

Gráfica

## Origens da Computação Gráfica

A Computação Gráfica está presente em todas as áreas, desde os mais inconseqüentes joguinhos eletrônicos até o projeto dos mais modernos de equipamentos para viagens espaciais, passando também pela publicidade, com as mais incríveis imagens, desenhos, cores, gráficos etc. A medicina é uma das áreas que se faz presente na CG, através da criação de imagens de órgãos internos do corpo humano, possibilitando o diagnóstico de males que em outros tempos somente seria possível com intervenções cirúrgicas complicadas e comprometedoras.

Parece existir um consenso entre os pesquisadores da história da Computação Gráfica, este é sobre o primeiro computador a possuir recursos gráficos de visualização de dados numéricos, ou seja, o "Whirlwind I" (furacão), desenvolvido pelo MIT. Este equipamento foi desenvolvido, em 1950, com finalidades acadêmicas e também possivelmente militares, pois logo em seguida o comando de defesa aérea dos EUA desenvolveu um sistema de monitoramento e controle de vôos (SAGE - *Semi-Automatic Ground Enviroment*) que convertia as informações capturadas pelo radar em imagem em um tubo de raios catódicos (na época uma invenção recente) no qual o usuário podia apontar com uma caneta ótica.

Em 1962, surgiu uma das mais importantes publicações de Computação Gráfica de todos os tempos, a tese do Dr. Ivan Sutherland ("*Sketchpad - A Man-Machine Graphical Communication System*"), propunha uma forma de intenção muito semelhante ao que hoje chamados de interfaces WIMP - Window-Icon-Menu-Pointer.

Esta publicação chamou a atenção das indústrias automobilísticas e aeroespaciais americanas. Os conceitos de estruturação de dados bem como o núcleo da noção de Computação Gráfica interativa, levaram a General Motors a desenvolver o precursor dos primeiros programas de C.A.D. Logo em seguida diversas outras grandes corporações americanas seguiram este exemplo sendo que no final da década de 60 praticamente toda a indústria automobilística e aeroespacial se utilizava de softwares de CAD.

## **O CRESCIMENTO DA COMPUTAÇÃO GRÁFICA**

Dois fatores, entretanto, foram fundamentais para o desenvolvimento da Computação Gráfica tal como a conhecemos hoje:

a) O desenvolvimento da tecnologia de circuitos integrados durante a década de 70 que permitiu o barateamento e a conseqüente popularização das máquinas;

b) O fim da idéia de que os fabricantes de computadores devem fornecer apenas a máquina e o sistema operacional e que os usuários devem escrever seus próprios aplicativos. A popularização dos aplicativos prontos e integrados (planilhas, editores de texto, editores gráficos, processadores de imagem, bancos de dados, etc). Tudo isto permitiu a popularização da Computação Gráfica na medida em que possibilitaram que o usuário comum, sem conhecimento ou tempo para desenvolver aplicativos gráficos (nem sempre tão simples de serem programados) pudessem se utilizar das facilidades da mesma.

**Computação Gráfica.** - Área da computação que estuda a geração manipulação e interpretação de imagens por meio de computadores.

**Segundo a ISO** (*"International Standards Organization"*) três áreas possuem uma estreita relação com a Computação Gráfica, são elas:

- Síntese de imagens - Representações visuais a partir de especificações geométricas de seus componentes
- Processamento de imagem - Técnicas de imagem transformação, e são representadas visualmente. Ex: Mais contraste, correções geométricas etc.
- Análise de imagem - Visa obter a especificação dos componentes de uma determinada cena. (inversa à síntese de imagem), em outras palavras Busca isolar e identificar os componentes de uma imagem a partir de sua representação visual.

