Capítulo 2 – Percepção da Cor

2.1 Introdução

A visão computacional tem por objetivo a interpretação automática de imagens. Uma importante sub-tarefa em visão computacional é a segmentação de imagens, ou mais precisamente, a extração de parâmetros que permitam associar regiões da imagem com objetos da cena (BALLARD; BROWN, 1982). Tal segmentação é realizada com base nos diversos atributos e características da imagem. Tipicamente faz-se uso das características de descontinuidade e similaridade de regiões (GONZALEZ; WOODS, 1992).

As cores presentes na imagem são também atributos de grande importância em sua análise, visto que "as sensações visuais causadas pela luz colorida são muito mais ricas que aquelas causadas pela luz acromática" (FOLEY et al, 1990). A análise baseada em cores tem se mostrado importante em diversas aplicações (RAE; RITTER, 1998).

Entende-se por cor o estímulo percebido pelo cérebro transportado na forma de impulsos elétricos gerados pela retina humana, conforme pode-se observar na figura 2.1, quando atingida por *fótons*.

Embora os comprimentos de onda da faixa de luz visível sejam grandezas contínuas ao longo de toda a faixa do espectro, quando um ser humano observa tais comprimentos de onda, estes são imediatamente agrupados em classes, fazendo uso de noções psicológicas e exemplos prévios de cada indivíduo na separação entre cada uma das cores visíveis, ou, na forma como é usualmente colocado, na classificação de cores (SIMÕES, 2000).

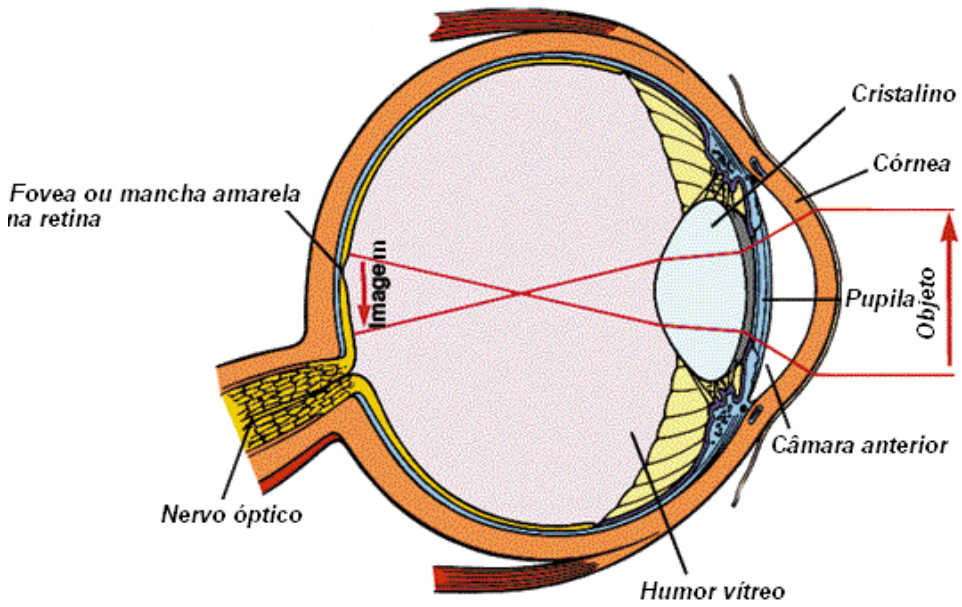

Figura 2.1: Olho Humano

Entender e aperfeiçoar a compreensão do sistema visual humano é importantíssimo, pois é através dele que possuímos a percepção e através dele que podem ser baseados modelos e novas tecnologias de classificação de cores.

O Sistema Óptico Ocular é formado por um complexo esquema fisiológico, o qual permite interpretar não somente a sensação de cor, mas também a profundidade, textura, movimento, dentre outros.

O Sistema Óptico é formado basicamente pelos globos oculares (olhos), nervos ópticos, córnea, pupila, dentre outros, conforme observa-se na figura 2.1.

Os componentes desse modelo fisiológico que traduzem os raios luminosos em impulsos (sinais químicos) a serem interpretados pelo cérebro são denominados globos oculares (receptores das imagens) os quais são formados pela córnea, íris, retina, etc. A retina, por sua vez, é uma membrana ocular interna, onde estão as células nervosas (bastonetes e cones) que recebem os estímulos luminosos e onde se projetam as imagens produzidas pelo sistema óptico ocular.

Os cones são estruturas responsáveis pela visão colorida e os bastonetes são responsáveis pela visão noturna (SIMÕES, 2000).

A sensibilidade aos diferentes comprimentos de ondas não são fisicamente idênticas, como pode-se observar na figura 2.2.

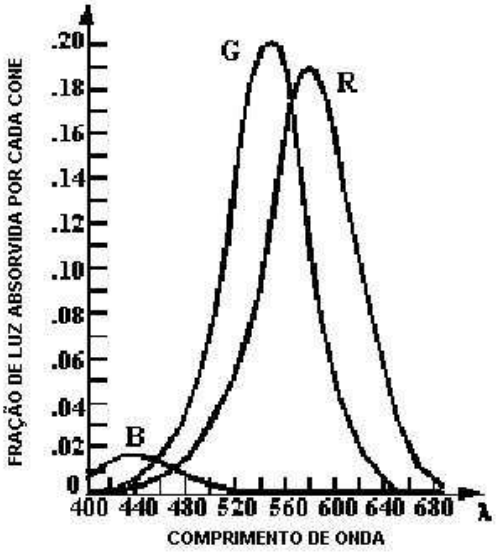

Figura 2.2: Função de resposta espectral para cada um dos três tipos de cones da retina humana (FOLEY et al, 1990).

