

UNIVERSIDADE ESTADUAL DE CAMPINAS

INSTITUTO DE ARTES

MESTRADO EM MULTIMEIOS

A Reprodução Cromática em Síntese de Imagens: Um Estudo Comparativo à Pintura

Luciana Martha Silveira

Dissertação apresentada ao Curso de Mestrado em Multimeios do Instituto de Artes da UNICAMP, como requisito parcial para a obtenção do título de Mestre em Multimeios sob orientação do Prof. Dr. Léo Pini Magalhães.

Campinas - 1994

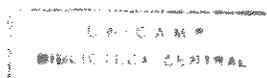
Este exemplar é a redação final da tese defendida por LUCIANA MARTHA SILVEIRA

e aprovada pela Comissão Julgadora em

20/12/94
L. P. Magalhães
Prof. Dr. Léo Pini Magalhães

Si39r

23279/BC



Resumo

Durante a formação em Artes Plásticas, aspectos relativos à interação Arte & Tecnologia são abordados, enfocando a produção artística através da linguagem computacional. Neste contexto, a Síntese de Imagens surge como alternativa interessante ao trabalho artístico e desperta um interesse particular em relação à utilização da cor na imagem gerada por computador.

O objetivo deste trabalho é propor um paralelo entre os processos de reprodução cromática utilizados na pintura e na síntese de imagens.

Comparando-se as convergências e divergências entre estes dois processos, uma analogia é identificada, traçando-se uma ponte entre estas duas linguagens de produção artística, cada qual com suas ferramentas e procedimentos específicos de criação. Esta ponte é estabelecida a partir do processo de reprodução cromática na pintura e na síntese de imagens, juntamente com o sujeito da ação, o pintor.

Para tanto, recuperamos estudos cromáticos historicamente reconhecidos que irão preceder a análise da cor no seu aspecto físico, a fisiologia da visão cromática nos olhos humanos e a formação das cores em síntese de imagens. Posteriormente, a ponte proposta é estabelecida através da analogia entre o ponto de vista tecnológico e o artístico, aprofundando a discussão cromática na arte gerada por síntese de imagens.

Dois experimentos realizados em síntese de imagens são analisados segundo os parâmetros que permitirão o estabelecimento da ponte entre as duas linguagens. Ambos gerados através do sistema PROSIM/Raytrace, o experimento denominado "Zodíaco" é uma série de doze gravuras procurando traduzir cores reais e imaginárias, tendo a astrologia como tema. O experimento "Quatro Estações" é um filme de animação baseado nas sensações produzidas pelas estações do ano.

Abstract

During a course in Arts, aspects of Art & Technology are considered and special attention is given to artistic productions made by means of computer technology. In this context, Image Synthesis by computers shows a great appeal for artistic works, introducing a particular interest on color in computer generated images.

The goal of this work is to formulate a comparison between processes of color reproduction used on painting and image synthesis.

Confrontating several points in these processes, an analogy is identified, building a bridge that links these two expression forms, each of them with its own technics and procedures. This bridge is established starting on processes of color reproduction on painting and image synthesis in addition to the painter, subject of action.

Color studies are considered as historical remarks before physical analysis of color to be made as well as physiology of human eyes and color formation on image synthesis. After that, the proposed bridge is built through an analogy between artistic and technological viewpoints, providing a deep discussion on art built through image synthesis.

Two experiments are analysed according to features that will be used to build the bridge. Both ones are generated by means of PROSIM/Raytrace system. The experiment named "Zodiaco" is a serie of twelve pictures showing real and imaginary colors, using astrology as subject. The experiment named "Quatro Estações" is an animation movie based on sensations felt through seasons.

Agradecimentos

ao **CNPq**, como órgão de fomento a esta pesquisa;

a **minha família**, pela oportunidade;

ao Prof. Dr. **Paulo de Laurentiz**, pela direção no começo do trabalho;

ao Prof. Dr. **Léo Pini Magalhães**, por ter acreditado no meu trabalho;

a Profa. Dra. **Haydée Dourado**, pelo exemplo de respeito às crenças;

a todos os amigos que trabalharam no projeto **PROSIM**, pela motivação;

a **Heraldo Madeira**, pela paciência;

a **Shiguelo, Andréia, Tânia** e Prof. **Wilson Lazaretti**, pelo trabalho conjunto nas quatro estações do ano;

a **Mariângela e Tucum**, pela cantoria, filosofia e astrologia;

aos amigos **Silvia e Renato**, pelas noitadas semióticas;

aos amigos **Valéria, Gonzaga e Samuel**, pelo apoio constante;

aos tantos **amigos da engenharia elétrica**, que souberam me receber em sua casa “exata” com muito calor “humano”.

para

RICARDO

Conteúdo

RESUMO	i
ABSTRACT	ii
AGRADECIMENTOS	iii
CONTEÚDO	i
LISTA DE FIGURAS	iv
LISTA DE TABELAS	vi
1 Introdução	1
2 Aspectos Históricos	4
2.1 Leon Battista Alberti	5
2.1.1 O “De pictura”	6
2.2 A Teoria das Cores de Leonardo da Vinci	9
2.3 Isaac Newton	13
2.4 Johann Wolfgang von Goethe	18
2.4.1 As Pesquisas Cromáticas	19
2.5 A Lei Do Contraste Simultâneo das Cores de Michel-Eugène Chevreul	24

2.6	Contribuições na Evolução da Teoria Cromática	27
3	A Cor	33
3.1	Aspectos Físicos da Cor	33
3.1.1	A Luz	34
3.1.2	Cor-Pigmento	39
3.1.3	Cor-Luz	41
3.2	A Percepção Cromática nos Órgãos Visuais	44
3.2.1	O Sistema Visual	45
3.3	Síntese de Imagens	51
3.3.1	Uma Imagem Construída no Raytrace	58
4	A Reprodução Cromática: Um Conceito em Duas Linguagens	61
4.1	A Evolução do Homem Através das Eras	61
4.2	Realizações da Reprodução Cromática: Pintura e Raytrace	67
4.2.1	A Reprodução Cromática na Pintura	68
4.2.2	A Reprodução Cromática no sistema PROSIM/Raytrace	74
4.3	Realizações da Reprodução Cromática: Analogia	78
4.4	Realizações da Reprodução Cromática: Ponte	80
5	Sobre as Experimentações	83
5.1	Experimento 1 - Zodíaco	83
5.1.1	Áries	85
5.1.2	Touro	88
5.1.3	Gêmeos	91
5.1.4	Câncer	94
5.1.5	Leão	97
5.1.6	Virgem	100

5.1.7	Libra	103
5.1.8	Escorpião	106
5.1.9	Sagitário	109
5.1.10	Capricórnio	112
5.1.11	Aquário	115
5.1.12	Peixes	118
5.2	Experimento 2 - Quatro Estações	121
5.3	Comentários Finais	123
6	Conclusão	124
A	Modelo de Entrada de Dados	127
A.1	Símbolos e Comandos de Controle Empregados	127
A.1.1	Símbolos	127
A.1.2	Comandos	127
B	Arquivo de Entrada de Dados (Aranha)	132
C	Classificação das Cores	135
	BIBLIOGRAFIA	137

Lista de Figuras

2.1	Experiência dos prismas invertidos	16
2.2	Círculo cromático	22
2.3	Árvore de Munsell	32
3.1	Cores-pigmento opacas primárias, secundárias e síntese subtrativa	40
3.2	Disco de Newton. (a) Parado, (b) Em movimento de rotação	40
3.3	Cores-pigmento transparentes primárias, secundárias e síntese subtrativa	41
3.4	Espectro das cores-luz primárias	42
3.5	Cores-luz primárias, secundárias e síntese aditiva	43
3.6	Corte esquemático do olho humano	47
3.7	Classificação das Projeções	54
3.8	Esquematização da aranha	59
3.9	Aranha	60
4.1	Diagrama da Era Industrial	62
4.2	Dois caminhos para a Reprodução Cromática	68
4.3	Fases da Reprodução Cromática na Pintura	69
4.4	Primeira fase	69
4.5	Segunda fase	70
4.6	Terceira fase	70

4.7	Quarta fase	71
4.8	Quinta fase	74
4.9	Fases da Reprodução Cromática no Raytrace	74
4.10	Primeira fase	75
4.11	Segunda fase	75
4.12	Terceira fase	76
4.13	Quarta fase	76
4.14	Quinta fase	78
4.15	A analogia	79
4.16	Uma ponte no processo de reprodução cromática	80
5.1	Áries	86
5.2	Touro	90
5.3	Gêmeos	93
5.4	Câncer	96
5.5	Leão	99
5.6	Virgem	101
5.7	Libra	104
5.8	Escorpião	108
5.9	Sagitário	111
5.10	Capricórnio	114
5.11	Aquário	117
5.12	Peixes	120
5.13	Mapeamento cromático da animação Quatro Estações	122

Lista de Tabelas

2.1	Tabela do Método de Observação de Chevreul	26
5.1	Parâmetros da Reprodução Cromática em Áries	87
5.2	Parâmetros da Reprodução Cromática em Touro	91
5.3	Parâmetros da Reprodução Cromática em Gêmeos	94
5.4	Parâmetros da Reprodução Cromática em Câncer	97
5.5	Parâmetros da Reprodução Cromática em Leão	99
5.6	Parâmetros da Reprodução Cromática em Virgem	102
5.7	Parâmetros da Reprodução Cromática em Libra	105
5.8	Parâmetros da Reprodução Cromática em Libra (cont.)	105
5.9	Parâmetros da Reprodução Cromática em Escorpião	109
5.10	Parâmetros da Reprodução Cromática em Sagitário	112
5.11	Parâmetros da Reprodução Cromática em Capricórnio	115
5.12	Parâmetros da Reprodução Cromática em Aquário	118
5.13	Parâmetros da Reprodução Cromática em Peixes	120

Capítulo 1

Introdução

Dentre as diversas atividades vivenciadas durante a formação em Artes Plásticas, alguns aspectos relativos à interação Arte & Tecnologia foram abordados. Em particular, a utilização da linguagem computacional como trabalho de criação e produção artística na pintura.

Dentro deste contexto, a Síntese de Imagens surge como uma alternativa interessante no trabalho artístico, frente à facilidade e rapidez que ela oferece na obtenção de cores e formas, promovendo uma maior agilidade no processo criativo do artista. Neste caso, desperta-se o interesse pela linguagem da síntese de imagens, mais particularmente pela utilização da cor na imagem gerada por computador, tendo em vista a passagem da cor-pigmento da *paleta*¹ do pintor para a cor-luz da *palette*² do computador.

Desde antes da *Teoria das Cores* de Leonardo da Vinci, já se discutia quais eram as cores primárias e o fenômeno de formação das cores na retina humana, além da relação das pesquisas com a óptica, a física, a química e a filosofia, com Goethe e Newton. Mais recentemente, temos outros autores renomados contribuindo para os estudos das relações cromáticas. Nomes como Michel-Eugène Chevreul com a lei do contraste simultâneo das cores, Israel Pedrosa com a cor inexistente e Albert Munsell com o seu atlas do sistema de cores.

¹Neste texto será usado o termo em português *paleta* para determinar o leque de cores utilizadas pelo pintor

²Da mesma forma, o anglicismo *palette* será usado para determinar o leque de cores utilizadas no computador

A proposta do presente trabalho é traçar um paralelo, buscando convergências e divergências entre diferentes pontos que abrangem a reprodução cromática para o pintor, para os olhos e para o computador.

No Departamento de Engenharia de Computação e Automação Industrial da Faculdade de Engenharia Elétrica da Unicamp está sendo desenvolvido o PROSIM [Ban89], um projeto para a Prototipação e Síntese de IMagens com ou sem movimento. Dentre outros recursos, o sistema oferece a modelagem por CSG (“Constructive Solid Geometry”) e “rendering” por “Ray-Tracing”, de imagens foto-realistas, podendo ser utilizado como forma de exploração artística na construção de imagens. Este subsistema foi utilizado neste trabalho como suporte à tarefa experimental de criação para este trabalho e será doravante citado como sistema PROSIM/Raytrace ou simplesmente Raytrace.

Dentre os objetivos deste trabalho está aprofundar a discussão cromática na arte gerada por computador e estabelecer uma ponte objetiva entre dois pontos de vista: tecnológico e artístico. Esta ponte parte de um paralelo traçado entre a reprodução cromática na paleta do pintor (em cor-pigmento) e a reprodução cromática na palette do computador (em cor-luz), procurando promover sua união.

Analisando os pontos convergentes e divergentes relativos a esta união, procura-se enfatizar a relação entre os aspectos empírico (a pintura), fisiológico (a sensibilidade anatômica da percepção cromática) e físico da cor (a luz). Desta forma, a reprodução cromática na síntese pode ser tratada através da intuição e conhecimento do pintor, aproximando-os.

Durante o aprendizado, o pintor recebe subsídios das técnicas de pintura para o treinamento na reprodução cromática, o qual utilizará posteriormente na realização de sua obra, juntamente com os processos cognitivos individuais de sensibilidade e seleção das cores.

Deve-se ter presente que no desenvolvimento desta pesquisa, fixamos limites precisos, isto é, limitamo-nos à análise do processo técnico de reprodução cromática, separando os processos cognitivos de escolha e sensibilidade cromática do pintor, os quais exigiriam o envolvimento de outras áreas de conhecimento em seu estudo, como por exemplo a psicologia.

Portanto, devemos ressaltar que um certo grau de “racionalização” nos processos intuitivos utilizados na linguagem da pintura se fez necessária. Pode-se perceber como consequência desta “racionalização” a definição ora precisa dos parâmetros físicos e matemáticos e ora vaga dos parâmetros intuitivos necessários ao embasamento da pesquisa, causada pela dificuldade desta mesma “racionalização”.

Esta dissertação está dividida em seis capítulos descritos a seguir.

O capítulo um corresponde a esta introdução. O capítulo dois procura recuperar autores historicamente importantes no estudo da cor, localizando o assunto dentro de uma perspectiva histórica.

O capítulo três define os conceitos que envolvem o processo cognitivo do pintor em relação à reprodução cromática da cor do modelo proposto. Ainda dentro deste capítulo, procura-se descrever a sensibilidade da percepção cromática através do estudo dos aspectos fisiológicos da visão humana. Os diferentes estímulos de cor representados na paleta do pintor e na palette do computador são abordados através de estudos sobre a cor-pigmento e a cor-luz, enfocando as relações cromáticas, a síntese aditiva e subtrativa, finalizando com uma introdução ao sistema utilizado nas experimentações.

No quarto capítulo, é traçado um paralelo entre o processo cognitivo do pintor na reprodução cromática e este mesmo processo em síntese de imagens, estabelecendo uma analogia entre estas interações, de acordo com os objetivos iniciais do trabalho.

O quinto capítulo apresenta a experimentação cromática realizada em síntese de imagens com o objetivo de aplicar os conceitos adquiridos, assim como confrontar e justificar o estudo teórico da cor, apresentado nos capítulos anteriores.

As conclusões do trabalho são apresentadas no capítulo seis, assim como sugestões para trabalhos futuros.

Capítulo 2

Aspectos Históricos

Acreditamos que assim como o homem é caracterizado por sua história, a ciência também o é, e não se pode mergulhar numa investigação sem referenciar o conhecimento adquirido através da história. O passado é importante como base para nos situar na sociedade à qual estamos inseridos.

Este capítulo é dedicado a uma revisão histórica, servindo de base a esta pesquisa através do reconhecimento de trabalhos preliminares sobre o tema abordado .

Reconhecemos também que relatar a história é sempre uma tarefa árdua e ao mesmo tempo incerta, onde apesar de todo o nosso empenho, corremos o risco de cometer imprecisões. Assim, não é nossa pretensão abordar todo e qualquer modelo cromático estudado anteriormente, pois existem muitos estudos em torno deste tema. Seleccionamos alguns dos mais importantes no nosso entender.

A história da conquista da cor se confunde com a própria história da conquista da condição humana. Na luta da preservação da espécie, o homem define a coloração entre os frutos e os animais, entre o céu e a chama da fogueira, conscientizando-se no caminho do aprendizado utilitário.

A tentativa de reprodução cromática na busca da distinção dos seres é o começo de uma história que se prolonga até os nossos dias. Ao colorir o próprio corpo com elementos da flora e da fauna, o homem inaugura o embrião da indústria química para a reprodução cromática. No ato de esfregar e triturar flores, sementes e elementos orgânicos no corpo

com a finalidade de produzir os corantes, o espírito científico da descoberta já se revelava.

Logo as cores passam a ter um significado simbólico, enriquecendo os rituais religiosos, comemorativos e guerreiros como elementos úteis à sociedade na criação de códigos cromáticos, adquirindo poderes mágicos [Ped82]. Surgem então os grandes gênios da manipulação da cor e a técnica da pintura fica cada vez mais sofisticada.

Mas apesar de todo este saber da técnica, uma teoria científica sobre a cor aparece somente mais tarde [Ped82]. Depois de Leon Battista Alberti [Alb89], um dos autores a tentar explicar cientificamente os caminhos da teoria das cores é Leonardo da Vinci, que estudou as relações cromáticas em sua *Teoria das Cores* [Vin70] no séc. XV, já preocupado com os aspectos ópticos, químicos, físicos e filosóficos da cor.

Neste mesmo sentido, também Goethe [Goe93], já no séc. XIX, nos traz a divisão entre as cores químicas e as físicas em oposição a Newton, o primeiro a explicar cientificamente a coloração dos corpos em suas *Cores Permanentes dos Corpos Naturais* [Ped82], de modo racional.

Entre os autores do séc. XIX estão Chevreul, Runge, Ostwald e Munsell, dos quais abordaremos mais detalhadamente neste capítulo Chevreul [Ped82] pela sua influência direta no impressionismo, através dos estudos em torno dos contrastes das cores.

2.1 Leon Battista Alberti

Humanista, teatrólogo, poeta, matemático, musicólogo, escultor, pintor e arquiteto, Leon Battista Alberti (1404 - 1472) nasceu em Gênova a 14 de fevereiro, quando os Alberti foram exilados de Florença.

Começou o curso de direito canônico em Bolonha, tendo os estudos interrompidos em razão de graves dificuldades financeiras e doenças na família, levando-o a abandonar o direito e a se dedicar por alguns anos à física e à matemática. Com isso, obtêm a base necessária a apoiar mais tarde suas obras técnicas, artísticas e arquitetônicas.

Após a morte do pai em 1421, suas obras literárias mostram a experiência pessoal do jovem órfão e exilado, deixando transparecer o seu temperamento ético, decidido

a superar qualquer dificuldade e a mostrar o seu valor, principalmente junto aos seus parentes céticos e hostis. Aparecem então características contrastantes do jovem escritor, o pessimismo e o otimismo, além da solidão sentida por todo caminho de sua vasta obra.

Sua formação foi toda italiana e quase todas as suas obras escritas em italiano são amorosas, notáveis na variedade da forma, fazendo de Alberti um escritor reconhecido como um dos mais importantes inovadores do século XV nesta área.

Em 1448, torna-se vigário do Borgo S. Lorenzo, iniciando um período de trabalho profícuo e diversificado. Em Roma, se reúne à companhia ilustre de humanistas vinculados à Cúria e permanece numa atmosfera de interesse fervoroso por história, cultura e arquitetura antigas. Desta passagem por Roma remontam as experiências ópticas que deixaram os amigos assombrados, descritas em sua obra *De pictura*, que enfocaremos mais adiante.

Sua mais importante obra em italiano foi escrita aos trinta anos de vida e intitula-se *Della Famiglia*, onde Alberti se mostra otimista e confiante na capacidade do homem em construir uma vida harmoniosa e cheia de virtudes.

Os últimos trinta anos de sua vida foram dedicados a atividades artísticas e arquitetônicas. Dentre estas atividades, compôs os dez livros do trabalho *De reaedificatoria*, terminado em 1452, fruto de muitas leituras, estudos em arquitetura e atividades práticas vividas até então. Esta é, talvez, a mais completa e madura expressão dos seus ideais estéticos, sociais e morais.

Sua morte foi pouco notada, mesmo sendo uma personalidade que se tornara uma das figuras mais conhecidas de seu tempo em toda a Itália.

2.1.1 O “De pictura”

A obra *De pictura*¹ é a mais importante das obras de dupla redação, latim e vernáculo, tendo sido escrita por Leon Battista Alberti, entre 1435 e 1436. Dentro da literatura artística, é o primeiro texto a considerar sistematicamente a teoria e a doutrina da pintura.

Nela, Alberti mostra seu discurso com poética e geometria, levando o aprendiz

¹Alberti, Leon Battista. “Opere volgari”, aos cuidados de C. Grayson, vol. III. Bari, 1973.

de pintura a um caminho familiarizado com as artes liberais, contrário ao traçado pelos autores precedentes [Alb89].

Singular na história das teorias da pintura, o *de Pictura* é usado como referência à investigação de grandes pintores que viriam tempos depois, como Leonardo da Vinci, o qual foi influenciado diretamente pelos escritos de Alberti.

O *De pictura* se divide em três partes. A geometria é analisada no Livro I, contendo também um rudimentar estudo de iluminação na pintura. No Livro II, Alberti estuda os aspectos básicos do pintar, onde divide a pintura em seus conceitos e preceitos para estudá-la didaticamente. O pintor é analisado no Livro III, em suas virtudes e conhecimentos práticos.

Apesar da objetividade, os temas estudados em cada um dos livros não se fecham em si mesmos e acabam sendo discutidos livremente nos três. A matemática, pré-requisito de filosofia e pintura na antiguidade é a base de toda a obra e opera intensamente no texto.

Apesar disso, o *De pictura* é uma obra de pintor e escrita para pintores, onde a pintura é estudada através da geometria euclidiana utilizando a *visão*. Às vezes superada pela óptica, a geometria euclidiana aparece descrita nas bases elementares e constrói a análise da perspectiva.

Na definição de *visão*, dois conceitos são estabelecidos: o *lugar* e a *luz*, que sugerem outros dois dos principais temas dos escritos: a *perspectiva* e a *recepção de luzes*.

O *lugar* se refere às noções de distância e ângulo, com os quais se altera o tamanho da superfície e a *luz* é definida através de uma pirâmide visual, construída entre o olho e a superfície, onde três tipos de raios são descritos: os *extrínsecos*, os *médios* e o *cêntrico*. Cada um é diferente em suas propriedades.

Os *extrínsecos* ligam o vértice (olho) e a borda da superfície, medindo-a. Carregando luzes e cores, os *médios* enchem a pirâmide, e o *cêntrico* é perpendicular à mesma superfície. A distância, a posição do raio cêntrico e a *recepção de luzes* formam os princípios ópticos dos parâmetros para definir a superfície. Através desta distância e do raio cêntrico dá-se a *perspectiva*, sendo que o próprio pintor elege a melhor posição.

Para Alberti, os modelos quando representados na pintura são reduzidos às

perfícies bidimensionais.

Outro tema muito interessante aos pintores do século XV e começo do XVI são as proporções do corpo humano e seus membros. Alberti transforma o homem na unidade de medida e o padrão de todas as coisas, onde os braços são as unidades de construção da perspectiva e a cabeça passa a ser a unidade que fornece as proporções do corpo humano.

As descrições dos antigos a respeito do número de cores essenciais, do efeito de refração e da cor do ar contribuíram para um elemento dos mais instigadores da investigação renascentista na manipulação da cor: a determinação de quantas e de quais seriam as cores indecomponíveis. O interesse milenar dos cientistas e artistas em torno do número mínimo de cores primárias invariáveis e indecomponíveis necessário à formação das demais cores existentes na natureza foi satisfeito quase que integralmente por Alberti.

As cores primárias imutáveis ou verdadeiras foram definidas por ele como sendo quatro, correspondendo aos quatro elementos: fogo-vermelho, ar-azul, água-verde, terra-cinza ou pardo. Estas seriam as cores geradoras imutáveis de Alberti.

Ainda no *de Pictura*, a exposição de conceitos fundamentais como a divisão da pintura, são reunidos e redefinidos [Alb89]. Como exemplo temos os conceitos de *circunscricção*, *composição* e *recepção de luzes*, definidos respectivamente como, o *lugar do modelo*, a *descrição da borda* e o *delineamento*. Estes parâmetros fazem parte do desenho e não da pintura, pois até então ela não era definida como figuração da natureza.

Na *recepção de luzes*, conclui Alberti que a luz e a sombra (branco e preto) quando usados parcimoniosamente, produzem o relevo (a tridimensionalidade ilusória). Parecem, segundo ele, uma escultura vencendo a bidimensionalidade do suporte.

Definindo a pintura diz Alberti [Alb89]: *Reunião de bom desenho e de boa composição para ser bem colorida; com a construção perspectivista e o uso judicioso do branco e do preto, o pintor eleva-se enquanto a cor se subordina ao desenho e ao claro-escuro.*

Com relação ao pintor, Alberti analisa o lado do ofício e o da conduta. Pelo ofício, o pintor deverá seguir as regras da perspectiva, promovendo o relevo através das linhas para o desenho e das cores para a pintura da superfície dos corpos. Sobre o aspecto da conduta, para Alberti, o pintor deverá ser um ser afável, modesto e menos orgulhoso de suas habilidades no ofício da arte.

Primando o intelecto sobre a mão, Alberti conclui seus escritos recomendando ao pintor a execução rápida de uma obra, não desprezando o exercício do aprendiz aplicado em conhecer as artes liberais e receptivo a críticas.

2.2 A Teoria das Cores de Leonardo da Vinci

Leonardo da Vinci (1452 - 1519) nasceu em Vinci, uma aldeia perto de Florença, Itália, em 15 de outubro e se tornou um dos maiores gênios de todos os tempos. Principal figura do Renascimento, autor de quadros como a *Mona Lisa* e *A Ceia*, os mais famosos e reproduzidos da história da arte, é o primeiro a reunir os dados existentes que levariam à criação de uma teoria das cores.

Seus escritos guardam formulações teóricas esparsas, reunidas postumamente no livro *Tratado da Pintura e da Paisagem - Sombra e Luz*. Levando-se em consideração a rica variedade de assuntos e a ausência de preocupação cronológica, acredita-se que os manuscritos utilizados para compor este volume se destinavam a dois livros diferentes.

Dirigindo-se fundamentalmente aos pintores, os mais vivamente interessados no assunto, Leonardo envolvia também elementos da óptica, da física, da química e da fisiologia em seus estudos. Considerado um mestre da pintura pelos próprios pintores da época, as cópias de seus escritos já circulavam pelos "ateliers" italianos.

Leonardo coloca a arte e o conhecimento renascentista no seu ponto mais alto. Foi o mais autêntico representante dos novos ideais que agitavam a Itália no fim da Idade Média e Início dos Tempos Modernos. Tudo o que era humano lhe interessava e o conhecimento era considerado por ele a maior recompensa ao esforço do espírito.

Era sobretudo um sonhador, capaz de idealizar elementos especulativos em projetos avançados das ciências e das artes, impossíveis de realizar ao nível prático de desenvolvimento técnico e social de seus dias. Suas pesquisas e soluções correspondem muito mais aos anseios futuros da sociedade moderna do que às necessidades do século em que viveu. Suas obras contêm a síntese do conhecimento da antiguidade e continuam a exercer grande fascínio sobre nós.

O Renascimento é um período de maior fé na razão, nos princípios científicos, nos

poderes da beleza e principalmente no homem, que passa a ser a medida de todas as coisas, fortalecendo a revolução científica. Por isso, Leonardo não aceitava os caminhos apontados pela intuição como verdades absolutas, mesmo utilizando os seus próprios sentidos como instrumento de pesquisa.

Neste aspecto, diz: *Se duvidamos de cada coisa que passa pelos sentidos, como não duvidar também daquelas que são rebeldes aos sentidos tais como a essência de Deus, a alma e outras questões similares sobre as quais eternamente se discute? É necessário que sempre onde falta a razão apareça suprindo-a, a dissertação; o que não acontece com as coisas verdadeiras. Diremos, pois, que ali onde se discute interminavelmente não há verdadeira ciência, a verdade, não tem mais que um só termo, e este, uma vez expresso, destrói o litígio para sempre [Ped82].*

Como a maioria dos Renascentistas, também Leonardo da Vinci demonstrava admiração e respeito pelas obras da antiguidade. Cresceu em meio a uma formação cultural e artística influenciada por Leon Battista Alberti, discutido na seção anterior. Os conceitos de Leonardo referentes à pintura recebem influência direta de Alberti, principalmente no tocante à perspectiva e aos elementos cromáticos essenciais que dariam origem às outras cores.

Um dos conceitos descritos por Leonardo é a perspectiva aérea, tendo como base a descoberta da cor do ar, dentro das deduções experimentais do Renascimento. Segundo este conceito, escreve [Vin70]: *O azul é a cor do ar sendo mais ou menos escurecido quanto mais ou menos esteja carregado de umidade. (...) Existe uma perspectiva que se denomina aérea e que, pela degradação dos matizes no ar, torna sensível a distância dos objetos entre si, mesmo que todos estejam no mesmo plano.*

Leonardo afirma a perspectiva aérea diante da realidade física da pintura renascentista, acreditando que a perspectiva linear não é suficiente sem a perspectiva das cores para determinar as distâncias.

As investigações renascentistas, especificamente em torno da manipulação cromática giram em torno de quantas e de quais seriam as cores primárias essenciais. Alberti justificara a sua escolha das quatro cores essenciais, unindo-as à teoria dos quatro elementos (seção 2.1). Mesmo falhando na escolha de uma quarta cor, é dele o mérito de ter sido o primeiro a determinar com exatidão as três primárias. Se eliminarmos o cinza das quatro

cores de Alberti, teremos precisamente as três primárias consagradas pela física moderna: o vermelho, o amarelo e o azul.

Na antiguidade, os filósofos operavam sob dois conceitos. O primeiro afirmava que a cor era propriedade dos corpos e o segundo que as cores eram fruto de um enfraquecimento da luz branca. Durante a Idade Média e mesmo depois do aparecimento de Leonardo da Vinci e Newton, este último conceito continuava influenciando as definições dos fenômenos cromáticos.

Apesar do respeito pela antiguidade, Leonardo não aceitava a cor como propriedade dos corpos. Afirmava que todo corpo que se move com rapidez parece atingir o percurso com sua própria cor, dizendo [Ped82]:

O olho, do qual a experiência mostra tão bem a função, até o meu tempo tem sido definido por um número infinito de autores de uma forma errônea. O olho não poderia enviar em um mês sua potência visual à altura do Sol. (...) A natureza fez a superfície da pupila convexa, a fim de que os objetos que a rodeiam possam refletir suas imagens com ângulos maiores, o que não ocorreria se o olho fosse plano. (...) O cristalino, no meio do olho, serve para endireitar as imagens que se entrecruzam na abertura da pupila, a fim de que a direita volte a ser direita, e que a esquerda volte a ser esquerda, por meio da segunda intersecção que se forma no centro do cristalino (nervo ótico) e enviadas ao sentido comum, onde são julgadas.

As cores primárias foram assim definidas por Leonardo [Vin70]:

Chamo cores simples aquelas que não podem ser feitas pela mescla de outras cores. (...) O branco, se bem que alguns filósofos não aceitem nem ao branco nem ao preto como cores, porque um é a causa do outro e o outro a privação da cor, o pintor não poderia privar-se dele e, por isso, o colocamos em primeiro lugar. O amarelo, o verde, o azul, o vermelho e o preto vêm em continuação.

Note que, nesta definição de Da Vinci estão as três cores físicas e as três cores químicas (capítulo 3). Se as geratrizes forem o vermelho, o amarelo, o verde e o azul, tanto as cores-luz como as cores-pigmento podem ser obtidas através delas, ou seja, toda a coloração da natureza.

Partindo de formulações anteriores a ele, Leonardo da Vinci insiste na inclusão

do preto e do branco na escala cromática, onde segundo ele é a única maneira de se obter a característica do valor da cor, expressa em grau de luminosidade. Muito tempo mais tarde, Chevreul, Ostwald e Munsell viriam apoiar os enunciados de da Vinci, colocando o preto e o branco como extremos de luminosidade das cores.

Entre outros recursos, Leonardo utiliza sua argúcia para formular o funcionamento da visão binocular, sendo o primeiro a explicar como se cria a impressão de terceira dimensão nos olhos.

A evolução da pesquisa cromática do ponto de vista técnico nos mostra que o realismo renascentista só foi possível graças à descoberta das leis das perspectivas linear e aérea, conquistas de Leonardo, às quais vem se juntar o esfumado, técnica de passagem do escuro para o claro.

Singular contribuição à pintura renascentista, o esfumado do claro-escuro revela o ideal artístico de Da Vinci. Buscando a suavidade exterior, o esfumado viaja das trevas à mais pura claridade, deixando mostrar a suavidade interior de Leonardo e o ajudam a traduzir os mais intrincados climas psicológicos de sua personalidade artística.

A essência cromática vem do contraste de luzes e sombras, que determinam o claro e o escuro. À medida que os contrastes são alterados, alteram-se os níveis de beleza. Em seus estudos, Leonardo coloca pela primeira vez, uma disposição racional das afinidades entre as cores e as luzes e sombras, constatadas facilmente pela fotografia preto e branco muito tempo mais tarde.

Pela compreensão da força das cores contrárias, Leonardo também caminha pelo estudo dos contrastes simultâneos, que revela a essência da beleza do colorido, vinda da ação das cores uma sobre as outras. A observação deste tema, influencia diretamente Goethe e Chevreul em suas pesquisas cromáticas, como será mostrado mais adiante.

Leonardo estuda também a dispersão cromática, uma forma de contraste que surge sobre o fundo claro, pela presença da mesma cor mais intensa. É uma das manifestações mais sutis das possibilidades cromáticas, onde diz [Ped82]:

Se queres obter uma excelente obscuridade em oposição a uma excelente brancura, ou uma excelente brancura com a mais intensa obscuridade, o que é pálido parecerá vermelho, do mais chamejante vermelho, não por si, senão por comparação com o viole-

ta(...).

Leonardo foi o pintor renascentista que mais se preocupou com o estudo da sombra e luz. Percebeu que entre a luz e as trevas há um meio de revelação dos fenômenos cromáticos. Concluiu neste aspecto que a sombra é uma diminuição da luz e a treva é a privação total da luz. Assim, abre caminho para as futuras teorizações das sombras coloridas (sombra de coloração complementar à cor do fundo onde ela surge). Em duas experiências tendo como ponto central a sombra, Leonardo conclui que a ação das cores dos objetos que estão em volta de uma superfície opaca têm o poder de influenciar toda a superfície, colorindo-a. Quando um corpo opaco projeta sua sombra sobre a superfície de outro corpo opaco, este último é iluminado por diversas luzes. Essa sombra não virá do corpo opaco mesmo, mas de outra parte. Com esta última conclusão, Leonardo começou estudos sobre o contraste simultâneo das cores, mais tarde concluído por Chevreul (seção 2.5).

A afirmação de que o branco é o resultado da somatória de outras cores foi feita por Leonardo muito antes de Newton, o qual partiu de uma experiência demonstrativa de que o branco é a potência receptiva de toda a cor. O que a física chama hoje de *síntese aditiva*, o que veremos no capítulo 3, Leonardo já havia descoberto, provando que a soma de duas cores complementares produz o branco. Toda a teoria cromática dos tempos modernos baseia-se nesta descoberta.

2.3 Isaac Newton

As demonstrações e definições matemáticas para os fenômenos cromáticos começam a ficar mais precisas a partir do século XVI, prosseguindo pelo século XVII, na forma de um verdadeiro progresso sobre o estudo da luz.

Desde Leonardo há um conhecimento acumulado em torno dos meios de manipulação da luz. Buscando uma explicação para os fenômenos ópticos, Zacarias Jansen cria o microscópio no final do século XVI e o universo ganha amplitude com a invenção da primeira luneta de aproximação do universo por Lippershey e logo depois com a luneta de Galileu.

O matemático Johann Kepler (1571 - 1630) foi o maior catalisador das investi-

gações científicas da época, escrevendo a *Óptica*. Dentre as discussões deste livro, Kepler demonstra que a intensidade da luz diminui na proporção do quadrado da distância, trazendo a câmara escura mais próxima da máquina fotográfica. Além disso, aprofunda as especulações de Leonardo da Vinci sobre o mecanismo de projeção de imagens invertidas, estudando melhor a função do cristalino. É de Kepler também, o mérito de abrir caminhos para Villebrord Snell, que descobriu as leis da refração e para Descartes, que estudou em seu livro *Dióptrica* as leis que regem a refração (lei dos senos) e o arco-íris [Ped82].

Com as leis da refração apontando novos caminhos para as pesquisas cromáticas, a idéia da cor como sensação estava resumida em todo o conhecimento adquirido até então.

As grandes descobertas de Isaac Newton (1642 - 1727) vieram do fato de, como ele mesmo dizia, pensar continuamente nelas e manter o tema constantemente presente, esperando os “clarões da alvorada se tornarem luz”. A qualidade da capacidade de concentração particular de Newton se ajustava muito bem ao seu caráter e personalidade.

Homem solitário, sem amigos próximos ou íntimos e sem confidentes, Newton nunca se casou. Passou a juventude órfão de pai, sendo que este falecera antes de seu nascimento, no natal de 1642, e também sem a mãe, que se casou novamente e o deixou com a avó idosa.