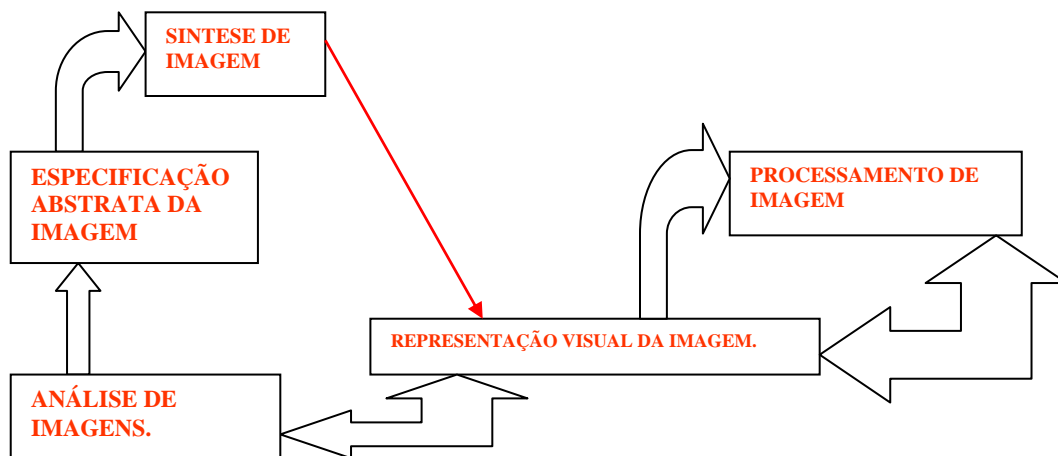


Figura 01 "Diagrama de junção áreas da CG"

Já alguns autores classificam a Computação Gráfica em passiva e interativa. Para a Computação Gráfica Passiva entende-se que o uso do computador é para definir, armazenar, manipular e apresentar imagens gráficas. O computador prepara e apresenta dados armazenados sob a forma de figuras e o observador/usuário não interfere nesse processo. Exemplos desse tipo de atividade podem ser simples como a geração automática de um gráfico de barras a partir de uma tabela. Computação Gráfica Interativa também utiliza-se do computador para preparar e apresentar imagens. Nesse caso, entretanto, o observador/usuário pode interagir em tempo real com a imagem. Os exemplos deste caso seriam jogos, simuladores de vôo, corridas de carro entre outros.

Para desenvolver certas aplicações se faz necessário possuir alguns itens como:

- Utilizar máquinas mais rápidas;
- Melhorar os algoritmos tornando-os mais eficientes;
- Construir módulos de "hardware" dedicados a certos tipos de operações;
- Reduzir a complexidade da imagem, neste caso corre-se o risco de produzirem-se imagens de qualidade insuficiente conforme a aplicação etc.



**Figura 02 "Hardware para CG"**

Não somente para computação gráfica interativa, mas para todas as formas de computação gráfica, deve se observar determinadas características de hardware, mais especificamente sobre a estação que será DESENVOLVIDA e DEMONSTRADA a aplicação:

- Alta capacidade de armazenamento;
- Alta taxa de velocidade;
- Periféricos digitais e analógicos;
- Ligações eficientes para a busca e comunicação de informações.

### **Cores Computação Gráfica**

O uso da cor é de extrema importância na vida e nas aplicações que ela segue, assim também é na Computação Gráfica onde a cor faz com que a

imagem se transforme para os olhos. Entre as vantagens de utilização das cores se destacam:

- Torna os terminais de vídeos mais bonitos e agradáveis;
- Auxilia a visualização em desenhos complexos;
- Melhora a legibilidade da informação;
- Possibilita gerar imagens realistas;
- Permite indicar mecanismos de segurança (por exemplo, a cor vermelha pode indicar necessidade de atenção para situações críticas).

Enfim, o uso de cores torna o processo de comunicação mais eficiente [HALL89]. A cor, elemento fundamental em qualquer processo de comunicação, merece uma atenção especial. É um componente com grande influência no dia a dia de uma pessoa, interferindo nos sentidos, emoções e intelecto [MARC87];

Pode ser usada deliberadamente para se atingir objetivos específicos. Um projetista de interface deve lançar mão desse poder das cores de modo a utilizá-las adequadamente para tornar as interfaces mais poderosas.

A cor exerce uma ação tríplice: a de impressionar, a de expressar e a de construir. A cor é vista: impressiona a retina. É sentida: provoca uma emoção. É construtiva, pois tendo um significado próprio, possui valor de símbolo, podendo assim, construir uma linguagem que comunique uma idéia [FARI87].