Vários estudos tentam desvendar o funcionamento do sistema óptico ocular, tanto na medicina pelo seu aspecto fisiológico como em outras áreas que procuram simular este modelo. A computação gráfica auxilia no processo de produção de imagens que serão interpretadas pelo sistema óptico. Também a área de processamento de imagens preocupa-se com a simulação e interpretação das imagens buscando melhorar os sistemas de visão artificial.

O conceito de Cor é extremamente importante e indispensável, pois com o seu uso pode-se explorar um dos principais sentidos dos seres vivos, a visão. Os seres humanos podem detectar cerca de 100 níveis de intensidade de luz. Sabe-se que todas as cores que o olho humano pode perceber são combinações de três cores primárias : VERMELHO - VERDE - AZUL (RGB), como mostra a figura 2.3.

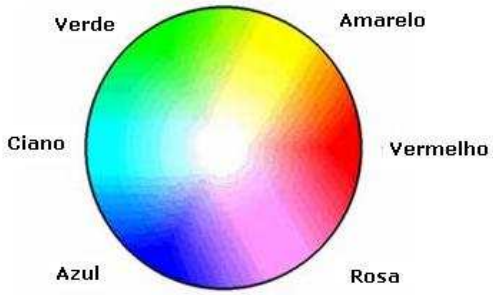

Figura 2.3: Espectro do modelo RGB

Uma das características mais marcantes do estado da arte é que ainda não existe nenhum modelo genérico de percepção visual passível de ser aplicado na prática. O conhecimento de como funcionam os mecanismos de percepção visual nos animais tampouco é suficiente para que se possa aplicar algum mecanismo de "engenharia reversa", utilizando, por exemplo, técnicas de redes neurais para modelar ou imitar a percepção visual biológica.

2.2 Luz e Cor

A cor como uma ciência é ainda considerada nova, entretanto isso envolve muitas ramificações da ciência tais como: a ciência de materiais, física, química, biologia, fisiologia e psicologia. Com isso, sua modelagem é dificultada.

Na linguagem diária fala-se dos objetos que se vê, mas naturalmente não são os objetos que são vistos. O que se vê é a luz do que foi refletido, transmitida diretamente ou emitida pelo objeto. Por exemplo, pode-se dizer que um objeto que pareça azul reflete ou transmite luz predominantemente azul. O objeto pode absorver outras ondas da luz, ou a luz disponível pode estar primeiramente nas ondas que se reconhece como azul, mas o resultado final é o objeto aparentemente azul. A cor pode conseqüentemente ser vista como o resultado da interação de três elementos: um iluminador (uma fonte clara), um objeto, e um observador (pessoa que experimenta a cor).

Sem uma fonte clara, não é possível se visualizar nada. Uma definição clássica de luz diz que é uma onda eletromagnética, significando que é a variação do campo elétrico e magnético que espalha para fora ou propaga de um lugar a outro.

A luz cobre uma escala larga dos fenômenos como som e as ondas de rádio em uma extremidade e os raios *gamma* em outra. A luz visível é o interesse principal e está próximo às ondas de infravermelho e às ondas de ultravioleta variando aproximadamente de 380nm a 780nm, como pode-se observar na figura 2.4.

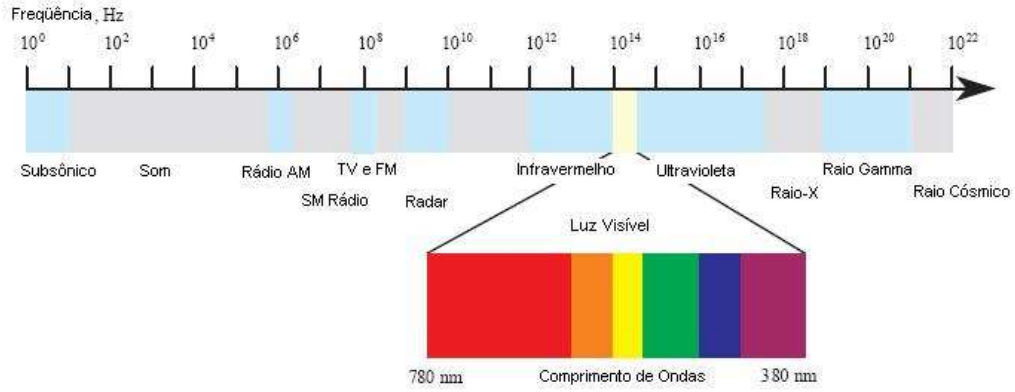

Figura 2.4: Freqüência e escala do comprimento de ondas

A luz pode ser produzida por uma variedade de métodos. A maioria ocorre com fontes de luz incandescentes, que é o método de se emitir a luz aquecendo um objeto. Sabe-se que os sólidos e os líquidos emitem luz quando suas temperaturas estão acima de 1000K. A quantidade de poder de radiação depende da temperatura do objeto. A cor da temperatura correlacionada (CCT) do objeto pode ser usada para descrever as propriedades espectrais da luz emissora. Por exemplo, a luz solar direta tem um CCT aproximadamente de 5500K. A luz do dia típica tem um CCT aproximadamente de 6500K.