Desde cedo, através do sentimento de solidão e abandono, desenvolveu um poder excepcional de introspecção contínua e concentrada, tendo a capacidade de manter continuamente um problema mental durante horas, dias e semanas, até que ele lhe entregasse o seu segredo. Justamente por seu caráter introvertido, Newton guardava suas descobertas para si, sem publicá-las rapidamente, conforme os cientistas da época costumavam fazer. Diz-se desta atitude que toda descoberta de Newton se dividia em duas etapas: a própria descoberta feita por ele e a necessidade dos outros descobrirem o que ele havia feito.

Conta-se também que em 1668, Edmundo Halley, astrônomo que dá nome ao cometa Halley, foi até Newton, professor em Cambridge, para consultá-lo sobre um problema que já havia derrotado os maiores pensadores da mais antiga associação científica existente: a “Royal Society”. Este problema, também considerado por Robert Hooke (lei de Hooke) e Christopher Wren (arquiteto e cientista), tratava da curva descrita pelos planetas, admitindo que a força de atração do Sol em relação aos planetas fosse inversamente proporcional ao

quadrado da distância que os separa.

Newton, questionado por Halley a este respeito, replicou imediatamente que seria uma elipse. Satisfeito e admirado, Halley perguntou como é que ele sabia e Newton respondeu: “Eu a calculei”. Assim, era revelada a solução do maior problema do século, ou seja, a determinação da força que mantinha a unidade do sistema solar, o porquê dos planetas orbitarem em torno do Sol e dos satélites girarem em torno dos planetas, segundo as leis de Kepler. Sua resposta a Halley revela também seu caráter, pois ele ficara satisfeito simplesmente em fazer os cálculos e não se apressou em tornar conhecida a mais importante descoberta científica da época: a lei da gravitação universal.

O início das grandes descobertas de Newton em ciência datam de um período de dezoito meses após sua graduação na Universidade (1665 - 1667), quando a peste negra interrompeu seus trabalhos, fazendo-o retornar à fazenda da família em Woolsthorpe, Lincolnshire, onde nascera.

Neste período na fazenda, divagando em pensamentos solitários, efetuou sua mais fundamental contribuição à matemática, o cálculo diferencial e integral (mérito repartido com o matemático e filósofo germânico G. W. Leibniz).

Ainda durante este período de retiro na fazenda, há um conjunto de descobertas, desta vez no campo da óptica. Os trabalhos célebres de Newton não envolvem somente a matemática pura e os aspectos fundamentais da mecânica celeste. Ele também é conhecido como um cientista experimental, principalmente pelas descobertas relacionadas à luz, à cor e à classe de fenômenos conhecidos como interferência ondulatória.

Consta ter comprado um prisma de vidro, triangular, para experimentações no campo do célebre fenômeno das cores. Onde outros haviam apenas exibido os espectros coloridos produzidos pelo prisma, Newton analisou os fenômenos da dispersão e da composição da luz branca. Suas experiências mostraram que a luz branca, ou luz solar, era uma mistura de luzes de todas as cores, como mostra a figura 2.1.

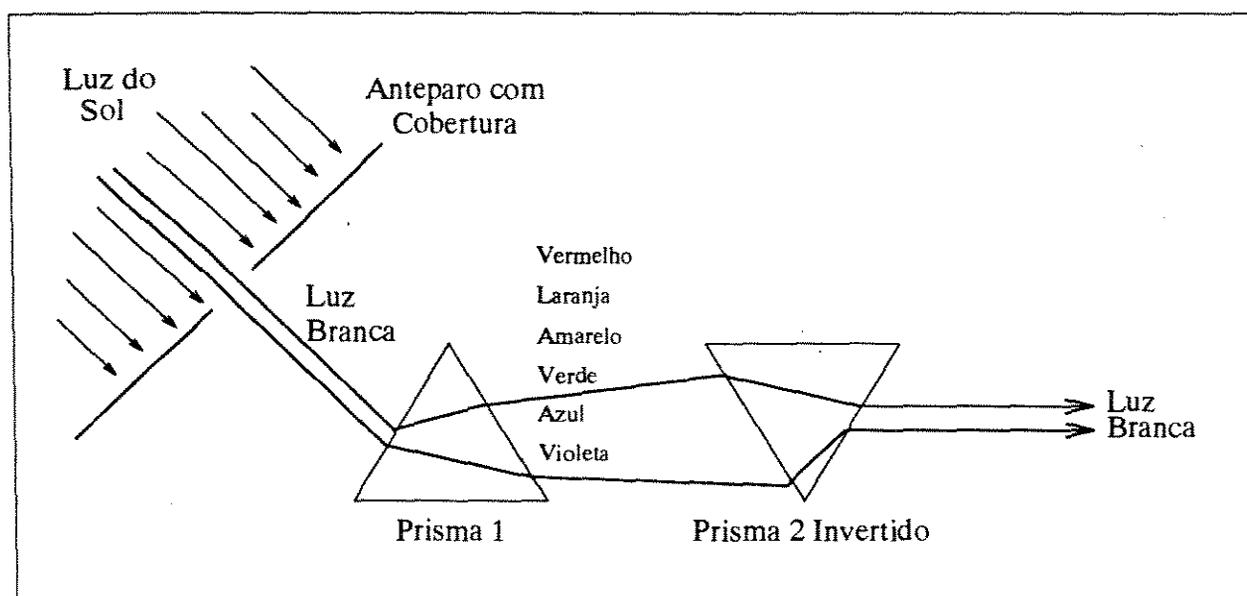


Figura 2.1: Experiência dos prismas invertidos .

Através de experimentações sobre o prisma, mostrou que a separação da luz branca nas suas componentes de diferentes cores (espectro) dá-se pelos diferentes desvios que cada componente sofre ao atravessar o prisma². O maior desvio ocorre para a componente violeta e o menor para a componente vermelha.

Para provar que estava correto quanto a estes desvios, idealizou um experimento. Permitiu que um estreito raio de sol entrasse por um pequeno orifício na janela de um quarto escurecido, passando pelo prisma e produzindo um espectro. Usando um anteparo opaco, com um pequeno orifício, Newton separou deste espectro feixes de luz de uma só cor - vermelho, alaranjado, verde, azul - deixando-os passar através de um segundo prisma. Quando a luz monocromática passava pelo segundo prisma, emergia sem qualquer modificação de cor, levando-o a conclusão que o segundo prisma apenas produzia outro desvio de direção.

As investigações sobre os fenômenos cromáticos levaram Isaac Newton à compreensão da manifestação cromática nos objetos, em função da luz que absorvem e refletem. Um conjunto notável de investigações ópticas foi centralizado nos efeitos provocados por

²fenômeno conhecido como *refração*

placas ou filmes delgados, as conhecidas figuras coloridas observadas numa mancha de óleo sobre a água. Estudando os anéis alternados de franjas escuras e claras que são vistos numa película de ar existente entre uma superfície de vidro plana e a parte convexa de uma lente plano-convexa de distância focal grande, Newton obteve medidas tão precisas que Thomas Young as utilizou 100 anos mais tarde, para calcular o comprimento de onda da luz. Este fenômeno ficou conhecido como “Anéis de Newton”.

Todo este conjunto de descobertas em matemática pura, mecânica celeste teórica, dinâmica e física experimental aconteceu nos dois anos da peste, entre 1665 e 1666, onde segundo ele, estava no auge da idade de invenção e pensava mais em matemática e ciência que em qualquer época de sua vida. Daí em diante, Newton se dedicou à elaboração de suas descobertas fundamentais. Tornou-se professor de matemática em Cambridge, e em 1672 seus artigos sobre a luz e a cor foram apresentados à “Royal Society”. Entretanto, decidiu não publicá-los pelo número de críticas e dificuldades de compreensão que recebeu por parte do público, motivo pelo qual durante muito tempo suas inovações matemáticas foram distribuídas apenas sob forma manuscrita e somente no final de sua vida algumas foram impressas.

Em 1648, atendendo aos apelos de Halley, escreveu as descobertas em dinâmica e mecânica celeste no *Philosophiae Naturalis Principia Mathematica* (Londres, 1687), traduzido por *Os Princípios Matemáticos da Filosofia Natural*, não apenas enunciando e aplicando a lei da gravitação universal, mas também apresentando as três famosas leis do movimento que são os axiomas sobre os quais foi construída a Dinâmica Newtoniana.

Em 1690, Newton se aborreceu com a vida reservada de professor da universidade e mudou-se para Londres, onde se tornou presidente da “Royal Society”, dirigindo a ciência britânica com firme controle. Durante os anos em Londres, publicou duas edições revistas do *Principia* (1713 e 1726), publicou seu livro sobre óptica (1704 e outras edições)³ e diversos tratados de matemática. Morreu em 1727 e foi sepultado com honras nacionais, na Abadia de Westminster.

No que se refere aos estudos cromáticos, os trabalhos de Newton são considerados atualmente como a origem e um marco no desenvolvimento da ciência.

³Newton, Isaac. *Optics or a Teatrise of the Reflections, Refractions, Inflections and Colors of Light*. New York, 1952.

2.4 Johann Wolfgang von Goethe

Goethe nasceu em 1749, tendo a juventude mergulhada em intensa inquietação intelectual e cultura clássica. Sua paixão pela ciência das cores data desta época, quando se inicia na prática da pintura e do desenho.

Da viagem à Itália em 1788, obteve o conhecimento das artes plásticas num nível superior de entendimento, ao mesmo tempo que abandona a prática da pintura. Acreditava numa arte de elevado teor moral e humano, contribuindo intensamente nas descobertas estético-científicas, contribuindo para a atitude de abstração nas artes plásticas muito tempo após sua morte em 1832.

Fruto de uma investigação de mais de vinte anos, a *Farbenlehre*⁴ (*Doutrina das Cores*) de Johann Wolfgang von Goethe acrescenta intriga e surpresa ao universo da pesquisa cromática. Sua linguagem ora se aproxima de uma refinada poética, ora faz parte de um rigoroso discurso científico.

Filósofo, escritor versátil, poeta reconhecido e observador incansável da natureza, Goethe considerava a *Doutrina das Cores* como um trabalho inacabado, esboço de uma teoria sobre o fenômeno cromático, apesar de considerá-lo seu trabalho mais expressivo, até mesmo sobre o grande *Fausto*.

Uma das polêmicas instaladas no livro é a disputa entre o idealismo alemão de Goethe e a ótica mecanicista de Newton. Um dia, olhando casualmente em direção a uma parede branca através de um prisma, Goethe não vê cor alguma e passa a questionar as idéias de Newton. A partir daí, dedica vários anos para demonstrar sua intuição, através de várias experiências com prismas e lentes.

Acreditava na luz como sendo o ser mais simples, indivisível e homogêneo conhecido e, sendo assim, ela não poderia ser composta por luzes coloridas como afirmava Newton. Qualquer luz de uma cor determinada seria mais escura que a luz incolor e então, a claridade não poderia ser composta a partir da escuridão. Dizia também existirem apenas duas cores puras que geravam as demais: o azul e o amarelo; uma cor resultante de ambas: vermelho e duas misturas: verde e púrpura; o resto seriam gradações advindas da mistura

⁴Goethe, J. W., *Farbenlehre* Stuttgart, Kröner, 1950

destas cores.

Goethe não estava interessado em estabelecer critérios para a produção da cor enquanto fenômeno físico, como Newton se preocupava. Ao contrário, a *Doutrina das Cores* acaba por mostrar que a cor também existe enquanto fenômeno que escapa à física. Para ele não bastava concluir que a cor surgia da luz, mas também *como* aparecia junto à luz e a influência dos aspectos psicológicos na visão cromática. Portanto, a diferença entre as interpretações cromáticas de Goethe e Newton passa também pelos critérios e métodos de comparação, inteiramente distintos nos dois.

Goethe prefere a investigação fora dos laboratórios fechados e a proposta que surge deste estudo ao ar livre é a interpretação das cores através do órgão humano da visão. O olho, sendo um órgão vivo, não poderia ser identificado a um conjunto de prismas e lentes, no interior de um quarto escuro.

A partir do estudo da relação das cores na pintura, Goethe propõe a construção de um mundo visível⁵ a partir da utilização do claro, do escuro e da cor. A utilização destes três parâmetros para a construção da pintura, é para ele, capaz de produzir um mundo visível muito mais perfeito que o mundo real.

A *Doutrina das Cores* não separa os efeitos estéticos e morais da obra de arte. Nela, Goethe afirma que uma obra só pode ter um efeito moral se possuir simultaneamente um efeito estético, ou seja, a cor enquanto cor dentro da pintura. Esse conceito antecipa o pensamento artístico da arte moderna, que encara a cor como expressão autônoma dentro de uma obra.

2.4.1 As Pesquisas Cromáticas

A *Doutrina das Cores* se divide em três partes. A primeira contém o estudo dos diversos fenômenos cromáticos abordados em sua época. A segunda parte procura estudar a teoria Newtoniana que, segundo o autor, opõe-se à livre investigação dos fenômenos cromáticos. Finalmente, a última é dedicada a investigações históricas e trabalhos preliminares, objetivando a caracterização do homem por sua história.

⁵o mundo visível a que Goethe se refere é o mundo físico construído a partir da visão humana

Dentro de seus estudos, destaca pontos importantes em relação ao estudo dos fenômenos cromáticos, de onde podemos mencionar a preocupação com a fisiologia. Para Goethe, a visão humana distingue um objeto de outro através do claro, do escuro e da cor, desprezando a forma destes mesmos objetos. Assim, construímos o mundo visível a partir do claro, do escuro e da cor, e podemos utilizá-los também na pintura, tornando-a capaz de produzir no plano (suporte da pintura) um mundo visível muito mais perfeito que o mundo real [Goe93].

Na Doutrina das Cores, Goethe determina que a existência do olho humano, onde ocorre o encontro da *luz interna* com a *luz externa*, depende da existência da luz. Acreditava que, sendo a cor um fenômeno natural elementar para o sentido da visão, se manifestava ao se dividir e se opor, ao se misturar e se fundir, ao se intensificar e se neutralizar, ao ser compartilhada e repartida, podendo ser intuída e concebida na própria natureza. Ele deixa claro que esta definição era livre de imposições e, quem a considerasse conveniente, a adotaria.

Uma divisão expressiva dentro desta definição de cor diz respeito as três formas de manifestação do fenômeno cromático: as *cores fisiológicas*, as *cores físicas* e as *cores químicas*.

Goethe define as *cores fisiológicas*, como sendo as cores que pertencem aos olhos e que sendo assim, dependem diretamente da capacidade de ação e reação desses mesmos olhos. Sua preocupação com a fisiologia leva-o ainda a analisar as relações cromáticas num olho normal e também num anormal, a fim de cercar todas as possibilidades do olhar humano.

Dentre os estudos sobre a retina, as imagens em preto e branco e as imagens cinzas, Goethe se refere ao fenômeno da *cor inexistente*, percebendo os fenômenos de contraste sucessivo e simultâneo nas cores complementares (seção 2.5), partindo de experimentos cromáticos com luz moderada. Para estes experimentos, analisa as pessoas em situações comuns, descrevendo científica e poeticamente o fenômeno: *Se alguém quiser fazer esta experiência na natureza, será preciso que, andando pelo jardim, se exercite a olhar fixamente para as flores coloridas e, logo em seguida, para o caminho de areia, e assim verá a esta salpicada de manchas da cor complementar (...)* [Goe93].

As *cores físicas* de Goethe são aquelas cuja origem se deve a certos meios inco-

lores, transparentes, turvos, translúcidos, ou completamente opacos, produzidas nos olhos mediante causas externas determinadas ou, se de algum modo já se produziram fora de nós, seriam refletidas no olho. São as cores por ele consideradas objetivas, mas ainda aponta suas características fugidias e difíceis de fixar.

Considera como sendo branco a turvação completa nas cores físicas. Ele seria o preenchimento mais neutro, claro e opaco do espaço. Empiricamente, o próprio transparente seria o primeiro grau desta turvação.

Fazendo referência aos experimentos de Newton, Goethe relata suas experimentações sobre as condições em que o fenômeno cromático se intensifica. Para isso, coloca não só a utilização de prismas como condição para se obter a intensidade máxima desse mesmo fenômeno.

Pelos escritos da Doutrina das Cores, são *cores químicas* aquelas estimuladas em certos corpos, sendo mais ou menos fixas e podendo se intensificar, extrair e transmitir a outros corpos, caracterizando-se pela durabilidade, resultantes de minerais e plantas. Dentro destas cores, as derivações do branco e do preto são equacionadas. Encontrado no mundo vegetal, através da combustão e do carvão, o preto é considerado por Goethe como menos primordial que o branco. Especificamente sobre estas duas cores, Goethe afirma que o branco ao escurecer, torna-se amarelo e o preto ao clarear, torna-se azul e que se intensificam na medida em que se saturam, tornando-se um sombreamento da cor em si mesma.

O círculo cromático de Goethe mostrado na figura 2.2 [Goe93] é por ele definido como o próprio fundamento de sua doutrina. Nele, o azul e o amarelo e as duas cores sintetizadas, verde e púrpura, estabelecem entre si uma relação de complementariedade e indicam as possibilidades de combinação entre as cores básicas, que quando se misturam, formam as cores intermediárias.

O vermelho amarelado vem da mistura entre o amarelo e o púrpura, o azul avermelhado da combinação entre o púrpura e o azul. O púrpura e o amarelo são cores positivas dentro do círculo cromático, transformando também o vermelho amarelado em uma cor positiva. O azul avermelhado, por outro lado, é negativo, posto que contém azul.

As cores intermediárias podem ser intensificadas quando as cores básicas polares:

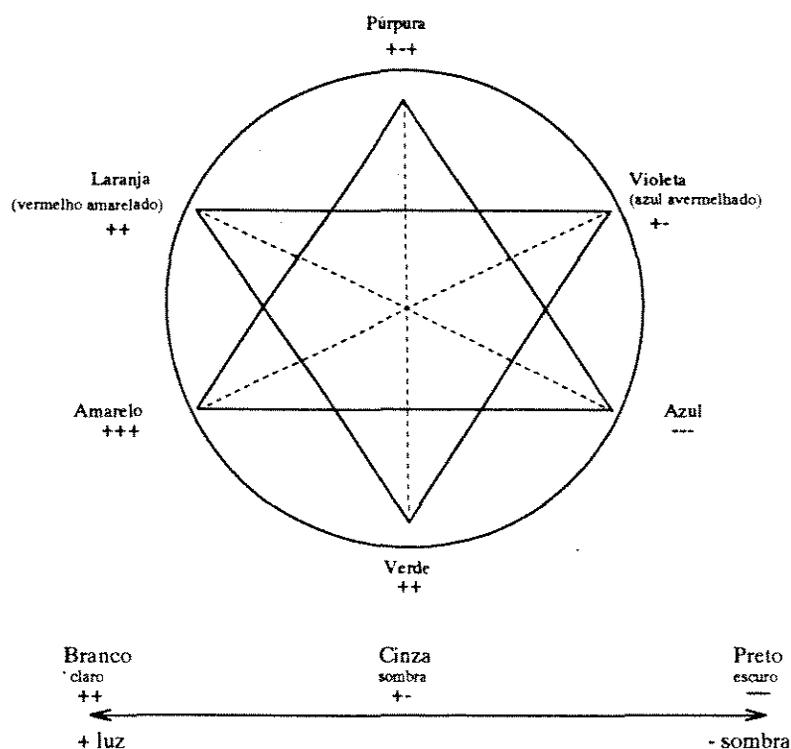


Figura 2.2: Círculo cromático

amarelo (+ + +) e azul (- - -) produzem uma intensificação da quantidade de luz ou sombra: vermelho amarelado (+ +) e púrpura (+ - +). O azul avermelhado (+ -) se intensifica num processo semelhante, pois o azul se intensifica um pouco mais com a luz vinda da cor púrpura.

Além disso, o círculo cromático indica, por exemplo, que o púrpura e o verde não podem produzir nenhuma cor intermediária, posto que as duas cores são por Goethe consideradas complementares. Quando duas cores complementares são misturadas entre si, produzem um cinza, que por sua vez, representa também uma síntese real entre o branco e o preto.

Sobre a mistura das cores na pintura, Goethe afirma que somente poderiam ser percebidas por olhos treinados e sensíveis, os quais obteriam os seus próprios critérios. Se refere também à mistura aparente, que é produzida na retina (contraste simultâneo). Observando, por exemplo, por algum tempo uma superfície verde, a cor vermelha ou púrpura

surgirá como o efeito da atividade complementar da retina.

Conclui a observação das cores feitas até então, reafirmando a proposta de uma *Doutrina das Cores*. Como principais pontos, podemos considerar mais uma vez a importância da luz, o estudo de polaridade das cores em relação ao círculo cromático, a mistura e a resistência de todas elas.

Junto ao efeito sensível-moral da cor, o amarelo, o vermelho, o azul, o verde, e suas derivadas são descritas e relacionadas à fisiologia ocular, se enveredando pelos caminhos da totalidade e harmonia cromática, dentro de suas observações.

Após algumas considerações históricas e um estudo de claro-escuro, Goethe conclui seu trabalho mostrando-nos que a essência do artista deve ser altamente considerada e que as influências externas devem servir apenas para a sua formação acadêmica.

Com este trabalho, Goethe passa a fazer parte da galeria dos pesquisadores da cor como um importante estudioso. Em meio a uma época atribulada pelas guerras⁶, onde o “calmo recolhimento do espírito” era impossível, ele contribui efetivamente para a ciência, dedicando-lhe toda a sua vida.

Dentre os pesquisadores de sua época é o que exerce maior influência, mesmo que indireta, sobre os intelectuais e artistas contemporâneos, na utilização dos princípios cromáticos. Dentre outros, Wilhelm Ostwald e Chevreul, refletem em seus trabalhos as idéias da *Doutrina das Cores*. Porém, até hoje sua obra sugere incômodo a muitos cientistas e artistas. A agressividade da polêmica em relação às teorias de Newton ainda o mantém sob forte clima de reserva e desaprovação.

Johann Wolfgang von Goethe não considerava a sua obra poética como *Sofrimentos do Jovem Werther* ou o glorioso *Fausto* como grandes obras. Dizia que não possuía vaidade em relação a elas, pois existiam outros bons poetas em seu tempo. Considerava-se sim o único que conhecia a difícil ciência das cores, possuindo por isso um sentimento de superioridade.

Dentre todo o trabalho de Goethe, a *Doutrina das Cores* não obteve o reconhecimento merecido, o que não ocorreu com sua obra poética, compreendida como uma das maiores da humanidade e de glória universal.

⁶Em 1806, após a batalha de Iena, Weimar foi ocupada por Napoleão

2.5 A Lei Do Contraste Simultâneo das Cores de Michel-Eugène Chevreul

Michel-Eugène Chevreul nasceu em Argers (França), em 1785 e faleceu em Paris, no ano de 1889 e seus trabalhos influenciaram intimamente as artes visuais do séc. XIX e XX.

Era químico e professor de química, além de diretor de uma tinturaria para tapeçaria. Dentro desta indústria, trabalhou na classificação das cores com finalidade científica e prática, cujo trabalho resultou num mostruário com milhares de nuances de cores em fios de lã.

O mais detalhado catálogo de cores conhecido até hoje deve-se também a Chevreul, que com mais de 20.000 tons classificados teoricamente, partindo das cores saturadas e suas misturas até o branco por degradação e o preto por rebaixamento. Essa classificação permite a construção de um sólido de cores na forma de um hemisfério.

Membro da academia de Ciências em 1826, desenvolveu os princípios levantados por Leonardo da Vinci e estudados por vários outros autores. Sua principal obra relativa ao fenômeno do contraste simultâneo das cores, intitulada *Da Lei do Contraste Simultâneo das Cores*⁷, procura explicar, em bases científicas, aquilo que muitos pintores já utilizavam intuitivamente.

Chevreul influencia e facilita a análise de muitas obras e artistas, entre os quais figuram impressionistas e pós-impressionistas, que tinham o *Da Lei do Contraste Simultâneo das Cores* como livro de cabeceira, e faziam questão de afirmar a influência de Chevreul em seu trabalhos.

Seurat e Signac por exemplo, aplicavam a cor em pequenos pontos ou traços em vez de superfícies lisas, utilizando apenas as cores primárias. Para a obtenção do laranja, salpicavam de vermelho e amarelo na quantidade justa a área desejada e deixavam o trabalho de juntar as duas cores no laranja para a própria retina do observador. Assim acontecia com todas as cores compostas, tornando-as muito mais luminosas do que as prontamente aplicadas à tela.

⁷Chevreul, Michel-Eugène. *De la Loi du Contraste Simultané des Couleurs*, Paris, 1839.

O grande princípio de toda a obra deste químico brilhante resume-se em suas próprias palavras: *quando colocamos uma cor qualquer sobre uma tela, não estamos colorindo somente aquela área mas toda a área restante da cor complementar a esta* [Ped82].

O *Tratado Elementar de Física* do Renè Just Hauy (1745 - 1822) e as *Memórias de Scheffer* são estudados extensivamente no livro dos contrastes simultâneos e sucessivos das cores, onde as pesquisas ópticas formam a base de todo o trabalho. Dentre suas experiências com as cores, Chevreul define como a principal idéia os três tipos de contrastes:

- O *Contraste Simultâneo*, descrevendo o fenômeno da modificação que as cores parecem sofrer dentro da composição física e na saturação de cada cor, sempre que vistas simultaneamente.
- O *Contraste Sucessivo* das cores. Fenômenos observáveis à partir da saturação dos olhos pela cor de um ou mais objetos, onde ao se deslocar o olhar, as imagens destes objetos são identificadas com a cor complementar a cada uma delas.
- A partir das duas definições acima, é possível compreender o fenômeno do *Contraste Misto*, que é a saturação do olho por certa cor, tendo como resultado a sua cor complementar, e se lhe for apresentada em seguida uma nova cor, é percebida a resultante desta cor com a complementar da primeira.

Chevreul nos apresenta deduções de suas experiências com os contrastes. Por exemplo, partindo do princípio de que uma cor está sempre em gênero oposto à sua complementar, ele demonstra que duas cores, uma quente e outra fria, quando justapostas, se exaltam de modo recíproco e se influenciam mutuamente. Da mesma maneira, duas cores quentes justapostas se esfriam, influenciadas pela ação complementar uma da outra.

Este método desenvolvido por Chevreul para facilitar a percepção chama-se *Método de Observação*, estabelecido segundo uma tabela de combinações, que descreve as influências sofridas pelas cores quando colocadas próximas de outras. Por exemplo, a primeira relação da tabela 2.1, quando o vermelho é colocado próximo ao laranja, recebe influência de sua cor complementar (o azul), inclinando-se para o violeta. O mesmo acontece com o laranja, que influenciado pelo vermelho, inclina-se para o amarelo.

COR	PRÓXIMA DE						
	Verm.	Lar.	Amar.	Azul	Índigo	Verde	Viol.
Vermelho	-	Violeta	Violeta	Amarelo	Amarelo	Vermelho	Amarelo
Laranja	Amarelo	-	Vermelho	Laranja	Amarelo	Vermelho	Amarelo
Amarelo	Verde	Verde	-	Laranja	Amarelo	Laranja	Amarelo
Azul	Verde	Azul	Índigo	-	Verde	Índigo	Verde
Índigo	Azul	Azul	Índigo	Violeta	-	Violeta	Azul
Verde	Verde	Azul	Azul	Amarelo	Amarelo	-	Amarelo
Violeta	Índigo	Índigo	Violeta	Vermelho	Vermelho	Vermelho	-

Tabela 2.1: Tabela do Método de Observação de Chevreul

Se duas cores são colocadas próximas, há influência recíproca de suas complementares. A tabela 2.1 mostra o Método de Observação de Chevreul com o resultado de cada cor quando colocada próxima de outra.

Duas superfícies coloridas em justaposição exibirão duas modificações para o olho examinar simultaneamente: uma relativa à saturação das respectivas cores, e a outra relativa à composição física destas mesmas cores [Ped82].

Todas as cores aumentam sua saturação sobre um fundo branco, aumentando também, ligeiramente, seu brilho. Esta era uma das leis gerais, afirmadas por Chevreul, o qual completava dizendo que, uma vez conhecida a lei de contraste de valor e de tom, esta nos ajuda a perceber o fenômeno onde o fundo branco se tingem da complementar da cor justaposta.

Colocar branco ao lado de uma cor seria destacá-la. Considerando o fundo cinza, Chevreul afirma que quando colocamos o cinza ao lado de uma cor, estamos tornando-a mais brilhante, enquanto que tingimos este cinza com a complementar da cor justaposta. Da mesma maneira, o preto apaga todas as cores que lhe são colocadas próximas.

Os três fenômenos distintos de contraste descritos por Chevreul são englobados pela ciência contemporânea dentro da denominação genérica de *cores de contraste*. Os fenômenos cromáticos estudados e demonstrados por Michel-Eugène Chevreul podem se mostrar bastante óbvios, mas a causa deles ainda permanece um mistério.

2.6 Contribuições na Evolução da Teoria Cromática

Podemos notar das seções anteriores que a grande contribuição de Alberti para os estudos dos fenômenos cromáticos é a definição de alguns parâmetros utilizados pelos aprendizes de pintura. Dentre eles, a definição das quatro cores imutáveis, que iniciou a busca das cores primárias geradoras.

Leonardo da Vinci foi um dos grandes pintores influenciados diretamente pelos escritos de Alberti. Suas pesquisas nos trouxeram enormes contribuições ao esclarecimento das relações cromáticas na pintura, através dos estudos de sombra e luz, da perspectiva aérea e da definição das cores essenciais, também buscando as cores primárias.

As demonstrações e definições matemáticas através do estudo da luz, foram as contribuições de Isaac Newton para os fenômenos cromáticos. Sua experiência dos prismas invertidos revolucionou a concepção da síntese das cores no campo da Óptica.

Com a polêmica entre o idealismo alemão de Goethe e a Óptica mecanicista de Newton, a Doutrina das Cores traça teorias marcantes sobre o fenômeno cromático. Na sua preocupação em provar a teoria de que qualquer cor determinada numa luz é mais escura que a luz branca, Goethe acaba desviando o caminho das pesquisas cromáticas, mostrando que a cor também existia enquanto fenômeno que escapava à física.

Uma outra contribuição dos estudos de Goethe foi a divisão das manifestações do fenômeno cromático em cores fisiológicas, físicas e químicas, que viriam colaborar mais tarde para a separação dos estímulos cromáticos em cores-luz e cores-pigmento.

A importância de Michel-Eugène Chevreul passa por sua influência em nosso século, com a tabela de classificação das cores. Desde os impressionistas e pós-impressionistas, suas leis de contraste simultâneo, sucessivo e misto são utilizadas na produção artística.

Além dos autores citados anteriormente, outros contribuíram com seus estudos à compreensão das relações cromáticas, da função dos olhos na visão cromática e da definição de um método de medida das cores.

No primeiro ano do século passado, Tomas Young (1783 - 1829), sacudiu a teoria da cor no "Royal Institute of London". Young descobriu que a função primordial do cris-

talino no olho humano é regular as imagens na retina por meio de contrações e distensões. Com esta conclusão, ele consegue explicar satisfatoriamente as questões relativas as interferências luminosas e ao processo de sensibilização cromática, colaborando também para os estudos em fisiologia. Neste mesmo aspecto, Goethe já havia estudado com preocupação a fisiologia do olho humano, porém mais voltado à psicologia, aprofundando o estudo da sensação e da percepção.

A chamada *Óptica Fisiológica* foi inaugurada por Young através da *Teoria Tricromática*, desenvolvida por ele em 1801. Esta teoria tem como base as reações fisiológicas frente aos estímulos vermelho, amarelo e azul.

Com o físico e fisiologista alemão Hermann Ludwig Ferdinand von Helmholtz (1821 - 1894), a teoria tricromática é de novo impulsionada, recebendo mais atenção no meio científico. É mérito de Helmholtz desenvolver o traçado das curvas representativas da ação das diferentes cores, sobre as três categorias de fibrilas nervosas (cones) existentes na retina. As curvas são divididas segundo as espécies de fibrilas. As pertencentes à primeira espécie apresentam-se energeticamente estimuladas pela luz vermelha. As da segunda espécie são muito sensíveis à ação da luz verde e as fibrilas da terceira espécie são facilmente sensibilizadas pela luz azul.

Segundo a *Óptica Fisiológica*, existem duas hipóteses: a *fotoquímica* e a *fotoelétrica*. A fotoquímica afirma que dentro dos olhos existe uma substância fotossensível que se compõe sob a ação da luz, originando uma excitação nervosa, enquanto que a fotoelétrica baseia-se na trajetória da luz que se altera, terminando por ativar as fibras nervosas da retina.

A teoria tricromática de Young-Helmholtz é amplamente aplicada hoje, pela maioria dos pesquisadores do universo cromático. A produção e a reprodução de todas as cores naturais em televisão, fotografia ou impressão gráfica, podem ser obtidas através destes princípios, fundamentados na existência de três tipos de receptores visuais destinados à captação das luzes coloridas: vermelho, verde e azul.

O método de *redução de cores* surge em seguida, com o físico escocês James Clerk Maxwell em 1859, que reproduziu uma imagem em cores por síntese aditiva. Para a realização de qualquer processo tricromático, tem-se inicialmente que proceder a seleção de cores, através da decomposição nas três cores primárias. As teses de Maxwell no campo

da Óptica Fisiológica, que vieram complementar os trabalhos de Young e Helmholtz, são também amplamente utilizadas hoje.

Neste fenômeno de *redução de cores*, idêntico ao de Newton no “Disco de Newton”, ocorre uma mistura óptica, em que os cones ópticos se excitam pela superposição das cores espectrais, não conseguindo distinguí-las, causando-nos a sensação do branco. Descrevendo-o, seria: o vermelho, ampliando sua área e cobrindo uma parte do amarelo, permanece vermelho, apenas um pouco mais alaranjado; o azul, partindo de um lado, sobre o verde, influencia a outra parte do amarelo não atingida pelo vermelho, criando um verde quente; incidindo do outro, sobre o violeta, torna-o mais azulado.

O raciocínio de Young e de Helmholtz parte desta relação onde, se as três cores primárias são capazes de produzir todas as cores naturais, então também produzirão as sete cores espectrais. A partir daí, vem a dedução de que as sete cores do espectro são passíveis de redução às três cores primárias, que foram eleitas como o vermelho, o verde e o violeta.

Como vimos anteriormente neste mesmo capítulo, a preocupação em definir as cores primárias geradoras já estava em Alberti e Leonardo da Vinci. As quatro cores primárias de Leonardo são o vermelho, o amarelo, o azul e o verde. Uma diferença existente entre as cores primárias percebidas e as cores primárias que funcionam como estímulo é estabelecida pelo psicólogo Edward Hering (1834 - 1918). Nas cores-luz seriam estímulos: o vermelho, o verde e o azul e, nas cores-pigmento seriam o vermelho, o amarelo e o azul, mesmo sabendo da inexistência de receptores retinianos específicos para o amarelo. Este assunto será mais detalhado no capítulo 3.

As primeiras tentativas em equacionar as cores quantitativamente vêm de Leonardo da Vinci, que inferia experiências baseadas no método das colheres de tinta. Foram ineficientes, porém despertaram a atenção para a necessidade de um método de medida das cores.

A maior dificuldade em estabelecer um sistema de medida residia no fato de não existir uma unidade de referência. Newton satisfaz esta e outras necessidades, percebendo que a forma circular, também utilizada por Leonardo, poderia servir como um sistema de representação percentual de cada cor em todo o espectro solar.

A partir disso surge o primeiro método de representação gráfica de uma grandeza

das cores, onde Newton as dispõe em forma circular, de acordo com o percentual de cada uma na composição da luz branca. Esta luz branca seria a unidade referencial, enquanto que as sete cores seriam as partes. Nesta experiência, Newton ainda se depara com a descoberta do comprimento de onda, importante na caracterização de cada matiz.

Mais tarde, Moses Harris em seu livro *The Natural System of Colours* (1766) utiliza-se desta idéia para criar um círculo cromático, impresso em vermelho, amarelo e azul, com dezoito cores produzidas pela mistura das três.

A disposição das cores pela primeira vez em um sólido aparece em 1689 com R. Waller colocando-as em um tabuleiro de xadrez que poderia ser manuseado como um quadro, onde as quatro cores primárias de Leonardo aparecem cada qual num ângulo do quadrilátero. O vermelho e o amarelo de um lado, enquanto o verde e o azul do outro. Os quadrados do meio funcionam como mistura das cores dos extremos. Desta primeira tentativa, aparecem as experiências de representação gráfica das cores em três dimensões.

Tobias Mayer cria um sólido em 1745, composto por triângulos, tendo em cada ângulo uma cor primária (vermelho, amarelo e azul). A cromaticidade e a luminosidade tinham lugar no triângulo central.

O primeiro sólido realmente representativo foi construído pelo matemático francês Jean Henri Lambert (1772), superpondo triângulos com distâncias regulares um do outro, diminuindo gradualmente de tamanho, denominado *pirâmide de Lambert*. As cores primárias (vermelho, amarelo e azul) se encontram em cada ângulo do triângulo da base e as secundárias nos lados. O preto se encontra no centro, para onde as colorações se dirigem. O ápice é branco e a medida em que os triângulos diminuem de tamanho, perdem a coloração por dessaturação, em direção ao ápice branco. A falha desta pirâmide reside na não representação da degradação das cores em direção ao preto.

Surge então Philipp Otto Runge (1777 - 1810), que complementa a pirâmide de Lambert usando uma forma esférica. Neste novo sólido, os tons permanecem em um círculo equatorial, tendo o branco no pólo inferior. Caminhando para cima, as cores sofrem dessaturação até atingir o branco e, inversamente atingem o preto. Esta é a primeira representação completa das cores naturais.