A cor é qualitativamente descrita em termos de três dimensões básicas: *tonalidade* ou *matiz*, *saturação* ou *croma* e *brilho* ou *intensidade*. Tratam-se de dimensões subjetivas, boas ferramentas descritivas.

Um *espaço de cor* é um método formal, necessário para se representar as sensações visuais das cores; que podem assim ser precisamente especificadas. A introdução de uma representação matemática no processo de especificação de cor gera muitos benefícios já que permite a especificação de um espaço de cor através de um sistema de coordenadas cartesianas, geralmente conhecido como *modelo de cor* [JACK94].

### **Dica Gamut**

É a variedade de cores atingível por um dispositivo de saída. Aparece como um volume sólido tri-dimensional em um espaço de cor [JACK94].

Todo o fenômeno de cor pode ser descrito em termos desses três elementos. As características físicas da fonte e do objeto determinam a natureza da radiação que atinge o observador. A cor é um processo complexo, resultante do processamento do olho e do cérebro. O que de fato determina a cor de um objeto é a presença de alguns fotopigmentos no olho humano que se sensibilizam de forma distinta diante de diferentes comprimentos de onda; as várias espécies de seres vivos percebem a *cor* distintamente umas das outras. Pode-se dizer que o fenômeno de cor está na mente [JACK94].

### **As Ondas eletromagnéticas - O Espectro Visível**

As ondas eletromagnéticas cobrem um intervalo bem amplo de frequência, ou comprimentos de onda. Dependendo de suas fontes, são



classificadas em Ondas de Rádio, Microondas, Espectro Infravermelho, Luz ou Espectro Visível, Raios Ultravioletas, Raios X e Raios Gama.

Até o século XVII, a luz era definida como "*a radiação que pode ser percebida pelos olhos humanos*" [BORN70]. Após experiências sobre as propriedades dos raios infravermelhos e ultravioletas, apesar de invisíveis, a ciência passou a considerá-los como luz, em virtude da semelhança do comportamento de suas regiões do espectro com a faixa visível.

Os babilônios já sabiam muito sobre a propagação da luz, mas foi a Escola de Platão que primeiro teorizou esse conhecimento, criando a base da Ótica Geométrica. Modificações substanciais no estudo da luz somente ocorreram, 2 mil anos mais tarde, com os trabalhos de Descartes e principalmente de Newton, quando então surgiu a Ótica Física [ALON72].

A teoria de Newton é baseada na emissão corpuscular. Posteriormente, ao levantarem-se os princípios da teoria ondulatória de Huygens, Young e Fresnel, acreditou-se ser falha aquela teoria, fato acentuado quando Maxwell e Hertz demonstraram ser a luz uma radiação eletromagnética [ALON72]. No entanto, os trabalhos do físico alemão Max Planck, realizados no início do século, mostraram evidências de que a luz é emitida e absorvida em porções de energia perfeitamente definidas, denominadas de "fótons", partículas que apresentam um "*quanta*" de energia.

Novos aspectos do fenômeno luz foram revelados, conciliando as teorias de Newton e Planck com as teorias de Maxwell e Hertz. Surgiu uma nova visão: a luz pode assumir tanto um comportamento ondulatório como um comportamento corpuscular.

Na Ótica Ondulatória, a luz é definida como o resultado de vibrações de um campo, perpendicular à direção de propagação, com uma distribuição de energia contínua no espaço. Na Ótica Corpuscular, ela é considerada como sendo formada por fótons.

