; enquanto a visão e o olfacto se combinam para que as cores sejam percebidas, entre outras, como fumadas, queimadas, ou pútridas.

A visão e o tacto fazem com que se associem à cor expressões como sólida, áspera, seca, húmida, ou aveludada. Como o sistema nervoso da pele tem a capacidade de receber estímulos que actuam sobre vários receptores, através do tacto combinado com outras percepções, a cor pode despertar sensações de temperatura, peso e tensão.

No entanto, a percepção visual determinada por estas associações de sentidos, não é suficiente para a identificação completa de um objecto sem a intervenção da memória que, por analogia, evoca imagens armazenadas previamente no cérebro. A percepção de um objecto ainda não conhecido é associada e comparada, no cérebro, com objectos que se lhe assemelhem.

▪ **Matiz**

As associações provocadas pelas cores podem ter, simultaneamente, conotações positivas e negativas:

▪ Branco

Está associado à luz, higiene e limpeza, esterilidade e frio.

▪ Preto

É a ausência de luz, e está associado à sujidade, ao peso.

▪ Amarelo

É expansivo e transmite a sensação de proximidade. Sendo a mais luminosa das cores, está associado à luz e calor, mas quando tende para o verde torna-se ácido.

▪ Laranja

O laranja saturado é excitante e estimulante, enquanto um laranja mais luminoso é apazível e quente.

- Vermelho

A cor vermelha tem o maior impacto visual, sendo a primeira cor que se vê no arco-íris. É estimulante e está associado ao fogo e à vida.

- Verde

A cor verde pertence à maior família de cores, perceptível pelo olho humano e presente na natureza. Pode ser relaxante e refrescante, mas também pode estar associado ao veneno, à náusea, azedume e deterioração.

- Azul

Sendo a cor do firmamento, transmite uma sensação de frio, leveza e distância.

Para além das associações derivadas das cores, também as suas características de luminosidade, saturação e temperatura, podem despertar diferentes associações:

- **Luminosidade**

Composições em que as luminosidades sejam próximas, transmitem associações de incerteza, névoa e introspecção.

Os contrastes de luminosidade estão associados à precisão e objectividade.

Composições de baixa luminosidade (escuras) evocam a noite misteriosa e transmitem sensações de medo. As composições de luminosidade baixa parecem diminuir as suas dimensões.

As luminosidades altas numa composição, transmitem claridade e optimismo.

A passagem de uma luminosidade alta para baixa, acentua a percepção de profundidade de espaço.

- **Saturação**

As cores fortemente saturadas, transmitem sensações de actividade.

- **Temperatura**

As cores podem ser consideradas quentes ou frias, independentemente da sua temperatura física, sendo o vermelho, laranja, amarelo e castanho, percebidas como cores quentes que induzem emoções de excitação, animação, estimula-

ção e agressão, enquanto os azuis, verdes e cinzentos são considerados cores frias que sugerem segurança, calma e paz, depressão, tristeza e melancolia.

As cores quentes, como o vermelho, laranja e amarelo, parecem avançar e estar mais próximas do que estão na realidade.

As cores frias, como o azul e o verde, parecem recuar.

No entanto, uma cor fria, desde que altamente saturada e luminosa, pode parecer avançar, enquanto uma cor quente de baixa luminosidade parece recuar.

▪ **Forma**

Existem formas ligadas a valores simbólicos, que estão associadas a determinadas cores. Itten (1985, p120) associou as três cores reflectidas primárias, magenta, amarelo e ciano, respectivamente ao quadrado, triângulo e círculo:

▪ Quadrado e Magenta

O quadrado caracteriza-se por duas linhas horizontais e duas verticais, do mesmo comprimento, definindo uma forma estática e pesada que simboliza a matéria e o peso, correspondendo ao peso e opacidade do magenta.

Todas as formas que, como o quadrado, são caracterizadas por duas horizontais e duas verticais pertencem a esta família, onde se incluem o rectângulo e a cruz.

▪ Triângulo e Amarelo

O triângulo é formado por três diagonais que se cruzam, e tem uma característica combativa e agressiva que simboliza o pensamento e a cor, correspondendo ao carácter do amarelo.

Todas as figuras geométricas que se podem associar a um carácter diagonal, como o trapézio ou o losango, pertencem à família do triângulo.

▪ Círculo e Azul

O círculo transmite uma impressão de calma e movimento perpétuo, que simboliza a unidade e o movimento espiritual, e corresponde à cor azul.

Todas as formas curvas, como a elipse, a oval e o óvulo, pertencem a esta família.

▪ **Sinalização**

Considerando a rapidez de percepção, existem cores que provocam reacções comuns a todos os indivíduos, embora com velocidades de reacção diferentes. Assim, o amarelo é a cor que se percebe mais imediatamente, seguida pelo branco, o vermelho, o verde e o azul, e estas constatações permitem estabelecer uma base científica quanto às cores mais indicadas para comunicação, e sinalização rodoviária e de trabalho.



Fig. 7.12: Cores utilizadas na sinalização (De Grandis, L. 1984)

▪ Amarelo

É a cor percebida mais rapidamente, mesmo a meia-luz, sendo por isso indicada para sinalização de perigo imediato.

▪ Laranja

A cor laranja tem uma percepção semelhante à do amarelo e atrai o olhar, sendo utilizado em casos de perigo inerente e no uso de maquinaria industrial.

▪ Branco

É utilizado em sinalização, sobre fundo preto para indicar irregularidades ou obstáculos em estradas, sendo por vezes contornado a amarelo quando se pretende assinalar perigo de choque.

▪ Vermelho

Não sendo visível por pessoas com deficiências na percepção da cor, não deve ser usado em avisos, mas é a cor utilizada para identificar equipamentos de protecção contra fogo e interruptores de maquinaria industrial perigosa.

▪ Verde

Esta cor pode ser usada como sinal de permissão, saída de emergência, etc.

▪ Azul

Sendo uma cor de comprimento de onda curto, é visível mesmo em ambientes pouco iluminados, e pode ser utilizada em sinais de aviso de perigo eléctrico ou eminente.

7.3. Resumo do capítulo

Este capítulo abordou, numa primeira parte, a psicologia da cor e os seus efeitos psicofisiológicos, referidos por Frank Mahnke na sua *Color Experience Pyramid*, descrevendo ainda as estruturas do cérebro e o modo como são reguladas as funções fundamentais do corpo, para transformar a informação visual da cor em sensações, pensamentos e acções. Este estudo foi complementado com a descrição das reacções fisiológicas dos indivíduos à cor e à luz colorida.

Numa segunda parte, estudou-se a simbologia das cores e as associações provocadas pela sinestesia e memória das cores.

O próximo capítulo aborda a colorimetria, os diferentes sistemas de medição e ordenamento da cor, que são habitualmente utilizados nas diferentes vertentes do Design, incluindo também o modo como a cor é aí aplicada.

8. Colorimetria e Aplicação da Cor ao Design

8.1. Introdução

Através dos séculos os filósofos e teóricos da cor procuraram ordenar as cores, baseando-se na mistura da luz, ou tendo como base a mistura de pigmentos. No capítulo 3., quando se abordaram as diferentes teorias da cor, já foram descritos os sistemas de ordenamento ligados a essas teorias. Portanto, neste capítulo serão abordados alguns sistemas de ordenamento das cores mais actuais, que são geralmente utilizados nos projectos de design.

Um dos factores importantes no exercício do design, e que deve fazer parte da sua formação, é saber escolher as cores, e tirar efeitos das suas interligações psicológicas ou visuais. Assim, torna-se necessário saber decidir as quantidades relativas da cor num objecto, espaço, ou superfície, conhecer e explorar as interacções que surgirão inevitavelmente, em razão da vizinhança, e saber escolher a sua posição, em função do destaque ou da direcção que se quer imprimir.

8.2. Sistemas de ordenamento das cores

As fontes de iluminação e o poder reflector dos materiais de revestimento, podem ser medidos e comparados cientificamente pela medição da sua reflectância espectral. As fontes luminosas são comparadas, em laboratórios, pelo poder relativo da emissão dos seus comprimentos de onda, enquanto os diferentes materiais são comparados pelo seu poder reflector, sob a mesma fonte de luz padrão.

8.2.1. Sistema RGB

Este sistema de ordenamento, como o seu nome indica, combina as três cores primárias da luz numa síntese aditiva, de modo a formar todas as outras cores, e pode ser utilizado sempre que se misturam luzes para gerar cores,

como por exemplo, em monitores de computadores, scanners, máquinas de filmar e máquinas fotográficas digitais.

É construído sobre um cubo, cujas arestas são graduadas de 0 a 255, porque o olho humano consegue distinguir 256 níveis na escala de luminosidade, conseguindo-se, assim, obter mais de dezasseis milhões de combinações de cores (256^3) dentro deste sistema. Nos vértices do cubo, estão localizadas as cores primárias (vermelho, verde e azul ultramarino) e as cores secundárias (amarelo, magenta e ciano), nas condições óptimas de matiz, saturação e luminosidade, e ainda as acromáticas branco e preto. Cada cor, existente no cubo é representada, e perfeitamente localizada, por intermédio de três coordenadas que indicam a participação de cada cor primária na formação dessa cor.