Pouco depois da apresentação do sólido de Runge, surgem M. E. Chevreul e Wi-

lhelm von Bezold. Bezold apresenta um sólido de forma cônica, com a disposição das cores exatamente oposta à de Lambert, com os tons puros no exterior da base, dessaturando-se até o branco do centro. No ápice aparece o preto, para onde as cores se dirigem rebaixando-se.

Michel-Eugène Chevreul (seção 2.5), constrói o maior catálogo de cores até hoje utilizado, com 20.000 tons classificados na forma de um hemisfério.

Apesar de todos estes esforços na representação das cores, a imprecisão vocabular na designação das cores ainda gerava grandes confusões. Tornava-se necessária a criação de gráficos para representá-las, o que devido às variações de tonalidades também se mostraram ineficientes. A indústria de corantes exigia formas classificatórias e designativas mais precisas e universais, para a facilidade do comércio.

Novos sistemas de análise e classificação surgem, possibilitando a construção de vários tipos de atlas de cores, que passaram de atlas científicos para atlas e catálogos comerciais, onde as cores são numeradas.

A partir do final do século XIX, surgiram muitos sistemas de referência e padronização de cores. Os mais conhecidos são o sistema *DIN* da Alemanha, o sistema do *British Color Council*; o de *Syreeni* da Finlândia; *Pétre* da Bélgica; *Marnier Lapostolle* da França e *Perry Martin* da Suécia, entre outros. O símbolo da moderna representação das cores é o *diagrama tricromático do CIE (Commission International de l'Eclairage - Comissão Internacional de Iluminação)*. Neste sentido, Ostwald e Munsell foram os criadores dos principais sistemas de análise e referência cromática de nosso século.

Wilhelm Ostwald, químico alemão (1853 - 1932), frente à necessidade de maior precisão na determinação de uma cor, cria um sistema de representação conhecido como *sólido das cores* que, constituído por triângulos equiláteros unidos pela base em torno de um eixo, tem as cores colocadas de maneira que suas complementares fiquem diametralmente opostas. O vértice horizontal é onde está o maior grau de pureza da cor pela saturação. O branco se encontra no vértice superior, enquanto que o preto no vértice inferior.

Em 1942 a American Standards Association recomenda o modelo de Albert H. Munsell como padrão de aferição cromática, atualmente utilizado em vários países. No seu *Atlas do Sistema de Cores*, Munsell utiliza a seguinte nomenclatura para designar as cores: matiz (representando a coloração), valor (luminosidade ou brilho) e croma (grau de pureza

da cor). Porém, a mais importante idéia de Munsell encontra-se no seu sólido, denominado de *árvore de Munsell* (figura 2.3) [Roy89]. Nele, as cores puras aparecem intercaladas às cores intermediárias. É uma representação tridimensional do seu sistema em coordenadas cilíndricas, com escala de valores neutros como eixo vertical. O matiz é representado nas seções do círculo em torno deste eixo, e o croma pelas distâncias que vão dos círculos de fora para dentro.

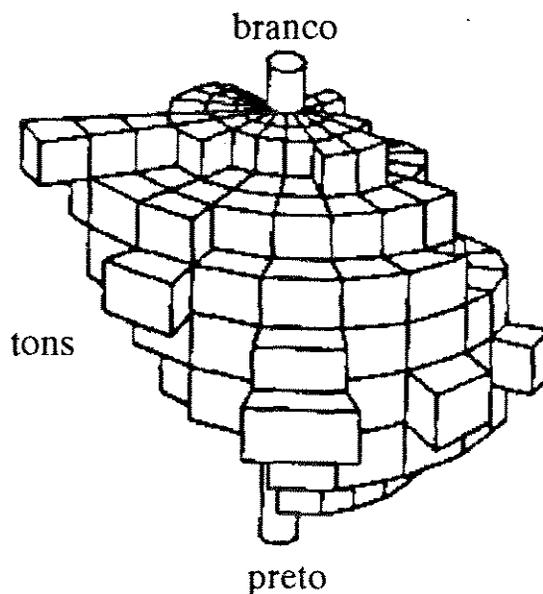


Figura 2.3: Árvore de Munsell

A busca da compreensão dos fenômenos cromáticos sempre foi uma constante no trabalho de grandes pesquisadores. A importância da compreensão destes fenômenos se traduz não só na produção artística, como também na utilização das cores como linguagem de propaganda e “marketing”, na comunicação visual, na indústria e comercialização de corantes, etc.

Capítulo 3

A Cor

Este capítulo segue o capítulo histórico anterior com o objetivo de definir os conceitos a serem utilizados na solução do problema proposto.

Para tanto, serão apresentadas primeiramente as noções de cor-pigmento e cor-luz, assim como suas relações cromáticas, dentro dos aspectos físicos da visão, que determinam a função da luz na visão cromática. A seguir, teremos a definição de síntese subtrativa e síntese aditiva, utilizadas na obtenção das cores.

Os detalhes do sistema visual, do ponto de vista fisiológico, cabem aqui como fator de compreensão da visão cromática, para conceituar e esclarecer a percepção dentro dos olhos humanos.

A síntese de imagens por “Ray-tracing” é também conceituada, visando a compreensão do sistema utilizado na geração das experimentações em reprodução cromática na cor-luz, o Raytrace.

3.1 Aspectos Físicos da Cor

A cor é uma sensação produzida por certas organizações nervosas sob a ação da luz. Em outras palavras, a cor é o resultado da presença luminosa sobre os olhos. Portanto, a existência de dois elementos essenciais condiciona o seu aparecimento: a luz e o olho. A luz

é o objeto físico e agente estimulador, enquanto que o olho é o aparelho receptor e tradutor do estímulo em forma de fluxo luminoso, decompondo-o através da retina (seção 3.2.1).

Ondas de luz são alcançadas pelos olhos através de uma transmissão (num objeto, entre a fonte de luz e o observador) ou através de uma reflexão (quando uma onda reflete de um objeto), resultando na percepção cromática. Toda substância, transparente ou sólida, absorve alguns comprimentos de onda, deixa algumas passarem por completo e outras refletirem para fora. Um vidro verde parece verde por absorver todas as cores da luz branca, exceto o verde, o qual ele permite passar por completo. Uma esfera azul opaca parece azul porque ela absorve todas as cores da luz branca, exceto o azul, a qual ela reflete. Os objetos brancos refletem tudo e os pretos absorvem todas as ondas de luz.

A característica luminosa é denominada *estímulo* e o resultado apresentado nos órgãos da visão é denominado *sensação cromática*. Essa sensação cromática é produzida pelos matizes da luz refratada ou refletida pela substância, sendo que a palavra *cor* é empregada para designar esses matizes.

Os aspectos físicos da cor englobam conceitualmente a *luz*, suas principais propriedades e os estímulos causadores das sensações cromáticas, que estão divididos em dois conjuntos: o das *cores-pigmento* e o das *cores-luz*.

3.1.1 A Luz

A luz pode ser caracterizada sob vários aspectos diferentes. Conforme as circunstâncias, podemos nos referir a ela como *ondas* de luz ou *partículas* de luz. Esses termos aparentemente contraditórios, indicam que a luz é uma entidade física que não pode ser comparada a fenômenos físicos simples.

Para estudá-la, a física divide-se em duas disciplinas, de acordo com o comportamento da luz sob as diferentes circunstâncias. A *Óptica Geométrica* trata da trajetória dos raios luminosos independentemente da natureza da luz. Neste caso, sua propagação se dá em linha reta e obedece a leis geométricas simples. A *Óptica Física* busca a interpretação dos fenômenos que estão associados à própria natureza da luz, fundamentada nas radiações eletromagnéticas.

Os gregos antigos, apesar de terem desenvolvido uma sofisticada teoria óptica, não tratavam a luz e a visão separadamente. Pythágoras (550 a.c.) e Demócritus (400 a.c.) encaravam a visão como sendo o resultado de *imagens* que se propagavam partindo do objeto em direção ao olho. Por outro lado, Euclides (326 a.c.) e Hero (40 a.c.) acreditavam que *raios visuais* se propagavam partindo do olho em direção aos objetos percebidos, sendo que esses raios estariam determinados a *ver* tudo o que encontravam.

Durante o séc. XI, no Cairo, Arab Scholar Alhazem definiu finalmente a diferença entre luz (como entidade física) e olho (como um detector da luz) [Ove82]. Com este ponto esclarecido, foi possível aos pesquisadores posteriores voltarem as atenções para a luz como uma entidade física única e investigarem suas propriedades independentemente da visão.

No séc. XVII, homens como Johannes Kepler, Willebrord Snell e René Descartes desenvolveram a ciência da óptica geométrica na forma bem próxima da atual. Depois que J. F. William Herschell descobriu as propriedades dos raios infravermelhos, a ciência passou a considerá-los também como raios luminosos, pois possuem todas as características da luz, embora nossos olhos não os detectem. Esses raios ultrapassam o limite extremo do vermelho visível e o mesmo ocorre com os raios ultra-violeta, também invisíveis, mas perfeitamente detectáveis por instrumentos. Esta característica mostra que a visão humana não é parâmetro para a definição da luz.

A luz, enquanto expressão do mundo material, é radiação eletromagnética emitida pelas substâncias que o compõem. Emitir luz é uma propriedade de todos os corpos quentes, isto é, dos que tem temperatura superior ao zero absoluto (-273 graus Celsius). Isso equivale a dizer que todos os corpos que nos cercam emitem luz. Se estão fortemente aquecidos, a quantidade de raios visíveis é grande, e se estão fracamente aquecidos emitem apenas raios infravermelhos, invisíveis. Um corpo só deixa de emitir luz quando cessa o movimento de suas partículas, o que é obtido a baixíssimas temperaturas, próximas do zero absoluto.

Com o nível das ciências atuais, chegou-se à conclusão que as várias teorias sobre a emissão e propagação da luz, como as de Newton e Planck, Maxwell e Hertz, somam-se em sua essência e revelam novos aspectos referentes ao fenômeno da luz, de onde surgem os estudos paralelos das Ópticas *Ondulatória e Corpuscular*. Na óptica ondulatória, a luz

é definida como resultado de vibrações de um campo magnético, perpendicularmente à direção de propagação em que sua energia apresenta uma distribuição contínua no espaço. Na óptica corpuscular ela é considerada como formada de fótons (ou quanta), partículas que apresentam um quantum de energia.

Por um lado, a concepção ondulatória é a que melhor explica os fenômenos de polarização, interferência, difração, propagação de ondas de raio X, etc. e por outro, a concepção corpuscular satisfaz com explicações o efeito fotoelétrico, o chamado efeito Compton e as demais formas de manipulação quânticas.

A partir dessas exposições, aceita-se hoje a luz como dotada ao mesmo tempo de propriedades ondulatórias e corpusculares, o que implica a aceitação de determinado índice de materialidade da luz [Ped82]. Ao se concluir que a luz é um fenômeno eletromagnético, abre-se caminho ao entendimento de novos ângulos das relações entre a luz e a substância material, surgindo a possibilidade da explicação de como a luz imprime coloração aos corpos.

Toda substância é constituída por partículas que exibem carga elétrica de núcleos positivos e de elétrons negativos, gerando ondas eletromagnéticas invisíveis. Quando ondas eletromagnéticas de luz visível incidem sobre os átomos e moléculas, fazendo vibrar as partículas carregadas de eletricidade, a energia das ondas incidentes vê-se dispersa, absorvida e refletida simultaneamente em graus diferentes, de acordo com a composição molecular da superfície atingida. O fenômeno da coloração percebida sobre os corpos (substância) é o resultado desta reação das partículas eletricamente carregadas, frente à ação da onda eletromagnética (luz) incidente. Verifica-se assim, que as substâncias (objetos ou corpos) não possuem cor, mas sim uma certa capacidade de absorver, refratar ou refletir determinados raios luminosos que sobre elas incidam.

A Velocidade e outras Propriedades da Luz

Desde muito cedo a velocidade da luz despertou diferenças de opinião entre pesquisadores. Alguns propunham uma velocidade finita enquanto que outros argumentavam que a luz se propagava infinitamente rápido. No séc. XVII, grandes físicos como René Descartes e Isaac Newton ainda se dividiam nessa questão, principalmente pela diferença na natureza básica de suas filosofias [Ove82].

Descartes, matemático francês e filósofo da natureza, afirmava ser o universo cheio de uma certa substância que não apresentava nenhuma lacuna e que a luz era um distúrbio que se propagava infinitamente rápido de um lugar para outro.

Para Newton, por outro lado, o universo era primeiramente um espaço vazio, sendo ocupado por uma substância em apenas uma pequena fração de seu volume total. Ele definiu a luz como um fluxo de diminutos corpúsculos ou partículas, que se propagavam a uma grande, e finita velocidade.

Atualmente, o conceito de velocidade envolve duas idéias fundamentais: a distância e o tempo. Quando dizemos que algo está se movendo a uma certa velocidade, estamos nos referindo a algo que se move dentro de uma certa *trajetória* que possui uma certa *distância*, dentro de um específico período de *tempo*.

Se um objeto atravessa uma certa trajetória em velocidade constante, temos uma relação simples entre a velocidade do objeto (v) e o tempo (t) necessário para o objeto atravessar uma dada distância (d), isto é:

$$v = \frac{d}{t}$$

Como todo corpo que se desloca, a luz também possui determinada velocidade.

Hoje, a velocidade da luz é determinada com absoluta precisão para os quatro primeiros algarismos em 299.792 km/s quando se propaga no vácuo, mas dependendo do método de averiguação, os resultados são contraditórios em torno dos dois últimos dígitos. Para a facilidade de uso e a memorização, costuma-se dizer que a velocidade da luz é de 300.000 km/s.

Uma outra propriedade da luz é a *periodicidade* regular que o fluxo luminoso possui e deve-se a Newton a revelação desta característica. Sua descoberta baseou-se na experiência que resultou na equação dos "Anéis de Newton".

Com o material dessa experiência, Newton percebeu que a largura dos anéis se altera. Aos raios vermelhos correspondem os anéis mais largos e aos raios violetas os mais estreitos. Cada cor simples tem uma largura do primeiro interstício que lhe é própria, sejam quais forem as lentes usadas. Essa largura do primeiro interstício é que define quantitativamente uma cor, e denomina-se *comprimento de onda*. O comprimento de onda corresponde

à divisão da velocidade de propagação da luz pela frequência de vibração do raio luminoso.

Até o séc. XVII acreditava-se que a luz se propagava em linha reta. A partir de então, descobriu-se que ela é capaz de introduzir algumas alterações em seu curso. Esse fenômeno é chamado *difração*.

Desde Euclides (302 a.c.), já se procurava definir os efeitos de outro fenômeno característico do fluxo luminoso, a *refração*. Conheciam-se a propriedade refratora de vários corpos transparentes, mas acreditava-se que o surgimento das cores do espectro era fruto da propriedade do corpo refrator, mudando a cor da luz.

Coube mais uma vez a Newton desfazer o longo equívoco. Demonstrando que a dispersão resultava da variedade dos graus de refração das faixas coloridas que compõem a luz branca, ele possibilitou a entrada de manipulações e aferições da refração no domínio dos conceitos objetivos. Nas primeiras experiências, como visto no capítulo 2, Newton colocou um prisma de vidro interceptando um raio de sol que entrava num quarto escuro, produzindo assim, o vermelho, laranja, amarelo, verde, azul, anil e violeta do espectro solar.

Essa dispersão da luz pelo prisma já havia sido produzida intencionalmente por outros experimentadores antes de Newton, mas foi ele o primeiro a realizar a experiência adicional de recombinar as cores do espectro por meio de um segundo prisma invertido. O fato da luz branca ter sido produzida pela recombinação, levou-o a concluir que todas as cores do espectro estavam presentes no raio de sol original.

Esse surgimento das cores pela decomposição da luz branca se dá devido à diferença de velocidade de propagação dos diversos raios luminosos. Quando a luz se propaga numa substância como a água ou o vidro, a velocidade depende do comprimento de onda de seus componentes, e é esta precisamente a causa da decomposição da luz em diferentes faixas coloridas ao atravessar o prisma. Determina-se esta velocidade dividindo a velocidade da luz no vácuo pelo índice de refração.

Dividindo a velocidade da luz pelo comprimento de onda, obtêm-se o número de vibrações do raio luminoso num segundo, isto é a *frequência* da luz.

3.1.2 Cor-Pigmento

Como dito anteriormente, a luz como estímulo causador das sensações cromáticas, está dividida em dois conjuntos de estímulos diferentes denominados: cor-pigmento e cor-luz.

A cor-pigmento é a substância material denominada de acordo com a sua natureza. Ela pode absorver, refratar ou refletir os raios luminosos componentes da luz incidente. A denominação dessa cor é determinada pela qualidade de luz que ela reflete. Em outras palavras, um corpo é chamado de vermelho porque ele tem a capacidade de absorver quase todos os raios da luz branca incidente, refletindo para os nossos olhos apenas a totalidade dos vermelhos. A este processo dá-se o nome de *síntese subtrativa*.

As chamadas cores-pigmento equivalem às substâncias corantes que fazem parte do grupo das cores químicas de Goethe. Ele afirmava serem essas cores as que podemos criar, fixar em maior ou menor grau e exaltar em determinados objetos [Goe93].

A cor apresenta uma infinidade de variações, baseadas nas diferentes particularidades dos diferentes estímulos (cor-pigmento e cor-luz). A classificação e nomenclatura das cores, segundo suas características e formas de manifestação foi feita por pesquisadores do assunto, guiados pelos dados referentes à sensação e principalmente à percepção cromática.

Um dos itens mais importantes definidos nessa classificação é o das *cores primárias*. A cor geratriz ou primária é assim denominada por ser cada uma das três cores indecomponíveis que, misturadas em proporções variáveis, produzem todas as cores do espectro visível.

Existem dois conjuntos de cores-pigmento com suas respectivas cores primárias ou geradoras, sendo que o processo de obtenção da mistura desses dois tipos de cores é o mesmo, chamado *síntese subtrativa*.

O primeiro conjunto de cores-pigmento é utilizado pelos químicos, pelos artistas e todos os que trabalham com substâncias corantes opacas, e por isso denominadas cores-pigmento opacas. As cores primárias indecomponíveis desse conjunto são o vermelho, o amarelo e o azul, sendo que a síntese subtrativa da mistura das três é o preto, como mostra a figura 3.1.

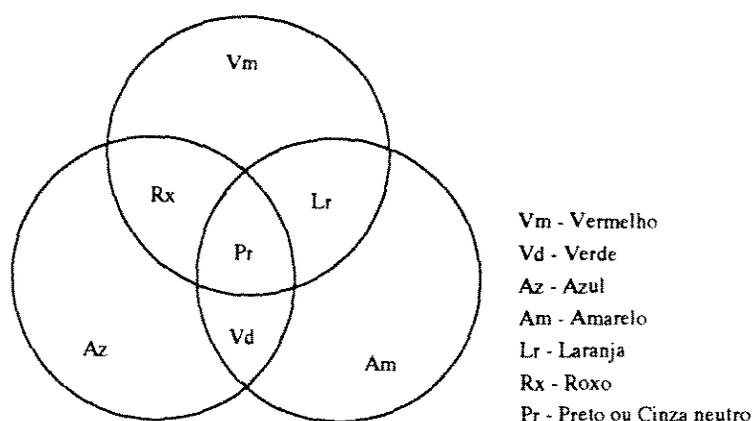


Figura 3.1: Cores-pigmento opacas primárias, secundárias e síntese subtrativa

Essas três cores vêm sendo consideradas primárias opacas desde 1730, quando o impressor Jakob Christof Le Blon reduziu para três as quatro cores primárias de Leonardo da Vinci: vermelho, amarelo, verde e azul (seção 2.2).

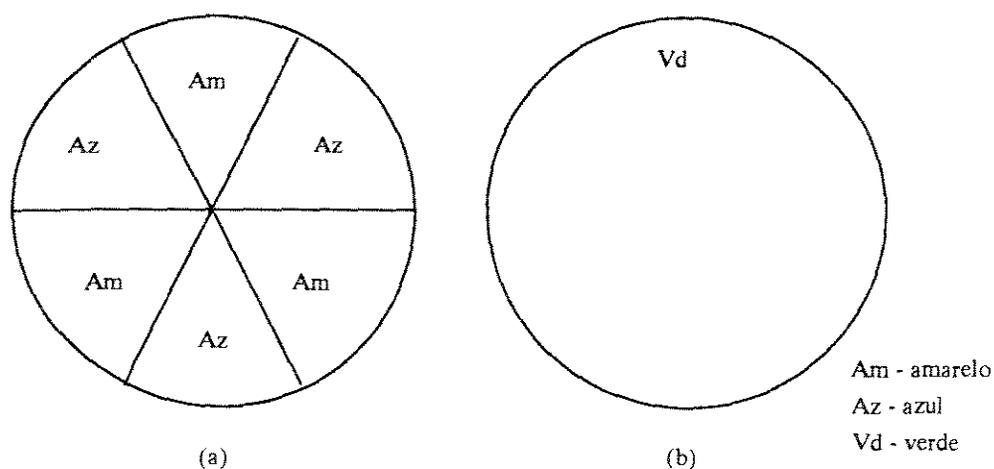


Figura 3.2: Disco de Newton. (a) Parado, (b) Em movimento de rotação

Os processos para o resultado da sensação cromática verde nesta tríade específica de cores-pigmento são dois: a mistura óptica das luzes refletidas por pequenos pontos amarelos e azuis colocados muito próximos uns dos outros, como utilizavam os impressionistas pontilhistas [Ped82], e a mistura dessas mesmas luzes coloridas refletidas pelo amarelo e azul em forma de pigmentos, colocados em discos rotativos (Disco de Newton), como mostra a figura 3.2.

Na verdade, o preto não pode ser obtido através da síntese subtrativa das três cores-pigmento primárias opacas. Isso só ocorreria se o verde absorvesse completamente as outras duas faixas coloridas da luz branca incidente (azul, vermelho e os raios derivados dessas), e o mesmo acontecesse com o vermelho (absorvendo todo o verde e o azul) e com o azul (absorvendo todo o vermelho e o verde). Como isso na realidade não ocorre, a mistura das três cores-pigmento opacas primárias resulta num cinza-neutro, equidistante das cores que lhe dão origem.

O segundo conjunto de cores-pigmento é chamado cores-pigmento transparentes e são utilizadas nas artes gráficas, pintura em aquarela ou por transparência em retículas [Ped82].

As primárias para este conjunto são o magenta, o amarelo e o ciano, sendo que a mistura dessas três cores, assim como a sobreposição desses três filtros coloridos interceptando a luz branca, produz igualmente o cinza-neutro por síntese subtrativa, como mostra a figura 3.3.

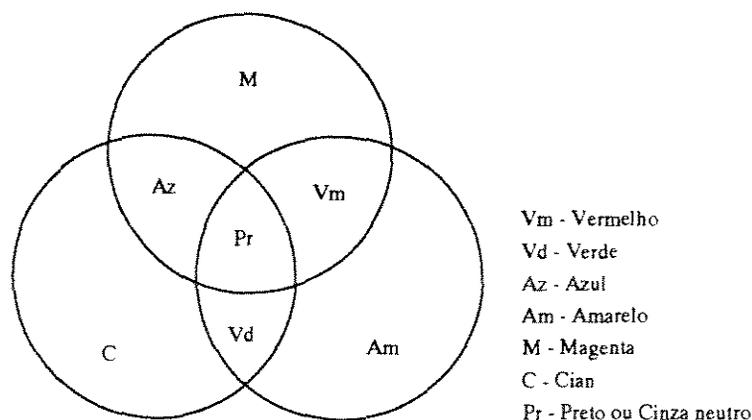


Figura 3.3: Cores-pigmento transparentes primárias, secundárias e síntese subtrativa

3.1.3 Cor-Luz

A cor-luz é a radiação luminosa visível, que tem como resultado da mistura das três cores primárias a luz branca. O maior exemplo de cor-luz é a luz solar (também denominada luz branca), justamente por reunir em equilíbrio todos os matizes de diferentes comprimentos de onda existentes na natureza.

O estímulo da cor-luz é obtido de duas formas diferentes: pode ser emitido por uma fonte de energia direta (luz colorida monocromática), ou obtido por dispersão dos raios luminosos da luz branca.

Atualmente, três causas são atribuídas à transformação da luz branca em luz colorida monocromática. A primeira causa é a posição da molécula no espaço, ligada aos fenômenos de dispersão, interferência e de polarização cromáticas. A segunda e a terceira causas são a natureza e a disposição dos átomos na molécula. Nesses casos, a coloração resulta da absorção e reflexão diferenciadas dos raios coloridos, componentes da luz branca incidente sobre a substância.

As chamadas cores-luz primárias ou cores primárias aditivas são o vermelho, o verde e o azul. A figura 3.4 mostra o espectro do comportamento do comprimento de onda de cada uma das primárias aditivas.

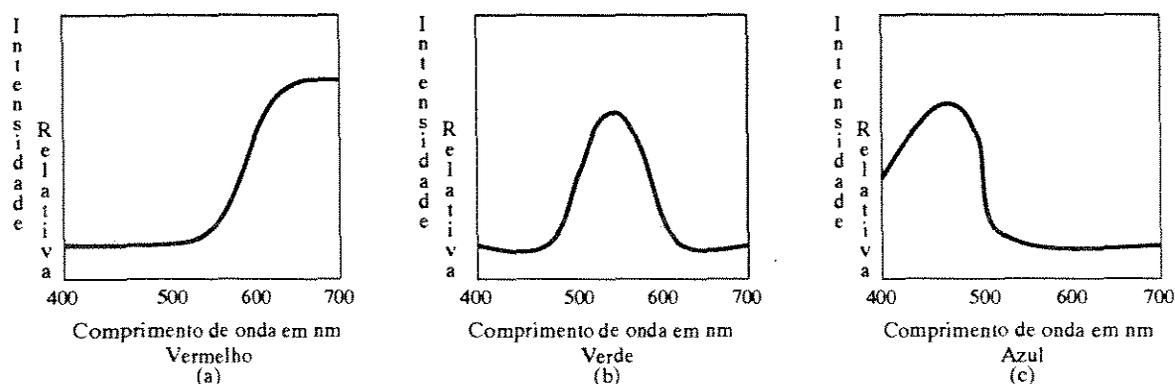


Figura 3.4: Espectro das cores-luz primárias

Para melhor compreender as cores-luz primárias, consideremos três projetores: um para a luz vermelha, outro para a verde e ainda outro para a luz azul, além de um anteparo branco, que possa refletir totalmente a luz que se choca contra ele.

Quando as três projeções coincidem entre si sobre o anteparo branco, tendo as três luzes em quantidades (intensidades) luminosas rigorosamente iguais, o resultado será o branco. Isso equivale a soma das intensidades de luz dos três gráficos mostrados na figura 3.4, produzindo um espectro único, com intensidades de luz iguais de todos os comprimentos de onda.

A partir da mistura dessas três cores projetadas, modificando a intensidade relativa dos projetores, é possível obter qualquer cor desejada. Nesse caso, nossos olhos estão adicionando as luzes vindas dos três projetores para produzir as diferentes sensações de cor. Este processo é chamado *síntese aditiva*.

Se deslocarmos os três projetores de modo a que nenhuma das imagens coincida exatamente, vamos obter algo como a figura 3.5, que mostra as cores-luz primárias, as secundárias e a síntese aditiva das três, resultando na luz branca.

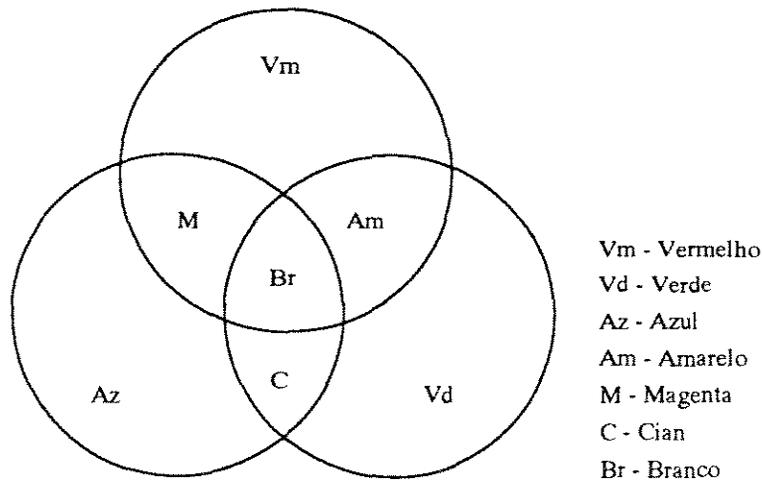


Figura 3.5: Cores-luz primárias, secundárias e síntese aditiva

As *secundárias* magenta, amarelo e ciano são o resultado da soma de dois dos projetores de luzes primárias. Onde, por exemplo, o vermelho (primária) e o verde (primária) estão sobrepostos, haverá como resultado a sensação de amarelo (secundária). Do mesmo modo, o vermelho e o azul produzem magenta, e o azul somado ao verde produz ciano.

A mistura de uma cor primária (vermelho, verde ou azul) com uma cor secundária (amarelo, magenta ou ciano), formada a partir das duas cores primárias restantes, resulta por síntese aditiva na luz branca. Por exemplo, a mistura da luz vermelha (primária) com a luz ciano (síntese da luz verde e azul) produz o branco. Estes pares de cores são chamados *complementares* (vermelho/ciano, verde/magenta e azul/amarelo).

3.2 A Percepção Cromática nos Órgãos Visuais

Antes de tratar da fisiologia do olho humano, refletamos um pouco sobre a principal razão da existência deste órgão: *o olhar*.

Olhar que, como já nos chamava a atenção Leonardo da Vinci, abre-nos a janela para o mundo inteiro, deixando a alma especular à busca da beleza existente nas imagens do universo [Vin70]. Isso sem falar nos atributos mágicos dados aos olhos quando é comentado um caso de *amor à primeira vista* ou um tal de *mau olhado*.

Inúmeras vezes no decorrer do nosso cotidiano é atribuído grande poder ao olhar. Não somente um poder mágico, mas um poder capaz de dirigir a nossa opinião com relação ao nosso *ponto de vista*. Quando queremos alertar alguém dizemos: *olhe aqui!*, ou quando nos referimos a velha crença de São Tomé: *ver para crer*.

Também grande credibilidade é concedida aos nossos olhos. As coisas e as pessoas somente existem na medida em que são vistas e, ao mesmo tempo, são vistas porque existem. A partir dessa realidade, acreditamos que a visão depende de nós. Como exemplo desta sensação, as crianças quando brincam de *esconde-esconde*, fecham os olhos na certeza de que deixando de ver os outros, eles também deixam de vê-las. Até mesmo nós, quando adultos, fechamos os olhos diante de algo que nos impressiona negativamente, na esperança de torná-lo inexistente.

Atribuímos assim ao olhar, o poder específico de irrealização, sendo afirmado quando proferimos: *o que os olhos não vêem, o coração não sente*.

Por outro lado, pelo nosso objetivismo perceptivo vem a expressão: *o pior cego é aquele que não quer ver*, indicando ser uma questão de *má vontade* não querer ver a existência das pessoas e das situações. Por esta força realizadora e irrealizadora, o olhar possui um estigma de perigoso e poderoso, capaz de despir, devorar ou matar.

Enfim, olhar é sair de si e trazer o mundo para dentro de si. É a janela da alma e o lugar por onde se pode perceber a atividade do espírito.

Os pintores acreditam que *ver* é uma experiência mágica. Ao olhar, dizem se sentir ao mesmo tempo, vendo e vistos pelas coisas. Através disso, ver é olhar para tomar conhecimento e para ter conhecimento, estabelecendo o laço entre o *ver* e o *conhecer*.

O olho, por ser dentre os sentidos o mais apto à investigação, resulta em maior prazer, satisfazendo a nossa curiosidade natural em adquirir conhecimento.

A percepção envolve dois dos sentidos. O primeiro seria o tato, posto que os sentidos precisam ser tocados para sentir e a visão seria o segundo, posto que o olhar apalpa as coisas, pousa sobre elas, mas delas não se apropria. Por isso, os olhos estão no limite entre a materialidade e a espiritualidade. Segundo Aristóteles, vemos a *materialidade* do opaco, a cor, porque só a vemos pela *imaterialidade* do translúcido, onde atua a luz [Cha88]. O translúcido é visível, não absolutamente, mas graças à cor. Isso coloca a visão como o mais espiritual de todos os sentidos. Porém, continua Aristóteles, se o homem ganhou o *olhar do corpo*, deve conquistar o *olhar do espírito*, através da sabedoria ou ciência de si mesmo.

E onde estaria o lugar da pintura dentro desse *olhar do espírito*? Ela seria o agente primeiro e máximo do delírio da visão. Ninguém mais apropriado que o pintor para admitir que o espírito lhe sai pelos olhos para ir passear pelas coisas, ou que a visão é um espelho do universo.

O olhar do pintor despe os meios pelos quais as coisas são visíveis. Seu papel é mostrar como luz, iluminação, cor, sombra e reflexo se arranjam para fazer com que, das luzes, dos reflexos, das cores e sombras, apareçam subitamente as coisas.

Existem outros aspectos do olhar que nos fariam viajar ainda mais pela janela da alma. Porém, passemos agora ao estudo da função dos órgãos responsáveis por este olhar, para que possamos acompanhar a percepção cromática do ponto de vista fisiológico.

3.2.1 O Sistema Visual

O presente sub-item não pretende ser uma descrição detalhada da anatomia do olho humano e nem de todos os mecanismos da visão. O objetivo aqui é somente obter, ainda que de uma maneira simplificada, o conhecimento dos elementos para o funcionamento da visão, mais particularmente da retina, e dos mecanismos necessários à compreensão da percepção cromática.

O estudo dos fenômenos da visão envolve quase tantas ciências quanto a filosofia

dos antigos. Dentre elas a física, a química, a biologia, a fisiologia e a psicologia. Somente dentro da física, podemos enumerar a física quântica, o eletromagnetismo, a óptica fisiológica e a eletrônica, entre as mais importantes.

Logo no início da pesquisa em torno da visão cromática, nos deparamos com o problema da ignorância a respeito dos processos fisio-psicológicos que a envolvem. Isoladamente se conhece muitos detalhes, mas ainda não é possível saber como se produzem especificamente os sinais que são enviados ao cérebro, e como são transformados em sensações.

O olho humano, órgão receptor do sentido da visão, representa o mais elevado grau de aperfeiçoamento da matéria, no que diz respeito à captação das manifestações da energia luminosa. Todo o conhecimento humano relativo a medidas de grandeza, do micro ao macro, inclusive a intensidade luminosa e a cor, tem sua origem na percepção visual. Trata-se do mais ativo mecanismo de defesa dos gêneros animais, capaz de nos informar a distância, a direção e a forma dos objetos.

A boa qualidade da visão dos seres humanos vem do fato de ser coadjuvada pelo cérebro, possibilitando projetar nos objetos as dimensões dos nossos sonhos, povoando o universo visível com os elementos de beleza e espiritualidade. O cérebro realiza um permanente trabalho de avaliação, análise e correção das imagens visuais recebidas. O caminho entre os olhos e o cérebro é feito em estágio de pré-consciência, influenciado pelo acervo de nossos conhecimentos relativos ao mundo objetivo.

Como mostra a figura 3.6 [Loz78], o *globo ocular* domina uma área um pouco inferior a 180 graus em torno da figura humana. Possui forma aproximadamente esférica, mantida pela pressão dos líquidos existentes em seu interior e seu diâmetro atinge cerca de 24mm nas pessoas adultas. Aloja-se em uma cavidade óssea denominada *órbita ocular* e está preso a três pares de músculos destinados a orientá-lo.

Esse globo é revestido externamente por uma membrana chamada *esclerótica*, um espesso invólucro como a parte branca exterior do olho, que o protege, conferindo ao globo sua estabilidade mecânica.

A *córnea* está localizada na parte da frente, onde tem lugar a maior parte da refração da luz que penetra no olho. Tem a superfície curva pronunciada, é transparente e

convexa, com uma espessura de aproximadamente 0.5mm.

Atrás da córnea se encontra a *câmara anterior* do olho, separada da *câmara posterior* por uma lente, o *cristalino*.

