

Processamento de Imagens



Cruzeiro do Sul Virtual
Educação a distância

Material Teórico



Fundamentos de Imagens e Espaços de Cores

Responsável pelo Conteúdo:

Prof. Me. Josivan Pereira da Silva

Revisão Textual:

Prof.^a M.^a Sandra Regina Fonseca Moreira

UNIDADE

Fundamentos de Imagens e Espaços de Cores



- Entendendo as Cores e o Sistema de Visão Humano;
- Sistema RGB e Composição de Imagens no Computador;
- Modelo de Cores CMYK;
- Matemática dos Modelos RGB e CMYK e Conversão entre os Sistemas;
- Introdução ao Modelo de Cores HSV;
- Fundamentos e Definição de Imagem.



OBJETIVOS DE APRENDIZADO

- Entender os fundamentos do Processamento de Imagens relacionados aos modelos de cores, à formação de imagem, manipulação de *pixels* e ao processamento de imagens essencial;
- Entender os conceitos, a matemática e a programação de computadores envolvida nesses processos, para que ele(a) saiba como as ferramentas de auxílio trabalham.



Orientações de estudo

Para que o conteúdo desta Disciplina seja bem aproveitado e haja maior aplicabilidade na sua formação acadêmica e atuação profissional, siga algumas recomendações básicas:



Assim:

- ✓ Organize seus estudos de maneira que passem a fazer parte da sua rotina. Por exemplo, você poderá determinar um dia e horário fixos como seu “momento do estudo”;
- ✓ Procure se alimentar e se hidratar quando for estudar; lembre-se de que uma alimentação saudável pode proporcionar melhor aproveitamento do estudo;
- ✓ No material de cada Unidade, há leituras indicadas e, entre elas, artigos científicos, livros, vídeos e sites para aprofundar os conhecimentos adquiridos ao longo da Unidade. Além disso, você também encontrará sugestões de conteúdo extra no item **Material Complementar**, que ampliarão sua interpretação e auxiliarão no pleno entendimento dos temas abordados;
- ✓ Após o contato com o conteúdo proposto, participe dos debates mediados em fóruns de discussão, pois irão auxiliar a verificar o quanto você absorveu de conhecimento, além de propiciar o contato com seus colegas e tutores, o que se apresenta como rico espaço de troca de ideias e de aprendizagem.

Entendendo as Cores e o Sistema de Visão Humano

Aqui iniciaremos os estudos de Processamento de Imagens pelas cores.

É necessário entender as cores no mundo físico na sua forma matemática, primeiramente.

É necessário saber o que é cor, porque conseguimos enxergá-las, e como podemos representá-las matematicamente, pois o computador só entende a linguagem matemática.

Na natureza, existem várias frequências eletromagnéticas e de vibração, por exemplo, saindo de lugares e indo a outros. Os seres humanos têm alguns sensores que lhes possibilitam identificar algumas dessas frequências. Dois desses sensores são, especificamente, os olhos e os ouvidos. Os olhos dos humanos lhes permitem ver alguns tipos de frequências e seus ouvidos lhes permitem ouvir outros tipos de frequência.

Mas não é possível ver e ouvir todos os tipos de frequências existentes.

Por exemplo, é possível ouvir frequências acima de 20Hz e abaixo de 20.000Hz. Já uma baleia consegue ouvir frequências de até 80.000Hz, mas não consegue ouvir frequências abaixo de 40Hz, por exemplo. Isso explica o motivo de alguns animais conseguirem ouvir melhor ou pior que os seres humanos, pois cada espécie possui características sensoriais distintas.



Você pode entender mais sobre a audição humana e de alguns animais no seguinte website, disponível em: <https://bit.ly/3jozyP2>

O mesmo acontece com a visão, ou seja, com a identificação de cores.

Entre as frequências que o ser humano não consegue ver estão os raios infra-vermelhos e os ultra-violetas (STAMATO *et al.*, 2013). E porque esses raios recebem esses nomes?

O ser humano é capaz de identificar as cores que estão entre as frequências de aproximadamente 10^{14} Hz e 10^{16} Hz, mais especificamente, as ondas de 10^{15} Hz. Outra forma de classificar isso é pelo comprimento de ondas, ou seja, cores de comprimento de ondas próximas a $0,4^6$ metros.

As cores que estão entre essas frequências ou comprimento de ondas que o ser humano consegue visualizar são: Violeta, Azul, Verde, Amarelo, Laranja e Vermelho, que também são as cores do arco-íris. Essas cores têm comprimentos de ondas indo de 400 nanometros (nm) para o Violeta, até 700 nm chegando ao Vermelho, logo, as cores com comprimento de onda menor que 400 nm são chamadas de ultra-violeta e as maiores que 700 nm são chamadas de infra-vermelho (RIBEIRO, 2017).