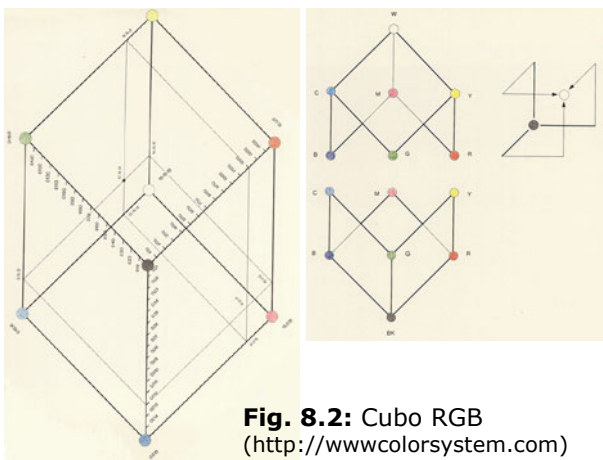


Fig. 8.2: Cubo RGB
(<http://www.colorsystm.com>)

A primeira coordenada representa a cor vermelha (R), que no vértice do cubo toma os valores de $255,0,0$, a segunda é a cor verde (G), com o valor máximo de $0,255,0$, e a terceira, com valores iguais a $0,0,255$, é a cor azul (B). Assim o amarelo puro, combinação de vermelho e verde, tem as coordenadas $255,255,0$, enquanto o magenta, que combina

vermelho e azul, é representado por $255,0,255$, e o ciano, mistura de azul e verde, pelas coordenadas $0,255,255$. Utilizando estas coordenadas, o laranja (uma cor terciária) terá os valores de $255,127,0$.

O branco, máximo de luminosidade que activa completamente as sensibilidades do olho, está localizado no vértice para onde convergem as arestas amarelo, magenta e ciano, sendo representado pelas coordenadas $255,255,255$, enquanto o preto, valor mínimo de luminosidade que não activa as sensibilidades do olho, tem as coordenadas de $0,0,0$. A diagonal do cubo, que une os

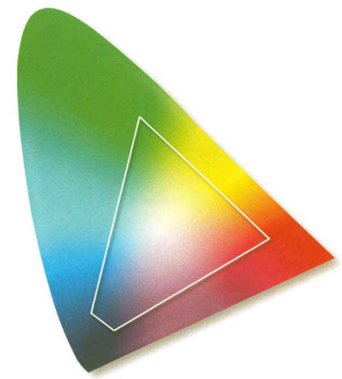


Fig. 8.1: Triângulo RGB sobre diagrama CIE
(Fraser, T., Banks, A. 2004)

vértices opostos preto e branco, contém todas as variações de luminosidade neutra, que são os cinzentos.

8.2.2. Sistema CMYK

É um sistema substractivo de cor reflectida, resultante das descobertas de Jacques Le Blon, já descritas no capítulo 3. que dá indicações para a impressão do trabalho, quando utilizado em computadores. As suas três cores primárias, e fundamentais, são ciano (C), magenta (M) e amarelo (Y), com o preto (K) como auxiliar de definição, uma vez que as sensibilidades do olho não são completamente anuladas e a mistura substractiva destas cores primárias é um cinzento escuro.

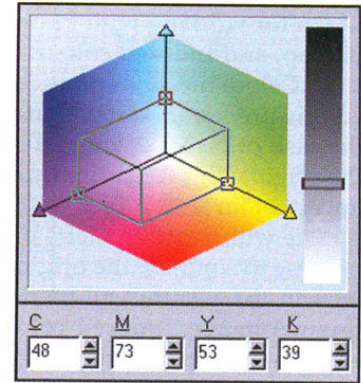


Fig. 8.3: Coordenadas CMYK no monitor do computador (Pender, K. 1998)

Cada cor primária é representada numa percentagem de 0 a 100, estando a cor nas suas condições óptimas quando o valor da cor é 100%. O branco corresponde ao valor 0% nas três cores primárias, enquanto o preto de mistura,



Fig.8.4: Exemplo de placas de impressão em CMYK (Fraser, T., Banks, A. 2004)

tem as cores todas na percentagem 100%. As cores secundárias são representadas pela mistura de duas cores a 100%: vermelho tem 100% de magenta e 100% de amarelo, verde corresponde a ciano e amarelo, ambas a 100%, e azul é uma mistura de 100% de ciano com 100% de magenta. A combinação de duas cores primárias, seja qual for a percentagem, será sempre uma cor clara, se a percentagem de preto for igual a 0. A cor preta adicionada a qualquer cor, ou mistura de cores, escurece-a e a variação de percentagens de preto, sem a adição de outra cor, é uma escala de cinzentos neutros.

8.2.3. Sistema Hexacrome

Este sistema que garante maior fidelidade cromática que o sistema CMYK, é também destinado à impressão. Utiliza seis cores, acrescentando o laranja (O)

e o verde (G), às quatro do outro sistema, para aumentar a gama das cores que podem ser reproduzidas e a qualidade da impressão a cores.

8.2.4. Sistema HSV

O sistema de ordenamento **HSV** (*Hue, Saturation, Value*) ou **HSB** (*Hue, Saturation, Brightness*) é representado na forma de um cone invertido, cujas três dimensões indicam o matiz (H), a saturação (S) e a luminosidade (V), ou brilho (B). O matiz tem uma variação angular, estando as cores puras, primárias e secundárias, situadas nos vértices de um hexágono inscrito no círculo da base do cone, correspondendo o vermelho a 0° , o amarelo a 60° , o verde está a 120° , ciano a 180° , azul a 240° e magenta a 300° . A saturação das cores varia segundo o raio da circunferência, indo do seu máximo no exterior do círculo, até ao mínimo no seu centro. O eixo de luminosidade, formado por uma escala de cinzentos neutros, vai do valor $1,0$, que corresponde ao branco e se situa no centro da base do cone (valor nulo de saturação), ao valor 0 , correspondente ao preto e situado no vértice inferior do cone.

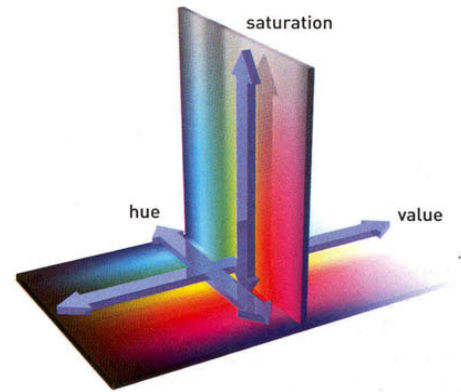


Fig. 8.5: Coordenadas do sistema HSV (Fraser, T., Banks, A. 2004)

Este sistema de combinação de cores, é utilizado unicamente em sistemas digitais, e não corresponde nem à síntese aditiva da cor, nem à síntese substractiva.

8.2.5. Sistema HLS

O sistema **HLS** (*Hue, Lightness, Saturation*) difere do sistema HSV por ser formado por dois cones unidos pela base. O seu eixo de luminosidade (L) está graduado de 0 (preto), situado no vértice inferior, a $1,0$ (branco), no vértice superior, enquanto as cores puras, no máximo de matiz e saturação, se localizam ao nível $0,5$ de luminosidade (o círculo de base dos cones). Este sistema possibilita a descrição de um número infinito de cores.

8.2.6. Sistema Munsell

Este sistema colorimétrico já foi referido no capítulo 3., mas, tendo sido adoptado pelo United States Bureau of Standards e sendo correntemente utilizado nos programas de ensino das escolas inglesas e americanas, considerou-se importante descrevê-lo mais completamente. É geralmente utilizado para definir cores em Design Industrial e de Interiores nestes países.

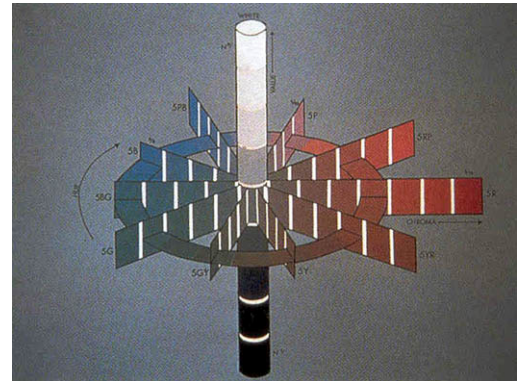


Fig 8.6: Variáveis de Munsell (Fraser, T., Banks, A. 2004)

É um sistema racional que descreve as cores, e permite a utilização de uma escala decimal. A cor é descrita pelas suas três variáveis, que são denominadas *hue* (matiz), *value* (luminosidade) e *chroma* (saturação). Foram consideradas cinco cores primárias (vermelho *R*, amarelo *Y*, azul *B*, verde *G*, e púrpura *P*) e cinco cores secundárias (amarelo avermelhado *YR*, vermelho-púrpura *RP*, púrpura azulado *PB*, azul esverdeado *BG* e verde amarelado *GY*), originadas nas imagens posteriores das cores primárias e, por conseguinte suas complementares.

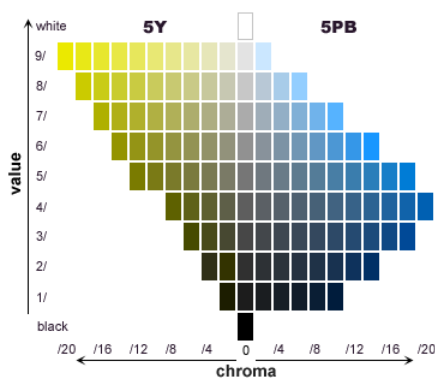


Fig. 8.7: Secção vertical da árvore de Munsell (<http://www.colors-system.com>)

As cores puras, ou matizes (*hues*) foram distribuídas, inicialmente, em 100 pontos equidistantes de um círculo, em que todas as cores primárias têm uma notação de 5 e as secundárias de 10. Assim o vermelho é 5R, enquanto o amarelo avermelhado é 10R e a cor intermédia, entre estas, é 7,5R, distribuição esta que permite visualizar e harmonizar as cores mais facilmente.