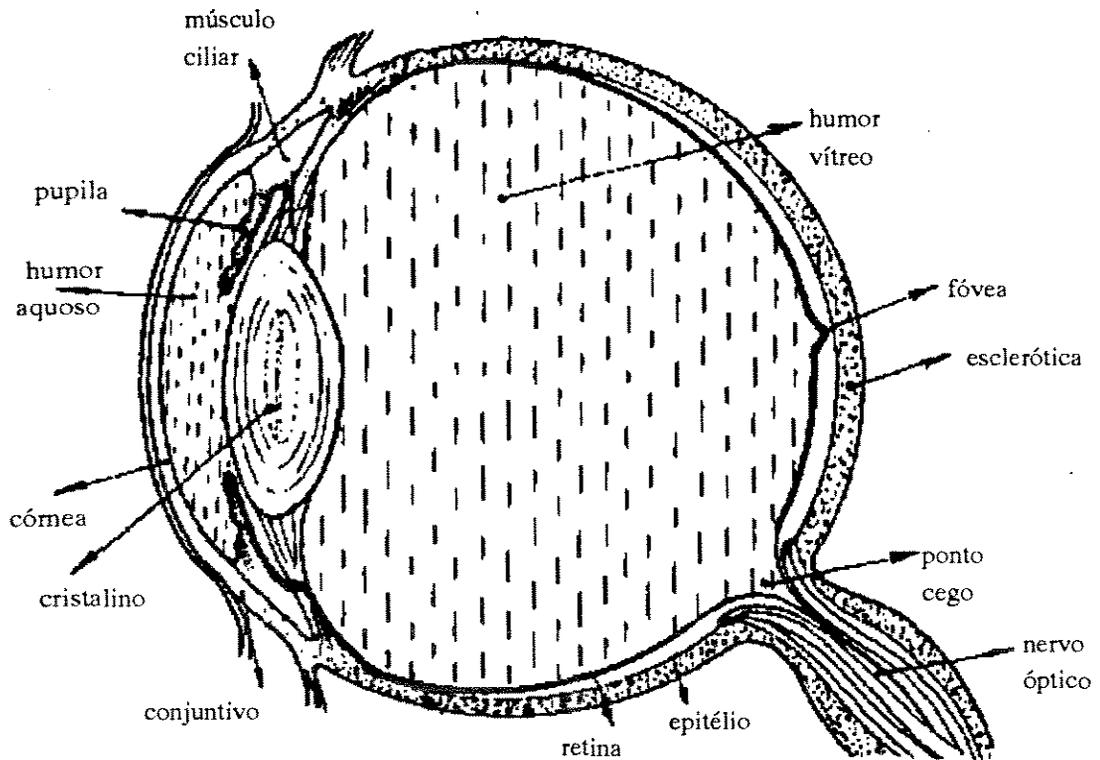


Figura 3.6: Corte esquemático do olho humano

Essa câmara anterior é preenchida por um líquido homogêneo denominado *humor aquoso*, com características da água salgada e sustentado em sua posição pela pressão da câmara posterior. A câmara posterior contém um líquido em forma de geléia transparente, denominada *humor vítreo*. Os índices de refração de ambos os líquidos são ligeiramente superiores ao da água.

O cristalino é composto por uma substância fibrosa, formada por sucessivas camadas. Essas camadas variam no seu índice de refração, aumentando-o à medida em que

se caminha na direção do seu interior.

O olho focaliza os objetos voluntariamente, mediante a modificação do cristalino, que tem o poder de aumentar ou diminuir a sua espessura por ação dos *músculos ciliares*. A forma natural do cristalino é a de uma lente grossa, porém quando o olho enfoca objetos distantes, ela se torna delgada, pelo estriamento radial realizado por cordas, os *ligamentos suspensórios*, que estão atados ao músculo ciliar. Por outro lado, quando enfoca objetos vizinhos, são produzidos esforços musculares involuntários que contraem o músculo ciliar, comprimindo o cristalino para um menor diâmetro. Com isso se reduz a tensão dos ligamentos suspensórios, permitindo à superfície frontal do cristalino tomar uma maior curvatura. Quando se vêem objetos muito distantes (foco no infinito) não se necessita esforço extra e costuma-se dizer que nesta posição o olho se encontra relaxado.

Um disco pigmentado denominado *íris*, se coloca à frente do cristalino e é dotado de um orifício, a *pupila*, que funciona como um diafragma regulável. Uma parte muito pequena da luz que entra pela pupila volta a sair, daí sua coloração ser negra. Seu diâmetro varia de 1.5mm a 2mm quando exposta a iluminação muito intensa, e vai até 8mm a 10mm quando a iluminação é extremamente débil. Deste modo, a pupila regula o fluxo luminoso que incide na *retina*, definida mais adiante, protegendo-a. A medida que o olho recebe um fluxo luminoso crescente, a pupila vai se estreitando e a retina se torna menos sensibilizada. Esse mecanismo assegura a *adaptação visual*, permitindo ao olho operar eficientemente tanto em ambientes quase completamente escuros, como sob claridade intensa.

O olho é alimentado pelos vasos sanguíneos presentes na *coróide*, uma camada intensamente vascularizada, que forra a face interna da esclerótica. A face externa da mesma esclerótica é revestida por uma membrana nervosa fotossensível, denominada *retina*.

Na retina se realiza a ligação entre o físico, o biológico e o psicológico da visão. É a parte do olho encarregada de transformar a energia radiante em impulsos nervosos, que são transmitidos ao cérebro através do *nervo óptico*. Na sua superfície, nota-se a divisão de duas áreas compostas pelos elementos fundamentais da percepção visual, os receptores denominados *cones* e *bastonetes*.

A parte central da retina, que corresponde ao centro do nosso campo de visão, é denominada *fóvea retiniana*. Ela tem diâmetro da ordem de 1/4mm e é constituída exclusivamente pelos receptores visuais chamados cones. Por causa da grande concentração

de cones nessa região, a visão da fóvea é muito nítida. Ainda dentro da mesma fóvea, cada cone é ligado a uma fibra nervosa e do lado de fora, vários deles podem ligar-se a uma mesma fibra nervosa.

Em número aproximado de 7 milhões, os cones são destinados à visão diurna ou fotópica e à visão colorida. Quando localizados na fóvea, propiciam a percepção dos pormenores e, quando esparsos pela retina, correspondem ao campo de visão periférica, propiciando uma visão geral do ambiente.

Na área central da fóvea não há bastonetes. Eles a envolvem, em número de 100 milhões aproximadamente. Destinados à visão noturna e periférica (ou escotópica), os bastonetes são insensíveis às diferenças de cor, proporcionando apenas a distinção de tonalidades de cinzas.

Atualmente, acredita-se que os bastonetes e os cones formam dois sistemas visuais distintos [Loz78]. Para altos níveis de luz, os bastonetes mais sensíveis são saturados e não contribuem para a visão cromática. Por outro lado, sob essas condições de luz os cones operam eficientemente e produzem uma visão cromática normal (ou fotópica).

Para um baixo nível de luz, os cones não são suficientemente sensíveis para sofrerem estímulo. Assim, os bastonetes se encarregam de produzir a visão noturna (ou escotópica). A visão escotópica é também acromática porque os bastonetes contêm somente uma única forma de substância visual.

Numa noite escura, após deixar os olhos se adaptarem à um baixo nível de luz, se tentamos olhar para uma estrela que palidamente aparece no céu e se esta estrela tiver uma luz suficientemente pálida, não seremos capazes de vê-la olhando diretamente para ela. Entretanto, se olhamos levemente para o lado da estrela ela se tornará visível porque sua imagem estará focalizada apenas do lado de fora da fóvea, onde a concentração de bastonetes é maior. É também válido examinar a rede de nervos que caminha dos bastonetes e cones em direção ao nervo óptico.

A camada da retina que contém os bastonetes e os cones está colocada na parte anterior do olho. Em frente a esta camada estão as *células bipolares* que recebem os sinais vindos desses bastonetes e cones. Exceto na fóvea, as células bipolares estão conectadas várias vezes a diversos bastonetes e cones. Do mesmo modo, cada bastonete ou cone está

conectado a uma ou mais células bipolares, juntando as camadas da retina.

Em frente às células bipolares está outra camada da retina contendo as *células ganglionares*. Como acontece com as células bipolares, cada uma das células ganglionares localizada fora da fóvea recebe sinais oriundos de várias células bipolares. Dentro da fóvea, entretanto, cada célula ganglionar recebe a informação oriunda de apenas uma célula bipolar.

As células ganglionares passam a informação recebida de cada fibra nervosa individualmente, formando uma rede rumo à retina e ligando-se para formar o nervo óptico. Essa é uma rede parecida com um grande cabo telefônico, com um feixe de muitos fios individuais.

O nervo óptico passa atrás da retina. Vem do olho esquerdo e do direito, juntando-se no *chiasma óptico*. Nesse chiasma óptico, cada nervo óptico divide-se ao meio e as duas metades que contém a informação vinda do lado direito do campo de visão andam juntas e continuam para o lado esquerdo. Aqui as fibras do nervo óptico se acabam, sendo a mensagem passada para outros nervos, que continuam em direção a metade esquerda do *córtex visual* do cérebro.

O olho, do ponto de vista da visão cromática, não é um instrumento perfeito, pois seu sistema óptico carece de correções nas aberrações cromáticas. Um exemplo disso é a existência de lentes para uso fotográfico.

No que se refere aos dados fisiológicos da percepção da cor, com algumas variantes as deduções de Thomas Young (1783 - 1829) são hoje mundialmente aceitas, sob a denominação de Teoria Tricromática.

Segundo Young, a fóvea retiniana é constituída por três espécies de fibrilas nervosas (cones) capazes de receber e transmitir três sensações diferentes. O primeiro grupo de cones é sensível prioritariamente à ação das ondas luminosas longas e produz a sensação a que damos o nome de vermelho, produzindo secundariamente as sensações do verde e do azul. O segundo grupo é sensível prioritariamente às ondas de comprimento médio, que produzem o que denominamos verde, e secundariamente ao vermelho e ao azul. Enfim, o terceiro grupo é sensível prioritariamente ao azul e secundariamente ao vermelho e ao verde.

Quando os três grupos de cones são estimulados ao mesmo tempo com uma

mesma energia, produzem a sensação do branco.

Então, na realidade a síntese realizada dentro da retina se dá de forma aditiva, mesmo se tratando de estímulos em cor-pigmento. Para os olhos, não existe importância na diferença entre os raios luminosos provenientes de fontes luminosas diretas, ou que sejam refletidos por qualquer superfície.

3.3 Síntese de Imagens

Para armazenar uma determinada imagem, o computador a traduz num conjunto de valores numéricos organizados numa base de dados.

Para se obter uma imagem a partir dessa base de dados, torna-se necessário construir procedimentos específicos de visualização, possibilitando um dos objetivos da síntese de imagens: a representação plástica de expressões matemáticas.

A construção da imagem é obtida através de *objetos* numa memória de máquina, que podem ser inclusive tridimensionais. A única diferença entre os objetos no computador e os objetos convencionais é a condição imaterial dos primeiros, por existirem somente dentro de uma dimensão virtual, a dimensão das expressões matemáticas.

Para construir um objeto geométrico simples na memória de um computador, define-se um sistema de coordenadas x , y e z , atribuindo uma distância a cada um dos vértices da figura geométrica em relação a estas três coordenadas. A partir daí, são armazenados, por exemplo, apenas os valores que definem cada vértice em relação às coordenadas.

Para a definição das cores também é utilizada uma informação numérica que o computador armazena. Esta informação é dada pela quantidade de vermelho (R), azul (B) e verde (G) existentes na sua composição.

Desde que o objeto esteja assim definido, ele pode sofrer qualquer tipo de manipulação, de acordo com a alteração dos seus valores numéricos. Esses valores tríplexes (calculados nas coordenadas x , y e z) que definem os pontos do objeto, formam um conjunto de matrizes e assim são feitas operações sobre o objeto.

Dispõe-se de operações básicas como translação (mudar a posição do objeto),

escalonamento (mudar o tamanho do objeto) ou rotação (girar o objeto), provocando diferentes transformações.

O que é armazenado na memória do computador são os valores das coordenadas de pontos do objeto. Esses pontos são ligados por linhas, formando objetos vazados (“wire-frame”).

Estes objetos vazados podem definir superfícies, às quais se pode também atribuir valores numéricos relativos à cor, tonalidade e textura, gerando um objeto sólido porém imaterial, representado por expressões matemáticas.

Existe uma hierarquia no armazenamento de todos estes dados que define as relações entre as várias partes do objeto, ou ainda entre vários objetos ao mesmo tempo.

O armazenamento pode ser feito de modo a dispor os objetos em uma memória, anotando para cada ponto do objeto a sua distância em relação a um observador imaginário. Essa memória define as relações tridimensionais da cena.

As formas tridimensionais resultantes desse processo são usualmente geradas no computador através de primitivas. As primitivas são utilizadas quando, ao invés de proporcionar os vértices dos objetos num sistema de coordenadas x , y e z , o usuário utiliza uma ferramenta gráfica, que lhe proporciona um conjunto de objetos geométricos simples (cones, cubos, esferas, etc.) prontos e posicionados em um lugar do espaço. Em seguida, estas primitivas são agrupadas a fim de produzir objetos mais complexos.

Esses objetos tridimensionais gerados através de primitivas podem sofrer outras espécies de transformações, utilizando-se a geometria sólida construtiva (CSG / Constructive Solid Geometry) [Gla89]. Este procedimento consiste basicamente em realizar operações matemáticas com sólidos geométricos (chamadas operações booleanas, baseadas na álgebra do matemático inglês do séc. XIX, George Boole). São permitidas, entre outras, as operações: União (+), que une dois sólidos num dado ponto sem alterar-lhes a forma, a Intersecção (&), que consiste em substituir dois sólidos dados por um terceiro, definido pelas partes sobrepostas dos outros dois, e a diferença (-), que remove um objeto de dentro do outro, produzindo *buracos* [Gla89].

Esse processo de geração de objetos gráficos tridimensionais denomina-se *modelagem de sólidos*. Porém, neste estágio o objeto ainda não existe senão como uma represen-

tação numérica. Para transformá-lo em imagem (visualizando-o), precisamos exibí-lo numa tela de monitor (ou imprimir em papel ou filme), e isso envolve processos de construção da imagem completamente distintos, principalmente quando o objeto é tridimensional e a superfície de exibição é bidimensional.

Para resolver este problema deve-se, em primeiro lugar, programar uma janela onde se visualiza o objeto completo ou em partes. Para isso, especifica-se um retângulo e decide-se a posição do objeto em relação a ele.

Em seguida precisa-se *traduzir* o objeto tridimensional para o bidimensional. Isto significa, em termos matemáticos, montar uma escala de conversão das coordenadas x , y e z para um outro sistema de coordenadas x e y , o que equivale a especificar a projeção que será aplicada.

Projeção é a transformação necessária à representação de objetos de um espaço 3D (tridimensional) em um espaço 2D (bidimensional).

Descreveremos aqui as *Projeções Geométricas Planares*—PGP, que são obtidas a partir da passagem de linhas (projetores) pelos pontos que definem o objeto e a posterior intersecção dos projetores com um plano de projeção. Os projetores são gerados a partir do *ponto de projeção* [Mag86].

As PGP podem ser classificadas conforme figura 3.7 e são definidas como:

- Projeção Paralela: Possui ponto de projeção no infinito e assim utiliza projetores paralelos.
- Projeção Paralela Ortogonal: Projeção paralela onde a direção dos projetores é normal ao plano de projeção.
- Projeção Paralela Ortogonal Multivista: Possui as diversas vistas de projeção (frontal, topo, lateral, ...) apresentadas em conjunto, sendo que o plano de projeção é sempre paralelo a um dos três planos (x , y , z).
- Projeção Paralela ortogonal Axonométrica: Onde o plano de projeção não é paralelo a um dos planos (x , y , z) e assim mais de uma face do objeto aparece na projeção final. Na Trimétrica acontece a rotação pura (os eixos permanecem perpendiculares

após a projeção) e na Dimétrica os dois eixos são reduzidos após a projeção. Já na Isométrica os três eixos são reduzidos após a projeção.

- Projeção Paralela Oblíqua: A direção de projeção não é perpendicular ao plano de projeção. O plano de projeção é paralelo a um dos planos (x, y, z). A versão Cavaleira acontece quando dois eixos são perpendiculares, um eixo é inclinado e nenhum reduzido e a Cabinet acontece quando o terceiro eixo é reduzido.
- Projeção Perspectiva: As retas são paralelas e convergem para os pontos de projeção, estando os pontos de projeção sobre X, y, z sendo a redução não uniforme.

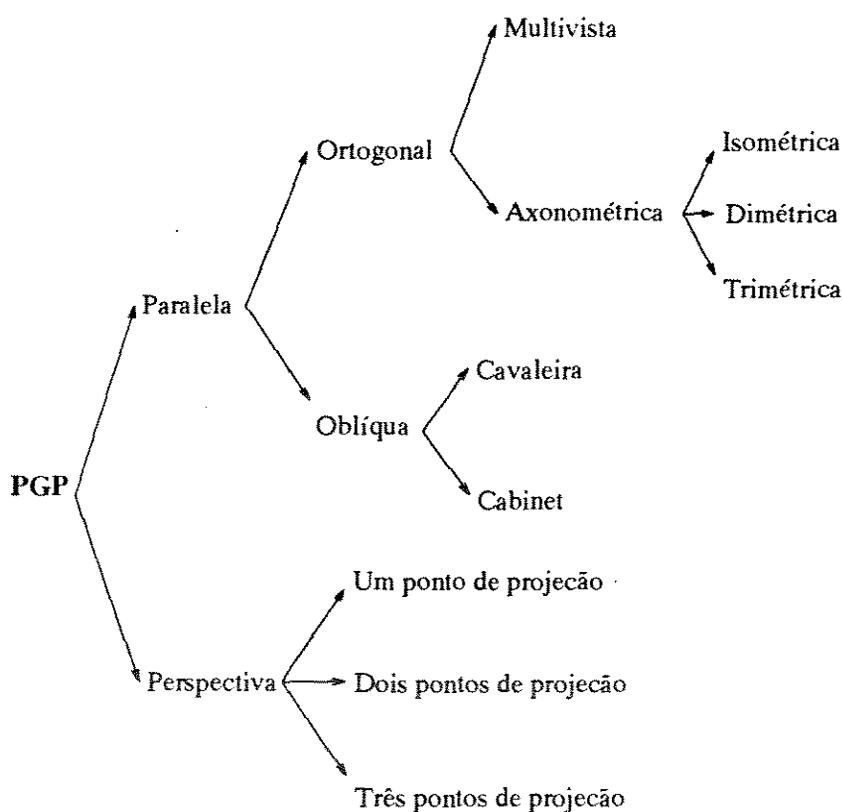


Figura 3.7: Classificação das Projeções

A tradução para um suporte bidimensional leva a representação do objeto a depender da posição do observador. Isto quer dizer que ele se reduz às faces visíveis de acordo com o ângulo em que se encontra o observador, posto que o mesmo não pode ver todos os ângulos ao mesmo tempo.

Para se obter a aparência sólida da figura representada na tela, eliminam-se pontos, linhas e planos que não podem ser vistos pelo observador, pois estão escondidos atrás de outros planos.

Pode-se finalmente exibir (“rendering”) o objeto na tela, com seus atributos de cor e textura. O grau de refinamento dos detalhes depende da resolução com que se trabalha, isto é, a quantidade de pixels que dispõe o sistema gráfico para construir as figuras.

Atualmente, um dos mais completos e poderosos métodos de “rendering” para ambientes especulares conhecido chama-se Ray-tracing (traçado de raios).

O Ray-tracing surgiu de um modelo do físico nuclear Philip Mittleman quando estudava o comportamento de partículas atômicas. A um certo momento, Mittleman imaginou que o mesmo modelo poderia ser utilizado para descrever o percurso dos raios de luz no espaço e determinar a intensidade de luz que deve envolver cada superfície. Assim surgiu o primeiro modelo de Ray-tracing conhecido [Mac93].

O aperfeiçoamento deste modelo ocorreu duas décadas depois, quando Turner Witted transformou a idéia no mais perfeito método de “rendering” da síntese de imagens naquela época [Mac93].

A idéia básica do Ray-tracing é acompanhar cada raio do momento em que é emitido pela fonte até a sua extinção, sendo absorvido por obstáculos, ou perdido em direção ao infinito, ou ainda quando dirigido ao olho do observador após ter sido refletido por objetos da cena.

Existe uma fonte emitindo uma grande quantidade de raios de luz. Esses raios seguem em linha reta até se chocarem com algum obstáculo. Isso acontecendo, há várias alternativas: se o objeto é opaco, ele pode absorver todos os raios ou parte deles; o objeto sendo transparente, pode ser atravessado também por todos os raios ou parte deles; ou ainda, se o objeto é brilhante ou especular, ele vai refletir cada um dos raios em um ângulo de reflexão proporcional ao ângulo de incidência; e por fim, se o objeto é difusor, ele vai devolver os raios para todas as direções.

Particularmente no caso do objeto transparente, considera-se que o raio de luz passa de um meio a outro (ar para vidro, por exemplo). Quando isso acontece, ele acaba se quebrando no ponto de intersecção, num ângulo tal que varia de acordo com as substâncias

transparentes em questão.

Quando os objetos são brilhantes ou difusores, os raios são refletidos ao se chocar com eles e, em seguida atingir outros objetos, que também por sua vez podem ser opacos, transparentes, brilhantes ou difusores. No caso, só a última ocorrência será visualizada pelo observador e a intensidade da luz é determinada pelo número total de difusões e reflexos que ocorrerem entre a fonte e o olho.

Porém, traçar o grande número de raios emitidos pela fonte de luz torna-se impossível, excedendo a memória do computador, sem contar o desperdício de tempo e processamento ao seguir o percurso de raios que não serão projetados na tela e que assim, não contribuirão para a construção da imagem.

A conclusão que Witted chegou para este problema foi inverter o processo, traçando o percurso dos raios de trás para a frente, isto é, partindo do olho e voltando em direção à fonte de luz. Dessa maneira, há uma economia no procedimento, onde só são seguidos e processados os raios que efetivamente exprimem cada pixel, ou seja, os raios que chegam ao olho do observador.

Resumindo, o método de Witted projeta os raios virtuais (dentro do espaço virtual do computador) que, partindo do ponto do observador, passam pelos pixels da tela e seguem em direção a algum objeto da cena, chocando-se com ele. Nesse momento, decide-se qual o tipo de superfície que constitui este objeto, ou seja, quais os coeficientes de reflexão, difusão, transparência e absorção. Esse último dado situa o comportamento do raio em relação ao objeto.

Por exemplo, quando a superfície é reflexiva, a direção do raio incidente na reflexão é calculada, seguindo com o cálculo até alcançar uma fonte de luz. Se o raio não puder chegar até a fonte (isso pode ocorrer quando ele é bloqueado por algum objeto no meio de seu caminho, ou quando a fonte está atrás do objeto, ou seja, na direção contrária), aquele ponto não será matizado por aquela fonte de luz e portanto estará na sombra.

Se, por outro lado, considerarmos a superfície transparente, faz-se o cálculo da refração para saber o ângulo de desvio e a intensidade do raio de luz que vai iluminar o ponto correspondente.

Quando a superfície for determinada completamente absorvente, naquele ponto

não haverá valor luminoso algum, e assim deve ser matizado de preto.

Todas essas relações somente são válidas considerando-se apenas uma única fonte de luz. No caso de haver outras fontes, o percurso do raio é dividido no mesmo número de fontes utilizadas, e o raio derivado segue em direção a cada um dos focos de luz.

Assim é construída uma *árvore de raios*, ramificando-se em direção às fontes de luz.

O percurso inverso é então finalmente traçado no sentido correto da luz, por onde calcula-se todas as perdas e acréscimos de intensidade ocorridos nos nós da árvore, para definir a quantidade de luz que deve se fazer presente em cada ponto.

Apesar de ser um processo complexo e lento, os resultados são surpreendentes, aproximando-se bastante da modelagem luminosa da fotografia para ambientes especulares. Além disso, a técnica do Ray-tracing consegue integrar grande parte dos recursos de modelagem da imagem num único algoritmo, permitindo obter uma alta qualidade em matéria de textura luminosa e uma fácil realização de remoção de superfícies ocultas [Mac93]. Ele resolve o problema das faces invisíveis do objeto e permite obter sombras e transparências sem a necessidade de cálculos adicionais.

Enfim, com o desenvolvimento do processo por Witted, temos em um mesmo algoritmo objetos de vidro transparentes e especulares que, ao mesmo tempo refletem a paisagem ao seu redor. Tudo isso colorido e com projeções de sombra de qualidade.

O Ray-tracing constitui o método de “rendering” para ambientes especulares que mais se aproxima do comportamento real da luz no espaço, tal como é descrito pela óptica.

O Sistema PROSIM/Raytrace, utilizado nessa dissertação como plataforma computacional para a geração de experimentos em Síntese de Imagens é uma ferramenta gráfica computacional que utiliza o método de “rendering” Ray-tracing com recursos gráficos para o trabalho de produção artística e estudo das relações cromáticas. A operação completa do sistema é baseada em quatro etapas consecutivas:

- Arquivo de Entrada
- Raytrace
- Adaptação Cromática
- Visualização

Inicia-se com a descrição da imagem num *Arquivo de Entrada* de dados, segundo os comandos detalhados no apêndice A. O emprego do “rendering” por Ray-tracing dentro do pacote de software *Raytrace* na imagem vem em seguida, calculando as cores segundo suas componentes RGB (R = red/vermelho),(G = green/verde) e (B = blue/azul) para cada pixel. A terceira etapa é a *Adaptação Cromática*, feita dentro das limitações impostas pelo dispositivo de saída e, por fim, chegamos à *Visualização* da imagem no monitor gráfico.

O Arquivo de entrada de dados está descrito detalhadamente no apêndice A, com a definição de cada parâmetro a ser determinado. A seguir, um exemplo de imagem com os resultados de cores e formas.

3.3.1 Uma Imagem Construída no Raytrace

O resultado visual da cena *aranha* (figura 3.9) a seguir, se baseia numa iluminação dos objetos feita com duas fontes pontuais de luz ambiente branca, obtidas através de números altos e equivalentes em Red, Green e Blue no parâmetro: (AMBIENT-R=60000 G=60000 B=60000) e as fontes pontuais colocadas em lados contrários (POINT LIGHT-X=100 Y=100 Z=200 e X=-100 Y=100 Z=200). Essas fontes provocam sombra que estão determinadas em TRUE para o parâmetro: (DO_SHADOW-TRUE). A cor do fundo é quase preta-azulada. Ela é obtida de acordo com o parâmetro: (BACKGROUND-R=9000 G=9000 B=12000), onde se percebe uma quantidade maior de B (blue/azul).

Das informações vindas da árvore (CSG_TREE), temos a forma da aranha, construída com três esferas para o corpo e oito pernas, cada qual obtida com a colocação de três cones. Ela está colocada em cima de um cubo espelhado, de superfície descrita no parâmetro (SURFACE 1), onde se define o coeficiente de reflexão da superfície (ps) em números altos e equivalentes para R, G e B (R=0.8 G=0.8 B=0.8).

A cor da aranha está definida no parâmetro que interessa particularmente aos objetivos dessa dissertação: a reprodução cromática. Esse parâmetro é o (SURFACE 0), onde estão definidas as quantidades de R, G e B que descrevem a cor dourada. A figura 3.8 mostra graficamente a distribuição das primitivas na cena, enquanto que a figura 3.9 a seguir mostra o resultado do “rendering” da imagem descrita no arquivo de dados (apêndice B).

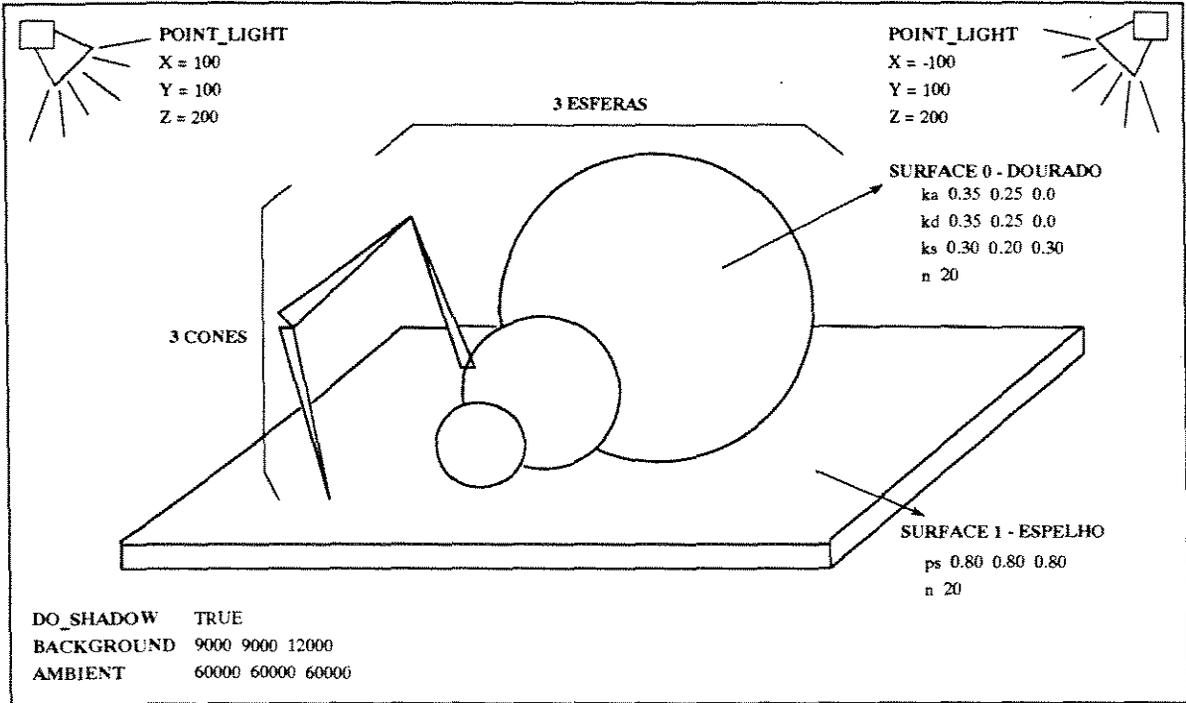


Figura 3.8: Esquematização da aranha

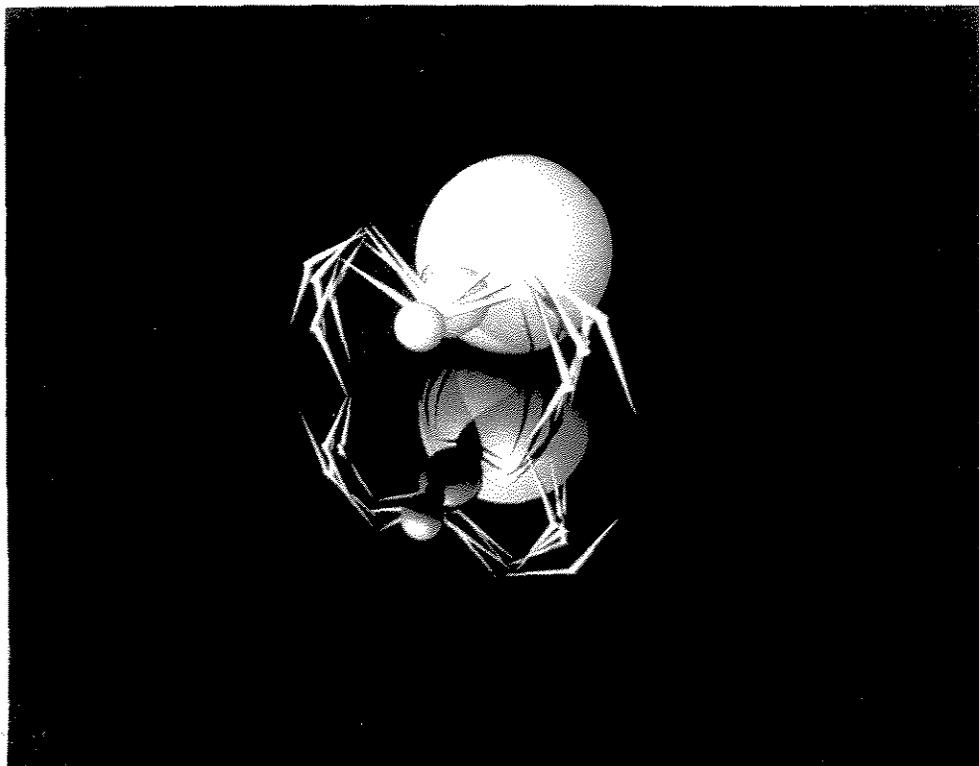


Figura 3.9: Aranha

Capítulo 4

A Reprodução Cromática: Um Conceito em Duas Linguagens

Seguindo o trabalho, o presente capítulo tem como objetivo específico definir a reprodução cromática nas linguagens da Pintura e do Raytrace.

A análise da evolução do homem nos ciclos da história até o atual Ciclo Eletrônico é apresentada na primeira seção, posto a importância de nos situarmos frente à interação Arte & Tecnologia presente em nosso século.

A seção seguinte apresenta os dois caminhos na reprodução cromática, tema principal da dissertação, desenvolvido em duas sub-seções que conceituam o processo de reprodução cromática em cada um deles.

Finalmente, há uma analogia feita entre os caminhos percorridos nas duas linguagens de produção artística, dentro do processo de reprodução cromática.

4.1 A Evolução do Homem Através das Eras

Para melhor compreender o tema exposto neste trabalho, traçaremos a evolução do homem desde o *ciclo pré-industrial*, passando pelo *ciclo industrial mecânico* e chegando até os nossos dias, onde vivenciamos o chamado *ciclo eletrônico*.

Estes três ciclos fazem parte da *Era Industrial*, como mostra o diagrama da figura 4.1 [Lau91].

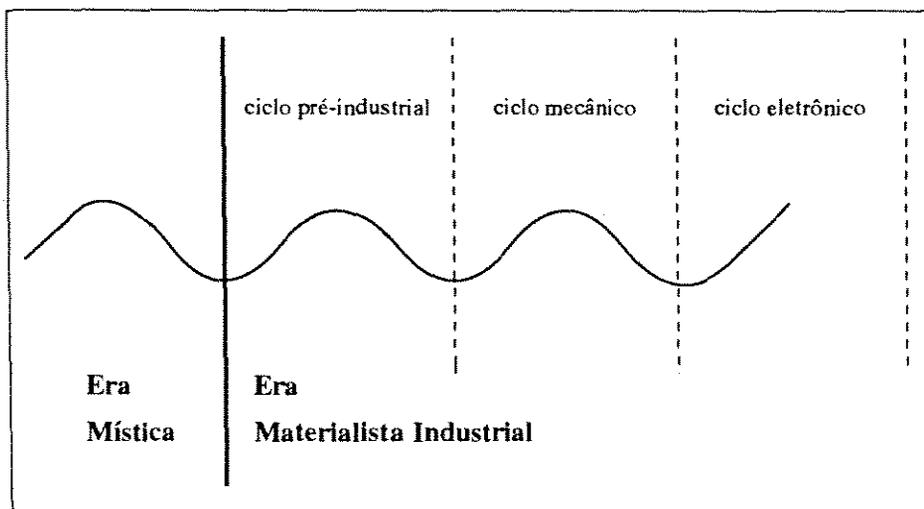


Figura 4.1: Diagrama da Era Industrial

A Era industrial é composta de ciclos com características individuais, denominados ciclo pré-industrial, mecânico e eletrônico. Na pré-industrialização, a indústria artesanal é a figura principal, onde os pequenos mestres artesãos e alguns oficiais e aprendizes elaboram o produto completo.

No ciclo mecânico aparece a manufatura, que congrega um grande número de operários, dividindo o trabalho na elaboração do produto completo. Por fim, a indústria moderna do ciclo eletrônico fabrica o produto mediante a máquina movida pela força motriz. Nele, o trabalho do operário é monitorar e retificar as operações do mecanismo de produção.

No ciclo industrial mecânico, o homem apresenta o auge da sabedoria material, apesar de não possuir o mesmo auge no desenvolvimento do poder crítico.

O atual ciclo eletrônico coloca o mesmo homem numa procura em outra escala, ou seja, extrapolando os valores materiais, ele exercita o poder crítico para o auto desenvolvimento em comunhão com o universo.

Apesar de não ser possível delimitar o início e o término de cada um dos ciclos, existem pontos de transição relevantes entre o ciclo mecânico e o ciclo eletrônico. Um deles

é a capacidade da eletrônica em armazenar e propagar informações, transformadas nas duas qualidades que determinam nossa época atual: a *memória* e a *automação*.

A importância da memória começa a ser visualizada na sociedade do ciclo industrial mecânico com a criação de praticamente todos os meios de reprodução capazes de memorizar informações [McL69], como a tipografia e os sistemas de impressão "off-set". Este comportamento traz como consequência a preocupação no armazenamento das informações existentes na forma de arquivos, fichários, museus, bibliotecas, etc. Porém, o uso destas informações era desestimulado, frente à dificuldade imposta pelo número de etapas a serem percorridos para obtê-las.

Com o surgimento do computador, o uso das informações armazenadas foi estimulado, pois o advento da informática agilizou o sistema, permitindo através de uma maior velocidade, o acesso ao mais variado tipo de informações, ampliando os horizontes pesquisados. Como consequência, o *grande valor* dado às mercadorias no ciclo mecânico, sofre uma transferência para a informação.

A automação é o segundo ponto a valorizar a informação. Ela consiste na memorização de comandos a serem posteriormente executados por máquinas ou mecanismos de uso cotidiano. Este processo vem agilizar os processos antes executados pelo homem, cuja eficiência era comprometida [McL69]. Com estas funções de memória e comando, o ciclo eletrônico vem substituindo as tradições mecânicas. Isto permite, através das informações, um melhor intercâmbio do homem com a natureza, transformando estas informações em caráter de conhecimento e decisão [Lau91]. O homem produtor, quando orientado por este conhecimento, coloca-se numa postura em que os dois lados (homem e natureza) apresentam convivência nas decisões.

Por outro lado, a evolução do homem como espécie participante da natureza, envolve o desenvolvimento de novas formas de percepção do mundo e procura *extensões* de seus órgãos e membros naturais. Os novos conhecimentos culturais e a compreensão das funções desenvolvidas por estas *extensões* é a base para o entendimento de como se comporta o pensamento da humanidade. Para cada nova extensão adquirida, aparecem novas funções a serem admitidas e controladas, e passam a ser consideradas como sensores e extensores artificiais da espécie [Lau91].