As lâmpadas de tungstênio são outros exemplos de fontes claras incandescentes, mas seus CCTs são muito mais baixos que os da luz do dia. As lâmpadas de tungstênio têm um CCT aproximado de 2600-3000K. A luz

pode também ser produzida pela passagem da corrente elétrica através dos gases ou por determinados semicondutores.

Quando a luz alcança um objeto (ou uma superfície), muitos processos ocorrerão. Estes processos podem basicamente ser divididos em duas classes diferentes. A primeira classe é associada às descontinuidades de propriedades ópticas da interface como a reflexão, emissão de superfície, dentre outras. Já a segunda classe são volumes relacionados e dependem das propriedades ópticas do material do objeto. Os processos mais importantes são:

- **Reflexão:** Quando a luz atinge a superfície de um objeto, deve passar através da interface entre os dois meios. Desde que os índices refrativos dos dois meios sejam diferentes, a parte da luz incidente é refletida da interface. Comporta-se como um espelho, significando que o ângulo da refletância é igual ao ângulo de incidência. A razão do fluxo refletido para o incidente na superfície é chamada de refletividade e depende do ângulo de incidência, dos índices refrativos dos dois meios que encontram-se na relação e do estado de polarização da radiação.

  Pode-se observar na figura 2.5 que quando o raio de luz atinge a superfície entre o meio óptico com diferentes índices de refração, parte da luz incidente é refletida de volta.

- **Refração, Absorção e Espalhamento:** Para muitos materiais tais como dielétricos, nem toda a luz incidente é refletida na Interface, parte dela penetra no objeto. Ver figura 2.5.

- **Emissão Térmica:** A emissão da radiação eletromagnética ocorre em toda a temperatura. A causa da emissão espontânea da radiação eletromagnética é o movimento molecular térmico, que aumenta com a temperatura. Durante a emissão da radiação, a energia térmica é convertida em radiação eletromagnética e o objeto resfria.

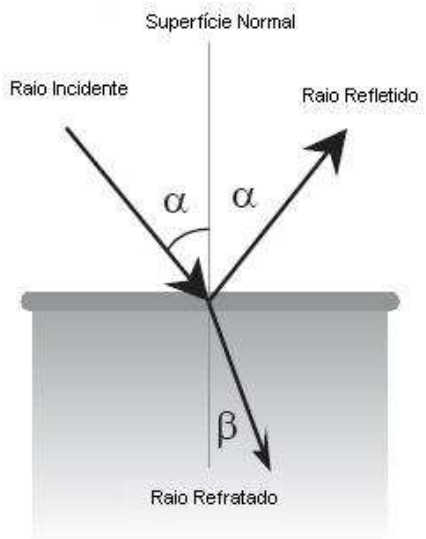

Figura 2.5: Reflexão e Refração da Luz

Dependendo das propriedades químicas e físicas do objeto e de outros fatores, a quantidade de luz que é refletida de volta (que, neste caso, pode consistir na luz refletida diretamente para a interface, a luz refletida dentro do objeto, ou a luz emissora dos objetos) variará em comprimentos de ondas diferentes. Essa variação é descrita nos termos das características espectrais da refletância (ou transmissor espectral) do objeto. A cor do objeto pode ser definida no básico de tais propriedades espectrais.

O estudo de luz e cor deve ser iniciado pela física elementar, uma vez que a luz é uma onda eletromagnética. Sendo assim, da Física vem que todas as ondas eletromagnéticas se propagam no vácuo com a mesma velocidade com o valor de 3x 10^8 m/s (velocidade da luz). Em decorrência desse fato, e sabendo-se a freqüência de uma onda eletromagnética (f), no vácuo, pode-se determinar o comprimento de onda (λ) dessa radiação.

O olho humano é um mecanismo físico de recepção da luz. Tipicamente, este excita-se com radiações eletromagnéticas entre 380 nm a 780 nm, espectro conhecido como luz visível. Já a luz, por sua vez, possui uma composição que depende de propriedades da radiância (ou da irradiância) de um corpo (SIMÕES, 2000).

A tabela 2.1 mostra as luzes monocromáticas captadas pelo olho humano.

Tabela 2.1 - Cores e Ondas captadas pelo olho humano

Ondas Refletidas	**Cores**	**Comprimento de Ondas**
Curtas	Violeta	380-440 $m\mu$
Médias	Azul	440-490 $m\mu$
Longa	Verde	490-565 $m\mu$
Longa e Média	Amarelo	565-590 $m\mu$
Longa e um pouco Média	Laranja	590-630 $m\mu$
Longa e Curta	Vermelho	630-780 $m\mu$

Fonte: (CARVALHO, 2005) e (GOLDSTEIN, 1989)

2.3 Termos das Cores

A cor, em geral, é dividida em 3 aspectos (EVANS, 1948):

- Físico;
- Psicofísico;
- Psicológico.

Uma definição de cor dada por Gunter Wyszecki (1986) apud (GOLDSTEIN, 1989), é em termos de composição espectral (as ondas que contém estímulo de luz). Se dois campos, em um mesmo *background*, possuindo a mesma forma, textura, aparência tem diferentes composições espectrais, então a diferença que se percebe entre eles é a cor.