A luminosidade (*value*) é registada num eixo neutro vertical de cinzentos, graduado em intervalos de 0 a 10, conotados com a letra *N*, em que a cor branca se encontra no pólo superior, com o valor 10N, e o preto no pólo inferior, com a conotação 0N, enquanto o ponto de cinzento médio tem a conotação 5N. Estas divisões não estão ligadas a nenhum tipo de

formalismo matemático, baseando-se na observação das diferenças de luminosidade das cores.

A saturação (*chroma*) de cada matiz é medida no eixo radial, desde o tom de cinzento da cor, junto ao eixo de luminosidade, até à completa saturação, na periferia do círculo. O grau de saturação é representado por um número depois de uma barra (/), de modo que, um vermelho de luminosidade média, é representado por *5R5/14*.

Devido às diferenças de luminosidade das cores, e à extensão desigual do seu raio de saturação, a primitiva esfera, tornou-se num sólido irregular, a *Árvore de Munsell*, que apresenta graduações de luminosidade ao longo do eixo vertical, e graduações de saturação ao longo dos ramos horizontais, cujo extremo mostra a cor pura. Para uma melhor consulta de cada espaço de cor, as suas graduações foram espalmadas numa página, um ramo da árvore, arrumado em torno do tronco da luminosidade.

8.2.7. Sistema NCS – Natural Colour System

Este sistema é originário da Suécia e foi criado, no final dos anos 60, por Anders Hård e Lars Sivik. Próximo do sistema Munsell e utilizado habitualmente em Design de Interiores, permite descrever todas as cores recorrendo apenas à percepção, sem o recurso a qualquer instrumento ou padrão de cor, mas utilizando somente os parâmetros NCS.

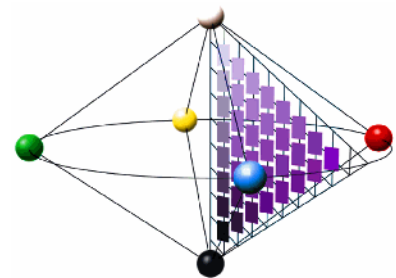


Fig. 8.8: Sólido NCS
(<http://www.colorsystem.com>)

Baseando-se na teoria das cores oponentes de Hering, as cores principais deste sistema são: vermelho *R*, verde *G*, amarelo *Y* e azul *B*, para além de branco *W* e preto *S*. O seu modelo tridimensional é um duplo cone, em que o branco ocupa o vértice superior e o preto se situa no vértice inferior, enquanto as cores puras estão colocadas na zona média, correspondente à base dos cones. Por uma questão de facilidade de consulta, este sistema é usualmente representado pelo *Círculo de Cor NCS* e pelo *Triângulo de Cor NCS*.

O Circulo de Cor NCS representa uma secção horizontal do sólido NCS, a meio do espaço cor, onde se situam as cores puras. Está dividido por dois diâmetros perpendiculares que indicam, no sentido dos ponteiros do relógio, as cores: amarelo *Y*, vermelho *R*, azul *B* e verde *G*. Os quatro quadrantes, resultantes desta divisão, estão graduados de 0 a 100 e incluem todas as cores intermédias das cores principais, cuja notação é a letra da primeira cor que entra na sua composição, seguida da numeração da graduação em que se situa e da letra da segunda componente (a cor laranja será *Y50R*).

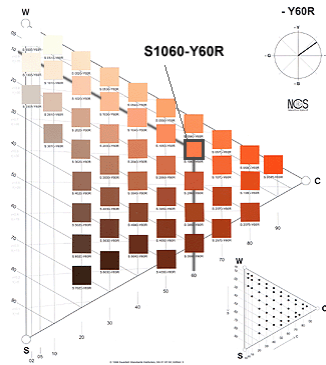


Fig. 8.9: Página NCS
(<http://www.colorsystm.com>)

O Triângulo de Cor NCS é uma secção vertical do sólido NCS, passando pelos vértices. O lado do triângulo, correspondente à altura do sólido, representa a escala de luminosidade e está dividido em 100 segmentos que vão de 0, no branco (W), a 100, no preto (S). O vértice oposto representa o máximo cromatismo (C), ou seja, a cor nas condições óptimas de matiz e saturação.

A notação NCS é composta por um grupo inicial de quatro algarismos, em que os dois primeiros indicam a percentagem de luminosidade e os dois seguintes, separados por um hífen da notação da cor, indicam a percentagem de cromatismo como ela é representada no Circulo de Cor NCS, podendo esta notação ser antecedida pela letra *S*, indicativa de uma amostra da 2ª edição. Por exemplo, a cor *S 2030-Y90R*, será uma amostra da 2ª edição que tem 20% de preto e 30% de cromatismo, e está situada na graduação 90, entre as cores amarelo e vermelho, sendo assim, um vermelho alaranjado, claro e pouco saturado.

8.2.8. Sistemas da CIE – Comissão Internationale d’Eclairage

A ‘Commission Internationale d’Eclairage (CIE) é um organismo mundial, com sede em Paris, que, sentindo a necessidade da uniformização das notações de cor, tem procurado desenvolver sistemas de coordenadas cromáticas. Uma medição mecânica, em que as três variáveis da cor destes sistemas – matiz, saturação e luminância, ou intensidade de luz de descarga – foram medidas

por meio de colorímetros, serviu de base para a identificação das cores destes sistemas. As cores são representadas por meio de coordenadas que dependem de um *observador padrão* e de *fontes luminosas padrão*.

Os observadores padrão definidos pela CIE foram dois, e representam o resultado da comparação da observação das cores por um grupo de 15 a 20 indivíduos, considerados observadores normais, que foram submetidos a testes de fontes de iluminação para a obtenção dos valores dos três estímulos que reflectem uma maior sensibilidade da retina. O primeiro, definido em 1931, era o *observador padrão a 2°* assim denominado em razão das dimensões do campo de visão, tendo sido substituído, em 1964, pelo *observador padrão a 10°*.

As fontes de iluminação padrão, definidas em 1931, são: *iluminante A*, uma lâmpada de filamentos de tungsténio com uma temperatura de cor de 2 854K e simulando a luz solar; *iluminante B*, que simula a luz do dia médio, com uma temperatura de 4 800K; *iluminante C*, simulador da luz do dia média a uma temperatura de 6 500K. Os iluminantes B e C derivam do iluminante A, por meio de filtros que alteram a distribuição espectral de energia.

Adicionalmente, a CIE desenvolveu outros iluminantes correspondentes à distribuição espectral da luz do dia, que denominou *iluminantes D*. Destes últimos, o mais utilizado em colorimetria e para calibrar fontes, é o D65.

- **Sistema CIE**

O primeiro sistema da CIE, surgiu em 1931, e a cor era representada pelas coordenadas *X* e *Y*, a que mais tarde se adicionou uma terceira coordenada, *Z*, correspondente à luminosidade.

- **Sistema CIE XYZ**

Este sistema, que é a evolução do sistema de 1931, considera que os três valores estimulantes (vermelho, verde e azul) são inadequados, passando a utilizar uma fórmula matemática para calcular os padrões, por meio dos iluminantes e observador padrão. Os valores *X*, *Y* e *Z*, estão próximos das

sensibilidades do olho e passam a ser considerados os estimulantes CIE, obedecendo à relação $X+Y+Z=1$.

O diagrama deste sistema, em forma de triângulo arredondado, é baseado na curva de luminosidade. O seu interior e contorno constituem todas as cores visíveis, situando-se as cores puras do espectro na região curva, e as cores púrpuras na linha recta, enquanto a luz branca é definida por um ponto próximo de $X=Y=1/3$.

O eixo Z, deste diagrama, varia entre 0 e 100 e corresponde à luminância da cor (intensidade da luz de descarga), em que o ponto 0 tem a iluminação do ponto central branco, correspondente ao iluminante C (6 500K).

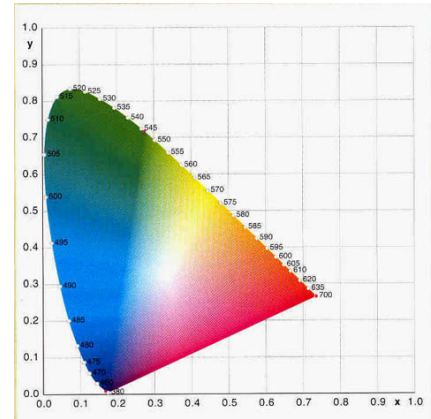


Fig. 8.10: Diagrama CIE-XYZ (Fraser, T., Banks, A. 2004)

▪ CIE Luv e Lu'v'

Considerando o sistema XYZ inadequado, por não ter uma representação visual em três dimensões, a CIE desenvolveu em 1960 o sistema *Luv*. As alterações consistiram no alongamento das porções azul/vermelho do diagrama e na deslocação do iluminante, no interior do diagrama.

No entanto, estas modificações não foram suficientes e o sistema foi alterado para *Lu'v'*, em que se mantinham os valores *L* (luminosidade) *u'* igual a *u*, enquanto *v'* passou a ter o valor $1,5v$, o que lhe conferia uma melhor uniformidade visual.