No ciclo pré-industrial, a função dos sensores e extensores do homem coincidia

com a função de seus olhos e mãos. O grau de conhecimento da espécie girava em torno das possibilidades e limites naturais do homem. A produção artística deste período está centrada na percepção do mundo através destes sensores naturais (olhos e mãos), o que levou o homem a se colocar como um ser ativo, dentro das condições impostas pela natureza. Como exemplo, temos, a arte renascentista, que utiliza o segmento áureo e os estudos da perspectiva em fuga, que são padrões rígidos e convencionalizados buscando sempre uma boa representação.

Posteriormente, no ciclo industrial mecânico, as pesquisas voltadas à natureza passam a ter outro objetivo, ou seja, desvendar leis internas que o homem ainda não havia conseguido revelar. Através do conhecimento material adquirido nesse ciclo, a civilização ganha novas informações à respeito das características e qualidades destes materiais, bem como suas inter-relações físico-químicas. Isto traz novos instrumentos e convenções. A nova postura do ciclo mecânico extrapola os sensores naturais, rompendo com as convenções estabelecidas anteriormente na relação olho-mão e vislumbrando outros universos através de novos sensores colocados a disposição do homem.

No âmbito da arte deste período, aparece a fotografia, trazendo um significativo ganho de percepção e provocando a quebra de determinadas crenças [Ben75]. A fotografia modificou totalmente o conceito de realidade na pintura, liberando-a deste compromisso e trazendo a criação de novas visões pictóricas. Um exemplo deste procedimento é o cubismo, que vem mostrar o dentro e o fora, o acima e o abaixo, as três dimensões em duas, desfazendo a idéia da perspectiva renascentista e trazendo a idéia da percepção simultânea do todo.

O ciclo eletrônico chega atualmente para rever o papel do homem como interventor nas ações e reações da natureza e para tanto, questiona o conceito de real e realidade. O real é tudo o que acontece sem a ação do pensamento humano, enquanto que a realidade é tudo o que resulta deste mesmo pensamento. A passagem do real para a realidade mostra a transição do ciclo industrial mecânico para o ciclo eletrônico.

No ciclo industrial mecânico, os novos instrumentos e invenções eram considerados como sensores e extensores do homem, privilegiando o conceito de realidade sobre o real. Por isso, ofereciam ao homem o total poder sobre o universo.

No ciclo eletrônico, os sensores e extensores do homem são encarados não apenas como simples extensões físicas, mas como *transdutores* [Lau91], simulações das próprias

extensões naturais do homem, com a finalidade de intermediação da espécie, servindo como ponte entre as ações do próprio homem e do universo.

Um exemplo dos extensores como transdutores é a simulação do complexo olho-cérebro da visão humana.

O complexo olho-cérebro é traduzido pela informática em “hardware”, correspondendo à parte fisiológica da visão (os olhos) e ao “software”, fazendo o papel da parte neurológica (cérebro).

Este comportamento aproxima o homem do mundo. A eletrônica funciona como elo desta aproximação, acelerando a troca de dados entre a realidade, naturalmente mais lenta do cotidiano do homem, e o universo, naturalmente mais ágil.

A pesquisa artística no ciclo eletrônico, sincronizada com o universo, abandona as imagens visuais aplicadas no ciclo industrial mecânico e começa a se interessar pelas imagens mentais que fogem ao suporte material. A relação *olho-mão* aplicada anteriormente já não é mais válida quanto a relação *mente-mundo*.

Em todos os tempos, para justificar seu ofício, os artistas sempre canalizaram suas criações para a *matéria* e para o *suporte material*. No ciclo mecânico, o suporte material era considerado neutro e insensível, mostrando um artista preocupado em deixar as suas marcas na natureza. A preocupação em se obter novas marcas em suportes materiais conhecidos percorrem toda a modernidade.

O conceito de matéria começa a ser questionado quando Marshall McLuhan na década de sessenta, define *o meio* como sendo *a mensagem*. Considerando o meio, ou suporte material, capaz de mostrar uma representação e expressão próprias, ele propõe um novo conceito de materialidade, onde a materialidade e a matéria se diferenciam, sendo que a matéria vem de uma preocupação mecânica com o suporte material da obra, e a materialidade, por outro lado, considera válido todo o potencial expressivo e as informações advindas desse mesmo suporte [Lau91].

O comportamento humano muda segundo as operações sobre a matéria ou sobre a materialidade. Sobre a matéria, o comportamento do homem é analogamente comparado a algo dominador, quando impõe suas marcas no suporte material. Tal comportamento acontece nos atos de modelar, esculpir, talhar, etc. Os atos fundamentados na materialidade

apresentam um contexto de cooperação, apresentando de um lado a expressão do autor e de outro os meios e suportes.

O ciclo eletrônico advém de culturas já convencionalizadas e difundidas, por isso toda a produção do homem nesta época carrega consigo traços culturais anteriores, levando o homem a ter uma postura de cooperação. No âmbito da arte, ocorre também o ato de assumir a materialidade, identificando as operações de memória, automação, conhecimento e decisão. Com a memória sendo trabalhada a partir do universo da materialidade nas operações do fazer artístico, torna-se necessário incorporar a informação advinda do universo desta materialidade. Isto proporciona uma autoria como co-autoria, dentro de um processo cooperativo. Citar, traduzir e comentar, seriam então três posturas características da reciclagem cultural cooperada.

Uma outra forma de cooperação no fazer artístico apresentada pelo ciclo eletrônico diz respeito a automação. Com as funções de comando direcionadas pela automação, há uma maior agilidade na produção do artista, proporcionando novas percepções. O resultado aparece na simulação de um real ainda não vivenciado, ao invés da simples cópia do real. A velocidade deste sistema permite ao artista a liberação da referência olho-mão, substituindo-a por diagramas e representações de imagens mentais na articulação mente-mundo, buscando chegar primeiro onde o próprio homem talvez nunca chegue.

Todas as vezes que o homem pratica uma nova ação, encontramos experiências de práticas anteriores, inseridas no interior desta mesma ação, mostrando que o conhecimento é evolutivo e que esta evolução não se apresenta num sentido progressista, mas sob adaptações, de acordo com as novas condições apresentadas. Assim, as etapas do fazer eletrônico acabam incorporando as etapas do fazer mecânico durante o seu caminho.

Dentro desta idéia, podemos empreender este trabalho como a incorporação do fazer artístico mecânico pelo eletrônico.

Estes aspectos demonstram que a pintura e a síntese de imagens são *linguagens* diferentes e não apenas *ferramentas* diferentes e assim devemos considerá-las dentro do universo da arte.

4.2 Realizações da Reprodução Cromática: Pintura e Raytrace

Como já foi dito anteriormente, consideramos a pintura e a arte por síntese de imagens como *linguagens* específicas dentro da arte, as quais possuem modos autônomos de expressão e conhecimento.

A pintura é uma linguagem dentro da arte que possui um sistema próprio de imagens ou signos (textura, linha, transparência, luz, cor, etc.) e que considera a relação entre eles. O pintor lida com estes elementos como se manipulasse vocábulos de um idioma. O processo de reprodução cromática é um destes vocábulos que, como todos os outros, participa da linguagem pictórica e faz parte do tecido significativo da obra.

Dentro deste idioma, pretendemos traçar um paralelo entre o processo de reprodução cromática na pintura e o mesmo processo gerado na síntese de imagens, mais precisamente pelo sistema PROSIM/Raytrace, o qual serve de base computacional para a realização das experimentações.

Para concretizar este paralelo, vamos primeiramente considerar em separado os dois caminhos que pretendemos unir. Para tanto, definimos o processo de *reprodução cromática* como sendo o ato de reproduzir uma *cor modelo*, a qual podemos visualizar ou imaginar, resultando numa *cor final*, equivalente ou bastante aproximada da anterior, segundo os parâmetros comparativos visuais do observador. Os dois caminhos percorrem uma trajetória que começa na cor modelo, passa pelo material disponível, pelo pintor e pelo processo de reprodução cromática para chegar à cor final.

O enfoque do primeiro caminho é parte integrante do fazer artístico mecânico: o processo de reprodução cromática na pintura, onde se utiliza a cor-pigmento e a relação olho-mão. O segundo caminho a ser considerado é a reprodução cromática no Raytrace, onde se utiliza a cor-luz como matéria prima das relações cromáticas e a relação mente-mundo. Na figura 4.2 podemos observar os dois caminhos que levam à reprodução cromática de uma cor modelo, resultando na cor final.

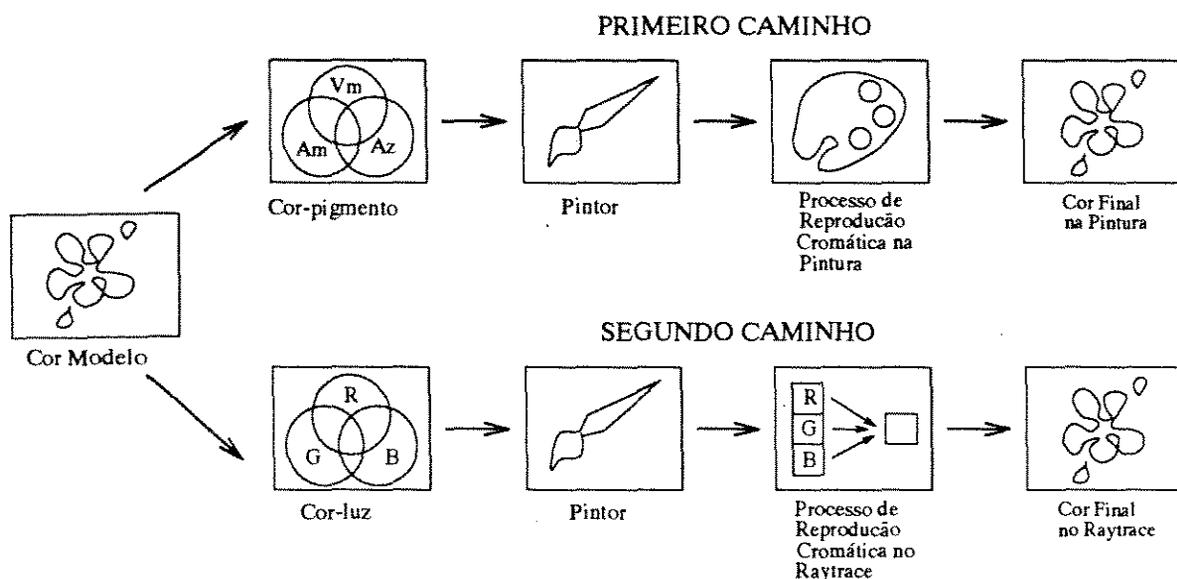


Figura 4.2: Dois caminhos para a Reprodução Cromática

Começamos analisando a figura 4.2 com os dois caminhos separados. O primeiro (a reprodução cromática na Pintura) e o segundo (a reprodução cromática no Raytrace). Mais adiante, identificaremos uma analogia entre esses caminhos de forma a proceder à interação entre os dois.

Deve-se salientar que a abordagem da reprodução cromática na linguagem escrita significou *racionalizar* um processo *intuitivo* para o pintor, tornando-se uma dificuldade ao desenvolvimento do trabalho.

4.2.1 A Reprodução Cromática na Pintura

Dividimos o primeiro caminho em cinco fases, começando pela cor modelo, utilizando o material cromático disponível, o pintor como agente catalizador das informações, passando pelo processo de reprodução cromática na pintura até atingir a cor final. Esta

divisão resulta na figura 4.3.

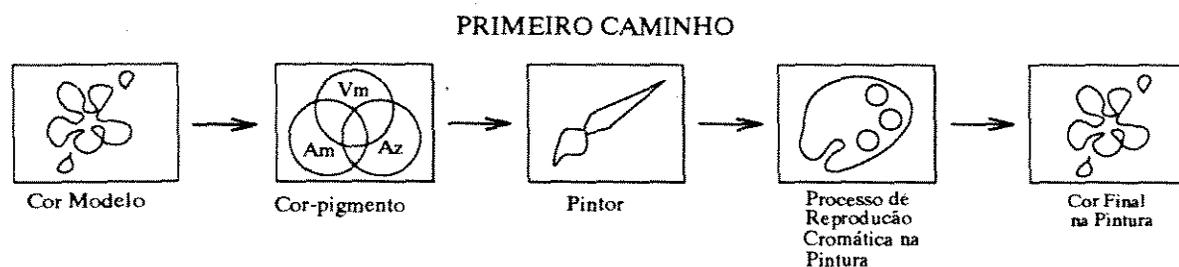


Figura 4.3: Fases da Reprodução Cromática na Pintura

Para se compreender este caminho, analisaremos as cinco fases desta figura separadamente:

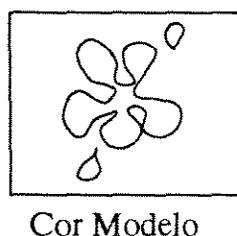
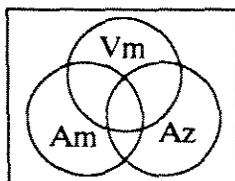


Figura 4.4: Primeira fase

A cor modelo é a primeira das fases para se chegar à reprodução cromática na pintura. Ela é a referência para toda trajetória em direção à cor final reproduzida, pois através de sua observação o processo é iniciado e posteriormente criticado.

Dentro deste trabalho de pesquisa, a cor modelo pode estar sob a forma real ou imaginária. A forma real é a que podemos perceber através do sentido da visão. Já na forma que chamamos de imaginária, a cor modelo é qualquer cor que esteja presente em nossa imaginação.



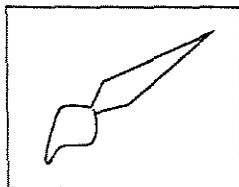
Cor-pigmento

Figura 4.5: Segunda fase

Tomar conhecimento da linguagem da pintura com o respectivo material cromático disponível para a consolidação da reprodução cromática é a próxima fase.

Na pintura, as cores utilizadas estão sob a forma de cores-pigmento que, como já estudado no capítulo 3, possuem como cores primárias: vermelho (Vm), amarelo (Am) e azul (Az), sendo sua síntese subtrativa o preto ou o cinza neutro. É com estas cores que iremos proceder a reprodução cromática.

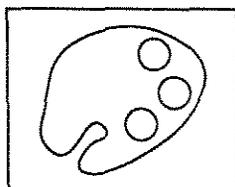
O conhecimento das técnicas de pintura permitem a intimidade no trato do material, o que colabora para o sucesso da reprodução cromática.



Pintor

Figura 4.6: Terceira fase

O pintor, neste caso, adquire uma função de agente catalizador de todas as fases. Ele tem o sentido da visão para observar a cor modelo, possui em sua bagagem as ferramentas específicas da linguagem, conhece o processo de reprodução cromática na pintura e possui o senso crítico necessário para proceder a comparação entre a cor modelo e a cor final durante todo o caminho.



Processo de
Reprodução
Cromática na
Pintura

Figura 4.7: Quarta fase

Na pintura, o procedimento técnico para se reproduzir uma área colorida é dependente e individual de cada pintor e portanto, há vários processos diferentes de reprodução cromática dentro desta linguagem.

Como dito anteriormente, foi preciso *racionalizar* o processo de reprodução cromática na pintura, o qual também foi escolhido de acordo com os objetivos deste trabalho.

Para tanto, o separamos nas etapas denominadas:

1. *Observação e Divisão*
2. *Porcentagem e Colocação*
3. *Mistura e Comparação*

A primeira etapa, chamada *Observação e Divisão*, é a mais importante. Baseando-se na percepção detalhada da cor modelo através da observação, todas as outras etapas são percorridas, até a cor final resultante.

Esta observação da cor modelo é feita através da percepção e obtenção do maior número possível de detalhes. Para tanto, o observador deve passar por um treinamento específico de observação e percepção visual cromática.

O primeiro dos detalhes a ser obtido pelo pintor a partir da observação é a divisão mental da cor modelo nas três cores-pigmento primárias (vermelho, azul e amarelo), além do preto e do branco. Define-se então a cor predominante destas três e determina-se a quantidade de cada uma das outras cores que também possam ser parte constituinte da

cor modelo.

Concluímos assim a etapa chamada *Divisão* da cor modelo em três partes (as três cores primárias), separando também nas quantidades de preto e branco que por ventura façam parte da construção dessa cor.

No próximo passo, ainda mentalmente, considera-se de maneira mais específica as *quantidades* determinadas de cada uma das cores primárias, do preto e do branco, mesmo quando inexistentes na cor modelo. Com as quantidades de cada cor primária, o preto e o branco definidas através de porcentagens, estamos na segunda etapa, a *Porcentagem e Colocação*, onde as cores são colocadas lado a lado na porcentagem correspondente a cada uma.

Na próxima etapa, a da *Mistura e Comparação*, procede-se a mistura das porcentagens de cor-pigmento até então separadas. Este processo pode ser realizado, por exemplo, através de duas técnicas: numa delas, a mistura das cores-pigmento é feita na própria paleta, possibilitando uma visualização imediata, enquanto que na outra a mistura é feita colocando-se as cores muito próximas no próprio suporte (tela, papel, etc.), obedecendo também as porcentagens. Esta última técnica deixa o trabalho da mistura das cores para ser feito na retina, a partir de uma determinada distância entre o observador e o quadro.

A *Comparação* entre a cor modelo e a cor final, tem o objetivo de detectar diferenças e proferir os ajustes finais, além de determinar o número de vezes que o processo precisa ser repetido, visando uma boa reprodução cromática. Para isso, a *Comparação* é, na verdade, utilizada durante todo o processo.

Ao final destas três etapas, repetidas quantas vezes o processo de comparação julgar necessário, temos a *cor modelo* reproduzida na *cor final*.

Como exemplo para a melhor compreensão do processo de reprodução cromática na pintura, consideremos o *azul do céu* como a cor modelo a ser reproduzida em cor-pigmento. Na primeira etapa, através da *Observação e Divisão*, determinamos que:

- **sobre o vermelho:** a presença é quase nula.
- **sobre o azul:** a amostra cromática contém uma significativa quantidade (cor predominante).

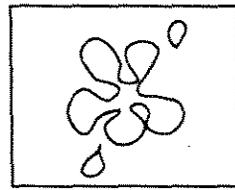
- **sobre o amarelo:** há pouquíssima adição.
- **sobre o branco e o preto:** grande quantidade de branco, enquanto que o preto é inexistente.

Assim, a primeira etapa da reprodução cromática deste exemplo está completa. Passemos à segunda etapa: a *Porcentagem e Colocação* na reprodução cromática do azul do céu.

Como vimos anteriormente, a quantidade do pigmento que será colocado na paleta é estipulada através de porcentagens das cores primárias existentes na formação da cor modelo. Separam-se então as diferentes porcentagens das cores primárias existentes nesta cor modelo, ou seja, a quantidade de vermelho, amarelo, azul, branco e preto a ser colocada na paleta em forma de pigmento. No caso desta coloração azul do céu, seria aproximadamente:

- 40% de azul
- 9% de amarelo
- 1% de vermelho
- 50% de branco
- o preto, como observado, é inexistente

Na próxima etapa, temos a *Mistura e Comparação*. Procede-se então à mistura na paleta das quantidades separadas pelo processo da primeira e segundas etapas. Posteriormente, através da comparação entre a cor modelo (azul do céu) e a cor final (azul do céu reproduzido em cor-pigmento), estabelecemos o processo completo de reprodução.



Cor Final
na Pintura

Figura 4.8: Quinta fase

A cor final é o objetivo primeiro de todo o processo de reprodução cromática, neste caso feito através da pintura. Ela serve como modelo de comparação visual para o sucesso de toda a trajetória, apresentando-se na forma de resultado somente quando estiver equivalente à cor modelo. Entenda-se equivalente como a aproximação visual máxima entre a cor final e a cor modelo.

4.2.2 A Reprodução Cromática no sistema PROSIM/Raytrace

A reprodução cromática no segundo caminho também foi dividida em fases para melhor compreensão.

Em cinco fases estudaremos todo o processo, começando pela mesma cor modelo e resultando numa cor final equivalente.

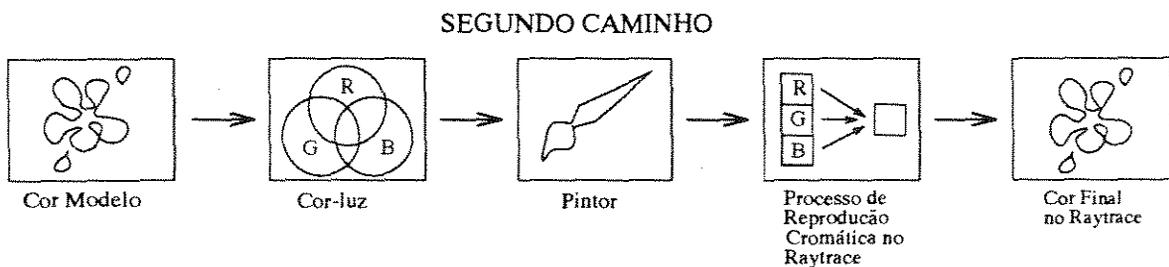
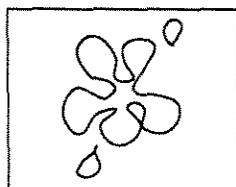


Figura 4.9: Fases da Reprodução Cromática no Raytrace

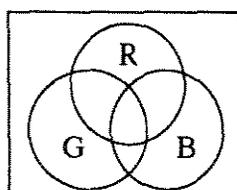
Analisando cada fase mostrada na figura 4.9 temos:



Cor Modelo

Figura 4.10: Primeira fase

A cor modelo é a mesma do processo de reprodução cromática na Pintura, descrito anteriormente. Aqui, a cor modelo também pode estar sob a forma real ou imaginária e serve de parâmetro de comparação durante a trajetória que visa a construção da cor final reproduzida em cor-luz.

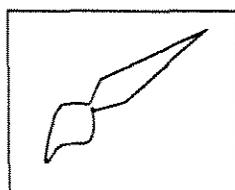


Cor-luz

Figura 4.11: Segunda fase

A conceituação do material disponível para o processo de reprodução cromática em síntese de imagens, a cor-luz, está descrito no capítulo 3.

As cores-luz primárias são o vermelho (R), o verde (G) e o azul (B), sendo que as ferramentas de cor disponíveis dependem diretamente do tipo de modelo de iluminação aplicado ao software, permitindo o acesso à mistura e diferentes efeitos nas relações cromáticas.

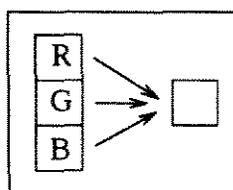


Pintor

Figura 4.12: Terceira fase

O pintor aqui também continua sendo o catalizador de todas as outras etapas, como no processo de reprodução cromática na Pintura.

Neste caso, ele deverá possuir conhecimentos do material disponível que a linguagem utilizada oferece, como por exemplo as relações cromáticas em cor-luz e os parâmetros da computação necessários à produção do trabalho, além da importante percepção visual no processo de reprodução cromática.



Processo de
Reprodução
Cromática no
Raytrace

Figura 4.13: Quarta fase

O processo de reprodução cromática no Raytrace segue as mesmas etapas do processo de reprodução cromática na Pintura.

Na sub-seção 3.3.1 do capítulo 3 e na descrição do comando SURFACE# dentro do apêndice A, define-se a construção das cores neste sistema, onde através da quantidade de vermelho (Red), verde (Green) e azul (Blue)–sistema RGB, procede-se à mistura destas três cores-luz primárias para resultar a cor final de uma superfície.

Seguindo as etapas definidas para o processo de reprodução cromática na pintura, a primeira etapa de *Observação e Divisão* acontece aqui da mesma maneira. A cor

modelo precisa passar pelo mesmo processo de percepção e divisão. Este processo ainda se dá nas *cores-pigmento* primárias.

Ao passarmos para a segunda etapa, de *Porcentagem e Colocação*, algumas adaptações se fazem necessárias. Primeiramente, as quantidades definidas em cores-pigmento primárias na primeira etapa, devem ser traduzidas em porcentagem para as cores-luz primárias, utilizadas pelo sistema RGB. O que diferencia as três cores-pigmento primárias (vermelho, azul e amarelo) das três cores-luz primárias (vermelho, azul e verde) é o *amarelo* da cor-pigmento e o *verde* da cor-luz.

Se considerarmos que no sistema RGB a mistura vermelho com o verde resulta no amarelo (capítulo 3), a adaptação se torna imediata. Basta considerar que a porcentagem de amarelo determinada na observação das cores-pigmento passa a ser dividida nas porcentagens de vermelho e verde, dentro do processo de reprodução cromática em cores-luz.

Definidas as porcentagens de R, G e B no processo de reprodução cromática pelo Raytrace, a colocação das cores descrita a seguir.

Consideram-se os coeficientes de luz: k_a , k_d e k_s (apêndice A), segundo suas funções respectivas. Na pintura, uma das técnicas é a pintura em camadas, ou seja, a primeira camada de tinta é colocada segundo a cor própria de cada um dos objetos da cena, a segunda considera o efeito da luz incidente sobre os mesmos objetos, alterando suas cores e a terceira seria o próprio brilho de cada objeto da cena.

Aproximando os parâmetros do sistema por esta técnica temos o coeficiente de luz ambiente (k_a) determinado para refletir a cor verdadeira do objeto, ajustando sua porcentagem de R, G e B com o objetivo de reproduzir a cor própria dos objetos da cena.

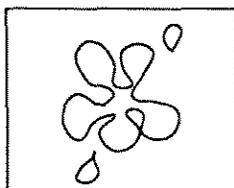
O coeficiente de luz difusa (k_d) depende da cor de luz que está incidindo sobre o objeto, motivo pelo qual considera-se no ajuste da porcentagem de R, G e B deste parâmetro, a cor do objeto e a cor da luz incidente.

O coeficiente de luz especular (k_s) refere-se mais diretamente ao brilho que a luz incidente provoca no objeto, afetando o ajuste na porcentagem de R, G e B segundo a cor do objeto, a cor da luz incidente e a cor resultante do brilho provocado no próprio objeto.

Completada esta etapa, passa-se ao “rendering” da imagem, ou seja, através

dos cálculos das expressões matemáticas, o sistema produzirá a mistura das cores primárias definidas em todo comando SURFACE # (apêndice A), mostrando posteriormente a imagem resultante para procedermos a *Comparação*.

Esta última etapa, da *Comparação*, também é feita de maneira análoga ao processo de reprodução cromática na pintura, decidindo o número de vezes que o processo deverá ser repetido.



Cor Final
no Raytrace

Figura 4.14: Quinta fase

Mais uma vez, a cor final é o objetivo de todo o processo de reprodução cromática através do sistema PROSIM/Raytrace.

Neste caso, a comparação visual entre a cor modelo e a cor final, deve levar em consideração o substrato da cor modelo. Se a cor modelo for cor-pigmento, parecerá sempre mais fosca qua a cor-luz do monitor da computação de imagens, podendo provocar alterações na sensação de equivalência entre as duas.

A cor final continua sendo apresentada como resultado, à medida em que se aproxima ao máximo da cor modelo.

4.3 Realizações da Reprodução Cromática: Analogia

A analogia entre o caminho para a realização da reprodução cromática na Pintura e no Raytrace é feita através da análise dos pontos comuns entre estes dois processos.

A figura 4.15 mostra que, quando os dois caminhos são colocados lado a lado, duas das fases podem ser únicas, o *pintor* e o *processo de reprodução cromática*.

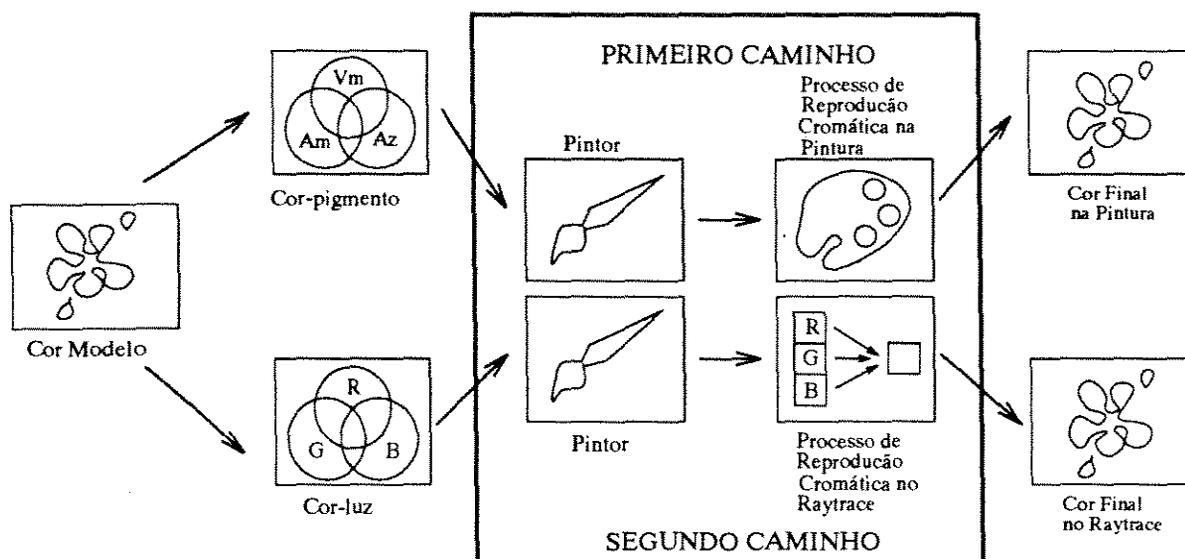


Figura 4.15: A analogia

Para a realização da reprodução cromática, primeiramente passamos pela cor modelo e pelo material disponível, até chegarmos ao pintor.

A cor modelo da figura 4.15 é a mesma para os dois caminhos, mas poderia não ser. Ela poderia, por exemplo, ser real em um caminho e imaginária em outro.

Os materiais disponíveis em cor-pigmento e em cor-luz diferenciam-se bastante entre si. Como visto no capítulo 3, conceitualmente a cor-pigmento e a cor-luz divergem em vários aspectos, principalmente em sua constituição física. Assim, cada um dos caminhos escolhidos para a reprodução cromática utiliza materiais diferentes.

Após o material disponível, a próxima fase nos dois caminhos é o pintor. Chegamos então a um ponto que se divide em duas possibilidades. O pintor pode ser o mesmo sujeito dos dois processos de reprodução cromática. A mesma pessoa pode ter o conhecimento necessário para transitar nas duas linguagens, conhecer as relações cromáticas em cor-pigmento e em cor-luz, o processo de reprodução cromática e obter cores finais que, mesmo tendo diferenças, serão submetidas ao sentido da mesma visão. Por outro lado, como a pintura e a síntese de imagens são linguagens de arte diferentes, também podem ter sujeitos da ação diferentes, que não conhecem as duas formas de arte e não as manipula de maneira equivalente.

Continuando, temos ainda outro ponto comum entre os dois caminhos: o *processo de reprodução cromática* que, como visto nas sub-seções 4.2.1 e 4.2.2 deste capítulo, segue o mesmo conceito formal nas etapas de *Observação e Divisão, Porcentagem e Colocação, e Mistura e Comparação*, para obter o mesmo resultado nas duas linguagens.

A cor final nos dois casos também se diferencia pela utilização de diferentes ferramentas, a cor-pigmento e a cor-luz nas duas linguagens, que como vimos anteriormente, provocam sensações diferenciadas no resultado final. A cor-pigmento sempre parece mais fosca que a cor-luz dos monitores da síntese de imagens.

4.4 Realizações da Reprodução Cromática: Ponte

Extrapolando a analogia da seção anterior, podemos considerar existente uma ponte entre as duas linguagens analisadas. Um mesmo pintor que catalize o conhecimento e a forma de expressão das duas linguagens pode criar uma ponte entre elas, pois o conceito formal do processo de reprodução cromática pode ser o mesmo.

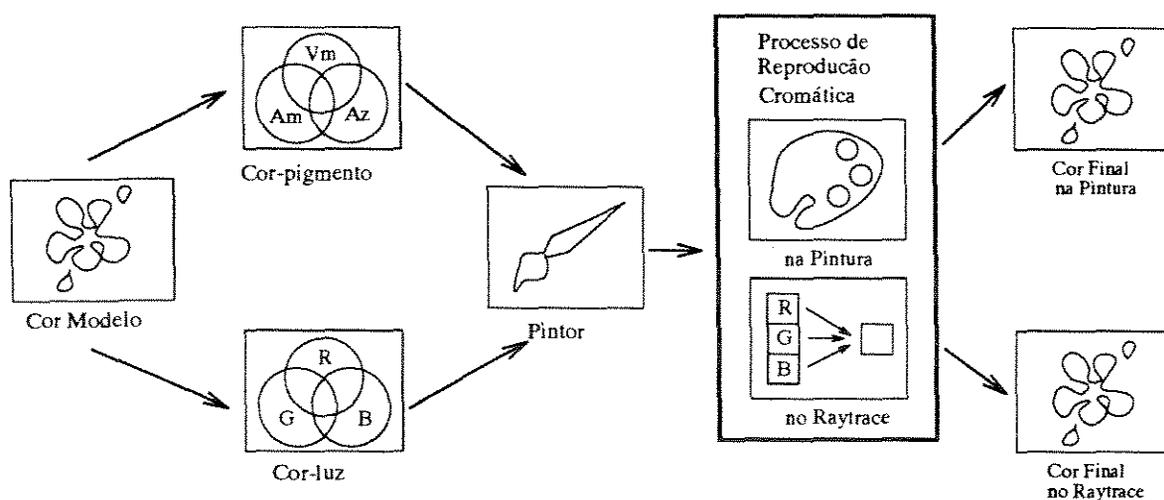


Figura 4.16: Uma ponte no processo de reprodução cromática

Como mostra a figura 4.16, os caminhos da reprodução cromática são diferentes, pois apesar de poder ser o mesmo pintor a manipulá-las, utilizam ferramentas distintas. Porém, como foi visto na seção 4.3, o conceito formal do processo de reprodução cromática pode ser único entre as duas linguagens de produção artística, e com isto promover uma ponte interagindo-as.

Sob a óptica de um pintor, podem existir algumas dificuldades nesta transição. Mesmo sendo único o conceito formal do processo de reprodução cromática, este processo vem acompanhado de outros conceitos formais na manipulação das ferramentas e da mensagem.

Além das diferenças nas ferramentas disponíveis em cada uma das linguagens, que deverão ser conhecidas e adaptadas, existem diferenças entre os próprios signos da pintura e da síntese de imagens, que também deverão ser compreendidos e analisados antes de serem utilizados na produção da obra.

A pintura explora o gestual, a sensibilidade da textura presente em cada pigmento diferente, a forma e o material de que é feito o suporte, proporcionando outras mensagens e a relação olho-mão, onde se situa a habilidade manual, importante na boa finalização da obra.

Na síntese de imagens, o principal fator de diferença entre linguagens é a rapidez no processo de obtenção do resultado final, inexistindo a relação olho-mão do gestual na pintura e passando à relação mente-mundo. Este processo exige também rapidez no processo criativo do pintor, pois necessita de soluções rápidas para problemas estéticos na mensagem.

Outro ponto a ser levantado nesta linguagem diz respeito a uma certa *racionalização* do processo criativo específico de cada pintor, já mencionada anteriormente. Na pintura, o gestual da relação olho-mão tem a liberdade de mobilização no espaço do suporte. Já no espaço virtual do Raytrace, existem parâmetros que limitam o processo criativo, como por exemplo o número de primitivas, cores, texturas, etc. disponíveis no modelo de iluminação determinado.

A criatividade na síntese de imagens fica então direcionada às ferramentas que estão disponíveis no sistema utilizado para a produção das obras, o que por outro lado, pode se tornar também estímulo e desafio aos pintores.

Apesar da relação olho-mão não ser utilizada na arte gerada por computador, ela é incorporada na ação do pintor, fornecendo os conceitos mentais frente a nova linguagem. Um exemplo disso é o próprio processo de reprodução cromática, que a partir da pintura pode ser incorporado ao processo de reprodução cromática na síntese de imagens pelo Raytrace. Assim, as fases do fazer mecânico são adaptadas nas fases do fazer eletrônico durante o seu caminho.

Capítulo 5

Sobre as Experimentações

Os trabalhos produzidos em síntese de imagens durante o período que compreendeu esta dissertação têm estreita relação com a teoria desenvolvida. De maneira alguma foram gerados somente como ilustração desta mesma teoria e sim para possibilitar uma troca de valores com o texto.

Os dois experimentos descritos a seguir se desenvolveram a partir de temas escolhidos. O critério de escolha dos temas considera experimentações de reproduções cromáticas a partir de cores modelo reais e cores modelo imaginárias. O primeiro trabalho, denominado Zodíaco, considera em sua maioria cores modelo reais ou seja, cores modelo visíveis que possibilitam a comparação com as cores finais previamente definidas. O segundo trabalho, denominado Quatro estações, foi feito somente a partir de cores modelo imaginárias baseadas nas sensações produzidas pelo verão, outono, inverno e primavera.

Uma vez consideradas estas observações, os experimentos apresentam uma leitura de acordo com as características que estruturam cada uma das imagens.