Algumas definições de cor (LAROUSSE, 1998):

- Sensação resultante da impressão sintetizada pelo cérebro, através da retina, por uma luz emitida por uma fonte e recebida diretamente (cor de uma fonte: chamas, etc.) ou após ter interagido com um corpo não luminoso (cor de um corpo);
- Aparência dos corpos segundo o modo como refletem ou absorvem a luz.

2.4 Teoria das Cores

Cores Primárias - A percepção de uma cor de um objeto depende de três fatores: a luz, o objeto que está sendo visto e o observador. Existem três comprimentos de onda (vermelho, verde e azul) que constituem a base para todas as cores da natureza; por isso são denominados de cores primárias. Todas as demais cores do espectro são criadas pela combinação (adição) de diferentes intensidades desses três comprimentos, por isso as primárias são também chamadas de aditivas (MELLY, 2004).

Cores Secundárias - Quando as cores primárias se sobrepõem, duas a duas, elas geram três cores: cyan, magenta e amarelo, denominadas de cores secundárias. Quando todas as primárias estão presentes na mistura, tem-se a cor branca (MELLY, 2004).

Cores Complementares - Cada uma das cores secundárias é formada por duas primárias e não possui a terceira, isso faz com que as primárias sejam complementos das secundárias. As cores complementares são as que mais diferem umas das outras, exatamente pelo fato da secundária não possuir em sua mistura, sua cor primária complementar. Por exemplo: o amarelo é formado pelo vermelho e pelo verde e não possui o azul, que é sua cor complementar (MELLY, 2004).

Tonalidade - A tonalidade corresponde ao comprimento de onda da cor dominante, isto é, da cor observada: as diferentes sensações que a cor produz no olho humano dependem de seu comprimento que, por sua vez, é determinado pela energia vibratória do elemento radiante (MELLY, 2004).

Saturação - A saturação diz respeito à pureza, isto é, o quanto a cor é diluída pela luz branca. A pureza de uma luz colorida é a proporção entre a luz pura da cor dominante e a luz branca necessária para produzir a sensação. É através da saturação que o rosa é descriminado do vermelho, o azul celeste do azul royal etc (MELLY, 2004).

Brilho - O brilho tem relação com a noção cromática de intensidade. Quanto mais baixo o brilho, mais cinza existe na cor, pois o brilho é o intervalo do preto ao branco (MELLY, 2004).

Onda Monocromática - É aquela cujo comprimento é bem definido (*monos* : um; *chromos*: cor); como sua pureza é de 100 por cento, diz-se ser uma cor pura ou espectral, caracterizando-se pelos nomes das cores do arco-íris (MELLY, 2004).

Cores Metâmeras - Chamam-se cores metâmeras ou metâmero duas cores espectralmente diferentes, mas que produzem a sensação de uma mesma cor. As cores metâmeras podem produzir o mesmo efeito, quando vistas sob determinadas condições de iluminação e efeitos distintos quando as condições mudam. Um exemplo de uma situação dessas é quando se compra uma calça e blusa de materiais diferentes, mas exatamente da mesma cor, quando vistas na loja (sob uma iluminação artificial). Ao sair-se na rua, sob a luz do sol, verifica-se que apresentam cores diferentes (MELLY, 2004).

O uso de cores em processamento de imagens (GONZALEZ; WOODS, 1998) é motivado por dois fatores principais: primeiramente, em análise de imagens automatizada a cor é um descritor poderoso que freqüentemente simplifica a identificação do objeto e a extração de uma cena. Em segundo lugar, em análise de imagens desempenhada por seres humanos, a motivação para o uso de cores é que o olho humano pode discernir milhares de tons e intensidades de cores, comparado a cerca de apenas duas dúzias de tons de cinza (MELLY, 2004).

2.5 Métodos de Agrupamento de Cores

Dado um conjunto de características por *pixel*, os métodos de agrupamento (ou *clustering*) baseiam-se em um critério de distância (ou dissimilaridade) entre cada par de *pixels* no espaço de características para agrupar os *pixels* mais próximos (aqueles com características mais similares) em uma mesma classe. Estes métodos dividem-se em particionais e hierárquicos. A diferença básica entre eles é que os métodos particionais geram uma única partição dos dados com um número fixo de classes, enquanto os métodos hierárquicos geram inicialmente um conjunto de partições, percorrendo um intervalo de possíveis valores para o número de classes. A partição final é escolhida posteriormente como um elemento deste conjunto. Obviamente, os métodos hierárquicos são mais complexos do que os métodos particionais e, portanto, estes são mais comuns na literatura (FALCÃO, 2003).

Os resultados tipicamente fornecidos por muitas ferramentas de agrupamento de dados, é um conjunto de descrições estatísticas da natureza de um grupo bem como a relação entre este e os itens que o compõem (PUNTAR, 2003), ou seja, para cada grupo é fornecida uma descrição e um dimensionamento de similaridade ou de distância para outros grupos. Da mesma forma para cada registro ou objeto está identificado o grupo para qual é mais forte a sua pertinência, além de uma dimensão da similaridade tal como uma distância para ele (PUNTAR, 2003).

Alguns itens que merecem atenção quanto ao agrupamento de dados são a existência de *pixels* fora do padrão, a forma como os grupos são similares entre si, as características típicas de cada grupo e as diferenças de cada grupo, dentre outras.

A seguir será apresentado um breve resumo de alguns dos métodos utilizados para o agrupamento de dados.