▪ CIE Lab

Este sistema de coordenadas, que foi adoptado em 1976, baseia-se na teoria de Hering e é, portanto, um sistema de cores oponentes.

A coordenada *L* representa a luminosidade, e varia entre 0 (preto) e 100 (branco); a coordenada *a* tem o sentido positivo (a^+) na direcção do vermelho e o sentido negativo (a^-) na direcção do verde; a coordenada *b* tem o sentido positivo (b^+) na direcção do amarelo e o sentido negativo (b^-) na direcção do azul.

8.3. Aplicação da cor ao Design

«Color must have a purpose within any project, and one's choice of color is the primary method of conveying one's message. Color can reflect mood, emotion, and time frame, and provide the symbolism. These aspects work in conjunction with the principles and elements of design, color interactions, and illumination to impart what the artist, architect, or designer wishes the viewer to see and feel.»²⁷ (Feisner 2000, p13)

Para comunicar plenamente as intenções do designer, para actuar correctamente sobre o público-alvo e para não transmitir indicações contrárias, torna-se necessário cumprir as regras de harmonia e contraste, provocadas pela interacção das cores. Mas também se devem estabelecer relações de ritmo, equilíbrio, escala e proporção, e ter a noção do modo como, através da cor, se pode enfatizar ou anular uma superfície.

8.3.1. Ritmo

Um trabalho, ou uma composição coerente deve apresentar ordem e unidade, e estas podem ser representadas pelo ritmo, definido por uma repetição ou progressão de matizes, ou das suas características.

Uma composição de vários matizes puros, ou relacionados com estes, torna-se cansativa porque exige ao olho um grande esforço de adaptação, que não acontece quando são utilizados, unicamente, um ou dois matizes em modulações de luminosidade ou saturação. Os contrastes de luminosidade, de um mesmo matiz, podem transmitir a sensação de



Fig. 8.11: Ritmo definido por uma sucessão de cores análogas (Feisner, E. 2000)

²⁷ «A cor deve ter um propósito em de qualquer projecto, e a escolha da cor é o método fundamental de transmitir a mensagem. A cor pode reflectir um estado de espírito, uma emoção, um período de tempo, e proporciona o simbolismo. Estes aspectos actuam em conjunto com os princípios e elementos do design, interacções da cor, e iluminação para comunicar o que o artista, arquitecto, ou designer deseja que o observador veja e sintá.» (tradução livre). Feisner, E. A. (2000). *Colour: How to Use Colour in Art and Design*. London: Lawrence King Publishing Ltd.

movimento, de que são exemplo as composições Op Art sendo, nesses casos, a escolha da cor responsável pelo carácter vibrante ou não da composição.

Uma maior unidade pode ser conseguida nas composições em que se emprega um único matiz, em sequência ou progressão de luminosidade, ou saturação. Também se pode estabelecer o ritmo por uma sequência de matizes análogos, pouco cansativos porque o olho se adapta progressivamente, ao mover-se de um matiz para outro. Os mesmos efeitos podem ser conseguidos por meio de sequências de temperaturas de matizes.

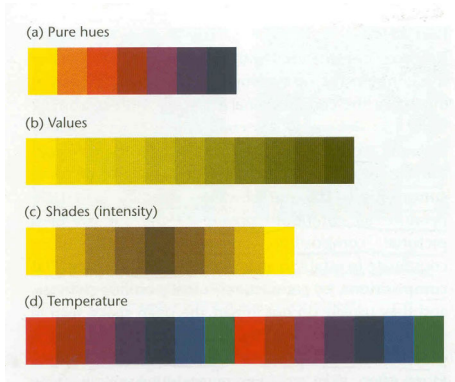


Fig. 8.12: Ritmo definido por luminosidade, saturação e temperatura (Feisner, E. 2000)

A relação forma fundo também é importante e aqui a noção de ritmo pode ser estabelecida

pela utilização, no fundo, de um dos matizes das formas, criando uma ligação visual. Uma composição com um fundo branco, pode ser neutra e contrastante, quando é acromática, isto é quando na forma entram unicamente as cores branco, preto e cinzento. Nas composições coloridas, a utilização de um fundo cromático transmite maior unidade visual, mesmo sendo um fundo claro ou de um matiz esbatido.

8.3.2. Equilíbrio

A noção de equilíbrio dentro de uma composição, refere-se ao efeito visual total de todos os seus componentes. A cor pode conferir, ou anular, a noção de espaço e relevo, ou profundidade, por meio das características de luminosidade, saturação e temperatura que estabelecem a colocação de uma imagem no espaço.

Como já foi referido no capítulo 6., sobre um fundo de alta luminosidade os matizes escuros avançam e os claros esbatem-se, sobre um fundo de baixa luminosidade os matizes escuros tendem a perder visibilidade e volume, enquanto os luminosos ressaltam. No que se refere à saturação, os matizes muito saturados dão a sensação de proximidade e os menos saturados distanciam-se e, em níveis iguais de luminosidade, os matizes quentes avançam e os frios recuam, dando uma sensação de profundidade, efeito este que pode

ser invertido se os matizes quentes forem pouco saturados, e os frios tiverem alta saturação. No entanto, a composição perde relevo quando o seu fundo não integra nenhum dos matizes constituintes da forma, independentemente das variações de saturação e temperatura.

O equilíbrio das cores de uma composição pode ser simétrico ou assimétrico:

- **Equilíbrio simétrico**

Um equilíbrio simétrico formal, é reforçado quando as cores também são simétricas, mas estas composições tendem a ser visualmente estáticas.

- **Equilíbrio assimétrico**

Num equilíbrio formalmente assimétrico, e portanto activo, uma colocação simétrica de cores pode atenuar essa actividade. Ao contrário, uma composição de formas simétricas pode ganhar movimento com uma disposição assimétrica de cores.

- **Contraste**

Os contrastes de cores também podem afectar o equilíbrio de uma composição. Quanto maior for o contraste de luminosidades entre forma e fundo, menor será a quantidade de cor necessária para conseguir o equilíbrio. Sobre um fundo branco, o equilíbrio exige menos preto que cinzento.

Os contrastes de matizes também influenciam o equilíbrio das composições, resultando este das proporções inversas da luminosidade dos matizes componentes. Os tons quentes devem ser utilizados em menos quantidade que os tons frios, as cores complementares devem ficar equilibradas simetricamente, e os matizes puros devem ser equiparados, em razão da luminosidade, com tons claros ou escuros, para permitir o descanso do olho.

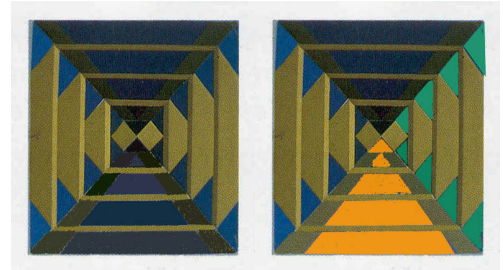


Fig. 8.13: Equilíbrio simétrico e assimétrico
(Swirnoff, L. 2003, alterado pela autora)

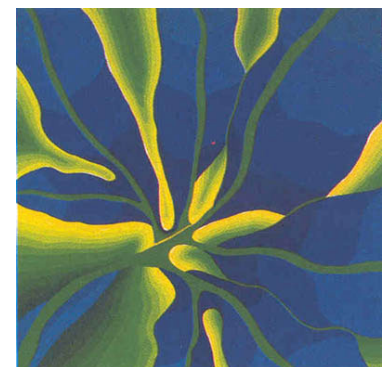


Fig. 8.14: Contraste de complementares
(Wong, W. 1997)

8.3.3. Proporção

A proporção regula as relações entre os elementos de uma composição e o seu conjunto, ou de um elemento com a totalidade. As proporções em que um matiz é utilizado, afectam a sua saturação e temperatura, e uma aplicação equilibrada obedece às relações entre cores, encontradas por Goethe e Schopenhauer e representadas no seu círculo de cores. No entanto, uma composição em que os matizes são empregues nas proporções equilibradas, torna-se estática e fixa.

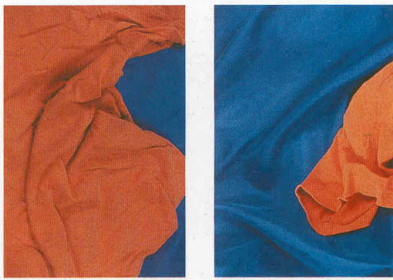


Fig. 8.15: As proporções de matizes numa composição, afectam as suas características (Feisner, E. 2000)

A legibilidade de uma composição, à distância, torna-se difícil quando os matizes componentes são análogos ou próximos, ou de luminosidade semelhante, e a saturação e nitidez dos contornos, varia em razão inversa da distância de observação. A área ocupada por uma cor também pode afectar a sua percepção, parecendo mais vivas as áreas maiores, no entanto, para uma cor ser dominante deve ter porções desiguais na

composição.

8.3.4. Escala

As noções de escala englobam as relações dimensionais da cor, que podem ser expressas em função da sua área ou nitidez.

A dimensão de uma superfície colorida influencia a sua saturação, diminuindo a saturação e luminosidade na medida em que aumenta a área. Isto acontece porque, devido à amplitude do ângulo de visão, uma grande superfície não está toda a igual distância do olho, e quanto mais perto do olho estiver uma cor, mais luminosa parecerá.