As diferentes sensações que a luz produz no olho humano, as cores, dependem da frequência, ou comprimento de onda. Correspondem ao intervalo, mostrado na tabela 01, para uma pessoa com uma visão normal, isto é, sem problemas visuais [ALON72]:

<b>Cor</b>	<b>Comprimento de Onda (<math>\times 10^{-7}</math> m.)</b>	<b>Frequência (<math>\times 10^{14}</math> Hz.)</b>
<b>Violeta</b>	<b>3.90 - 4.50</b>	<b>7.69 - 6.65</b>
<b>Anil</b>	<b>4.50 - 4.55</b>	<b>6.65 - 6.59</b>
<b>Azul</b>	<b>4.55 - 4.92</b>	<b>6.59 - 6.10</b>
<b>Verde</b>	<b>4.92 - 5.77</b>	<b>6.10 - 5.20</b>
<b>Amarelo</b>	<b>5.77 - 5.97</b>	<b>5.20 - 5.03</b>
<b>Alaranjado</b>	<b>5.97 - 6.22</b>	<b>5.03 - 4.82</b>
<b>Vermelho</b>	<b>6.22 - 7.80</b>	<b>4.82 - 3.84</b>

**Tabela 01 “Intervalo do espectro visível”**

### Curiosidade: "O Olho Humano a luz e a cor"

Quando a retina não está fixada em nada, fica em repouso, permanecendo um período prolongado na obscuridade, o que aumenta sua sensibilidade. Em tal situação, o primeiro contato com uma luz colorida, de qualquer intensidade, pode causar a impressão de um branco durante certo tempo; da mesma forma, em um clarão forte, o olho perde momentaneamente a capacidade de distinguir cores ou formas. Quando a vista está fixa em uma lâmpada forte, e os olhos são fechados, a imagem continua visível, aos poucos perdendo a luminosidade e mudando de cor. Esse fenômeno, chamado de gradações consecutivas ou imagens posteriores, possui várias gradações. A sensibilidade do olho à cor se dá através de pigmentos, sensíveis à luz, presentes nos cones, chamados de fotopigmentos.

A figura 03 mostra a sensibilidade relativa da visão para um suposto *observador padrão*, para diferentes comprimentos de onda, para um certo nível de iluminação. A sensibilidade do olho depende do comprimento da luz incidente; ela é máxima para comprimentos de onda de aproximadamente  $5.60 \times 10^{-7} \text{m.}$ , isto é, o sistema visual é mais sensível na parte central do espectro visível e se torna menos sensível na direção das extremidades. Isso significa que, para serem percebidas, as cores azuis ou vermelhas devem ser bem mais intensas do que as amarelas ou verdes.

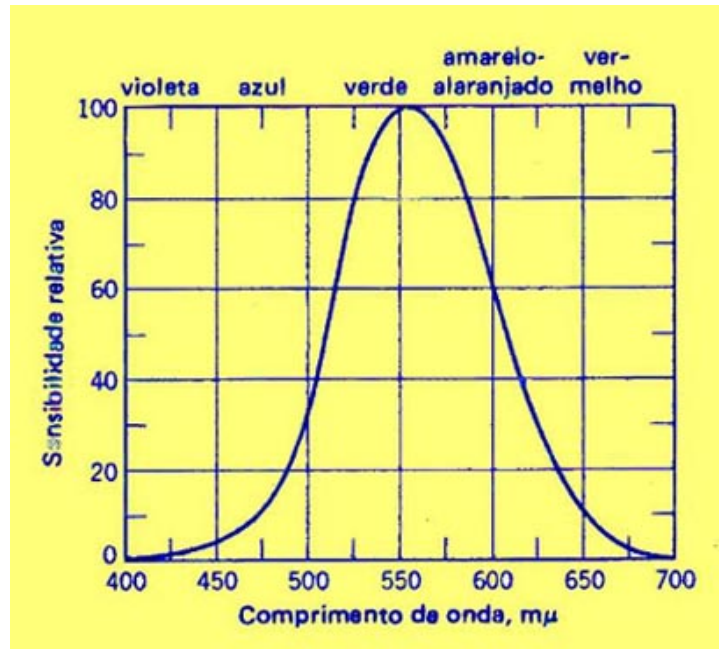


Figura 3 "Sensibilidade relativa da visão para um observador padrão"

### Processo de Formação de Cores

Existem dois processos de produção de cores: mistura aditiva de cores e mistura subtrativa de cores. Esses métodos usam cores primárias diferentes e possuem significados distintos para o branco e para o preto.