2.5.1 Método *K-Means*

O algoritmo *K-Means*, baseado na técnica estatística do centróide, toma um parâmetro inicial k e divide um conjunto de dados em k grupos de tal forma que a similaridade dentro dos grupos seja alta enquanto que a similaridade entre os grupos seja pequena (SOUKUP et al, 2000).

O procedimento do algoritmo é, em primeiro lugar, selecionar aleatoriamente k objetos do conjunto de dados, onde cada um destes objetos representará inicialmente uma média do centro de cada grupo. A seguir os demais objetos são classificados nos grupos para os quais apresentam maior similaridade (HAN; KAMBER, 2000).

Um parâmetro tipicamente utilizado como medida de similaridade é a distância euclidiana, podendo-se também utilizar a distância *Manhatan*. Assim o agrupamento dos dados se dá através das menores distâncias em relação ao centro dos grupos, ou seja, cada elemento é classificado no grupo para o qual apresente a menor distância ao seu centro. O processo interativo consiste na atualização dos centros de grupos, através da média das coordenadas dos pontos de cada grupo.

No trabalho de Polidorio e outros (2003) é feita a extração de informações de imagens aéreas coloridas e digitalizadas através dos sistemas de cores RGB e HSI. O método K-means é utilizado para a classificação de padrões, onde permita computar o grau de artificialidade das feições envolvidas numa cena através do sistema de cor RGB e em áreas sombreadas é utilizado o modelo de cores HSI.

A principal dificuldade encontrada neste trabalho é a diversidade de padrões envolvidos numa mesma cena tornando-se complexa uma solução. O autor cita como um dos principais pontos os variados tipos de vegetação, solo, presença e ausência de água, residências, pontes, dentre outros. Outros aspectos relevantes são as variações na geometria, textura, cor e as sombras de variadas intensidades.

Uma desvantagem desse sistema é o seu alto custo computacional, pois nesses tipos de imagens a quantidade de informações é muito grande. Os resultados obtidos na pesquisa foram satisfatórios.

Na pesquisa de Bonventi e Costa (2002) utiliza-se também esse mesmo método de agrupamento nebuloso, onde o modelo de classificação das cores é o RGB. Seu trabalho é aplicado em cenas de ambiente, onde o sistema faz a separação dos objetos correspondentes da cena. Os testes foram feitos com imagens como: fotografias aéreas, imagem de satélite e uma cena específica de futebol de robôs. Na imagem de futebol de robôs, conseguiu-se identificar com muita eficiência vários tipos de classes, tais como: bola, parede, gol e laterais.

2.5.2 Método *Kohonen*

Tecnicamente denominado "*self-organizing maps*" (SOMs), o método *Kohonen*, recebe também esta denominação em homenagem ao seu criador Teuvo Kohonen (SOUKUP et al, 2000). Não é apenas um método baseado nas redes neurais, mas sim, efetivamente, um tipo de rede neural que pode ser utilizada no agrupamento de dados. Tanto com relação ao funcionamento quanto aos resultados obtidos, o *Kohonen* se assemelha pragmaticamente ao *K-means*. Entretanto os dois métodos utilizam abordagens totalmente diferentes (SOUKUP et al, 2000).

Um agrupamento de dados feito por um sistema de redes neurais tende a representar cada grupo com base em um exemplar (HAN; KAMBER, 2000).

Um exemplar age como um protótipo que não precisa necessariamente corresponder a um exemplo particular de dado ou objeto do conjunto. Tomando-se por base alguma medida de distância, os demais objetos do conjunto são comparados a cada exemplar, e atribuídos ao grupo cujo exemplar lhes seja mais similar. Uma rede neural do tipo SOM consiste de uma camada de unidades de entrada e uma rede usualmente bidimensional de unidades de saída. A característica básica de uma rede SOM, que a distingue

topologicamente de uma rede neural por predição, é o fato de que cada unidade na camada de saída está completamente conectada com todas as unidades da camada de entrada, e não existe camada oculta. A rede do tipo SOM realiza efetivamente uma redução de dimensão, tomando as similaridades entre os registros com base nos diversos atributos do conjunto de dados, e mapeando-as através da rede bidimensional, de modo a preservar e representar corretamente estas similaridades (SOUKUP et al, 2000).

No trabalho de Fleck et al (2003), aplicou-se o método de *Kohonen* a um modelo de camadas sísmicas como ferramenta na interpretação dos dados sísmicos. Determinou-se grupos de dados sísmicos e a partir destes, faz-se a análise do bloco sísmico.

Dependendo de como se aplica este método, camada a camada ou por blocos, diferentes tipos de análises podem ser desenvolvidas.

Um outro trabalho que também utiliza o método de *Kohonen* é o de Claudino e outros (2000), onde os mesmos propõem uma técnica de classificação e segmentação automática de imagens descritas por textura. O objetivo é conseguir uma melhor forma de reconhecimento de padrões.

2.5.3 Método Fuzzy-K-Means

Este método de classificação é um algoritmo extremamente potente, proposto por Bezdek (1981), para o agrupamento de dados.

Mais uma vez existe similaridade com os procedimentos dos métodos anteriores, porém a idéia do algoritmo é ponderar a distância de um ponto ao centro do grupo através de um valor de pertinência.

Uma característica do método é que, ao contrário dos métodos anteriores, um registro, durante o processo interativo, poderá pertencer a mais de um grupo, de acordo com o seu valor de pertinência. Além disso, todo registro deverá pertencer ao menos a um grupo e, nenhum grupo poderá conter todos os registros. O processo interativo consiste na atualização dos centros de grupos baseado na otimização de um critério de erro.