Por outro lado, na medida em que uma cor se torna saturada (um matiz puro está no máximo de saturação) destaca-se mais do fundo, mas a mudança de

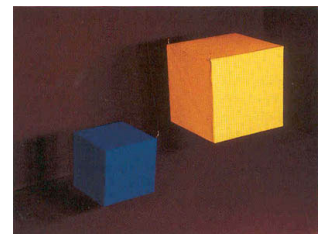
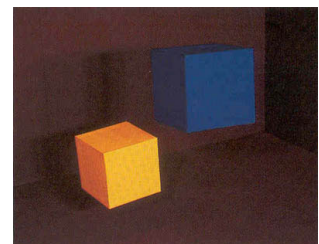


Fig. 8.16: Um matiz saturado destaca-se do fundo (Swirnoff, L. 2003)

luminosidade, embora também altere a nitidez das cores, fá-lo menos drasticamente. A combinação de diferenças de escala com a proporção da cor, também provoca alterações na nitidez das cores.

8.3.5. Ênfase

A ênfase refere-se à definição de áreas coloridas, que se destacam numa composição, atraindo o olhar. A cor, porque é vista prioritariamente à forma, representa aqui um papel importante.

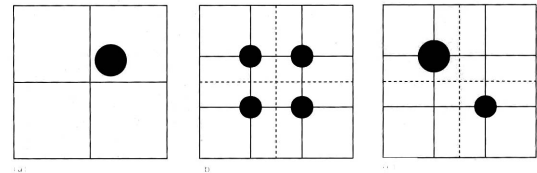


Fig. 8.17: Pontos de ênfase num quadrado (Feisner, E. 2000)

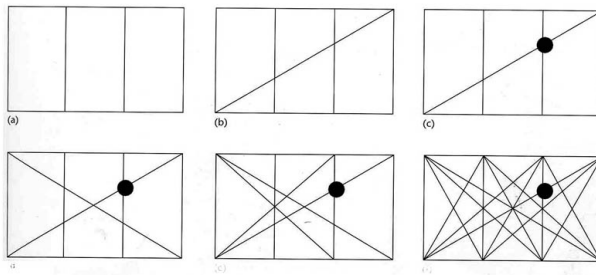


Fig. 8.18: Pontos de ênfase definidos pela construção do rectângulo de ouro (Feisner, E. 2000)

O centro visual de uma composição não coincide com o seu centro geométrico, estando situado ligeiramente acima e ao lado. Assim, as linhas de construção das figuras geométricas, em particular do rectângulo de ouro, ajudam a situar os pontos focais onde se deve colocar a cor a que se deseja dar

ênfase.

Já se referiu que os matizes puros são dominantes, em relação a tons mais ou menos puros ou esbatidos e, assim, quanto mais puro ou saturado for um matiz, maior será o impacto provocado por ele. Em contrapartida, as cores subordinadas perdem saturação.

Como as cores saturadas têm tendência para avançar, são habitualmente conotadas com acção e indicadas para dar ênfase a uma composição, mas a luminosidade também pode criar impacto, em razão directa com o contraste.

- O contraste é, portanto, um dos factores de ênfase e o seu incremento entre cores adjacentes aumenta o impacto. Nos contrastes de luminosidade, o par mais contrastante é formado pelas cores branco e preto, mas também se consegue dar ênfase com contornos parcialmente esfumados que criam uma ilusão de iluminação.

Os contrastes de pares complementares são uma óptima maneira de criar ênfase, em particular quando as duas cores têm a mesma luminosidade, mas também se conseguem bons impactos com matizes puros que contrastam com uma cor neutra, ou um tom menos luminoso da sua complementar.

- Outro modo de criar ênfase é pela dimensão e forma de uma área de cor, através da inversão das proporções de luminosidade, ou criando grandes áreas de matizes saturados, tendo em conta que os contornos definidos têm mais impacto que as sequências ou gradações de cor.
- A textura também pode ser um meio de estabelecer zonas de ênfase numa composição. A textura de uma superfície afecta a sua cor e numa área rugosa a cor parece mais escura, porque absorve e dispersa mais radiações luminosas, enquanto uma superfície brilhante reflecte mais luz, parecendo mais clara. Uma textura ilusória pode ser criada através de combinações de pontos claros e escuros, não alterando a sua força de impacto.
- Outro factor de ênfase, é uma escolha de cores arbitrária, ou ilógica, aplicando a um objecto uma cor que não lhe é inerente, ou utilizando uma cor contrária à natureza da forma colorida.

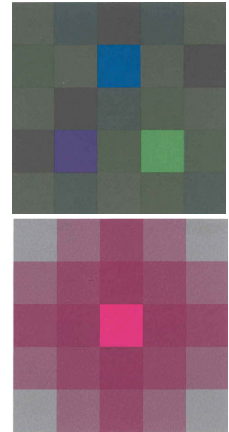


Fig. 8.19: Ênfase criada pelo contraste de um matiz com o fundo
Itten, J. (1985).

8.4. Resumo do capítulo

Neste capítulo foram estudados os sistemas de medição e ordenamento das cores que estão actualmente mais em uso, e que têm aplicações específicas nas diferentes vertentes do design.

Foram também estudados os diferentes modos de utilização da cor que permitem ao designer transmitir correctamente a mensagem dos seus projectos, diminuindo o risco de causar efeitos contrários aos pretendidos.

No próximo capítulo estabelecem-se as conclusões desta investigação e sugerem-se temas para futuros estudos.

9. Conclusão e sugestões para futuros estudos

O objectivo desta pesquisa consistiu em estabelecer que conhecimentos de cor são necessários aos designers para um correcto exercício da sua profissão e que, como tal, devem fazer parte dos programas de ensino do design, contribuindo para o incremento do ensino da cor nesses cursos.

A longa experiência da autora como docente em cursos de design, e as considerações apresentadas por vários especialistas em cor nos seus numerosos livros e artigos, permitem constatar que a cor tem sido considerada como matéria secundária, até dispensável, no ensino do design.

A partir das constatações, acima referidas, construiu-se a seguinte pergunta de partida:

Que conhecimentos devem ser ensinados, sob a forma de disciplinas e conteúdo de programas, na formação de designers nas três variantes do design – Design Industrial (de Produto), Design de Comunicação (Gráfico) e Design de Interiores?

9.1. Consulta a especialistas da cor

A pergunta de partida, acima indicada, foi enviada a vários especialistas de cor porque se considerou importante dispor de opiniões abalizadas para orientar e reforçar esta pesquisa. Dos especialistas seleccionados, destacam-se os que merecem reconhecimento internacional pela qualidade dos seus trabalhos sobre cor:

- Karin Fridell Anter, investigadora da *School of Architecture do Royal Institute of Technology (KTH)*, em Estocolmo.
- Luis Badosa Conill, professor catedrático de pintura na *Facultad de Bellas Artes da Universidad del Pais Vasco* e especialista em Psicologia e Simbologia da Cor.

- José Luís Caivano, presidente do *Grupo Argentino del Color* e professor da Facultad Arquitectura, Diseño y Urbanismo da Universidade de Buenos Aires.
- Jean-Philippe Lenclos, professor da especialidade *cor na arquitectura* na *Ecole Nationale Supérieure des Arts Décoratifs*, autor de vários livros sobre *Geografia da Cor*.
- Harold Linton, entre outros cargos desempenhados, é chefe do Departamento de Arte no *Slane College of Communications and Fine Arts* da Universidade de Bradley, nos EUA.
- Frank Mahnke, é presidente de IACC – *International Association of Color Consultants*, onde dirige seminários e conferências sobre os efeitos psicológicos e fisiológicos da cor.
- Byron Mikellides, cordenador do *Architectural Psychology Lab* e da *Colour Research Section* na *School of the Built Environment* da Oxford Brookes University, Reino Unido.
- Pietro Zennaro, professor da Faculdade de Arquitectura na Università IUAV di Venezia, organizador da conferência *Il colore dei materiali per l'architettura*.

A análise das respostas destes especialistas veio confirmar as indicações da investigação bibliográfica e, deste modo, reforçar a validade da constituição deste conjunto de noções de cor necessárias à formação dos designers. Permitiu ainda agrupar os conteúdos temáticos, ordenados por ordem de frequência, da seguinte forma:

Física da luz e da cor, teorias da cor, harmonia e contraste, simbologia e associação, sistemas de ordenamento, percepção da cor, aspectos psicológicos e efeitos psicofisiológicos, características ou componentes, interacção da cor, dinâmica da cor, visibilidade e legibilidade, materiais, iluminação, técnicas, volumetria, e temperatura.

9.2. Inquérito a estudantes de design

Foi, ainda, apresentado um inquérito aos estudantes de design, da Faculdade de Arquitectura da Universidade Técnica de Lisboa (FAUTL) e da Escola Superior de Design (IADE), para avaliar os seus conhecimentos sobre cor.