5.1 Experimento 1 - Zodíaco

O *Zodíaco* é um trabalho gerado em síntese de imagens, através do sistema PROSIM/Raytrace, tendo como tema os signos do zodíaco. O resultado apresenta-se na

forma de doze gravuras¹, correspondentes aos doze signos astrológicos: áries, touro, gêmeos, câncer, leão, virgem, libra, escorpião, sagitário, capricórnio, aquário e peixes.

Primeiramente houve uma pesquisa em torno deste tema, obtendo-se vários aspectos do arquétipo de cada signo, visando a montagem estética da gravura, dentro das limitações apresentadas pelo sistema.

Os elementos morfológicos básicos do Raytrace são, como descrito anteriormente, quatro primitivas (cone, cubo, cilindro e esfera) que, junto com as 65.535 cores disponíveis e várias possibilidades de fontes de luz pontuais e coloridas, organizam de maneira calculada a sintaxe visual das gravuras.

As doze imagens foram definidas em formato variado, horizontalmente e verticalmente, de acordo com a distribuição estética da forma criada, nos eixos cartesianos de coordenadas x, y e z, mapeadas em pixels.

O espaço de representação também foi variado, posto que o produto final do trabalho está sob a forma de doze “slides”, que podem ser projetados e ampliados em fotografia sob diversas dimensões, de acordo com a necessidade. O espaço planográfico das gravuras não tem estrutura narrativa, enquanto analisadas isoladamente.

Como objetivo geral desta experimentação, adquiriu-se o conhecimento necessário para criar a partir de uma nova linguagem, a síntese de imagens. Através do sistema PROSIM/Raytrace foi possível estabelecer um paralelo entre o processo criativo na pintura, com as ferramentas específicas desta linguagem, e na síntese de imagens, com respostas específicas desta linguagem.

Como objetivo específico estabeleceu-se uma ponte entre a paleta do pintor e a palette do computador de forma empírica, ajustando os modelos formais da técnica da pintura à nova linguagem. As gravuras foram geradas a partir das cores modelo correspondentes a cada um dos signos, que se encontravam sob a forma real visível na bibliografia pesquisada [Par71] [Bar84] ou na forma imaginária.

O tema escolhido da astrologia tornou-se uma motivação a abertura de novos caminhos no processo criativo, estimulando a pesquisa a outros temas de mesmo valor.

¹chamaremos de *gravuras* os trabalhos em imagens geradas por computador

A seguir, mostraremos aspectos da personalidade arquetípica de cada signo utilizados na criação, juntamente com a fotografia de cada gravura sintetizada por computador, seguida de um comentário sobre sua concepção formal e cromática.

5.1.1 Áries

Características

- **Período do signo solar:** 22 de março a 20 de abril
- **Área do corpo:** cabeça
- **Cor:** vermelho
- **Metal:** cobre
- **Pedra:** diamante
- **Masculino** (direto), **Fogo** (entusiasta), **Cardeal** (empreendedor, proeminente)
- **Regido por:** Marte (energia e iniciativa)
- **Mito:** Frixos, filho de Nepele, falsamente acusado de violar Biadice, foi condenado à morte e salvo por um carneiro dourado, em cujo dorso escapou com a irmã Hele. Ela teve uma vertigem e caiu, mas Frixos alcançou a segurança e imolou o carneiro a Zeus, que colocou a imagem do animal no céu. Anos mais tarde o tosão do carneiro foi capturado por Jasão.
- **Traços positivos:** Espírito de pioneiro, aventureiro, empreendedor, corajoso, direto e altamente energético. Odeia a restrição e ama a liberdade.
- **Traços negativos:** Egoísta, sempre se coloca em primeiro lugar, sem sutileza, impulsivo, belicoso, satírico, irascível, impaciente e imediatista.
- **Caráter:** Entusiasmadas, generosas e animadas, as pessoas nascidas sob o signo de áries, apreendem rapidamente o essencial de um problema, podendo por isso negligenciar os detalhes. Podem também ser rápidas em outros sentidos, como em ofender. Ansiosas em apresentar seus argumentos, podem até chegar à agressividade. Por isso, não são diplomatas.

Podem ser irascíveis e chegam ao extremo egoísmo, esquecendo-se de considerar os amigos. Podem mentir para evitar uma inconveniência, muito embora no conjunto, não saibam mentir. Não é difícil chamá-los à razão, pois por pior que seja seu egoísmo, são capazes de reconhecer prontamente seu erro. Caráter perspicaz e incansável, é impaciente numa situação que não esteja gostando, porém suporta condições adversas, enquanto acredita que essas mesmas situações lhe trarão o que ele quer. A bravura e desconsideração do ariano pelo perigo são lendárias. Gosta de viver riscos diversos, envolvendo perigo ou não. Tem dores de cabeça com mais frequência que a maioria das pessoas, embora não se importe com o barulho.

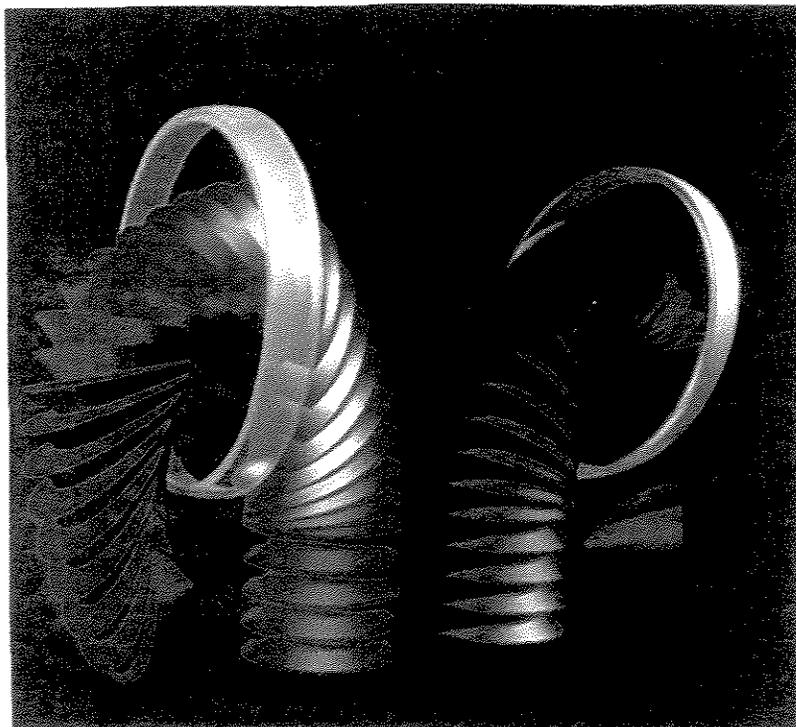


Figura 5.1: Áries

Comentários

A forma da gravura de áries foi baseada no chifre enrolado do carneiro correspondente a este signo, conforme figura 5.1. Colocado no centro da cena, o chifre representa a área do corpo regida por áries (cabeça) e a agressividade do arquétipo ariano.

O ariano possui uma aparência frágil e doce, porém um interior firme e capaz de tomar duras e sérias decisões, mesmo que sob forte tensão emocional. Este aspecto foi representado na gravura pelas firmes estruturas internas que formam os chifres do carneiro, ao mesmo tempo que externamente, apresentam-se revestidos por estruturas em forma de anel, delicadíssimas, leves e transparentes, que representam a aparência externa suave de áries.

As cores modelo vermelho, amarelo e laranja utilizadas no início do processo de reprodução cromática, foram encontradas na representação de áries da bibliografia pesquisada. A cor do chifre é justamente a cor representativa do signo, o vermelho, que estaria correspondendo ao sentimento guerreiro de áries. O anel foi pintado de amarelo, com o objetivo de provocar uma reação de mistura óptica com o vermelho e nos devolver uma sensação de gradações do intervalo vermelho/amarelo, ou seja, o laranja do metal de áries, o cobre.

A tabela 5.1 mostra os parâmetros do Raytrace utilizados na reprodução cromática de cada uma das cores escolhidas para as formas que compõem a gravura de áries.

Par.	BACKGROUND (preto azulado)	SURFACE 0 (arcos amarelos transparentes)					SURFACE 1 (cones vermelhos)			SURFACE 2 (cubo espelhado)
		ka	kd	ks	kt	ps	ka	kd	ks	ps
R	5000	0.05	0.05	0.2	0.9	0.3	0.2	0.4	0.4	1.0
G	5000	0.05	0.05	0.2	0.9	0.3	0.1	0.0	0.4	1.0
B	7000	0.0	0.0	0.2	0.9	0.3	0.0	0.0	0.4	1.0

Tabela 5.1: Parâmetros da Reprodução Cromática em Áries

O parâmetro BACKGROUND, que pode variar entre 0 e 60000 (apêndice A), define uma cor preto-azulada por se tratar de valores relativamente baixos para RGB, sendo

azulado por apresentar um valor maior em B.

Os arcos amarelos e transparentes foram definidos no parâmetro SURFACE 0, que podem variar de 0 a 1 (apêndice A). O coeficiente de transparência k_t é alto e igual em RGB, traduzindo alta transparência. Os coeficientes k_a e k_d possuem os mesmos valores para R e G, o que resulta na cor amarela. A cor do brilho é definida no coeficiente k_s , onde temos RGB com valores iguais e pequenos, gerando a cor cinza. O coeficiente de reflexão p_s é pequeno em RGB, gerando pouca reflexão no arcos.

Os cones vermelhos do chifre foram definidos no parâmetro SURFACE 1, onde o coeficiente de luz ambiente k_a está definido com um valor maior para R, menor para G e nulo em B, o que resulta numa cor própria vermelha, ligeiramente amarelada. O coeficiente k_d reforça o vermelho com valor 0.4 em R e 0.0 para G e B, enquanto que o coeficiente k_s define um brilho de cor acinzentada com valores 0.4 igualmente distribuídos em RGB.

Finalmente, o cubo espelhado definido no SURFACE 2 não tem cor e, por isso, não apresenta os coeficientes k_a , k_d e k_s . Possui apenas o coeficiente p_s com reflexão máxima (1.0 em RGB) e incolor (o mesmo valor para RGB).

5.1.2 Touro

Características

- **Período do signo solar:** 21 de abril a 21 de maio
- **Área do corpo:** garganta
- **Cor:** azul
- **Metal:** cobre
- **Pedra:** safira
- **Feminino** (receptivo), **Terra** (prático, estável), **Fixo** (resistente a mudanças)
- **Regido por:** Vênus
- **Palavras-chave:** possessivamente, progressivamente

- **Mito:** Taurus, era o touro branco que cortejou Europa, carregando-a no dorso. Na verdade era Zeus disfarçado e quando reassumiu sua forma normal, colocou o touro no céu.
- **Traços positivos:** Prático, paciente, hábil em negócios, tem forte capacidade de resistência, firme senso de valores, especialmente em relação às artes, amor ao luxo e à boa comida, é persistente, sólido, determinado e possui muita força de vontade. É afetivo, bondoso e fidedigno.
- **Traços negativos:** Possessivo, preguiçoso, auto-indulgente, é um chato em potencial. Estático nas opiniões, sem flexibilidade e originalidade, ganancioso, obstinado, rancoroso e obcecado com rotinas.
- **Caráter:** Exatamente como um carvalho que se torna parte permanente da paisagem onde é plantado, o taurino desejará pertencer a um ambiente de forma permanente. Está enraizado nas suas opiniões do mesmo modo que um carvalho está enraizado na terra, e por isso é extremamente obstinado e detesta ser contrariado.

A sensação de segurança é para ele bastante importante no trabalho, no casamento e no lar, embora ele mesmo acabe por miná-la de repente, num súbito ataque de fúria. Demora a se enfurecer, mas pode se tornar feroz quando o faz. Apesar de ciumento e possessivo, pode ser muito paciente, charmoso e caloroso, ainda que tenda a ser um pouco chato.

Não deve ser levado a apressar-se e nunca correrá grandes riscos. Possui alto senso de auto-preservação. Tem que ser continuamente estimulado, pois seu conservadorismo pode levá-lo à alienação. Possui um excelente senso para negócios e habilidade para ganhar dinheiro, podendo se apegar a ele. É mais feliz no campo que na cidade.

Comentários

Na gravura do signo de touro, vide figura 5.2, os chifres também foram utilizados como a estrutura da cena. Ao mesmo tempo, estes chifres representam uma faceta arquetípica da personalidade dos nascidos sob este signo, que seria a resistência a mudanças de planos ou a abertura de novos caminhos na sua vida. O taurino possui grande dificuldade em se adaptar a novidades e fica bastante intratável até se acostumar com o novo fato que se apresenta.

A esfera colocada abaixo no chifre indica o firme senso de valores e o conservadorismo pesado do taurino, levando-o até a ter dificuldades em vencer o hiato de gerações com os jovens. Construída de modo a ter paredes grossas, esta esfera distorce a imagem, dando-nos a impressão de uma lente, se relacionando ao bom gosto e refinamento desse arquétipo.

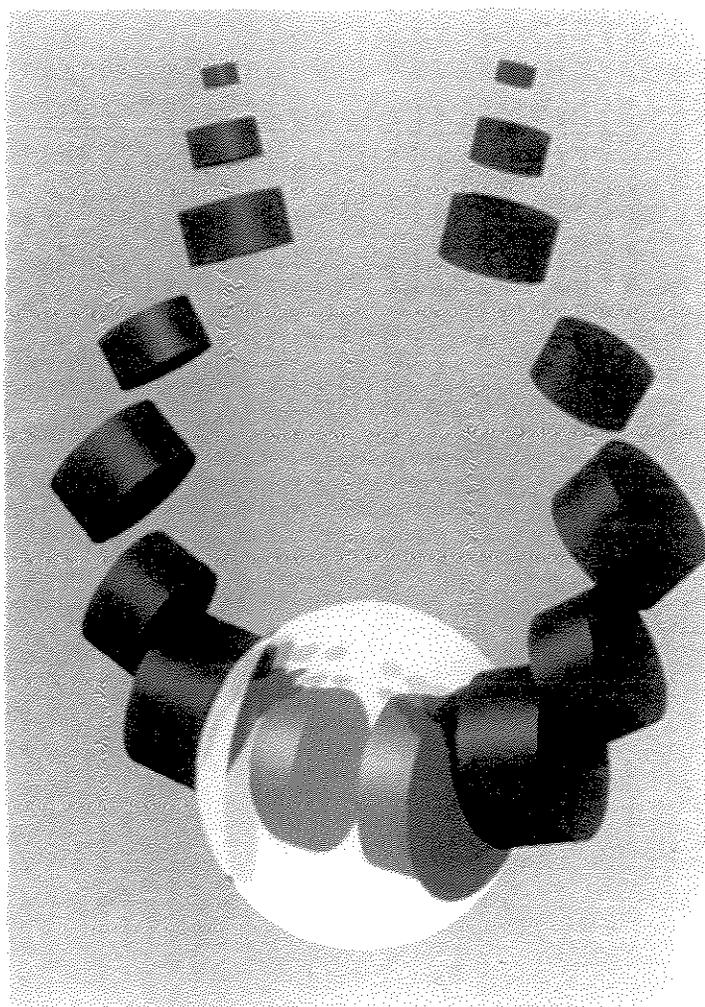


Figura 5.2: Touro

Um outro aspecto desta esfera é puxar o chifre para baixo, devido a sensação de peso que ela provoca. Este peso indica a grande teimosia do taurino.

A cor do signo de touro é o azul colocado no chifre, criando uma aura laranja (por contraste simultâneo), que, com o amarelo colocado ao fundo, forma a cor do cobre, o metal de Vênus. Estas cores modelo (azul, laranja, cobre) também foram extraídas da bibliografia.

A tabela 5.2 destaca os parâmetros utilizados.

Par.	BACKGROUND (amarelo claro)	SURFACE 0 (chifres e cilindros azuis)			SURFACE 1 (esfera transparente)	
		ka	kd	ks	kt	ps
R	50000	0.1	0.0	0.4	0.9	0.3
G	50000	0.1	0.0	0.4	0.9	0.3
B	30000	0.2	0.3	0.4	0.9	0.3

Tabela 5.2: Parâmetros da Reprodução Cromática em Touro

O fundo da gravura Touro, definido no parâmetro BACKGROUND com valores altos e iguais para R e G, resultou na cor amarelo claro.

Os cilindros azuis foram obtidos através do coeficiente ka, com valor 0.1 para R e G e o dobro (0.2) para B. O coeficiente kd reforça o azul com valor 0.3 para B e 0.0 para R e G. O coeficiente ks define a cor cinza do brilho, com valores iguais de 0.4 em RGB.

O SURFACE 1 define a esfera transparente e incolor distribuindo valores relativamente altos em RGB para o coeficiente kt. O coeficiente ps descreve uma ligeira reflexão, com valores iguais de 0.3 em RGB.

5.1.3 Gêmeos

Características

- Período do signo solar: 22 de maio a 22 de junho
- Área do corpo: ouvidos, peito, braços, pulmão e mãos
- Cores: todas
- Metal: mercúrio

- **Pedra:** ágata
- **Masculino** (direto), **Ar** (intelectual), **Mutável** (adaptável)
- **Regido por:** Mercúrio (comunicação mental e física)
- **Palavras-chave:** comunicativamente, adaptavelmente, versatilmente
- **Mito:** No Egito eram conhecidos como As Duas Estrelas, e tomou o nome das estrelas de Castor e Polux, as mais brilhantes da constelação, também conhecidas por Hércules e Apolo, e Triptolemus e Jasão. Os egípcios ilustravam gêmeos como duas crianças, e não as duas figuras adultas usadas atualmente.
- **Traços positivos:** Adaptável, versátil, intelectual, engenhoso e lógico, diligente, espontâneo, jovial, conversador e divertido. Tem uma queda para a escrita e para línguas. É sempre jovem e atual nas perspectivas e na aparência.
- **Traços negativos:** Mutável, agitado, astucioso, inquisitivo, inconsistente e falso. Incapaz de controlar a energia nervosa, vive com os nervos à flor da pele. É superficial e fofoqueiro.
- **Caráter:** o geminiano está *sempre* certo e *nunca* muda de idéia, até a próxima vez que o mesmo assunto venha à tona onde ele terá uma outra opinião sobre o assunto. Por este aspecto enfurece seus oponentes numa discussão, justamente pelo seu talento em dialogar sobre muitos assuntos, todos com conhecimento superficial. Sua habilidade em “blefar” para sair de enrascadas é fenomenal.

Inconsistente e superficial, possui insistente impulso para se comunicar. As mulheres passam horas tagarelando no telefone. Estão constantemente escrevendo para a imprensa, participando de comícios ou de tudo que determine comunicabilidade. Estará sempre em movimento e fazendo mais de uma coisa ao mesmo tempo. Esta dualidade é parte importante de sua natureza. Precisa de muita variedade e mudança, pois se entedia com muita facilidade, largando tudo o que é monótono para se voltar a outra atividade qualquer.

Possui sistema nervoso sensível e extremamente delicado, que pode sucumbir sob pressão. Gêmeos é considerado o mais juvenil dos signos.

Comentários

Qualquer imagem construída tendo como base o signo de gêmeos inclui a dualidade de sua personalidade arquetípica, o que é considerado seu aspecto marcante. A gravura de gêmeos, vide figura 5.3, foi construída no Raytrace explorando, além do aspecto mencionado acima, o lado juvenil representado na fusão das cores, o lado infantil dos jogos de criança e o lado espontâneo da personalidade do geminiano. O geminiano está sempre em movimento e a gravura representa este aspecto através dos objetos flutuando na cena, dando a sensação de movimento.

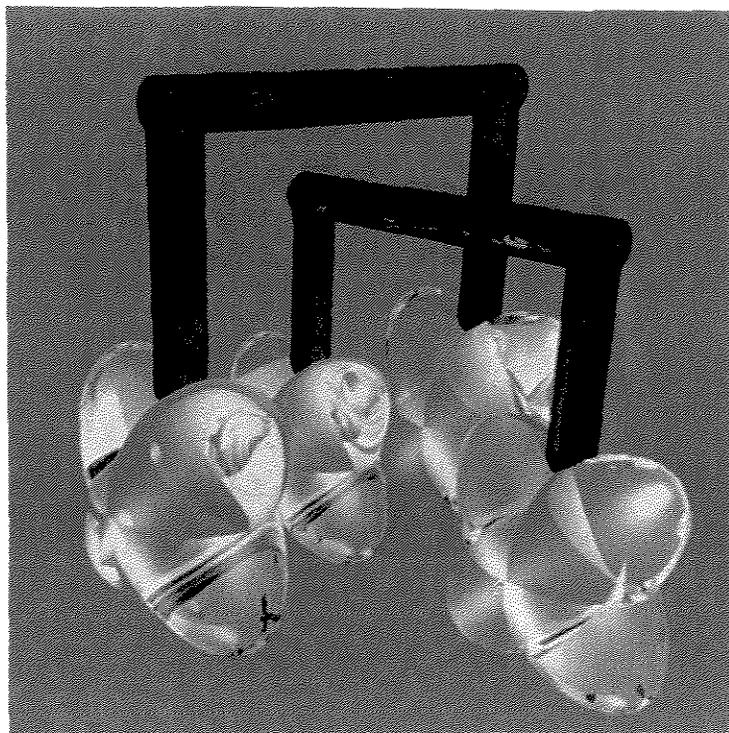


Figura 5.3: Gêmeos

As cores preferidas das pessoas nascidas sob o signo de gêmeos são simplesmente todas, pois os geminianos gostam de ser versáteis. Este aspecto foi representado na gravura através do mapeamento em fractal de algumas primitivas, que além de explorar a variação das cores, utiliza o acaso de sua forma. O processo de reprodução cromática deste ícone utilizou livremente as cores modelo representadas na bibliografia e construídas conforme mostra a tabela 5.3, chegando às cores-finais com a utilização dos fractais.

Par.	BACKGROUND (verde água)	SURFACE 0 (oval vermelha)				SURFACE 1 (oval verde azulada)			SURFACE 2 (cilindros com fractal)		
		ka	kd	ks	kt	ka	kd	ks	ka	kd	ks
R	20000	0.15	0.15	0.4	0.9	0.0	0.0	0.4	0.35	0.4	0.4
G	40000	0.0	0.0	0.4	0.9	0.05	0.05	0.4	0.25	0.0	0.4
B	40000	0.0	0.0	0.4	0.9	0.05	0.05	0.4	0.0	0.0	0.4

Tabela 5.3: Parâmetros da Reprodução Cromática em Gêmeos

O BACKGROUND é verde água, sendo definido com valores altos e diferenciados para G e B.

A forma oval transparente vermelha foi definida através do coeficiente k_a , que contendo o valor 0.15 para R e 0.0 para G e B resulta no vermelho do objeto. O coeficiente k_d confirma a mesma distribuição do coeficiente k_a e o coeficiente k_s resulta em cinza com valores iguais de 0.4 em RGB. O coeficiente k_t define uma transparência incolor com valores 0.9 em RGB.

O verde azulado das outras formas ovais deu-se com a definição de valores iguais para G e B no coeficiente k_a , confirmado pela mesma distribuição no coeficiente k_d . O coeficiente k_s determina a cor cinza do brilho, atribuindo valores 0.4 em RGB.

O SURFACE 2 foi determinado de forma a mapear os cilindros. O fractal é mapeado na superfície utilizando as características definidas pelos coeficientes k_a , k_d e k_s .

5.1.4 Câncer

Características

- Período do signo solar: 23 de junho a 23 de julho
- Área do corpo: seios
- Cores: cinza e rosa
- Metal: prata
- Pedra: pérola

- **Feminino** (receptivo), **Água** (emocional), **Cardeal** (empreendedor)
- **Regido por:** Lua (reação, instinto, flutuação)
- **Palavras-chave:** protetivamente, sensivelmente
- **Mito:** Enquanto caranguejo, Câncer é babilônico de origem, mas no Egito a constelação ora era representada por duas tartarugas (conhecidas como as estrelas da água), ora como Allul (uma criatura aquática não identificada). Assim, sua associação com a água é antiga, mas inexistente uma história mitológica mais detalhada.
- **Traços positivos:** Gentil, sensível e simpático. Possui uma poderosa imaginação e um forte instinto materno ou paterno. Solícito e protetor, é cauteloso, patriótico, tenaz, perspicaz, frugal, emocionalmente desembaraçado e um excelente pai de família.
- **Traços negativos:** Super-emotivo, hipersensível, mordaz, melindroso, mal-humorado e mutável. Possui um exterior duro escondendo um caráter fraco. Tem inclinação à auto-comiseração, é rancoroso, instável e facilmente lisonjeável.
- **Caráter:** Não é fácil compreendê-lo e nem suportá-lo. Pode ser tanto gentil e solícito, quanto temperamental. É mal-humorado sem nenhuma boa razão com qualquer pessoa que fale com ele. Frequentemente parece duro, e em muitos sentidos verdadeiramente o é. Neste sentido, às vezes até desprovido de magnanimidade, repisa eternamente uma injustiça minúscula feita contra ele.

Ao mesmo tempo que aborrece os amigos com comentários impensados, é super sensível às críticas. Sob este exterior duro e talvez não atraente, está a carne macia interior, que utiliza esta mesma capa dura como proteção, exatamente como o caranguejo que representa seu signo. O canceriano oscila sempre entre a gentileza e o mal-humor. Se o pêndulo vier a parar, será provável que o faça sob a influência de um lar e uma família. Ele ama o lar e o casamento, mas apesar disso, pode viver no passado, lembrando os velhos tempos. Qualquer projeto iniciado por um canceriano é concluído.

Comentários

O canceriano tem instinto materno, é receptivo e instintivo. Por isso a cor escolhida para representá-lo na gravura foi o rosa, conforme figura 5.4.

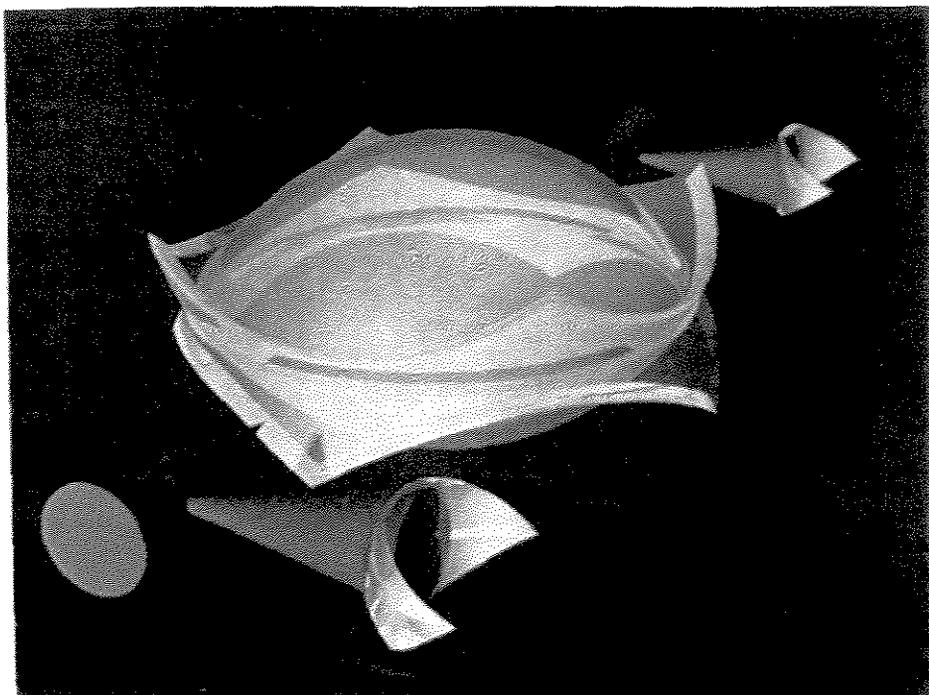


Figura 5.4: Câncer

O processo de reprodução cromática neste caso, partiu de uma cor modelo simples. O rosa fosco dos braços do caranguejo foram retirados da bibliografia, enquanto que todo o resto do corpo é a versão transparente desta cor, mantidas as proporções nos parâmetros de construção das cores no Raytrace.

Diferentemente do signo de áries, que apresentava uma fragilidade externa enquanto possuía uma forte estrutura emocional interior, os nascidos sob o signo de câncer possuem arquetipicamente uma imagem externa bastante rígida e forte, enquanto a sensibilidade fragilidade interna vêm a ser bastante agudas. Na gravura, a capa exterior funciona como proteção a esta maciez interior.

Levando em consideração estas características, a gravura do signo de câncer foi concebida na forma de um caranguejo, formado externamente por uma capa bastante rígida e cheia de pontas que machucam, protegendo a carne rosada e sensível de seu interior.

Os nascidos sob o signo de câncer oscilam constantemente entre a gentileza e o

mau-humor. Esta variação de sentimentos está representada através da contradição entre a forma agressiva da casca do caranguejo e a cor rosa, maternal e delicada. Os parâmetros utilizados no mapeamento das cores são mostrados na tabela 5.4.

Par.	BACKGROUND (preto azulado)	SURFACE 0 (corpo e garras rosas)				SURFACE 1 (braços rosa foscos)		
		ka	kd	ks	kt	ka	kd	ks
R	9000	0.15	0.2	0.3	0.95	0.3	0.4	0.2
G	9000	0.05	0.1	0.3	0.95	0.1	0.2	0.2
B	12000	0.1	0.15	0.3	0.95	0.2	0.3	0.2

Tabela 5.4: Parâmetros da Reprodução Cromática em Câncer

O preto azulado do parâmetro BACKGROUND foi obtido através da distribuição de valores pequenos em RGB, sendo maior em B.

O rosa transparente do corpo e das garras do caranguejo deu-se através do coeficiente k_a , tendo a cor própria do objeto descrita numa mistura de R e B, com pouco G. O coeficiente k_d confirma esta mistura com valor 0.2 em R e 0.15 em B e o coeficiente k_s determina a cor cinza para o brilho com valores 0.3 em RGB. O coeficiente k_t foi determinado com valores relativamente altos para RGB, resultando em alta transparência.

O rosa fosco dos braços, descrito no SURFACE 1, segue a mesma proporção nos valores do rosa transparente do corpo e garras, inutilizando-se apenas o coeficiente k_t .

5.1.5 Leão

Características

- **Período do signo solar:** 24 de julho a 23 de agosto
- **Área do corpo:** coluna vertebral, coração e costas
- **Cores:** amarelo-dourado, laranja
- **Metal:** ouro
- **Pedra:** rubi

- **Masculino** (direto), **Fogo** (entusiasta), **Fixo** (resistente a mudanças)
- **Regido por:** Sol (poder, vitalidade e expressão da própria personalidade)
- **Mito:** O leão comemorado nesta constelação é tradicionalmente o leão de Neméia, de pele à prova de ferro, bronze e pedra. Hércules o matou, perdendo um dedo entre seus dentes e dando mostra de bravura.
- **Traços positivos:** Magnânimo, generoso, criativo, entusiasmado. É bom organizador, indulgente e expansivo, além de possuir um senso para o drama e a encenação.
- **Traços negativos:** Dogmático, brigão, pomposo, esnobe e intolerante. Tem opiniões fixas e é condescendente. Louco por poder apesar de parecer dissimulado.
- **Caráter:** Ele é o rei, o chefe e o líder. Sabe que é melhor em organizar a vida de outras pessoas do que elas mesmas, e se elas aceitarem isto, tudo irá bem.

Costumam ser suscetíveis e fáceis de magoar, mas não demonstram isso sob hipótese alguma. Se realmente se enfurecem, representam um ato real completo. Imediatamente “sobem ao altar” e deixam claríssimo que “o imbecil impertinente que foi estúpido o suficiente para se considerar igual a ele deve recuar ao seu adequado nível inferior!”

Possui pronunciada queda para o drama e alguns fazem cenas para serem o centro das atenções. São extravagantes e o dinheiro escorrega-lhes por entre os dedos.

Comentários

O signo de leão tem a gravura ligada a tudo o que é magnânimo, pois ela terá que representar o poder de um rei, de um líder.

A gravura construída sobre este signo, conforme figura 5.5, tem as cores e a iluminação do Sol, o astro rei que corresponde ao leonino, cores modelo que iniciam o processo de reprodução cromática no Raytrace. Em contraste às cores alaranjadas do conjunto central da cena, aparece ao fundo a cor complementar, o azul, que enaltece ainda mais a imponência do signo dourado. A forma do leão foi concebida de forma pomposa e esnobe, como insinua o movimento majestoso da cauda de um leão.

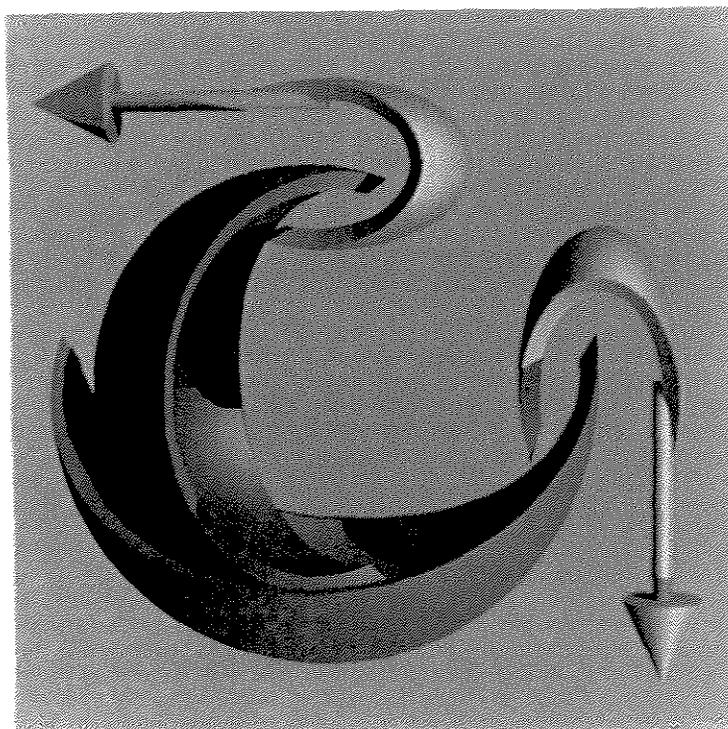


Figura 5.5: Leão

A tabela 5.5 mostra os parâmetros da reprodução cromática na gravura de leão.

Par.	BACKGROUND (azul cerúleo)	SURFACE 0 (forma laranja)			SURFACE 1 (forma cobre)			SURFACE 2 (forma amarela)		
		ka	kd	ks	ka	kd	ks	ka	kd	ks
R	35000	0.3	0.3	0.3	0.2	0.6	0.3	0.3	0.5	0.2
G	35000	0.2	0.2	0.3	0.2	0.2	0.2	0.3	0.2	0.2
B	40000	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.2

Tabela 5.5: Parâmetros da Reprodução Cromática em Leão

O BACKGROUND foi definido através de valores altos, com ligeira modificação no valor de B. O equilíbrio entre R e G provoca o amarelo e a adição de B resulta num azul cerúleo, ligeiramente esverdeado.

A forma laranja foi obtida através do coeficiente ka, que apresenta o valor 0.3

em R, 0.2 em G e 0.1 em B. Essa distribuição gera o laranja resultante da mistura de 0.2 em R e 0.2 em G (resultando no amarelo) com 0.1 a mais de R. O valor determinado para B equilibra a mistura. O coeficiente kd confirma o laranja e o coeficiente ks determina um brilho ligeiramente amarelado com valor 0.3 para R e G.

O SURFACE 1 resulta na cor de cobre, gerada pela com a sobreposição do amarelo do coeficiente ka e do laranja fortemente avermelhado do coeficiente kd. O coeficiente ks reforça o vermelho com o valor 0.3 em R.

A forma amarela foi obtida do SURFACE 2, provocada pela mistura do coeficiente ka (valores 0.3 para R e G), o amarelo avermelhado do coeficiente ks (valor 0.5 para R e 0.2 para G) e o brilho do coeficiente ks com valor 0.2 para RGB.

5.1.6 Virgem

Características

- **Período do signo solar:** 24 de agosto a 23 de setembro
- **Área do corpo:** vísceras, intestinos
- **Cor:** azul, marrom
- **Metal:** mercúrio
- **Pedra:** sardônica
- **Feminino** (receptivo), **Terra** (prático), **Mutável** (adaptável)
- **Regido por:** Mercúrio (comunicação mental e física)
- **Palavras-chave:** criticamente, analiticamente
- **Mito:** Segundo Hesíodo, Virgem (também chamada de Austréia) era a deusa da justiça e filha de Júpiter com Têmis. Quando a idade áurea terminou e o homem desafiou-lhe a regência, ela retornou ao céu, desgostosa.
- **Traços positivos:** Discriminativo, analítico, metucioso, modesto e ordeiro como ninguém.
- **Traços negativos:** Exageradamente minucioso e preocupado, hiper crítico, afetado, anormalmente convencional e enfadonho.

– **Caráter:** Cuidadoso e ávido em ajudar os companheiros, sempre trabalha duro. É extremamente prático e com grande apetite para detalhes. Tem muita energia nervosa para gastar e acha muito difícil diminuir o ritmo. Busca a perfeição nas minúcias, perdendo a visão do quadro geral. Sua força motriz é servir e isto o gratifica.

A precisão e a ordem são naturais para ele, e acompanhando uma pureza que, conforme sugere o nome do signo, é semelhante à virgindade. Em alguns casos isto pode erguer uma barreira psicológica que talvez faça os virginianos parecerem particularmente reservados. É talvez pelo resultado da pureza associada ao signo, que os virginianos costumam se interessar consideravelmente pela saúde e pela higiene. A associação virgem / castidade é óbvia, acarretando dificuldades emocionais. Assim, para o virginiano não é fácil exprimir-se tão integral ou ardentemente quanto desejaria.