No trabalho de Drummond (2003), foi desenvolvido um algoritmo para ser aplicado na classificação numérica de dados. O sistema tem como objetivo analisar os dados obtidos para classificar um mapa, de acordo com um determinado atributo.

O sistema foi testado nos métodos *Fuzzy-K-Means* e *K-Means.* Após várias iterações o autor obteve resultados satisfatórios nos dois métodos, porém no método *Fuzzy-K-Means* houve uma melhora nas classificações.

Já na pesquisa de Vrindts e outros (2004), os conceitos desse método são aplicados para o gerenciamento de zonas (determinadas áreas do solo). A aplicação verifica qual a situação do solo, ou seja, área seca, de plantação, úmida, etc. A cada ano essas amostragens são armazenadas e comparadas com anos posteriores. Os resultados se mostraram bastantes eficientes e são visualizados através de mapas e gráficos de respectiva região. O projeto mostrou-se bastante eficiente para a área da agricultura ajudando nas tomadas de decisões.

2.6 Cores Culturais

No universo das cores, pesquisas mostram que todas as cores existentes podem ser classificadas em apenas onze categorias de cores culturais: *branco, preto, vermelho, verde, amarelo, azul, marrom, violeta, rosa, laranja e cinza* (BERLIN; KAY, 1991).

Se uma língua codifica menos de onze categorias básicas da cor, tem-se algumas limitações estritas em que categorias pode codificar. As limitações distributivas dos termos das cores através das línguas são:

- Todas as línguas contêm termos de branco e preto.
- Se a língua contém 3 termos, então ele contém o termo vermelho.
- Se a língua contém 4 termos, então ele contém o termo verde ou amarelo (mas não os dois juntos, um ou outro).

- Se a língua contém 5 termos, então ele contém ambos os termos, verde e amarelo.
- Se a língua contém 6 termos, então ela contém o termo azul.
- Se a língua contém 7 termos, então ela contém o termo marrom.
- Se a língua contém 8 ou mais termos, então ela contém o termo violeta, rosa, laranja, cinza ou então a combinação destes.

Essas distribuições são resumidas na Tabela 2.2 (BERLIN; KAY, 1991), na qual cada linha corresponde a um tipo de cor cultural. O padrão mostrado por essa distribuição é uma compactação de 2048 (2^{11}) combinações possíveis dos termos das onze cores culturais.

Além disso, dos 22 tipos que podem ocorrer, pode-se resumir uma simples regra:

$$A < B < C < D < E < F \tag{2.1}$$

Onde:

- **A:** Preto e Branco
- **B:** Vermelho
- **C:** Verde e Amarelo
- **D:** Azul
- **E:** Marrom
- **F:** Violeta, Rosa, Laranja e Cinza

Deste modo, o conjunto das cores culturais é representada pela fórmula 2.1.

A regra não representa somente a distribuição da sentença, mas também a ordem cronológica relativa à codificação de cada categoria das cores culturais. A ordem cronológica é uma interpretação da seqüência de estágios evolutivos.

Tabela 2.2 – Formas das Cores Culturais

Tipo	Termos	Bra	Pre	Vrm	Vrd	Ama	Azu	Mar	Ros	Vio	Lar	Cin
1	2	+	+									
2	3	+	+	+								
3	4	+	+	+	+							
4	4	+	+	+		+						
5	5	+	+	+	+	+						
6	6	+	+	+	+	+	+					
6	7	+	+	+	+	+	+	+				
6	8	+	+	+	+	+	+	+	+			
6	8	+	+	+	+	+	+	+		+		
6	8	+	+	+	+	+	+	+			+	
6	8	+	+	+	+	+	+	+				+
6	9	+	+	+	+	+	+	+	+	+		
6	9	+	+	+	+	+	+	+	+		+	
6	9	+	+	+	+	+	+	+	+			+
6	9	+	+	+	+	+	+	+		+	+	
6	9	+	+	+	+	+	+	+		+		+
6	9	+	+	+	+	+	+	+			+	+
6	10	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	
6	10	+	+	+	+	+	+	+	+	+		+

6	10	+	+	+	+	+	+	+	+		+	+
6	10	+	+	+	+	+	+	+		+	+	+
6	11	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+

Fonte: (BERLIN; KAY, 1991)

2.7 Modelos de Cores

Os modelos de cores foram criados para proporcionar uma maneira de traduzir cores em dados numéricos de modo a poderem ser descritas de maneira consistente em vários meios. O objetivo de um modelo de cor é o de permitir a especificação de cores de uma forma universal. Sem um modelo de cor globalmente aceito seria impossível transmitir com exatidão as características de uma cor.

A maioria dos sistemas de cor existentes foram criados para responder à necessidade de especificar cores num determinado contexto.

Alguns exemplos de modelos de cores são:

- RGB
- HSV
- CIE

2.7.1 Modelo RGB - (*Red/Green/Blue*)

Esse modelo é baseado no sistema de coordenadas cartesianas. Cada cor aparece nos seus componentes espectrais primários que são: vermelho (*Red*), verde (*Green*) e azul (*Blue*), como mostra a figura 2.6, onde o modelo é representado pelo cubo. Todas as cores resultam da combinação de diferentes pesos destes três componentes. Cada uma das três cores primárias tem um intervalo de valores de 0 a 255, tendo 256 possíveis valores de cada cor representada com 8 *bits*. O número total de cores é aproximadamente 16,7 milhões (256 X 256 X 256).