A análise deste inquérito permitiu concluir o seguinte:

- Os inquiridos pertencem maioritariamente ao IADE que lecciona maioritariamente cursos de Design, o que não é o caso da FAUTL.
- Existe uma maior percentagem de inquiridos do género feminino e de um grupo etário compreendido entre 21 e 25 anos.
- A percentagem de inquiridos que utilizam a cor nos tempos livres é maioritária.
- A quantidade de cor utilizada nos projectos foi média.
- Os inquiridos usaram a cor de preferência no meio do projecto.
- O investimento profissional na cor foi mais elevado no IADE.
- Os inquiridos preferem ler livros sobre cor, com maior incidência no IADE e menor em Design Industrial.
- A maioria dos estudantes não vê programas de vídeo ou televisão, sobre cor.
- A maioria não frequentou anteriormente, outros cursos de cor.
- A maioria dos inquiridos prefere ser informada sobre questões de cor por vídeo e televisão.
- Uma maioria estima que a cor deve resolver problemas causados por efeitos psicofisiológicos.
- Os futuros designers reivindicam, maioritariamente, a responsabilidade dos projectos de cor.
- A quase totalidade dos inquiridos não conhece o sistema NCS.
- O sistema Munsell é conhecido no 1º ano do IADE.
- Os inquiridos, na sua maioria, pensam que demasiada cor não prejudica a criatividade e aceitam opiniões de pessoas menos informadas sobre cor.
- A quase totalidade dos inquiridos não considera a cor uma questão de gosto.
- A preferência da cor azul divide os inquiridos.
- Os inquiridos não estão de acordo sobre a harmonia das cores complementares.
- O vermelho é considerado pela maioria como cor quente e excitante.
- Os efeitos do meio ambiente colorido são ignorados pela maioria.

9.2.1. Estudo comparativo com Inglaterra e Suécia

A análise deste inquérito foi comparada com os resultados de inquéritos semelhantes que foram realizados nas Universidades de Oxford e Lund, descritos por Byron Mikellides (2002)²⁸. Procurou-se, assim, comparar os resultados agora obtidos com os das outras duas Universidades, sempre que para tal existissem dados disponíveis.

Da análise às respostas deste inquérito, podemos, logo de início, tirar a conclusão que os estudantes portugueses estudaram arte na Escola Secundária numa percentagem superior aos estudantes ingleses (87.8%, contra cerca de 75%).

Pode concluir-se que os estudantes portugueses de design se interessam pela cor, que 91% a utilizam mesmo nos tempos livres e que a maioria já tinha lidado com a problemática da cor, tendo-a utilizado nos projectos do anterior ano lectivo. Em comparação com os resultados apurados nos outros inquéritos, os inquiridos portugueses utilizaram muito mais cor, uma vez que 37.1% declarou usar muita, enquanto só 20% de ingleses e 5% de suecos o fizeram.

Cerca de 40% dos alunos consideram ser de 2% a 10% a percentagem em que a cor fez parte da sua educação profissional, e 55% lêem publicações sobre cor, dando preferência a livros; no entanto, as respostas não foram claras quanto à especificação das publicações e livros preferidos. Embora não tenham frequentado cursos sobre cor fora da escola, a percentagem de estudantes que vê programas de televisão anda perto dos 40%.

Assim como os inquiridos de Inglaterra e da Suécia, também é por meio de programas de vídeo e televisão, que os estudantes de design preferem ser informados sobre pesquisas de cor, escolhendo em segundo lugar os cursos sobre cor e colocando em último lugar os relatórios de pesquisa e jornais.

Tendo, em Portugal, este inquérito sido feito em turmas de design, os inquiridos querem assumir as responsabilidades nas decisões sobre cor, deixando em segundo lugar os peritos de cor e em terceiro os arquitectos. Em

²⁸ Mikellides, B. (2002). *Colour Theory & Practice in Architecture 2002 – A longitudinal perspective*. Oxford School of Architecture, Oxford OX3, England. Conferência proferida no Argencolor 2002, Sexto Congresso Argentino del Color, Facultad de Arquitectura, Planeamiento Y Diseño, Universidad Nacional de Rosario

Inglaterra, talvez porque as questões foram postas em escolas de arquitectura, a escolha recaiu em primeiro lugar sobre os arquitectos, seguidos pelos locatários e peritos de cor.

No que diz respeito ao Sistema NCS, mesmo na Suécia, unicamente 35% dos alunos do primeiro ano e 75% finalistas disseram conhecê-lo; em Inglaterra esta percentagem desceu para 40% e em Portugal ficou em 3.4%.

À semelhança das respostas apuradas em Inglaterra e na Suécia, os inquiridos portugueses não consideram que demasiado conhecimento sobre cor prejudique a criatividade, aceitam ouvir opiniões de pessoas não especializadas, mas não pensam que a cor seja uma questão de gosto.

Finalmente os alunos das quatro instituições académicas demonstram ter alguma ideia sobre temperatura, peso e dimensões, provocadas pelos efeitos da cor, mas manifestam ignorância nas questões que envolvem noções de tempo, preferência ou harmonia das cores.

Apesar do seu interesse pela cor, os alunos revelam um grande desconhecimento em todas as questões sobre noções de cor, o que vem reforçar a impressão de um ensino incompleto ou desactualizado.

9.3. Pesquisa bibliográfica

Com o objectivo de responder à pergunta de partida, foi conduzida uma investigação bibliográfica. Esta investigação incidiu basicamente na selecção e análise de diversas teorias de cor que melhor se adaptavam ao objectivo, tendo-se explorado a fundo o fenómeno da cor e os seus efeitos colaterais por meio da leitura de livros e artigos sobre a problemática da cor, consulta de estudos e teses sobre temas análogos e pesquisa na internet.

9.4. Conclusões da pesquisa

«Designers use color. They are concerned with effects, not with causes. Understanding the basics – what we see, and how and why we see it – is only part of the story of color. Understanding how colors “work” is background knowledge that supports the art of color.»²⁹ (Holtzschue 2002, p2).

Estas afirmações de Linda Holtzschue estão subjacentes a toda a conceptualização do presente estudo. Verificou-se que a compreensão de como as cores funcionam, nas suas múltiplas vertentes de complexidade e aplicação, está na base do entendimento profundo e necessário deste fenómeno enquanto ferramenta essencial do designer.

Os resultados da investigação bibliográfica, a análise das respostas à pergunta colocada aos peritos de cor, já anteriormente enunciada, e os resultados dos inquéritos feitos aos estudantes de design permitiram chegar à conclusão que as noções de cor a serem ministradas nos cursos básicos de design, abrangentes das suas três principais áreas, devem ser as seguintes:

- **Teorias da cor:**

Abordando esta matéria como um suporte histórico, que contribui para uma melhor compreensão dos diferentes modos como o fenómeno da cor foi encarado através dos tempos.

- **Mecanismo da visão:**

Com a intenção de fornecer aos designers uma noção correcta de como o ser humano percebe a cor, deve-se fazer nesta matéria um estudo básico do funcionamento do mecanismo da visão, com destaque para a visão das cores, assim como da intervenção do olho e do cérebro, nesta função.

- **Percepção da cor:**

Considerando-se a percepção da cor muito importante no ensino do design, na medida em que só o seu conhecimento permite a aplicação correcta da cor no design, deve-se abordar esta matéria com bastante profundidade, não sendo possível fazê-lo exaustivamente.

- **Interacção da cor:**

A interacção das cores, ou seja a relação que as cores estabelecem umas com as outras, e as alterações por elas provocadas, é também uma matéria de

²⁹ «Os Designers utilizam cor. Preocupam-se com efeitos, não com causas. Compreender as bases – o que vemos, e como e porque o vemos – é só uma parte da história da cor. Compreender como as cores “trabalham” é conhecimento de fundo que suporta a arte da cor.» (tradução livre). *Holtzschue, L. (2002). Understanding COLOR. An introduction for Designers.* New York: John Wiley & Sons, Inc.

suma importância, sendo através da interação que o designer consegue tirar partido das cores e atingir os objetivos que pretende comunicar. Por conseguinte esta matéria também deve ser estudada profundamente

- **Simbologia e Psicologia da cor:**

A cor transmite mensagens, e uma interpretação errada dessas mensagens, poderia destruir todo o efeito que o designer pretendia atingir ao empregar uma determinada cor. Assim o estudo da psicologia da cor, e do seu simbolismo, é essencial para um conhecimento e uma aplicação adequada da cor no design.

- **Colorimetria e aplicação da cor no design:**

Um dos problemas a que os estudantes de design têm que fazer face, é a escolha adequada do sistema de medição e ordenamento da cor que melhor se adapta ao seu projecto. Considera-se, então, que este estudo deve fazer parte dos programas de ensino, nos cursos básicos de design.

Uma aplicação inadequada da cor, pode destruir a eficácia de um projecto. Assim, considera-se que devem fazer parte dos programas de ensino indicações para uma colocação correcta das cores de modo a veicular as mensagens pretendidas, exprimindo as intenções do designer e integrando ou destacando a cor no seu meio envolvente.

9.5. Sugestões para futuros estudos:

Considera-se que ficaram numerosos assuntos por explorar, dadas as limitações temporais desta pesquisa. No entanto, este estudo pode abrir caminho para as seguintes investigações:

- **A Cor no Design de Comunicação, Industrial, ou de Interiores:**

Desenvolvimento das noções de cor necessárias, especificamente, a cada uma das três principais vertentes do design. A presente investigação considerou o conhecimento de cor comum a estas três áreas, no entanto, cada uma delas tem necessidades e características diferentes, que merecem um estudo individualizado.

▪ **A cor na Sinalética:**

A cor tem um papel importante na comunicação e orientação, assim como na integração e destaque do meio envolvente, ou a partir dele. Assim o estudo da cor na sinalética parece ser uma importante vertente do estudo da cor, que tem sido bastante ignorada.

▪ **A cor na informática:**

O desenvolvimento da tecnologia, e a cada vez mais frequente utilização da cor através dos meios informáticos, faz sentir a necessidade de uma abordagem específica deste meio de comunicação visual.

▪ **A cor nos meios audiovisuais:**

A televisão, o vídeo, a internet, são meios de comunicação que representam, cada vez mais, um papel preponderante na divulgação científica, comercial ou de entretenimento. A cor tem, também nesta matéria, características e necessidades específicas que merecem ser exploradas.