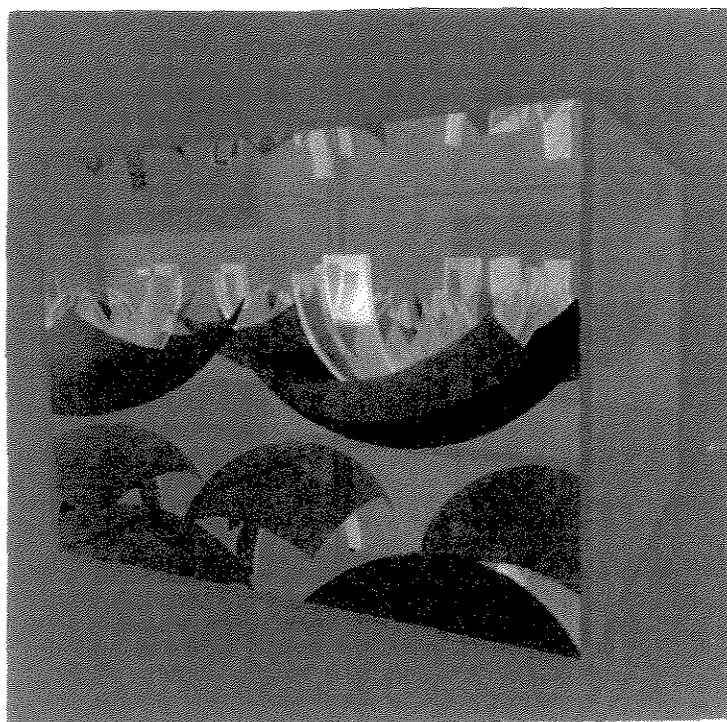


Figura 5.6: Virgem

Comentários

Uma flor delicada e meticulosamente construída se encontra dentro de uma caixa ligeiramente espelhada em seu interior. Esta é a idéia da gravura de virgem, como mostra a figura 5.6. A flor foi escolhida como forma de representação do aspecto sensível e delicadamente perturbado do virginiano, provocado pela sua ligação à castidade, que provoca dificuldades emocionais.

Cheia de pétalas e com muitos detalhes, a flor está colocada numa caixa que por sua vez, reflete a mesma imagem por inúmeras vezes, retornando-as para a flor. Esta seria a formalização da idéia exageradamente analítica, hipercrítica e minuciosa que os nascidos sob o signo de virgem têm de seus próprios problemas, e o costume de analisá-los muito detalhadamente, acabando por perder a noção do todo.

A reprodução cromática foi realizada a partir de cores modelo reais, encontradas na bibliografia pesquisada. Os parâmetros de construção das cores são mostrados na tabela 5.6.

Par.	BACKGROUND (azul ultramar)	SURFACE 0 (pétalas amarelas)				SURFACE 1 (forma azul)			SURFACE 2 (caixa espelhada)	
		ka	kd	ks	kt	ka	kd	ks	kt	ps
R	20000	0.2	0.2	0.2	0.9	0.1	0.0	0.2	0.3	0.9
G	20000	0.1	0.1	0.2	0.9	0.1	0.0	0.2	0.3	0.9
B	25000	0.0	0.0	0.2	0.9	0.2	0.3	0.2	0.3	0.9

Tabela 5.6: Parâmetros da Reprodução Cromática em Virgem

Dentro dos parâmetros de reprodução cromática em Virgem, o BACKGROUND resulta no azul ultramar por conter valores médios em RGB, com maior valor para B.

As pétalas amarelas foram obtidas no SURFACE 0 através do coeficiente k_a , que descreve um amarelo avermelhado, com valor 0.2 para R e 0.1 para G. Enquanto o coeficiente k_d reforça os mesmos parâmetros do coeficiente k_a , o coeficiente k_s determina um brilho cinza com a atribuição uniforme do valor 0.2 para RGB. O coeficiente k_t determina um alto grau de transparência com valores 0.9 para RGB.

O SURFACE 1 determina a forma azul, tendo o coeficiente ka com valor 0.2 para B reforçado pelo coeficiente kd com valor 0.3 também em B. O coeficiente ks determina novamente um brilho cinza com valores 0.2 para RGB.

A caixa espelhada incolor tem o coeficiente de transparência kt pequeno para RGB e o coeficiente ps elevado, resultando numa superfície com grande reflexão e pouca transparência.

5.1.7 Libra

Características

- **Período do signo solar:** 24 de setembro a 23 de outubro
- **Área do corpo:** rins
- **Cor:** azul
- **Metal:** cobre
- **Pedra:** safira
- **Masculino** (direto), **Ar** (intelectual, comunicativo), **Cardeal** (empreendedor, proeminente)
- **Regido por:** Vênus
- **Palavras-chave:** harmoniosamente, juntos
- **Mito:** Não existe um mito muito antigo que envolva libra, mas por volta de 2000 a.c., a constelação era associada com o julgamento dos vivos e dos mortos nas religiões babilônicas, e Zibanitu (a balança) pesava as almas. No Egito, a colheita era pesada quando a Lua estava cheia em libra.
- **Traços positivos:** Encantador, preza à harmonia e às condições de vida agradáveis. De natureza despreocupada, é romântico, diplomata, idealista e refinado.
- **Traços negativos:** Indeciso, rancoroso, frívolo, mutável e dado ao fierte. Crédulo, é facilmente influenciável pelos outros.

- **Caráter:** Tem que se expressar em todas as esferas de sua vida e os outros têm que aceitar integralmente sua expressão de forma generosa. Um relacionamento emocional permanente, no qual o ato de dar e receber estejam bem equilibrados, o faz feliz. Detesta brigas e tem um grande encanto natural. Evita sempre que possível todas as formas de discussão e perturbação.

Numa atitude cativante, tende a querer ser todas as coisas para todos os homens. Indeciso, prefere esperar para ver o que acontece. Os librianos têm uma reputação de preguiça, mas comumente não são tão indolentes quanto parecem, pois são razoavelmente ávidos por conseguir o que querem e podem parecer preguiçosos por causa de sua indecisão. Quando realmente decide que quer alguma coisa, geralmente a consegue, de um modo ou de outro. É um anfitrião excelente e prestativo.

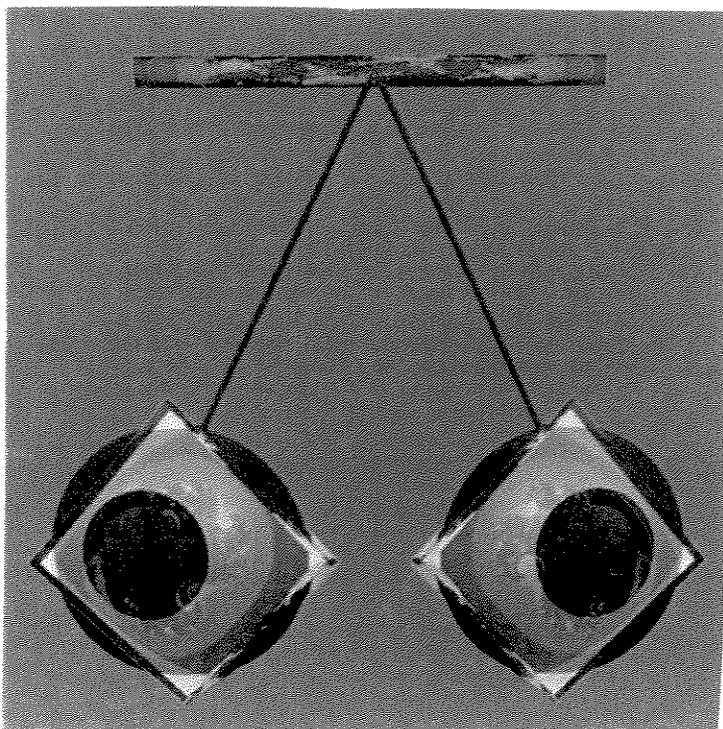


Figura 5.7: Libra

Comentários

Como mostra a figura 5.7, a gravura de libra foi construída baseando-se em dois aspectos bastante imediatos do arquétipo de sua personalidade. O primeiro é a sua relação com a justiça, remetendo-nos imediatamente à balança, símbolo da justiça entre os homens.

Um outro aspecto explorado nesta gravura foi a necessidade permanente de impulso na vida do libriano, para que ele consiga levar adiante os seus projetos. Para representar este aspecto, foi utilizada a imagem de um brinquedo infantil que tem a forma de uma balança com duas bolas pesadas em cada ponta. Estas bolas criam impulsos cada vez maiores quando se chocam, até chegarem a se chocar abaixo e acima do ponto fixo. A cor modelo utilizada foi mencionada na própria definição do signo solar de libra, o azul, dando início ao processo de reprodução cromática no Raytrace, conforme tabelas 5.7 e 5.8.

Par.	BACKGROUND (azul "royal")	SURFACE 0 (cilindros finos azuis)			SURFACE 1 (cubos com fractal)			
		ka	kd	ks	ka	kd	ks	kt
R	2000	0.1	0.0	0.2	0.2	0.3	0.4	0.9
G	30000	0.1	0.0	0.2	0.1	0.1	0.4	0.9
B	40000	0.2	0.3	0.2	0.0	0.0	0.4	0.9

Tabela 5.7: Parâmetros da Reprodução Cromática em Libra

Par.	SURFACE 2 (esferas azuis)			SURFACE 3 (cilindro com fractal)		
	ka	kd	ks	ka	kd	ks
R	0.1	0.0	0.2	0.3	0.4	0.4
G	0.1	0.0	0.2	0.1	0.2	0.4
B	0.2	0.3	0.2	0.0	0.0	0.4

Tabela 5.8: Parâmetros da Reprodução Cromática em Libra (cont.)

A cor de fundo azul "royal" do BACKGROUND de libra foi obtido através da determinação de valores relativamente altos para RGB, com ligeiro aumento de valor em G e ainda maior em B.

O SURFACE 0 determina a cor azul dos cilindros finos com o coeficiente ka contendo maior valor em B e iguais valores em R e G. O coeficiente kd confirma um valor elevado para B e o coeficiente ks determina o brilho cinza com valores 0.2 para RGB.

O SURFACE 1 e o SURFACE 3 trabalham juntos com o mapeamento em fractal. O fractal é mapeado na superfície utilizando as características definidas pelos coeficientes ka, kd e ks.

O SURFACE 2 provoca nas esferas a mesma cor azul que o SURFACE 0, repetindo seus parâmetros.

5.1.8 Escorpião

Características

- **Período do signo solar:** 24 de outubro a 22 de novembro
- **Área do corpo:** órgãos sexuais
- **Cor:** vermelho e castanho
- **Metal:** ferro
- **Pedra:** opala
- **Feminino** (receptivo), **Água** (emocional), **Fixo** (resistente a mudanças)
- **Regido por:** Plutão (cruel, sádico e queda para negócios)
- **Palavras-chave:** intensamente, apaixonadamente
- **Mito:** Por ordem de Juno, o escorpião ergueu-se da Terra para atacar Orion. Também levou os Cavalos do Sol a disparar, quando eram conduzidos pelo menino Faetonte. Júpiter o puniu duramente atingindo-o com um raio.
- **Traços positivos:** Possui emoções e sentimentos poderosos. Também tem sentido de finalidade e é altamente imaginativo, possuindo uma capacidade de discernimento sutil. Persistente, é determinado na consecução de seus objetivos.
- **Traços negativos:** É ciumento, rancoroso, teimoso, obstinado e intratável. Também reticente e desconfiado.

- **Caráter:** Desenvolve profundidade nas paixões, especialmente em termos sexuais. É interessado no trabalho e também no divertimento. Possui uma personalidade intensa, o que indica finalidade para a vida. Não faz nada pela metade. É uma pessoa ciumenta, não só no amor. Sua energia é enormemente poderosa, dando-lhe profundidades ocultas.

Possui também o poder de se alçar acima das dificuldades mundanas, levando-o a se revoltar se acaso a sua ocupação seja vulgar ou monótona demais. Adapta-se rapidamente aos pontos críticos da vida. Instinto masoquista.

Além do poder de raciocínio e do alto nível intuitivo, possui um forte sentido de percepção e uma mente analítica capaz de penetrar qualquer problema. A abordagem dos problemas não é facilmente determinada por ele, pois acha difícil compreender suas próprias reações diante destes problemas. Tem tendência a auto-repressão.

Comentários

A gravura do signo de escorpião foi estruturada de acordo com a própria aparência do animal escorpião. Construído em duas garras (vide figura 5.8), a de cima representa a cauda mortal venenosa e a segunda abaixo representa a cabeça. Por ser uma cauda que possui forma agressiva nos remete ao aspecto sombrio e auto-destrutivo das pessoas nascidas sob este signo.

A garra da cabeça representa o raciocínio e a intuição extremamente agudos, presentes na personalidade arquetípica dos nascidos sob o signo de escorpião. Como a sensualidade e a sexualidade é bastante mencionada na descrição do arquétipo de escorpião, a gravura foi feita nas cores da sensualidade, o vermelho e o preto.

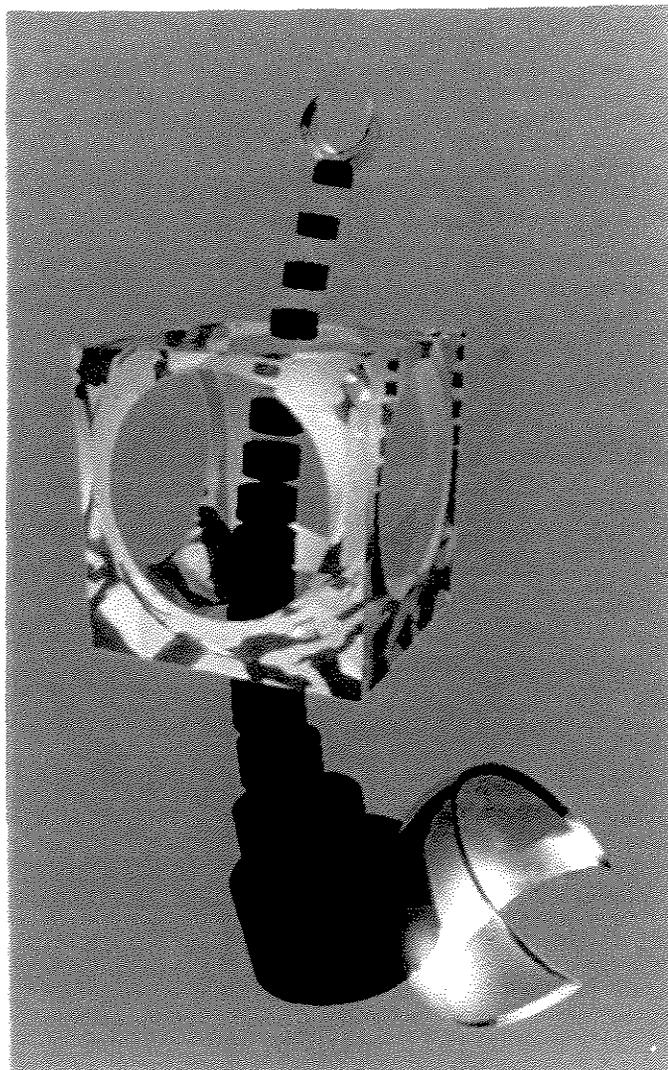


Figura 5.8: Escorpião

Estas cores modelo foram retiradas da bibliografia e a tabela 5.9 mostra os parâmetros utilizados na geração da imagem.

Par.	BACKGROUND (cinza)	SURFACE 0 (cubo e garras vermelhas)				SURFACE 1 (cilindros pretos)		
		ka	kd	ks	kt	ka	kd	ks
R	30000	0.1	0.1	0.4	0.9	0.0	0.0	0.2
G	30000	0.0	0.0	0.4	0.9	0.0	0.0	0.2
B	30000	0.0	0.0	0.4	0.9	0.0	0.0	0.2

Tabela 5.9: Parâmetros da Reprodução Cromática em Escorpião

A cor cinza foi obtida com a distribuição de valores médios e iguais para RGB (30000). Lembrando que no BACKGROUND o valor 0 para RGB provoca preto e 60000 provoca branco.

O cubo transparente vermelho descrito através do SURFACE 0 é resultado do coeficiente k_a e do coeficiente k_d com valor 0.1 em R e 0.0 em G e B. O coeficiente k_s determina um brilho cinza e o coeficiente k_t contém valores relativamente elevados para RGB, gerando um elevado grau de transparência.

As garras tem os mesmos coeficientes que o cubo, porém mapeadas com fractal. O fractal é mapeado na superfície utilizando as características definidas pelos coeficientes k_a , k_d e k_s .

O SURFACE 1 é responsável pela cor preta dos cilindros, onde os valores dos coeficientes k_a e k_d são nulos para RGB. Possuem um brilho cinza determinado pelo coeficiente k_s com valores 0.2 para RGB.

5.1.9 Sagitário

Características

- **Período do signo solar:** 23 de novembro a 22 de dezembro
- **Área do corpo:** quadris, coxas
- **Cor:** púrpura, azul
- **Metal:** estanho

- **Pedra:** topázio
- **Masculino** (direto), **Fogo** (entusiasta), **Mutável** (adaptável)
- **Regido por:** Júpiter
- **Palavras-chave:** extensamente, livremente, exploratoriamente
- **Mito:** Sagitário, com suas duas faces (animal e humana), era o centauro Quíron, que educou Jasão, Aquiles e Enéias. Famoso como profeta, médico e estudioso, era filho de Filira e Cronos, também pai de Zeus que, surpreendido no ato, transformou-se num garanhão e partiu a galope, abandonando Filira. Esta, desgostosa com o filho metade homem e metade cavalo, acabou se transformando numa tília.
- **Traços positivos:** Jovial, otimista e versátil. Possui uma mente aberta e adaptável, resultando num bom julgamento e numa perspectiva filosófica. Amante da liberdade, é sincero e franco, fidedigno e escrupuloso.
- **Traços negativos:** Propenso ao exagero e ao extremismo, não tem tato, é inquieto e negligente. Cegamente otimista, se torna turbulento, irresponsável e caprichoso.
- **Caráter:** Negligente na juventude, é dado a dirigir carros velozes sem pensar na segurança. Aprende mais com os próprios erros que os demais signos. Possui o encanto pela liberdade e um formidável potencial intelectual. É esportista e aprecia particularmente explorar assuntos desconhecidos. Precisa sentir-se livre e gosta de explorar o mundo físico e intelectual. Sua vida precisa conter muitos desafios. É versátil e precisa fazer mais de uma coisa de cada vez.

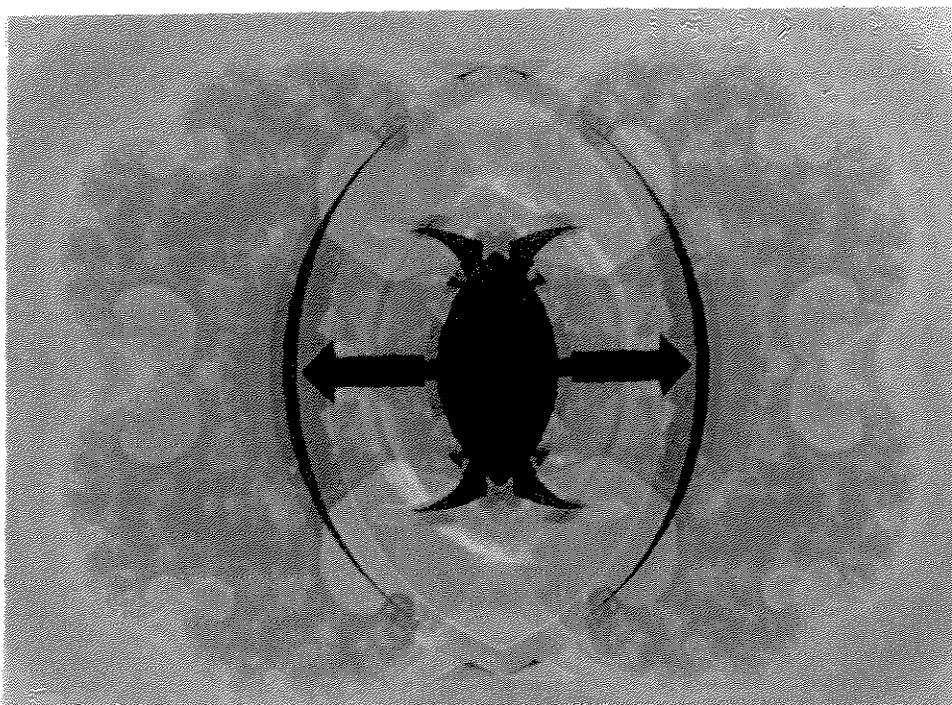


Figura 5.9: Sagitário

Comentários

Como mostra a figura 5.9, a gravura de sagitário foi construída a partir do aspecto principal de sua personalidade arquetípica, o lançamento de seus objetivos num futuro distante, saindo imediatamente em busca de seus anseios, usando a própria defesa se necessário. Para a representação desta característica, a gravura foi construída com duas lanças, projetando a nossa visão para dois lados opostos.

Atrás existe um cubo espelhado e mapeado com fractal, indicando o mergulho ao mundo psíquico vivido por toda a vida dos nascidos sob o signo de sagitário. As cores modelo utilizadas foram parte retiradas da bibliografia e parte criadas durante o processo de reprodução cromática, mostradas na tabela 5.10.

Par.	BACKGROUND (verde azulado)	SURFACE 0 (arco vermelho)				SURFACE 1 (flecha azul)			SURFACE 2 (cubo mapeado com fractal)				
		ka	kd	ks	kt	ka	kd	ks	ka	kd	ks	kt	ps
R	20000	0.5	0.1	0.2	0.9	0.0	0.0	0.4	0.05	0.03	0.2	0.9	0.3
G	25000	0.0	0.0	0.2	0.9	0.1	0.0	0.4	0.1	0.2	0.2	0.9	0.3
B	29000	0.1	0.3	0.2	0.9	0.2	0.4	0.4	0.05	0.05	0.2	0.9	0.3

Tabela 5.10: Parâmetros da Reprodução Cromática em Sagitário

O fundo da gravura de sagitário é resultado de uma mistura entre a cor determinada no parâmetro BACKGROUND e a superfície do cubo determinada no parâmetro SURFACE 2. O BACKGROUND descreve um verde azulado de acordo com a distribuição de um valor ligeiramente maior em B, seguido de G e menor em R.

A superfície do SURFACE 2 foi determinada pelo mapeamento em fractal. O fractal é mapeado na superfície de acordo com as características descritas nos coeficientes ka, kd e ks.

O arco vermelho foi descrito no SURFACE 0, contendo um coeficiente ka com elevado valor em R, nulo em G e pequeno em B, resultando em vermelho vivo. Confirmado no coeficiente kd, este vermelho se torna transparente pelos altos valores do coeficiente kt.

O SURFACE 1 determina uma cor azul para a flecha, onde o coeficiente ka contém um valor elevado em B, médio em G e nulo em R. O coeficiente kd confirma a cor azul e o coeficiente ks determina um brilho cinza claro, com valores 0.4 para RGB.

5.1.10 Capricórnio

Características

- **Período do signo solar:** 23 de dezembro a 19 de janeiro
- **Área do corpo:** joelhos, canelas
- **Cor:** preto, vermelho, marrom
- **Metal:** chumbo

- **Pedra:** turquesa
- **Feminino** (receptivo), **Terra** (prático, estável), **Cardeal** (empreendedor, proeminente)
- **Regido por:** Saturno
- **Palavras-chave:** prudentemente, ambiciosamente, calculadamente
- **Mito:** As associações mitológicas do Capricórnio são incertas, embora haja uma tênue referência a Pã – cuja mãe saiu correndo ao ver-lhe a feiúra, mas cujo sucesso com as ninfas era notável. Um antigo deus babilônico era Ea, conhecido como “antílope do oceano subterrâneo” – o bode com cauda de peixe, também chamado “Kusarikku”, o bode peixe.
- **Traços positivos:** Digno de confiança, determinado, ambicioso, cuidadoso e prudente. Tem senso de humor e senso de disciplina. É paciente e perseverante.
- **Traços negativos:** Aparência rígida, é superexigente, pessimista, convencional, avarento e mesquinho. Um desmancha-prazeres.
- **Caráter:** Pode-se resumir dois tipos de capricornianos descrevendo dois tipos de bode: o montês, que avança de rochedo em rochedo, sempre seguindo em frente para morder um tufo de grama mais verde, mais alto na montanha e o bode doméstico, restrito ao pequeno gramado dentro do círculo que lhe é permitido pela estaca e a corrente. Os capricornianos em geral, são ambiciosos e sempre visam a promoção ou o aumento de salário. Magníficos homens de negócio, sempre terão êxito se forem positivos. Isso quanto ao bode montês.

O doméstico é triste por ser preso ao vale. Tem ambição também, mas por mais que tente, os fardos da competição são demais para ele. Um dos traços capricornianos mais cativantes é o seu senso de humor. São basicamente pessoas de poucas palavras, mas os seus comentários secos e um tanto sombrios, podem ser extremamente engraçados.

Os nativos de capricórnio são dignos de confiança, pacientes e bastante cautelosos. Podem suportar um apuro considerável se as circunstâncias o exigirem. Tendem a ser convencionais e acham particularmente difícil se identificar com a liberdade emocional e a permissividade de seus contemporâneos mais jovens. Geralmente, o

capricorniano é uma pessoa autocontida e, como muito da sua energia se volta para os interesses da carreira e do prestígio, ele talvez venha a ignorar alguns dos elementos mais humanos que constituem a vida. Os capricornianos frequentemente são atraídos pelo trabalho governamental e considera adequadas as áreas administrativas.

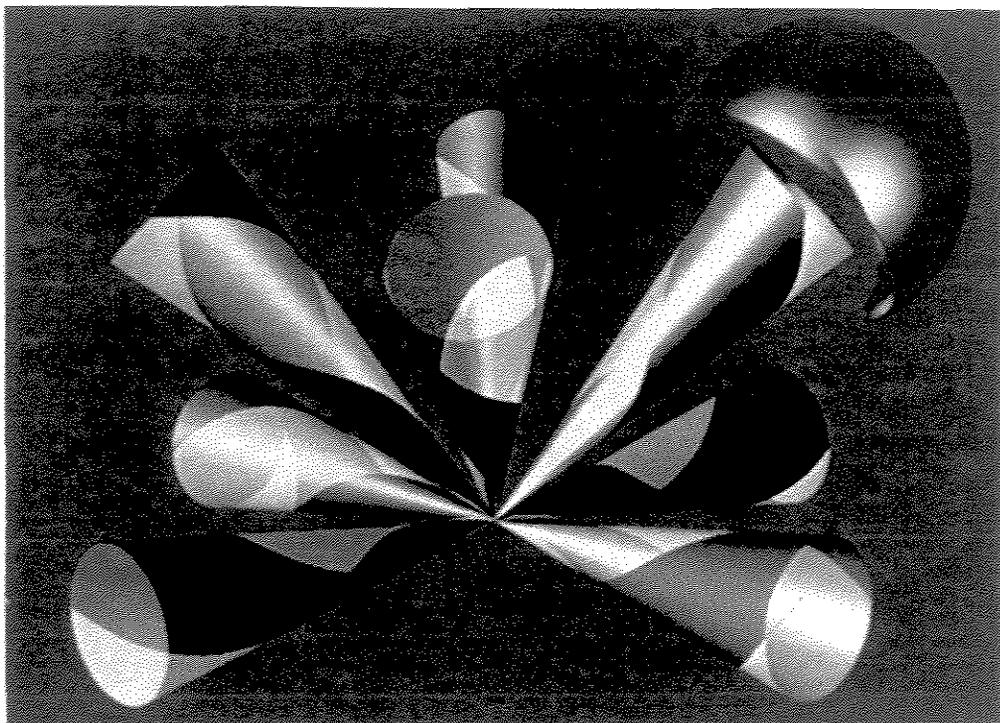


Figura 5.10: Capricórnio

Comentários

Os dois tipos de bode estão representados na gravura de capricórnio, como mostra a figura 5.10. O primeiro, montês, está representado pelo chifre que leva uma espécie de proteção (vermelha) consigo, representando a coragem de avançar no que lhe é proibido e o segundo, doméstico, está representado nos outros chifres, presos a um mesmo ponto, formando um pequeno círculo, do qual alguns extrapolam e outros não.

A tendência dos capricornianos à área administrativa também está representada

nesta gravura, onde os chifres partem como raios de um mesmo centro. Administrar as situações é saber distribuir as tarefas para si mesmo e para outras pessoas. As cores modelo para o processo de reprodução cromática no Raytrace, cujos parâmetros de construção são mostrados na tabela 5.11, foram distribuídas nas formas de acordo com as indicações do arquétipo na bibliografia pesquisada.

Par.	BACKGROUND (vermelho alizarim)	SURFACE 0 (cones com diagonais)				SURFACE 1 (forma vermelha)			
		ka	kd	ks	kt	ka	kd	ks	kt
R	30000	0.1	0.2	0.4	0.8	0.1	0.1	0.4	0.9
G	15000	0.1	0.2	0.4	0.8	0.0	0.0	0.4	0.9
B	9000	0.1	0.2	0.4	0.8	0.0	0.0	0.4	0.9

Tabela 5.11: Parâmetros da Reprodução Cromática em Capricórnio

O vermelho “alizarim” (vermelho queimado) do fundo da gravura de capricórnio foi obtido de acordo com os valores do parâmetro BACKGROUND, que contém elevado valor para R, médio em G e pequeno em B.

Mapeados com diagonais, os cones descritos pelo SURFACE 0 apresentam transparência pelos elevados valores do coeficiente kt.

A forma vermelha transparente que serve como proteção a um dos chifres da gravura foi mapeada no SURFACE 1. O coeficiente ka tem valores nulos para G e B e valor 0.1 para R, o que resulta em vermelho. O coeficiente kd tem valores idênticos ao coeficiente ka, confirmando o mesmo vermelho e o coeficiente ks constrói um brilho cinza através dos valores iguais e médios (0.4) para RGB. O coeficiente kt gera um elevado grau de transparência com valores 0.9 para RGB.

5.1.11 Aquário

Características

- Período do signo solar: 20 de janeiro a 19 de fevereiro
- Área do corpo: tornozelos

- **Cor:** azul fosforescente
- **Metal:** urânio
- **Pedra:** ametista
- **Masculino** (direto), **Ar** (intelectual), **Fixo** (resistente a mudanças)
- **Regido por:** urano (tradicionalmente saturno)
- **Palavras-chave:** independentemente, bondosamente
- **Mito:** Não há muitos mitos associados com Aquário. O deus Hâpî, vertendo água de dois jarros, era um antigo símbolo do rio Nilo, e na Babilônia o deus Ea (o mesmo de capricórnio) às vezes era chamado *deus com jatos de água*. O nome babilônico para Aquário, Gula, era inicialmente associado com a deusa do parto e da cura.
- **Traços positivos:** Humanitário, independente, cordial e prestativo. Tem perspectivas progressistas, é original e inventivo, de espírito reformista. Fiel, leal, idealista e de inclinações intelectuais.
- **Traços negativos:** Imprevisível e excêntrico, rebelde e obstinado. Sem tato, é fixo nas opiniões, caprichoso e empenha-se em ser anticonvencional.
- **Caráter:** Gentil, cordial, muito distante e frequentemente imprevisível. A primeira impressão que se tem de um aquariano é a simpatia. Mas a sensação de distância também é importante, o aquariano sempre se manterá pessoalmente afastado. É comum as pessoas acharem difícil aproximar-se dele. A independência pessoal é de enorme importância para o aquariano e ele é capaz de fazer grandes sacrifícios por ela.

Sempre terá uma veia original, e a aplicação disto provoca desde encontrar saídas novas e originais para seu talento artístico ou habilidade científica, até uma paixão por originalidade a qualquer preço, levando à excentricidade, à arte de imitação, ou formas desvairadamente anticonvencionais de distração. Alguns consideram a mistura de cordialidade e insistência obstinada na correção das próprias opiniões do aquariano muito desconcertante. O resultado é que o aquariano tem um encanto distante, fascinante e dinâmico, mas não é ardoroso nem afetuoso.

Comentários

A gravura de aquário baseia-se no aspecto mitológico que originou o arquétipo.

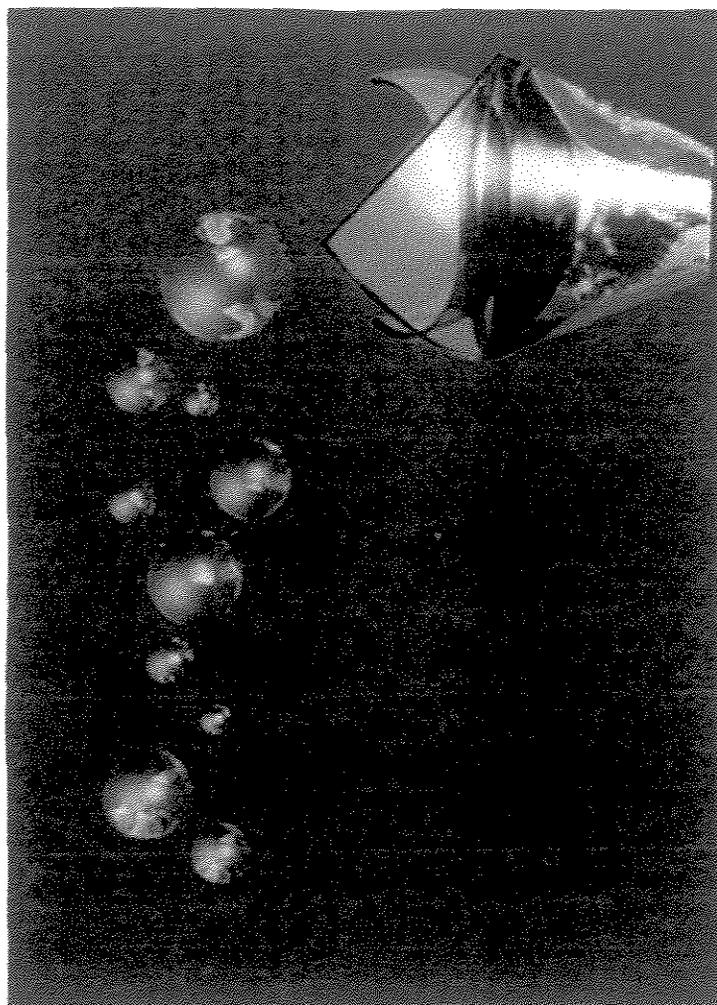


Figura 5.11: Aquário

Neste aspecto, o deus Hâpî está vertendo a água de dois jarros, um antigo símbolo do rio Nilo. Existe então na gravura, um jarro vertendo água localizado acima da cena, enquanto que a água está representada por esferas em forma de bolhas, conforme figura 5.11.

As cores modelo utilizadas no início do processo de reprodução cromática foram baseadas no azul do arquétipo e em fractais, na tentativa de representar a água que cai do

vaso. Os parâmetros desta imagem são mostrados na tabela 5.12.

Par.	BACKGROUND (azul ultramar)	SURFACE 0 (vaso com fractal)					SURFACE 1 (bolas com fractal)			
		ka	kd	ks	kt	ps	ka	kd	ks	kt
R	13000	0.1	0.1	0.2	0.9	0.3	0.2	0.2	0.4	0.9
G	13000	0.0	0.0	0.2	0.9	0.3	0.2	0.2	0.4	0.9
B	30000	0.0	0.0	0.0	0.9	0.3	0.3	0.4	0.4	0.9

Tabela 5.12: Parâmetros da Reprodução Cromática em Aquário

A gravura do signo de aquário descreve um fundo azul ultramar, obtido através do parâmetro BACKGROUND com um valor elevado para B e valores pequenos para R e G.

O vaso está mapeado no SURFACE 0, juntamente com fractal, que mapeia a superfície utilizando as características definidas pelos coeficientes ks, kd e ks. Possui também um elevado grau de transparência (pelo coeficiente kt) e uma pequena reflexão, descrita no coeficiente ps com valores 0.3 para RGB.

O SURFACE 1 também está determinado juntamente com fractal. A transparência é obtida através do coeficiente kt com valores elevados para RGB.

5.1.12 Peixes

Características

- Período do signo solar: 20 de fevereiro a 21 de março
- Área do corpo: pés
- Cor: verde-mar suave
- Metal: estanho
- Pedra: pedra-da-lua, hematita
- Feminino (receptivo), Água (emocional), Mutável (adaptável)

- **Regido por:** Netuno
- **Palavras-chave:** nebulosamente, impressionavelmente
- **Mito:** Aterrorizados pelo gigante Tifão, Vênus e Cupido se atiraram no Eufrates e se transformaram em peixes. Minerva comemorou o evento colocando os peixes no céu. Os babilônicos conheciam a constelação como Kun, ou As Caudas.
- **Traços positivos:** Humilde, compassivo e simpático. É emotivo e desprendido de coisas materiais. Sensível, adaptável, impressionável, além de gentil, intuitivo e receptivo.
- **Traços negativos:** Dúbio, negligente e reticente. Confunde-se facilmente e é incapaz de enfrentar o curso prático da vida. Sem força de vontade e indeciso.
- **Caráter:** Peixes é o signo mais suscetível à influência externa. Realmente muito sensível, é extremamente desprendido e não prático, sempre pronto a tentar escapar à realidade. O pisciano tem também grande compaixão e habilidade para aliviar o sofrimento dos outros, mas não consegue tolerar realidade em excesso.