### Mistura Aditiva de Cores

É o processo usado nos monitores de vídeo e televisões, através do qual, a cor é gerada através da mistura de vários comprimentos de onda da luz; isso provoca uma alteração do comprimento de onda que atinge e sensibiliza o olho.

As cores primárias aditivas são: *vermelho*, *verde* e *azul*. No processo aditivo, o preto é gerado pela ausência de qualquer cor, indicando que nenhuma luz está sendo transmitida; o branco é a mistura de todas elas o que indica que

uma quantidade máxima de vermelho, verde e azul está sendo transmitida (figura 04).

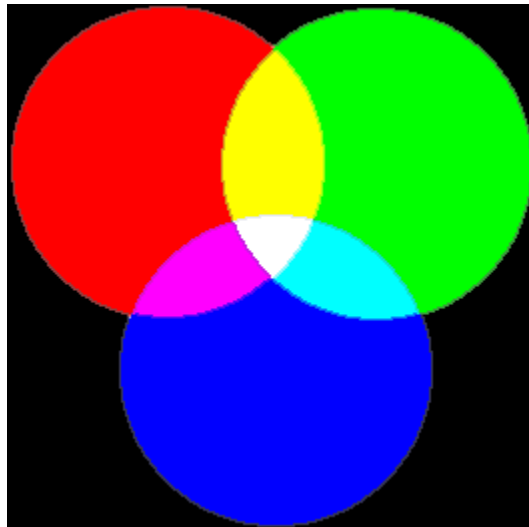


Figura 04 "Processo aditivo de formação de cores"

#### Mistura Subtrativa de Cores

É o processo usado nas pinturas. Uma pintura é diferente de um monitor que, por ser uma fonte de luz, pode criar cores. Uma pintura não emite luz; ela absorve e reflete a luz e portanto, geram cor através de um processo que absorve comprimentos de ondas de luz específicos e reflete outros.

As cores primárias subtrativas são: *magenta, amarelo e cian*, são cores primárias subtrativas, pois seu efeito é subtrair, isto é, absorver alguma cor da luz branca. Quando a luz branca passa por um objeto, ela é parcialmente absorvida pelo objeto. A parte que não é absorvida é transmitida, e eventualmente atinge o para o olho humano, determinado assim a cor do objeto.

O processo subtrativo altera a cor através de uma diminuição dos comprimentos que são absorvidos.

No processo subtrativo, o branco é gerado pela ausência de qualquer cor e o preto é a presença de todas (figura 05).

- *Cyan*: absorve a componente vermelha da luz branca refletida a luz branca é a soma das cores azul, verde e vermelho; assim, em termos de cores subtrativas, cyan é a soma de verde e azul.
- *Magenta*: retira a componente verde da luz branca, sendo assim, a soma de vermelho e azul.
- *Amarelo*: subtrai a componente azul da luz branca refletida é a soma do verde e vermelho.

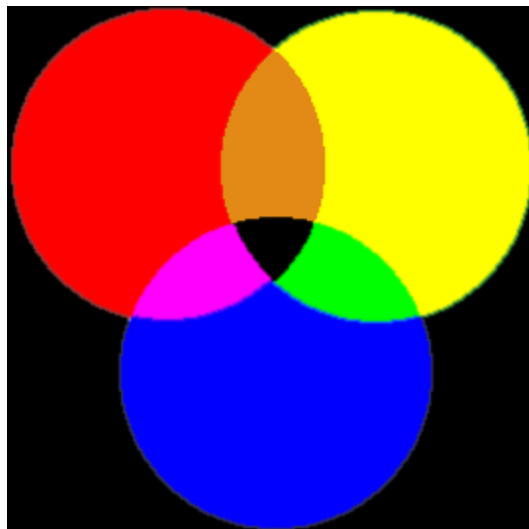


Figura 05 "Processo subtrativo de formação de cores"

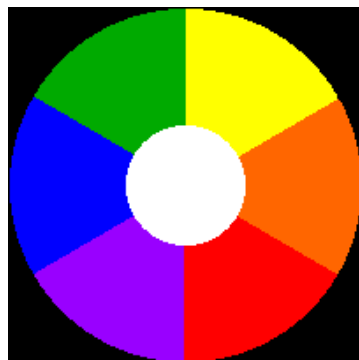
**DICA:**

Uma reprodução boa de uma imagem requer um balanço entre claro e escuro. Existe um conutinuom de sombras de cinzas entre a cor *branca*, de uma superfície idealmente reflexiva, e a cor *preta*, de uma superfície absorvente. O número de escalas de cinza perceptíveis depende da sensibilidade e do estado de adaptação do olho, [JACK94].