Esse modelo é utilizado em monitores coloridos e em diversas aplicações gráficas.

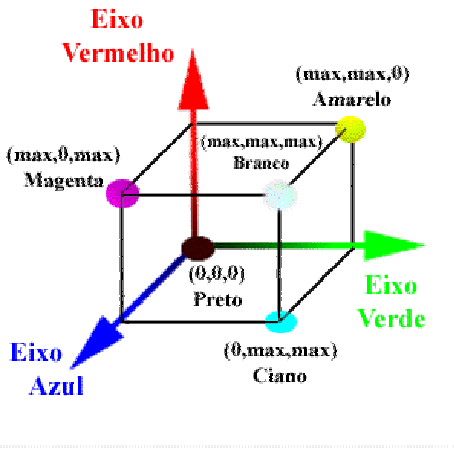

Figura 2.6: Modelo RGB

2.7.2 Modelo HSV - (*Hue/Saturation/Value*)

O modelo HSV é a concepção intuitiva da técnica utilizada por um artista ao misturar cores básicas para obtenção de outros tons compostos. A seleção e obtenção de cores no modelo HSV é muito mais intuitiva que no modelo RGB. Seu princípio baseia-se no controle dos valores de Matiz (H), Saturação (S) e Valor/Brilho(V), conforme pode-se observar o modelo na figura 2.7. Resumidamente, pode-se dizer que a Matiz (H) informa a cor predominante em um determinado *pixel* da imagem.

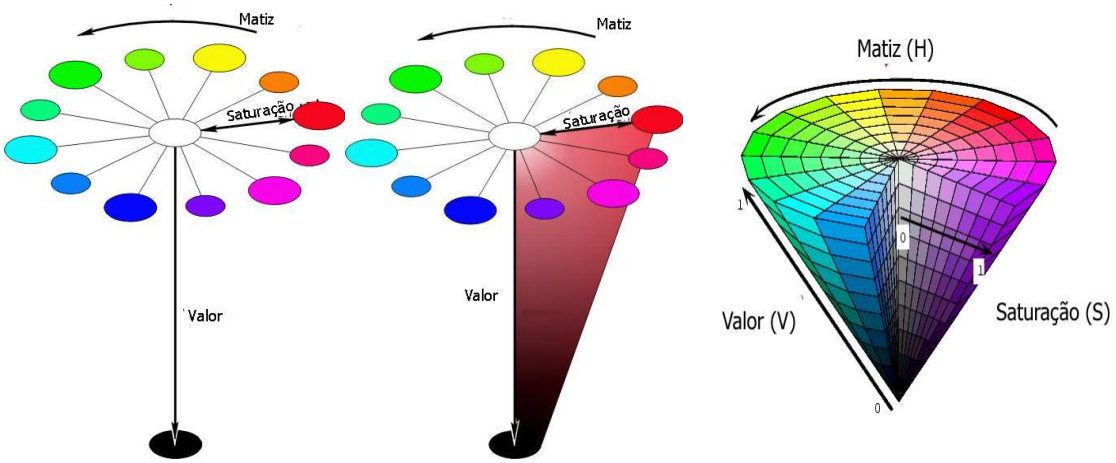

Figura 2.7: Modelo HSV de cor

Matiz (***Hue***): é a componente que seleciona a "tinta" em uso, sendo controlada pela posição angular de um ponteiro numa roda de cores definida de 0º a 359º. Os valores de matiz são dados por ângulos que variam desde 0 grau (correspondendo ao vermelho) a 360º (vermelho igualmente, pois 360º = 0º). As outras duas cores primárias, verde e azul, têm valores de Matiz iguais a 120º e 240º respectivamente.

Saturação (***Saturation***): é a componente que determina a pureza da cor selecionada na Matiz. Quanto mais saturada, isto é, quanto maior o valor de saturação, mais pura será a cor. A pureza também está relacionada com a quantidade de cor branca presente na mesma. Todos os tons de cinza possuem Saturação = 0 e todas as Matizes puras possuem Saturação = 1.

Valor (***Value***): regula o brilho da cor determinada pela Matiz e pela Saturação. Dá a noção, de maneira geral, de quão iluminada está a imagem naquele momento. Ou então, em outros termos, uma noção da resposta espectral de um objeto em uma dada banda. A cor preta possui brilho zero e qualquer valor de H ou S. O valor 1 de V determina uma intensidade pura de H+S.

O modelo HSV é considerado de mais fácil uso por artistas gráficos. Tanto os valores de saturação quanto os de brilho, estão compreendidos entre 0 e 1. Embora estes intervalos de valores, bem como o de matiz, sejam uma

notação (poderiam variar de 0 a 255, por exemplo), eles são de uso corrente e aceitos consensualmente. Porém, encontram-se exemplos de espaços de atributos onde os intervalos difiram dessa notação.

As cores no modelo HSV (GONZALEZ; WOODS, 1998) são definidas com respeito aos valores normalizados do vermelho, verde e azul do modelo de cores RGB por:

$$r = \frac{R}{R+G+B} \tag{2.2}$$

$$g = \frac{G}{R+G+B} \tag{2.3}$$

$$b = \frac{B}{R+G+B} \tag{2.4}$$

Como os valores são normalizados, então:

$$r+g+b = 1 \tag{2.5}$$

Para qualquer componente de cor (R,G ou B), de acordo com o intervalo especificado, o componente de intensidade no modelo HSV é definido como:

$$I = \frac{1}{3}(R+G+B) \tag{2.6}$$

O resultado dessa equação tem valores no intervalo [0,1].