▪ **A cor na cenografia:**

Sem falar na cenografia teatral, em que a cor é há muito tempo aplicada e estudada, os espectáculos musicais, as encenações de luz e som, a iluminação de edifícios públicos e monumentos, constituem uma área de aplicação da cor em constante evolução que parece merecer ser objecto de investigação.

Glossário

- **Bastonetes** – células nervosas, situadas na parte posterior da retina e responsáveis pela transmissão ao cérebro de estímulos que vão permitir a adaptação do olho à luz. Estas células não reconhecem as cores, à excepção de alguns comprimentos de onda correspondentes à cor verde, mas captam os brilhos e têm grande sensibilidade à luz mesmo em condições de visibilidade fraca, pelo que são responsáveis pela adaptação ao claro e escuro e pela visão nocturna.
- **Brilho** – característica da cor que indica a intensidade da luz.
- **Comprimento de onda** – distância entre dois pontos de um movimento ondulatório com características semelhantes, sendo medido habitualmente em milimicrons ($m\mu$), ou nanómetros (nm), o que corresponde a $1 \cdot 10^{-9}$ metros, e décimos de milimicron, denominados angstroms (\AA).
- **Cones (S, M, L)** – células nervosas, situadas na parte posterior da retina e responsáveis pela transmissão ao cérebro de estímulos que permitem distinguir as cores e funcionam em condições de boa visibilidade. Existem três espécies destas células: Cones S, sensíveis aos comprimentos de onda curtos – cor azul ultramarino; Cones M, receptores de ondas médias e sensíveis à cor verde; e Cones L que captam as ondas longas correspondentes à cor vermelha.
- **Constância da cor** – fenómeno pelo qual uma cor é percebida do mesmo modo, sob condições de iluminação diferentes.
- **Cor acromática** – uma cor, tal como branco, preto ou cinzento, que não tem matiz. Por vezes não são considerados como cores.
- **Cor aditiva** – cor originada pela sobreposição de feixes das três luzes primárias, com igual intensidade, de que resulta o branco.

- **Cores análogas** – cores adjacentes ou próximas nos diagramas de cor, que têm um matiz semelhante e um comprimento de onda próximo.
- **Cores complementares** – duas cores opostas num círculo cromático que justapostas se realçam até ao máximo contraste e que, misturadas ou sobrepostas, reconstituem a luz branca ou, no caso de serem cores reflectidas, absorvem totalmente a luz.
- **Cores espectrais** – cores resultantes da decomposição, através de um prisma, da luz branca visível do espectro solar, com comprimentos de onda e frequência próprias.
- **Cores primárias do olho** – as três cores que correspondem às três sensibilidades dos cones e activam completamente o olho, reconstituindo a luz branca.
- **Cores secundárias do olho** – cores resultantes quando duas primárias do olho são activadas igualmente e simultaneamente.
- **Cores terciárias do olho** – todas as cores para as quais forem activadas mais de duas sensibilidades.
- **Cromatismo** – característica de uma cor definida pela sua saturação.
- **Espectro solar visível** – radiações visíveis (coloridas) que fazem parte do espectro electromagnético e cujos comprimentos de onda (λ) estão compreendidos entre 380 e 750 nm.
- **Luz** – efeito das radiações visíveis que fazem parte do espectro electromagnético e cujos comprimentos de onda (λ) estão compreendidos entre 380 e 750 nm
- **Imagem posterior** – sensação da cor complementar que se mantém durante alguns segundos, surgindo após o estímulo ter acabado.
- **Luminosidade** – característica de intensidade da cor que, na linguagem comum tem o significado de claro ou escuro. Grau de claridade de um matiz que pode ser alterada pela adição de branco ou preto, ou grau de intensidade de fonte luminosa.

- **Luminância** – medida do brilho de uma fonte de luz, ou da superfície de um objecto iluminado.
- **Matiz** – característica da cor que é definida pelo seu comprimento de onda, e a situa no espectro visível. Na linguagem comum, confunde-se com o nome da cor.
- **Pontilhismo** – técnica de pintura impressionista, composta por uma variada concentração de pontos coloridos que se misturam numa síntese partitiva.
- **Retina** – uma fina camada de células nervosas interligadas (cones e bastonetes), responsáveis pela detecção das radiações luminosas, posteriormente transformadas em impulsos eléctricos e enviadas ao cérebro para serem interpretados.
- **Saturação** – grau de pureza de um matiz, que corresponde ao seu comprimento de onda.
- **Sensibilidade do olho** – sensibilidades específicas à cor pelo olho humano, que mostra ser mais sensível às cores azul, verde e vermelho, as cores primárias do olho.
- **Síntese aditiva** – processo de mistura directa de feixes luminosos coloridos que resulta numa cor misturada mais clara que a mais luminosa das cores componentes. A síntese aditiva das três cores primárias é o branco.
- **Síntese partitiva** – reacção que as cores provocam quando são vistas em relação a outras, colocadas junto delas. É uma mistura óptica, uma repartição das cores em zonas diminutas que se misturam no olho, sendo a luminosidade da cor resultante correspondente à média de todas as cores misturadas.
- **Síntese subtractiva** – sobreposição de cores transparentes, como as aguarelas, ou de mistura de pigmentos, que são vistas pelo olho como luz reflectida. Uma mistura subtractiva é sempre mais escura que qualquer das componentes e a síntese subtractiva das três cores primárias é o preto.

Bibliografia de referência

- Durão, M. J.** (2002). Colour in the Built Environment. *Fabrikart – Arte, Tecnología, Industria, Sociedad*. Nº 2. Ano 2002. p163
- Gage, J.** (1993). *Colour and Culture: Practice and Meaning from Antiquity to Abstraction*. London: Thames & Hudson.
- Gage, J.** (1999). *Colour and Meaning: Art, Science and Symbolism*. London: Thames & Hudson, Ltd.
- Gerritsen, F.** (1983). *Présence de la Couleur*. Paris : Dessain et Tolra.
- Goethe, J. W.** (2002). *Theory of Colours*. England: The M. I. T. Press.
- Gregory, R. L.** (1968). *A Psicologia da Visão / o Olho e o Cérebro*. Sardoieira, I. & Salgado, A. (trad.). Porto: Editorial Inova Limitada.
- Feisner, E. A.** (2000). *Colour: How to Use Colour in Art and Design*. London: Lawrence King Publishing Ltd.
- Holtzschue, L.** (2002) *Understanding COLOR. An introduction for Designers*. New York: John Wiley & Sons, Inc.
- Itten, J.** (1985). *Art de la Couleur*. Paris : Dessain et Tolra
- Lamb, T. & Bourriau, J.** (Ed.) (1999). *Colour: Art & Science*. UK: Cambridge University Press (1st edition 1995).
- Linton, H.** (1985). *Color Model Environments: Color and Light in Three Dimensional Design*. New York: Van Nostrand Reinhold Company Inc.
- Linton, H.** (1999). *Color in Architecture. Design Methods for Buildings, Interiors and Urban Spaces*. USA. Mc Graw Hill
- Mahnke, F.** (1996). *Color, Environment, and Human Response*. USA: John Wiley & Sons, Inc.

Mikellides, B. (2002). *Colour Theory & Practice in Architecture 2002 – A longitudinal perspective*. Oxford School of Architecture, Oxford OX3, England.

Pastoureau, M. (s/d). *Couleurs, Images, Symboles – Etudes d’histoire et d’anthropologie*. Paris: Le Léopard d’Or

Pastoureau, M. (1997). *Dicionário das Cores do Nosso Tempo – Simbólica e Sociedade*. Lisboa: Editorial Estampa

Portal, F. (2001). *A Simbologia das Cores*. Lisboa: Hugin Editores, Lda.

Sites referenciados e consultados

<http://www.colorsystm.com>

Bibliografia:

1. Bibliografia da Investigação:

1.1. Livros:

Albers, J. (1989). *La interacción del color*. Madrid: Alianza Forma
(1ª Publicação: 1963. Yale University)

Arnheim, R. (1980). *Arte & percepção visual. uma Psicologia da Visão Criadora*. São Paulo: Pioneira Thomson Learning Ltda

Arnheim, R. (1997). *Visual Thinking*. London: University of California Press

Berry, S. & Martin, J. (Ed) (1991). *Designing with Colour. How the language of colour works and how to manipulate it in your graphic designs*. London: B. T. Batsford Ltd

Birren, F. (1961). *Color Psychology and Color Therapy*. New York: University Books, Inc.

Birren, F. (1969). *Principles of Color*. USA: Schiffer Publishing, Ltd.

Birren, F. (1978). *Color and Human Response*. New York: John Wiley & Sons, Inc.

Birren, F. (1987). *The Principles of Harmony and Contrast of Colors and Their applications to the Arts (Baseado em Chevreul M. E.)*. New York: Schiffer Publishing Ltd.

Birren, F. (1987). *Creative Color: a Dynamic Approach for Artists and Designers*. USA: Schiffer Publishing Ltd.