**Roda de Cor**

A ordenação de cores no espectro é bem definida, variando basicamente em uma seqüência de sete matizes, do vermelho ao violeta.

Newton percebeu que as cores extremas, vermelha e violeta, provocavam sensações visuais semelhantes. Desse modo, ele propôs que o espectro visível poderia ser representado através de um modelo circular com as duas pontas conectadas; o branco encontra-se no centro da figura, sendo uma mistura aditiva de todas as matizes (figura 06).



**Figura 06 "A roda de cor de Newton"**

Para os artistas, as três primárias são as cores subtrativas *cyan*, *magenta* e *amarela*; a partir dessas, todas demais podem ser teoricamente misturadas. Ao se organizar a seqüência de matizes, costuma-se posicionar as primárias nos vértices de um triângulo em torno do qual pode-se circunscrever-se um círculo, conhecido como *roda de cores (dos artistas)*. As cores secundárias, estão posicionadas no meio de cada lado que une duas primárias e constituem um outro triângulo (figura 07).

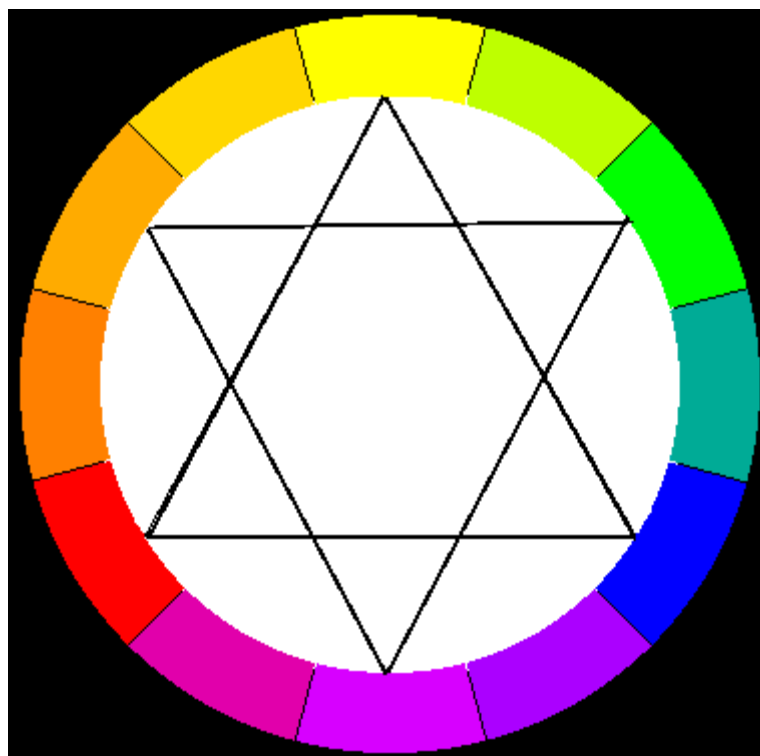


Figura 07 "A roda de cor dos artistas"



## Alguns Conceitos

### Matiz ou Tonalidade

A matiz (ou tonalidade) corresponde ao comprimento de onda da cor dominante, isto é, da cor observada [PEDR89]: as diferentes sensações que a cor produz no olho humano dependem de seu comprimento. É a posição na roda de cor (figura 08). Todas as matizes na roda podem ser moduladas de acordo com brilho, tornando-as mais claras ou escuras.