2.7.3 Modelo CIE - (*Comission Internationale l´Eclairage*)

Em 1931, a *Commision Internationale de l'Eclairage* (CIE) definiu três primárias padronizadas (X, Y, Z) para substituir as cores vermelha, verde e azul. Esse modelo de cores, conforme pode-se ver na figura 2.8, proporciona uma medida simples de cores, do ponto de vista computacional, de acordo com o sistema de cores de *Munsell*, que representa um espaço de cores aproximadamente uniforme. Entende-se por uniforme o espaço de cores no qual a variação de cores percebida pelo observador é linearmente proporcional à mudança de valor do atributo correspondente ao brilho da cor.

Em 1976 a CIE divulgou um espaço de cores que mais se aproximava de um espaço de cores uniforme: o L*u*v*.

Um monitor de computador consegue representar em cores o triângulo da Figura 2.9, dentro do modelo CIE.

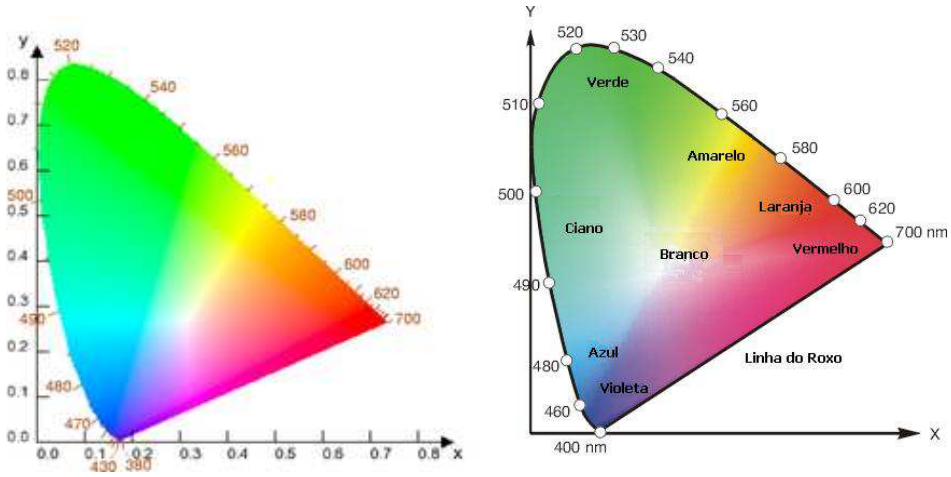

Figura 2.8: Modelo CIE

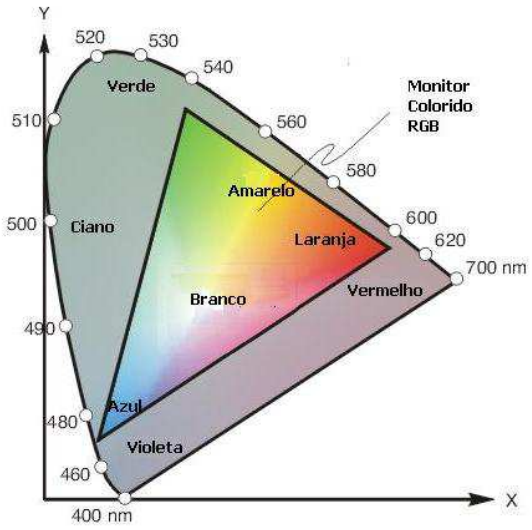

Figura 2.9: Representação por Monitores dentro do modelo CIE

2.8 Considerações Finais

Muitos estudos e pesquisas têm sido feito com cores. Sabe-se que a cor é uma das características mais importantes quando se trata de representação e recuperação de imagens coloridas em base de dados.

Algumas técnicas têm sido utilizadas, outras aperfeiçoadas e outras ainda serão desenvolvidas. A cor tem uma significância não apenas na área de processamento de imagens, mas também para os seres humanos, para o seu conhecimento e assimilação de cada uma das coisas que fazem parte de seu meio ambiente.

Um dos grandes problemas da classificação das cores é fazê-la tão próxima quanto a humana, pelo fato da mesma não ser um atributo físico e sim, uma sensação. Em nossa proposta tentaremos maximizar o desempenho da classificação das cores através dos Histogramas Perceptuais.

Em muitas pesquisas feitas na área, apontaram o modelo de cores HSV como o melhor para se trabalhar com imagens coloridas e em recuperação em base de dados. O modelo apresenta uma definição melhor dos *pixels* no espectro de cores, além de possuir uma estrutura mais fácil de compreensão e para aplicações práticas.

No modelo de cores RGB a definição dos *pixels* não é tão clara como no modelo HSV e têm-se uma maior dificuldade na definição das cores branca, preta e cinza pelo fato das mesmas estarem numa mesma diagonal.

Um dos grandes problemas do modelo CIE é sua representação nos monitores de micro-computadores, pelo fato do mesmo só conseguir representar uma pequena fatia de todas as cores correspondentes do modelo. Diante de alguns estudos este modelo não se mostrou favorável para a classificação e delimitação das cores, devido a sua própria estrutura.