Pode-se usar prontamente *metáforas aquáticas* ao se falar de piscianos, pois suas características costumam ser as do mar, com suas profundezas ocultas, tempestades repentinas com correntes fortes e deslocantes. Confusão, dispersão e falta de finalidade podem voltar a emoção do pisciano contra ele mesmo. Conformar-se não é fácil para ele. Não consegue enfrentar disciplina ou rotina, e não dirigirá a própria vida com nada parecido a um modo ordeiro e regulamentado.

Sentimentalmente o pisciano pode aborrecer pessoas mais práticas, mais terra-a-terra. Contudo, sua dedicação e solicitude aos outros é coisa que pessoas mais materialistas podem aprender, revelando-lhes uma abordagem da vida muito diferente do que conhecem.

Comentários

Pela própria característica do pisciano em ser bastante humilde, a gravura de peixes foi construída com bastante simplicidade e de maneira direta. Como mostra a figura 5.12, são dois peixes imediatamente reconhecidos em suas formas e cores.

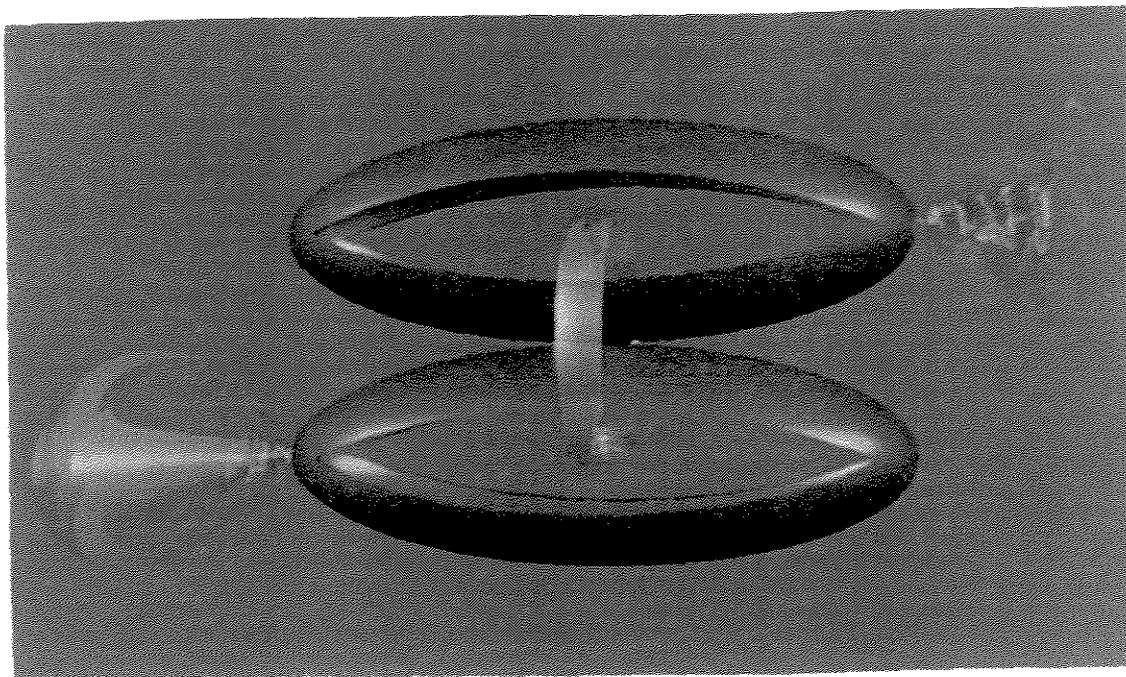


Figura 5.12: Peixes

O lado ambíguo do pisciano está na cauda e anel, levemente avermelhados (cor complementar ao verde-mar) mapeados com fractais e também no fato de que os peixes estão olhando para lados opostos. A cor modelo principal para o processo de reprodução cromática foi obtida da representação de peixes encontrada na bibliografia. Seus parâmetros são mostrados na tabela 5.13.

Par.	BACKGROUND (verde azulado)	SURFACE 0 (corpo verde azulado)			SURFACE 1 (rabo e arco com fractal)			
		ka	kd	ks	ka	kd	ks	kt
R	20000	0.1	0.1	0.5	0.1	0.1	0.5	0.9
G	40000	0.2	0.2	0.5	0.2	0.2	0.5	0.9
B	30000	0.2	0.2	0.5	0.1	0.1	0.5	0.9

Tabela 5.13: Parâmetros da Reprodução Cromática em Peixes

O fundo verde azulado da gravura de peixes foi obtido através da atribuição de um valor elevado para G, médio para B e pequeno para R, no parâmetro BACKGROUND.

O corpo verde azulado dos peixes no SURFACE 0 foi obtido através do coeficiente k_a com valores iguais e maiores em G e B e menores em R. O coeficiente k_d confirma os mesmos valores e o coeficiente k_s provoca um brilho cinza médio com valores 0.5 para RGB.

O SURFACE 1 da cauda e anel é mapeado juntamente com fractal, o que gera uma superfície utilizando as características definidas pelos coeficientes k_a , k_d e k_s .

5.2 Experimento 2 - Quatro Estações

No segundo experimento cromático com síntese de imagens através do sistema PROSIM/Raytrace, trabalhamos com imagens em movimento e com cores modelo criadas no início do processo de reprodução cromática.

O roteiro foi construído sobre o tema das quatro estações do ano, explorando entre outros pontos, as cores que remetem a cada estação e a trajetória do observador dentro da cena.

O protagonista do filme tem a forma de um cubo, constituído de mil outros cubos (10 cubos x 10 cubos x 10 cubos). O observador viaja por entre estes cubos, descrevendo uma trajetória em espiral que, exigiu a construção de mais dois outros programas de apoio para a interpolação de formas e cores.

A viagem termina a uma distância tal que se enxerga o cubo maior dentro de um outro cubo totalmente espelhado, provocando a sensação de infinito. Enquanto viaja, o observador percebe mudanças nas cores dos cubos, indicando simbolicamente cada estação do ano.

As cores correspondentes a cada estação do ano foram escolhidas sob as sensações que a primavera, o outono, o verão e o inverno provocam. A idéia da animação foi estruturada considerando-se os elementos morfológicos básicos disponíveis no Raytrace, mencionados no apêndice A.

O filme de animação **Quatro Estações** tem a duração de 1 minuto, com 1440 imagens colocadas em película e telecinada para vídeo com 24 fotogramas por segundo.

Mais detalhadamente, colocamos o roteiro na figura 5.13 enfocando somente as cores mapeadas pelo filme de animação **Quatro estações**.

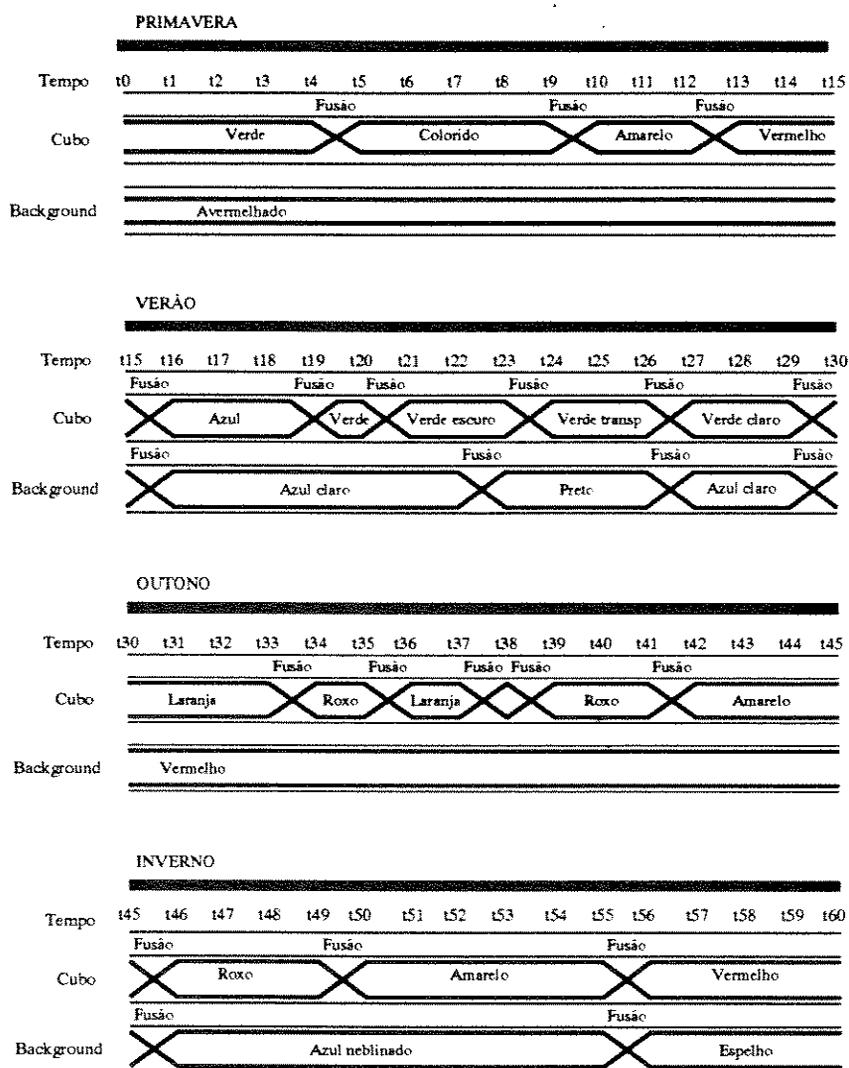


Figura 5.13: Mapeamento cromático da animação Quatro Estações

As 1440 gravuras foram definidas em um único formato, na proporção de 3 x 4, onde a distribuição estética de seus elementos é feita nos eixos cartesianos, de coordenadas x, y e z, mapeadas em pixels.

O espaço de representação é variável, sendo que o filme pode ser projetado em forma de vídeo ou película, com dimensões de acordo com a disponibilidade do equipamento. Sobre a composição do filme, o espaço planográfico das imagens tem estrutura narrativa quando colocadas quadro a quadro numa determinada sequência, dando a ilusão de movimento.

O objetivo específico desta segunda experimentação foi testar o processo de reprodução cromática em cor-luz, partindo de cores modelo baseadas na poética das sensações, sem a existência material propriamente dita da cor a ser reproduzida.

As tabelas contendo os parâmetros da reprodução cromática de cada uma das gravuras que compuseram a animação não foram descritas aqui por se tratar de 1440 gravuras, cada qual com sua tabela, o que se torna inviável.

5.3 Comentários Finais

A pesquisa desenvolvida em síntese de imagens dentro do projeto PROSIM gerou um intercâmbio entre a prática e a teoria da reprodução cromática na pintura e na arte por computador, chegando até em alguns momentos, a figurar como a própria motivação ao processo criativo.

Fazendo uma analogia com o capítulo anterior, a construção das doze gravuras do zodíaco e das 1440 gravuras da animação das quatro estações do ano, deu origem à elaboração de uma *ponte empírica* entre a reprodução cromática na pintura e a reprodução cromática no Raytrace.

Em todas as gravuras construídas através do Raytrace, o mesmo *modelo formal* do processo técnico de reprodução cromática na Pintura foi utilizado.

A ponte (seção 4.4) foi “atravessada” empiricamente na construção de todas as gravuras, posto que as cinco fases do processo de reprodução cromática no Raytrace (seção 4.2) foram percorridas por um pintor que conhecia o processo de reprodução cromática na Pintura (seção 4.2.1).

Capítulo 6

Conclusão

Nossa vivência do processo criativo nas Artes Plásticas, especificamente na pintura, abriu caminhos para a busca de uma nova linguagem de produção artística que permitisse unir o abstrato e o concreto dentro do universo da arte. A síntese de imagens aparece como alternativa numa pesquisa em torno da interação Arte & Tecnologia, oferecendo possibilidades de união entre os dois caminhos.

O estudo dos aspectos históricos apresentou as principais contribuições ao longo da história na busca da compreensão das relações cromáticas, da função dos olhos na visão cromática e da definição de um método de medida das cores.

Levando em conta que a cor é o resultado da ação da luz sobre os olhos, aspectos físicos e fisiológicos relacionados com a cor foram conceituados. Separando os estímulos da cor-luz e da cor-pigmento, estudando suas relações cromáticas e as principais propriedades da luz, abordamos os aspectos físicos da cor, relacionando a síntese de imagens à cor-luz pelo método de “rendering” de traçado de raios, “Ray-tracing”, utilizando os parâmetros RGB do sistema PROSIM/Raytrace, para a geração das cores.

No que se refere aos aspectos fisiológicos da percepção cromática, um estudo da fisiologia do olho humano juntamente com as deduções de Thomas Young esclareceram que a fóvea retiniana é constituída por três espécies de fibras nervosas (cones) capazes de receber e transmitir as sensações do vermelho, do verde e do azul, e que a síntese realizada dentro da retina se dá de forma aditiva. Isso quer dizer que para os olhos, não existe diferença entre os raios luminosos vindos de fontes diretas ou refletidos por qualquer superfície entre

a cor-luz da síntese de imagens e a cor-pigmento da pintura.

O capítulo quatro aborda a evolução do homem desde o ciclo pré-industrial, passando pelo ciclo industrial mecânico e chegando até o ciclo eletrônico, conjecturando que toda ação praticada pelo homem ao longo das eras inclui experiências de práticas anteriores, mostrando que o conhecimento é evolutivo e que esta evolução se apresenta de acordo com as novas condições. Assim também podem ser analisadas as etapas da produção artística eletrônica, que acabam incorporando as etapas da produção artística mecânica durante o seu caminho. A relação mente-mundo da era-eletrônica incorpora a relação olho-mão existente anteriormente, de onde podemos destacar a contribuição central deste trabalho, traçando um paralelo entre o idioma da pintura e a síntese de imagens.

Dentro da arte, a pintura é uma linguagem que possui um sistema próprio de signos e ferramentas, exige uma determinada habilidade manual na tradução da idéia para o suporte e propõe um tipo específico de auto-crítica, o que direciona o processo criativo do pintor. A síntese de imagens também possui um sistema próprio de signos e ferramentas, não exige habilidade manual, porém habilidade na manipulação de informações, exigindo uma auto-crítica diversa e voltada as necessidades da linguagem.

Traçar um paralelo entre essas duas linguagens significa entender os dois caminhos não só na teoria, mas também na prática, extrapolando os modelos formais estabelecidos para a nova linguagem e definindo uma analogia entre as duas formas de produção artística.

Esta analogia, estabelece uma ponte através do envolvimento de um mesmo conceito formal no processo de reprodução cromática presente nos dois caminhos. Esta ponte é construída a medida que utilizamos parâmetros de uma linguagem para trabalhar livremente na outra, produzindo e entendendo as duas formas de criação diferentes.

Neste trabalho, somente um aspecto dentre todos os parâmetros que envolvem os procedimentos técnicos em pintura foi estudado para estabelecer esta ponte: a reprodução cromática em cor-luz e em cor-pigmento.

Atualmente, existem sistemas como o TOPAS, o TIPS e outros que se encarregam desta tradução da cor-luz para a cor-pigmento, facilitando a aproximação do pintor. Isto pode parecer resolver todo o trabalho, posto que o pintor já não mais necessita se

adaptar a nova linguagem e entender seu idioma para utilizar as cores-luz como sendo as cores-pigmento que está acostumado na pintura.

Acreditamos, no entanto, que a compreensão e análise do processo de reprodução cromática tanto na pintura como na síntese de imagens, fazendo a analogia e consequente ponte entre as duas linguagens, concede maior autonomia ao pintor, que passa de simples usuário a interventor dentro da nova linguagem. A interação que propomos neste trabalho permite ultrapassar a máquina como ferramenta, passando a tratá-la como uma linguagem de produção artística, permitindo interagir o racional e o intuitivo dentro da relação mente-mundo da era eletrônica.

Para finalizar, podemos dizer que este trabalho traz reflexões para trabalhos futuros.

A reprodução cromática não é a única possibilidade de paralelos entre a linguagem da pintura e da síntese de imagens. Outras analogias entre diferentes procedimentos técnicos das duas linguagens podem ser traçadas, visando o estabelecimento de novas pontes, como por exemplo a textura, o gestual, o suporte, etc.

As experimentações do Zodíaco e das Quatro Estações descritas no capítulo cinco, além de estabelecer estreito intercâmbio com os objetivos do trabalho, tornaram-se obras acabadas no contexto das Artes Plásticas.

Motivaram também novos temas para outros tipos de experimentações. Como um exemplo, os Orixás, deuses africanos da religião Iorubá com vários arquétipos, cores e crenças que podem ser explorados na geração de novas gravuras ou animações para fim de interação com outras pesquisas.

Apêndice A

Modelo de Entrada de Dados

A descrição de uma imagem ou um cenário qualquer é feita a partir de um editor de textos comum, onde os comandos são editados para, a seguir, passarem à interpretação do programa interpretador do sistema PROSIM/Raytrace.

Os comandos se dispõem na ordem em que devem ser utilizados e escritos em letras maiúsculas.

A.1 Símbolos e Comandos de Controle Empregados

A.1.1 Símbolos

- (#) - Constante numérica real
- (R), (G), (B) - componentes respectivas de cada cor
- (X), (Y), (Z) - coordenadas respectivas de cada eixo

A.1.2 Comandos

- NAME XXXXXXXX - nome da imagem, onde se pode utilizar de uma a oito letras e/ou números, segundo a regra de nomeação de arquivos do sistema operacional. É um comando obrigatório, uma vez que será utilizado pelo programa interpretador.

- MAX_LEVEL (#) - define o número máximo de níveis da árvore de *Raytrace*, por exemplo:
 - 1 - significa que não há reflexão ou transmissão
 - 2 - há apenas uma reflexão e/ou transmissão
- DO_BOUND - usado para acionar ou não o método de aceleração por otimização "bounding box" (volumes envoltórios):
 - TRUE - utiliza o método tornando o programa mais rápido
 - FALSE - inutiliza o método
- DO_GRAPHICS - permite ou não a visualização da imagem na tela, pixel a pixel, durante os cálculos do *Raytrace*, segundo seus índices:
 - TRUE ou FALSE
- DO_SHADOW - torna possível ou não a criação de sombras, mediante seus índices:
 - TRUE ou FALSE
- SAVE_RGB - define a opção de armazenamento do cálculo de cada componente R, G e B em arquivos tipo "R", "G" e "B", respectivamente e torna-se bastante útil quando se deseja saber o tempo real de cálculo para a imagem gerada.
- AIR_INDEX (#) - define o índice de refração do ambiente que envolve os objetos definidos para a cena
 - ar : 1.0
 - água : 1.33
 - vidro : 1.52
- AMBIENT (R), (G), (B) - define a luz ambiente. Normalmente os valores são perto de 60000, sendo que cada valor representa uma das componentes R (*red*), G (*green*) e B (*blue*)
- BACKGROUND - define o plano de fundo da imagem e deve ser utilizado com dois índices:

- (R). (G), (B) - as constantes numéricas representam a cor de fundo e variam de zero (baixa luminosidade) até o máximo de 65535 (alta luminosidade)
 - NULL - especificação da rotina de "background", nome do método de geração do plano de fundo da imagem
- POINT_LIGHT (X) (Y) (Z) (R) (G) (B) - define as coordenadas de uma fonte luminosa (X, Y, Z), e sua respectiva coloração, para várias fontes luminosas, bastando repetir o comando, na mesma quantia de fontes desejadas.
- VIEW - dentro desse item encontram-se os parâmetros de visualização da cena
- RESOLUTION (X) (Y) - resolução da imagem final
 - WINDOW (-X) (-Y) (X) (Y) - define as bordas da janela de visualização
 - OBS (X) (Y) (Z) - define a posição do observador
 - VRP (X) (Y) (Z) - define o ponto de interesse (View Reference Point)
 - VUP (X) (Y) (Z) - vetor que indica o sentido de visualização (*view up*)
 - VPV (X) (Y) (Z) - vetor perpendicular ao plano de projeção, (VPV = OBS - VRP)
- CSG_TREE - define a árvore de construção da cena, segundo a sequência "preorder", ou seja, o operando é posicionado antes da primitiva. Podem ser utilizados os seguintes operandos:
- União: (+)
 - Diferença: (-)
 - Intersecção: (&)
- e as primitivas:
- SPHERE (#)
 - CONE (#)
 - CYLINDER (#)
 - CUBE (#)

Cada primitiva tem um índice (#), referente a numeração na tabela de características da superfície, definida no comando SURFACE (#). Estão disponíveis ainda, módulos de textura, sendo que cada primitiva pode ter uma textura diferente para cada uma de suas faces, desta forma, pode-se definir uma textura para a esfera, duas para o cone, seis para o cubo e três para o cilindro. Algumas das texturas já definidas:

- NULL - sem texturas definidas, condição inicial
- t_xadrez
- t_fractal
- t_gamão
- t_pirâmide
- t_diagonal
- t_flor
- t_asfalto
- t_cardióide
- t_prédio

– SURFACE (#)- Esta é a descrição de comando que interessa particularmente à resolução do problema proposto nessa dissertação, ou seja, é com esse comando que se constrói a cor, através da mistura das primárias R (red - vermelho), G (green - verde) e B (blue - azul). Também define as características da superfície do objeto (cor, brilho, reflexão, transparência, etc.), segundo o número referenciado na primitiva do comando CSG_TREE. Esta instrução tem os seguintes coeficientes:

- ka (R) (G) (B) - define a fração de luz ambiente utilizada para envolver o objeto, definida no comando AMBIENT
- kd (R) (G) (B) - coeficiente de difusão da superfície
- ks (R) (G) (B) - coeficiente de especularidade da superfície
- kt (R) (G) (B) - coeficiente de transparência da superfície
- ps (R) (G) (B) - coeficiente de reflexão da superfície
- n (#) - coeficiente de espalhamento do highlight, os valores são definidos de 0 (muito espalhado) a 100 (concentrado)

- refr (#) - índice de reflexão (ar = 1.0, água = 1.33, vidro = 1.52)

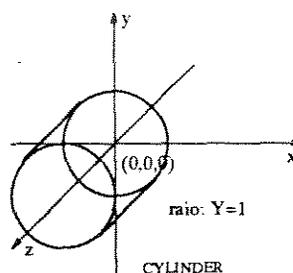
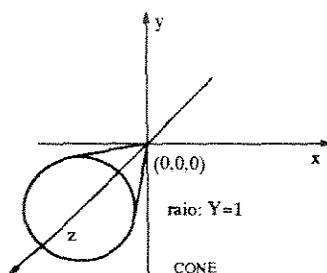
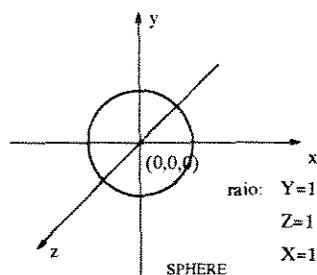
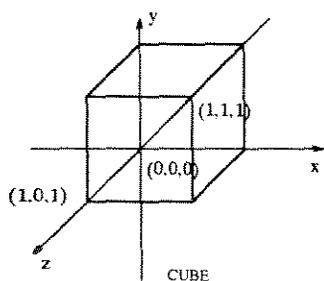
Todos os coeficientes iniciados com k (ka, kd, ks e kt) utilizam valores entre 0 e 1, e quando não especificados valem (0, 0, 0) ou 1 para os coeficientes (n) e (refr).

- TRANSFORM (#) - define as transformações aplicadas a cada primitiva definida na CGS_TREE

- ROTATE_X (#) - rotação de (#) graus em torno do eixo X
- ROTATE_Y (#) - rotação de (#) graus em torno do eixo Y
- ROTATE_Z (#) - rotação de (#) graus em torno do eixo Z
- SCALE (X) (Y) (Z) - escalamento em X, Y e Z
- TRANSLATE (X) (Y) (Z) - translação em X, Y e Z

- END - final de arquivo

- DEFINIÇÃO DAS PRIMITIVAS DA CENA:



SURFACE 0				SURFACE 1			
ks	0.35	0.25	0.00	ps	0.80	0.80	0.80
kd	0.35	0.25	0.00	n	20		
ks	0.30	0.20	0.30				
n	20						

TRANSFORM 0
SCALE 1.0 1.0 1.0

TRANSFORM 1
SCALE 1.5 1.5 2.0
TRANSLATE 0.0 0.0 -3.0

TRANSFORM 2
SCALE 5.0 5.0 5.0
TRANSLATE 0.0 0.0 -10.0

TRANSFORM 3
SCALE 0.2 0.2 0.4
ROTATE_Y (-90)
TRANSLATE 4.8 0.0 -0.8
ROTATE_Z (25)

TRANSFORM 4
SCALE 0.2 0.2 4.0
ROTATE_X (90)
TRANSLATE 4.7 0.0 -0.8
ROTATE_Z (25)

TRANSFORM 5
SCALE 0.2 0.2 4.0
ROTATE_X (-90)
TRANSLATE 4.7 0.0 -0.8
ROTATE_Z (25)

TRANSFORM 6
SCALE 0.2 0.2 4.0
ROTATE_Y (90)
TRANSLATE 4.7 0.0 -0.8
ROTATE_Z (25)

TRANSFORM 7
SCALE 0.2 0.2 4.0
ROTATE_X (-90)
TRANSLATE 5.9 -2.7 -0.8
ROTATE_Z (-25)

TRANSFORM 8
SCALE 0.2 0.2 4.0
ROTATE_X (-90)
TRANSLATE 6.5 -5.8 -1.3
ROTATE_Z (25)

TRANSFORM 9
SCALE 0.2 0.2 4.0
ROTATE_Y (-90)
TRANSLATE 4.8 0.0 -1.8
ROTATE_Z (30)

TRANSFORM 10
SCALE 0.2 0.2 4.0
ROTATE_X (90)
TRANSLATE 4.7 0.0 -1.8
ROTATE_Z (35)

TRANSFORM 11
SCALE 0.2 0.2 4.0
ROTATE_X (-90)
TRANSLATE 5.9 -2.7 -1.8
ROTATE_Z (-13)

TRANSFORM 12
SCALE 0.2 0.2 4.0
ROTATE_Y (-90)
TRANSLATE 4.8 0.0 -0.8
ROTATE_Z (45)

TRANSFORM 13
SCALE 0.2 0.2 4.0
ROTATE_X (90)
TRANSLATE 4.7 0.0 -2.3
ROTATE_Z (45)

TRANSFORM 14
SCALE 0.2 0.2 4.0
ROTATE_X (-90)
TRANSLATE 5.9 -2.7 -2.3
ROTATE_Z (-5)

TRANSFORM 15
SCALE 0.2 0.2 4.0
ROTATE_Y (90)
TRANSLATE -4.8 0.0 -0.8
ROTATE_Z (-25)

TRANSFORM 16

SCALE 0.2 0.2 4.0
 ROTATE_X (90)
 TRANSLATE -4.8 0.0 -0.8
 ROTATE_Z (-25)

TRANSFORM 17

SCALE 0.2 0.2 4.0
 ROTATE_X (-90)
 TRANSLATE -5.9 -2.7 -0.8
 ROTATE_Z (25)

TRANSFORM 18

SCALE 0.2 0.2 4.0
 ROTATE_Y (90)
 TRANSLATE -4.8 0.0 -1.3
 ROTATE_Z (-45)

TRANSFORM 19

SCALE 0.2 0.2 4.0
 ROTATE_X (90)
 TRANSLATE -4.7 0.0 -1.3
 ROTATE_Z (-45)

TRANSFORM 20

SCALE 0.2 0.2 4.0
 ROTATE_X (-90)
 TRANSLATE -5.9 -2.7 -1.3
 ROTATE_Z (5)

TRANSFORM 21

SCALE 0.2 0.2 4.0
 ROTATE_Y (90)
 TRANSLATE -4.8 0.0 -1.8
 ROTATE_Z (-45)

TRANSFORM 22

SCALE 0.2 0.2 4.0
 ROTATE_X (-90)
 TRANSLATE -4.3 -1.4 -1.8
 ROTATE_Z (-60)

TRANSFORM 23

SCALE 0.2 0.2 4.0
 ROTATE_X (-90)
 TRANSLATE -6.5 -5.8 -1.8
 ROTATE_Z (-25)

TRANSFORM 24

SCALE 0.2 0.2 4.0
 ROTATE_Y (90)
 TRANSLATE -4.8 0.0 -2.3
 ROTATE_Z (-30)

TRANSFORM 25

SCALE 0.2 0.2 4.0
 ROTATE_X (90)
 TRANSLATE -5.9 -2.7 -2.3
 ROTATE_Z (-35)

TRANSFORM 26

SCALE 0.2 0.2 4.0
 ROTATE_X (90)
 TRANSLATE -5.9 -2.7 -2.3
 ROTATE_Z (13)

TRANSFORM 27

SCALE 40.0 0.3 40.0
 TRANSLATE -20.0 -5.0 -25.0

END

Apêndice C

Classificação das Cores

Alguns dos conceitos localizados na classificação das cores são utilizados no decorrer desse trabalho [Ped82]:

Cor - Ondas de luz alcançadas pelos olhos através de uma transmissão (num objeto, entre a fonte de luz e o observador) ou através da reflexão (quando uma onda reflete de um objeto).

Cor Aparente - Cor apresentada por um objeto segundo as propriedades da luz que o envolve ou a influência de cores próximas.

Cor Complementar - Na física, baseando-se em Newton, adota-se a definição de cores complementares como sendo aquelas cuja mistura produz o branco. Uma outra forma de definição seria a de que todas as cores possuem uma complementar, que se forma na retina no ato da percepção da cor, tendendo ao equilíbrio, que é característica dos fenômenos da natureza. Como exemplos de pares de cores complementares seriam: vermelho/verde, amarelo/roxo e azul/laranja em cores-pigmento.

Cor Espectral - Cor de uma radiação eletromagnética visível monocromática.

Cor Fria - O azul e o verde, assim como as demais cores por eles influenciadas predominantemente.

Cor Inexistente - Cor complementar formada pelos contrastes entre tonalidades diferentes, chegando à sua maior intensidade pela ação desses choques mútuos.

Cor-Luz - Quando as cores são produzidas por luzes coloridas.

Cor Pastel - Cor de tonalidade clara e delicada.

Cor-Pigmento - Substância material que, conforme sua natureza, absorve, refrata ou reflete os raios luminosos componentes da luz que se difunde sobre ela.

Cor Primária - Cor geratriz e indecomponível em número de três, que, misturadas em proporções variáveis produzem todas as cores do espectro. As cores primárias específicas de luz são o verde, o vermelho e o azul, enquanto que as cores primárias específicas de pigmento opacas são o amarelo, o azul e o vermelho.

A mistura das três primárias luz produz o branco confirmando o fenômeno da síntese aditiva, enquanto que a mistura das cores-pigmento (corantes opacas) produz o cinza-neutro por síntese subtrativa. Nas cores pigmento transparentes primárias se apresentam como magenta, amarelo e ciano, produzindo igualmente o cinza-neutro quando misturadas.

Cor Quente - O vermelho e o amarelo, assim como as demais cores em que eles predominem.

Todas as cores poderão parecer quentes ou frias, dependendo da relação estabelecida entre ela e as demais cores que a rodeiam.

Cor Secundária - Cor formada pelo equilíbrio óptico de duas cores primárias.

Cor Terciária - Cor formada em equilíbrio óptico entre uma cor secundária e qualquer das primárias que lhe dão origem.

Croma - Grau de pureza, brilho ou saturação de uma cor.

Cromaticidade - Quantidade de matiz e saturação na cor produzida por luzes.

Matiz - Característica luminosa que provoca a cor.

Saturação - Atributo de uma cor que determina o grau de diferença entre uma cor neutra e uma cor saturada de mesma luminosidade.

Valor - Magnitude que corresponde à escala de cinzas.

BIBLIOGRAFIA

- [Alb89] Alberti, Leon B. *Da Pintura*. Ed. da Unicamp, Campinas, 1989. trad. it. Antonio da Silveira Mendonça, de *de Pictura*.
- [Arn86] Arnheim, Rudolf. *Arte e Percepção Visual*. Pioneira, São Paulo, 1986.
- [B+89] Bannwart, Claudio V.Z.H. et al. *Relatório Técnico RT. DCA 014/89*. DCA/FEE Unicamp, Campinas, 1989.
- [Bar84] Barbault, André. *O Grande Livro do Horóscopo*. Grupo de Comunicação Três Ltda, São Paulo, 1984.
- [Bau87] Baudrillard, Jean. *Cultura y Simulacro*. Editorial Kairós, Barcelona, 1987.
- [Ben71] Bense, Max. *Pequena Estética*. Perspectiva, São Paulo, 1971.
- [Ben75] Benjamin, Walter. A Obra de Arte na Época de suas Técnicas de Reprodução. In *Os Pensadores*. Abril, São Paulo, 1975.
- [Cha88] Chaui, Marilena. Janela da Alma, Espelho do Mundo. In *O Olhar*. Companhia das Letras, São Paulo, 1988.
- [Chi87] Chijiiwa, Hideaki. *Color Harmony*. Rochport Publishers, EUA, 1987.
- [D'a81] D'alessio Ferrara, Lucrecia. *A Estratégia dos Signos*. Perspectiva, São Paulo, 1981.
- [Eco81] Eco, Umberto. *Obra Aberta*. Perspectiva, São Paulo, 1981.
- [Far82] Farina, Modesto. *Psicodinâmica das Cores em Comunicação*. Edusp, São Paulo, 1982.
- [Fol84] Foley, James D. e Van Dam, Andries. *Fundamentals of Interactive Computer Graphics*. Addison-Wesley Publishing Company, Londres, 1984.

- [G+82] Greenberg, D. et al. *The Computer Image*. Ed. Addison Wesley, EUA, 1982.
- [Ger88] Gerstner, Karl. *Las Formas del Color*. Ed Hermann Blume, Madrid, 1988.
- [Gla89] Glassner, Andrew S. *3D Computer Graphics - A User's Guide for Artists and Designers*. Ed. Design Press, New York, EUA, 1989.
- [Goe93] Goethe, Johann W. von. *Goethe - Doutrina das Cores*. Ed. Nova Alexandria, São Paulo, 1993. trad. it. Marco J. W. Giannotti, de *Farbenlehre* in Goethe Sämtliche Werke, 1940, Stuttgart, Gebrüder Kröner.
- [Hoc92] Hochberg, Julian E. *Percepção*. Zahar Editores, 1992.
- [Itt73] Itten, Johannes. *The Art of Color*. New York, 1973.
- [Jan84] Jankel, Annabel e Morton, Rocky. *Creative Computer Graphics*. Ed. Cambridge University Press, EUA, 1984.
- [Ker86] Kerlow, Isaac V. e Rosebush, Judson. *Computer Graphics for Designers and Artists*. Van Nostrand Reinhold Company, New York, 1986.
- [Lau91] Laurentiz, Paulo de. *A Holarquia do Pensamento Artístico*. Ed. da Unicamp, 1991.
- [Loz78] Lozano, Roberto D. *El Color y su Medición*. Editorial Américalle, S. R. L., Buenos Aires, 1978.
- [Mac93] Machado, Arlindo. *Máquina e Imaginário*. Edusp, São Paulo, 1993.
- [Mag86] Magalhães, Léo P. *Computação Gráfica*. Papirus / Ed. da Unicamp, Campinas, 1986.
- [McL69] McLuhan, Marshall. *Os Meios de Comunicação como Extensões do Homem*. Cultrix, São Paulo, 1969.
- [Mol69] Moles, Abraham. *Teoria da Informação e Percepção Estética*. Tempo Brasileiro, Rio de Janeiro, 1969.
- [Mol90] Moles, Abraham. *Computador e Arte*. Ed Afrontamento, Porto, 1990.
- [New83] Newton, Isaac. Princípios Matemáticos, Óptica, o Peso e o Equilíbrio dos Flúidos. In *Os Pensadores*. Abril, São Paulo, 1983.

- [Ost83] Ostrower, Fayga. *Criatividade e Processos de Criação*. Vozes, Rio de Janeiro, 1983.
- [Ove82] Overheim, R. Daniel e Wagner, David L. *Light and Color*. Ed. John Wiley & Sons, Inc., EUA, 1982.
- [Par71] Parker, Derek e Parker, Julia. *O Grande Livro da Astrologia*. Ed. Círculo do Livro S/A, São Paulo, 1971. trad. it. Manoel Paulo Ferreira e Lea Amaral.
- [Ped82] Pedrosa, Israel. *Da Cor à Cor Inexistente*. Léo Christiano Editorial Ltda., coeditado pela Ed. da Universidade de Brasília, Brasília, 1982.
- [Pei75] Peirce, Charles S. *Semiótica e Filosofia*. Cultrix, São Paulo, 1975.
- [Pla87] Plaza, Júlio. *Tradução Intersemiótica*. Ed. Perspectiva, São Paulo, 1987.
- [Roy89] Roy, Hall. *Illumination and Color in Computer Generated Imagery*. Spring-Verlag, New York, 1989.
- [Vin70] Vinci, Leonardo da. *Notebooks*. Dover Publications Inc., New York, EUA, 1970. 2 vols.
- [Vin85] Vince, John. *Computer Graphics: for Graphic Designers*. F. Printer, Londres, 1985.
- [Wys67] Wyszecki, Gunter e Stiles, W. S. *Color Science, Concepts and Methods*. J. Wiley & Sons, Inc., EUA, 1967.