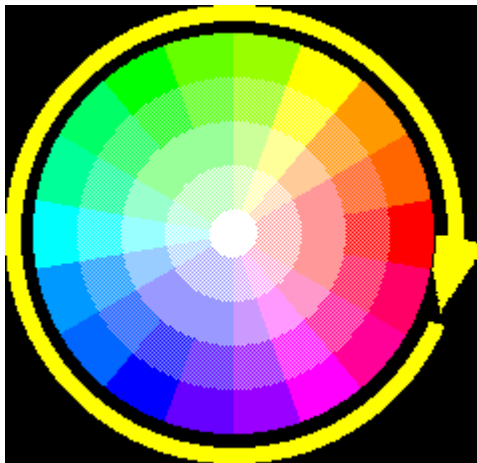


Figura 8 Matiz: posição na roda de cor

### Saturação

A saturação diz respeito à pureza, isto é, o quanto a cor é diluída pela luz branca [FOLE90]. 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 discriminado do vermelho, o azul celeste do azul royal etc. A saturação é a intensidade de uma dada matiz (figura 09).

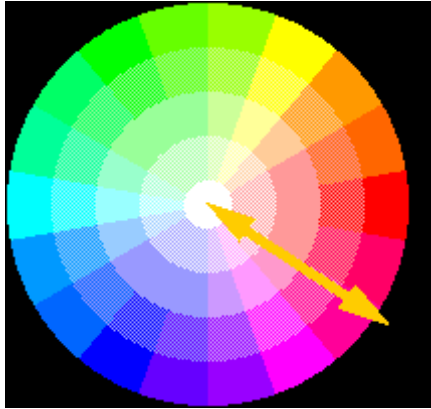


Figura 9 "Saturação: intensidade de uma dada matiz"

### Brilho (Brightness)

É usado para a luz *emitida* por um meio. O brilho tem relação com a noção cromática de intensidade. Quanto mais baixo o brilho (menor a intensidade de luz), mais cinza existe na cor, pois o brilho é o intervalo do preto ao branco [FOLE90]. O brilho é o grau de branco ou preto (figura 10).

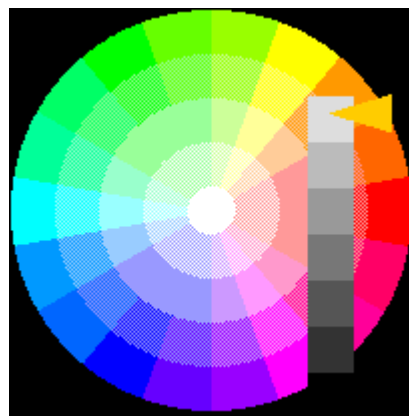


Figura 10 "Brilho: grau de branco ou preto"

## Conceitos

**Croma** É a coloração de uma área julgada com relação ao brilho de área similar iluminada que aparenta ser branca ou altamente transmissora.

**Lightness** É usado para a luz *refletida* por um meio. É o brilho de uma área julgada com relação ao brilho de área similar iluminada que aparenta ser branca ou altamente transmissora.

**Onda monocromática** É aquela cujo comprimento é bem definido (*monos* : um; *chromos*: cor) [ALON72]; como sua pureza é de 100 %, diz-se ser uma *cor pura* ou *espectral*, caracterizando-se pelos nomes das cores do arco-íris.

**Onda policromática** É aquela cujo comprimento é indefinido [ALON72]. Nesse caso, a sensação de cor é mais complexa, pois radiações de diferentes composições espectrais podem produzir o mesmo efeito; quando isso se verifica, as cores são denominadas *metâmeras*.

**Cores Metâmeras** Possuem diferentes composições espectrais mas que produzem a mesma sensação. 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.

**Luminância** é a razão entre a intensidade luminosa emitida por uma superfície, em dada direção, e a área da superfície emissora projetada sobre um plano perpendicular a essa direção [MACE76].

**Colorimetria** é a ciência que estuda e quantifica como o sistema visual humano percebe a cor.

**Estímulo de cor** é uma energia radiante, de dada magnitude e composição espectral, que penetra no olho humano produzindo a sensação de cor [WYSZ82].

**Ray tracing** é uma técnica de geração de imagem que permite aplicação de um modelo de iluminação global para o cálculo de iluminação de uma determinada cena.