Bonsiepe, G. (1992). *Teoria e Prática do Design Industrial – Elementos para um manual crítico*. Lisboa: Centro Português de Design

Brusatin, M. (1986). *Histoire des Couleurs*. Paris : Flammarion

- Centro Português de Design.** (Ed.). (1993). *Design em Aberto – uma antologia*. Lisboa: Centro Português de Design
- De Grandis, L.** (1986). *Theory and Use of Color*. New York: Harry N. Abrams, Inc., Publishers
- Dorfles, G.** (1978). *O design industrial e a sua estética*. Lisboa: Editorial Presença
- Ellinger, R. G.** (1963). *Color Structure and Design*. New York: Van Nostrand Reinhold
- Fabris, S. & Germani, R.** (1973). *Color. Proyecto y estética en las Artes Gráficas*. Barcelona: Ediciones Don Bosco
- Farina, M.** (1986). *Psicodinâmica das Cores em Comunicação*. Brasil: Editora Edgard Blücher Ltda.
- Feisner, E.** (2001). *Colour*. London: Fairchild Publications, Inc.
- Finlay, V.** (2002). *Colour*. London: Sceptre
- Fraser, T. & Banks, A.** (2004). *The Complete Guide to Colour*. UK: The Ilex Press Ltd.
- Gage, J.** (1993). *Colour and Culture*. UK: Thames & Hudson
- Gage, J.** (1999). *Colour and Meaning*. UK: Thames & Hudson
- Gerritsen, F.** (1983). *Présence de la couleur*. Paris: Dessain et Tolra
- Goethe, J. W.** (2002). *Theory of Colours*. England: The M. I. T. Press
- Gregory, R. L.** (1978). *Eye and Brain*. New York: World University Library
- Holtzschue, L.** (2002). *Understanding Color – An Introduction for Designers*. New York: John Wiley & Sons, Inc.
- Itten, J.** (1999). *Art de la Couleur*. Paris: Dessain et Tolra
- Jute, A.** (1993). *Colour for Professional Communicators*. London: B. T. Batsford Ltd.
- Kandinsky, W.** (1987). *Do Espiritual na Arte*. Lisboa: Publicações Dom Quixote, Lda

- Klee, P.** (2001). *Escritos sobre arte*. Lisboa: Edições Cotovia, Lda.
- Klee, P.** (2002). *Painting Music*. London: Prestel
- Küppers, H.** (2002). *Fundamentos de la teoría de los colores*. México: G. Gili, SA de CV
- Lamb, T. & Bourrian, J.** (Ed.). (1995). *Colour Art & Science*. UK: Cambridge University Press
- Linton, H.** (1985). *Color in Model Environments, Color and Light in Three-dimensional Design*. New York: Van Nostrand Reinhold Company
- Linton, H.** (1999). *Color in Architecture. Design Methods for Buildings, Interiors and Urban Spaces*. USA: Mc Graw Hill
- Mahnke, F. H.** (1996). *Color, Environment & Human Response*. New York: John Wiley & Sons, Inc.
- Maldonado, T.** (1999). *Design Industrial*. Lisboa: Edições 70
- Manzini, E.** (1993). *a matéria da invenção*. Lisboa: Centro Português de Design
- Marcogli, A.** (1984). *Teoria del campo – Corso di educazione alla visione*. Firenze: G. C. Sansoni Editore
- Newton, I.** (1952). *Optiks*. New York, London: W. W. Norton & Company
- Pastoreau, M.** (s/d). *Couleurs, Images, Symboles – Etudes d’histoire et d’anthropologie*. Paris: Le Léopard d’Or
- Pastoreau, M.** (1997). *Dicionário das Cores do Nosso Tempo – Simbólica e Sociedade*. Lisboa: Editorial Estampa
- Pastoreau, M.** (2001). *Blue*. USA: Princeton University Press
- Pender, K.** (1998). *Digital Colour in Graphic Design*. UK: Focal Press
- Pawlick, J.** (1996). *Teoria del Color*. Barcelona: Ed. Paidós
- Pevsner, N.** (1975). *Os Pioneiros do Design Moderno*. Portugal: Editora Ulisseia

- Pevsner, N.** (1981). *origens da arquitectura moderna e do design*. Brasil: Livraria Martins Fontes Editora, Ltda.
- Portal, F.** (2001). *A Simbologia das Cores*. Lisboa: Hugin Editores, Lda.
- Shopenhauer, A.** (1994). *On Vision and Colours* (Payne, E. F. J., Trad.). (Cartwright, D. Ed.). USA: Berg Publishers, Inc.
- Swirnoff, L.** (2003). *Dimensional Color*. New York, London: W. W. Norton & Company
- Wittgenstein, L.** (1977). *Anotações sobre as Cores*. Lisboa: Edições 70
- Wong, W.** (1997). *Principles of Color Design. Designing with Electronic Color*. Canada: John Wiley & Sons, Inc.
- WRIGHT, A.** (1995). *The Beginner's Guide to Colour Psychology*. London: Kyle Cathie Limited
- Zennaro, P.** (a cura di) (2002). *Il Colore degli Edifici*. Firenze: Alinea editrice s. r. l.
- Zuppiroli, L. & Bussac, M.** (2001). *Traité des Couleurs*. Lausanne: Presses Polytechniques et Universitaires Romaines

1.2. Artigos:

- Berns, R. S. & Reiman.** (2002). Color Managing the Third Edition of Billmeyer and Saltzman's Principles of Color Technology. *Color Research and Application*, 27 (5), October 2002. pp360 - 373
- Burchett, K. E.** (2002). Color Harmony. *Color Research and Application*, 27 (1), February 2002. pp28 - 31
- Camgöz, N., Yener, C. & Güvenc, D.** (2002). Effects of Hue, Saturation and Brightness on Preference. *Color Research and Application*, 27 (3), June 2002. pp199 - 205
- Dorst, K. & Dijkhuis, J.** (1995). Comparing paradigms for describing design activity. *Design Studies*, 16 (2), April 1995. pp261 - 274

- Downing, F.** (1992). Conversations on imagery. *Design Studies*, 13 (3), July 1992. pp291 – 319
- Durão, M. J.** (1996). *The Role of Colour Perception in the Creation of Form*. Unpublished Thesis Synopsis (Part 1). Research Centre for the Built and Human Environment, The University of Salford, UK
- Durão, M. J.** (2002). Colour in the Built Environment. *Fabrikart – Arte, Tecnología, Industria, Sociedad*, nº 2, Año 2002. pp162 - 169
- Durão, M. J.** (2002). Color in Space Architecture. *AIAA Space Architecture Symposium*, Houston, Texas
- Hertz, K.** (1992). A coherent description of the process of design. *Design Studies*, 13 (4), October 1992. pp393 – 410
- Jones, J. C.** (1998). PhD research in design – Viewpoint. *Design Studies*, 19 (1), January 1998
- Kuehni, R. G. & Stanziola, R.** (2002). Francis Glisson's Color Specification System of 1677. *Color Research and Application*, 27 (1), February 2002. pp15 – 19
- Liddament, T.** (1994). Technological literacy: the construction of meaning. *Design Studies*, 15 (2), April 1994. pp198 – 213
- Marcus, G.** (1976). A Color System for Artists. *Leonardo*, 9. pp48 – 51
- Mc Camy, C. S.** (2003). Colors of same Small Figures on Colored Grounds. *Color Research and Application*, 28 (4), August 2003. pp242 – 250
- Mikellides, B.** (2002). *Colour Theory & Practice in Architecture 2002 – A longitudinal perspective*. Oxford School of Architecture, Oxford OX3, England.
- Muller, W. & Pasman, G.** (1996). Typology and the organization of design knowledge. *Design Studies*, 17 (2), April 1996. pp111 – 130

- Nayatami, Y. & Sobagaki, H.** (2002). Prediction of Activity-Law Failures for an Unequal Mixing Ratio of Two Chromatic Colors. *Color Research and Application*, 27 (1), February 2002. pp32 – 44
- Oxman, R.** (1995). Observing the observers: research issues in analysing design activity. *Design Studies*, 16 (2), April 1995. pp275 – 283
- Prieto, S.** (1995). The Color Consultant: A New Professional Serving Architecture Today in France. *Color Research and Application*, 20 (1), February 1995. pp4 – 17
- Seliger, H. H.** (2002). Measurement of Memory of Color. *Color Research Application*, 27 (4), August 2002. pp233 – 242
- Sharrock, W.** (1994). The user a scenic feature of the design space. *Design Studies*, 15 (1), January 1994. pp5 – 18
- Smith, D.** (2003). Environmental Colouration and/or the Design Process. *Color Research and Application*, 27 (4), August 2003. pp233 - 242
- Swirnoff, L.** (1976). *Experiments on the Interaction of Color and Form*, Leonardo, 9, pp191– 195. Great Britain: Pergamon Press
- Viénot, F.** (2002). Michel-Eugène Chevreul: From Laws and Principles to the Production of Colour Plates. *Color Research and Application*, 27 (1), February 2002. pp4 - 14

2. Bibliografia da Metodologia:

- Barrros, A. Jesus da Silveira.** (2000). *Fundamentos da Metodologia Científica*. S. Paulo: Makron Books
- Bell, J.** (1997). *Como Realizar um Projecto de Investigação*. Lisboa: Gradiva
- Carmo, H. & Ferreira, M. M.** (1998). *Metodologia da Investigação*. Lisboa: Universidade Aberta

Ceia, C. (2000). Normas para Apresentação de Trabalhos Científicos. Lisboa: Editorial Presença

Greenfield, T. (Ed.). Research Methods – Guidance for Postgraduates. UK: Arnold

Quivy, R. & Van Campenhondt, L. (1998). *Manual de Investigação em Ciências Sociais*. Lisboa: Gradiva

Lester, J. D. (1996). *Writing Research Papers – A Complete Guide*. London: Harper Collins

Martin, H. (1990). *Planning a Research Project*. London: Cassel