## Referências Bibliográficas

[APPL92] - Apple Computer, Inc: *Macintosh Human Interface Guidelines* - Addison-Welwy Company - 1992.

[CHUN95] - Chung, L., Nixon, B. A. & Yu, E.: *Using Non-Functional Requirements to Systematically Support Change* - Proceedings of the Second IEEE International Symposium on Requirements Engineering, IEEE Computer Society Press - 1995

[DOUG96] - Douglas, S., Kirkpatrick, T.: "Do Color Models Really Make a Difference" - Human Factors in Computing Systems - Conference Proceedings - 1996

[LEIT95] - Leite, J. C. S. P.: *Engenharia de Requisitos* - Notas de Aula da Disciplina "Engenharia de Requisitos" - Deptº. de Informática da Pontifícia Universidade Católica do Rio de Janeiro - 1995

[FARI87] - M. Farina: "Psicodinâmica das cores em Comunicação" - Editora Edgard Blücher - 1987.

[FOLE90] - Foley, J. D., Dam, A. V., Feiner, S. K. & Hughes, J. F. : *Computer Graphics - Principles and Practice* - Addison - Wesley Publishing Company - 1990.

[JACK94] - Jackson, R., MacDonald L. e Freeman K.: "Computer Generated Color: A Practical Guide to Presentation and Display" - John Wiley & Sons. - 1994

[KAMM88] - Kammersgaard, J.: *Four Different Perspectives on Human-Computer Interaction* - International Journal of Man-Machine Studies - 1988.

[KEIS81] - Keister, R. S.: "Data Entry Performance of Color versus Monochromatic Displays" - Proceedings of the Human Factors Society - 1981

[KLAT80] - Klatzky, R. L.: *Human Memory* - 2nd ed., W. H. Freeman & Co. - 1980.

[MARC86] - Marcus, A.: "*The Ten Commandments of Color*" -Computer Graphics Today - Vol. 3, nº. 10 1986

[MARC87] - Marcus, A.: "*Color: A Tool for Computer graphics Communication*" - Color in Computer Graphics nº. 24- SIGGRAPH - 1987

[MORA81] - Moran, T. P.: *The Command Language Grammar: A Representation for the User Interface of Interactive Computer Systems* - International Journal of Man-Machine Studies, vol. 15 - 1981.

[MURC84] - Murch, G. A.: *Human Visual Accomodation and Convergence to Multuchromatic Information Displays*" - Proceedings of NATO Workshop - 1984.

[NORM86] - Norman, D.A.: "*Cognitive Engineering - User Centered Systems Design*, Lawrance Earlbaum Associates -1986.

[PREE95] - Pree, W.: *Design Patterns for Objetc-Oriented Software Development*" Addison-Wesley Publishing Company - 1995.

[PRES92] - Pressman, R. S.: *Software Engineering-A Practioner's Approach* 3rd ed., McGraw-Hill, Inc.-1992.

[SMIT87\_A] - Smith, W.: "*Computer Color: Psychophysics, Task Application and Asthetics*" - Color in Computer Graphics nº. 24- SIGGRAPH - 1987.

[SMIT87\_B] - Smith, W., Farrell, J.E.: "*The Erconomics and Enhancing user Performance with Color Displays*" - Color in Computer Graphics nº. 24- SIGGRAPH - 1987

[SOUZ95\_A] - de Souza, C. S.: *The Semiotic Engineering of User Interace Languages* - International Journal of Man-Machine Studies. London. Academic Press - 1995.

[SOUZ95\_B] - de Souza, C. S. : *Aspectos Semióticos de Interfaces Gráficas* - Notas de aula da disciplina "Aspectos Semióticos de Interaces Gráficas" - PUC-RIO - 1995.

[TAYL84] - Taylor, R. M.: "*Color Coding in Information Displays: Heuristics, Experience and Evidence for Cartography*"- Proceedings of NATO Workshop - 1984.

[YEH84] - Yeh, R.T., Zave, P., Conn, A.P., Cole Jr., G.E.: *Software Requirements: New Directions and Perspectives* - Handbook of Software Engineering, Vick and Ramamoorthy, Van Nostrand Reinhold Co. - 1984.78