Você pode entender mais sobre a visão humana e frequências de cores visíveis aqui, disponível em: <https://bit.ly/3rdWymu>

Todas as cores que o ser humano consegue enxergar estão entre essas cores.

A evolução da ciência e arte fez com que as cores fossem estudadas ao longo dos séculos. Segundo (CONCI *et al.*, 2008), no século XVIII, Thomas Young formulou uma teoria de que os olhos humanos enxergariam todas as cores com base em uma composição de 3 frequências de cores apenas. Essas cores seriam o Vermelho, o Verde e o Azul, que originaram o famoso sistema *RGB* (*Red-Green-Blue*), muito conhecido na informática.



Espectro Visível, ao Ser Humano, de Cores. Disponível em: <https://bit.ly/2YEfo9V>

Segundo (CONCI *et al.*, 2008), para entender como uma imagem é formada é interessante que se entenda como funciona o processo de visão no seres humanos. Os olhos humanos são sensores que captam sinais luminosos e os convertem em sinais elétricos que são interpretados pelo cérebro.

De acordo com Loreto e Sartori (2008), é um processo tão complexo, no corpo humano, que chega a envolver 40% de trabalho do cérebro, sendo a maior proporção entre os cinco sentidos.

Helene e Helene (2011), entre outros detalhes da visão humana, explicam que essa depende totalmente da luz, ou seja, para enxergarmos uma cor, deve haver luz no ambiente, e essa luz é refletida do objeto colorido até os nossos olhos. Isso explica o motivo de enxergarmos mal em ambientes escuros.



Saiba mais sobre os olhos e o processo de interpretação de imagens.

Disponível em: <https://bit.ly/39KIKd5>

Já foi mostrado que os olhos conseguem captar sinais luminosos de cores partindo de apenas três cores básicas e como isso colaborou para o surgimento do sistema RGB, agora é necessário entender como ele funciona no computador.

Sistema RGB e Composição de Imagens no Computador

Existem vários sistemas ou modelos de cores, mas é necessário começar pelo mais simples, assim, primeiramente será visto o sistema/modelo RGB.

Como já explicado anteriormente, o RGB vem da teoria de cores básicas, também conhecidas como cores primárias, que na prática, são cores possíveis de serem utilizadas na formação de outras cores (FOLEY, 2013).

Como você já deve ter ouvido muito que uma imagem vale por mil palavras, vamos olhar a Figura 1, que demonstra o modelo RGB.

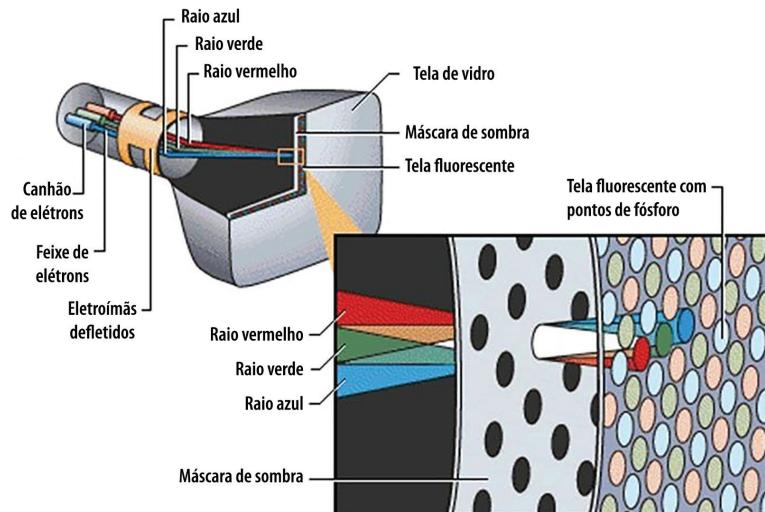


Figura 1 – Matriz Pixels RGB na tela do monitor

Fonte: Reprodução

Como é possível ver na Figura 1, um único pixel é formado pela combinação de três cores primárias RGB.

O primeiro valor define a quantidade de vermelho, o segundo valor define a quantidade de Verde e o último a quantidade de Azul. Se definido zero para as três componentes, o resultado será a cor Preta, que é equivalente ao pixel desligado.

Do mesmo modo, se ligado somente o canal Vermelho (R), pode-se fazer da seguinte maneira: R = 50, G = 0, e B = 0; isso faz com que se tenha algum tom de cor Vermelha. De modo semelhante, se feito R = 0, G = 50, e B = 0 o resultado será um tom de cor Verde.

E se for esperada uma cor diferente de Vermelho, Verde ou Azul? Ok, é possível exemplificar com o Amarelo.

O Amarelo é composto por Vermelho e Verde, então R = 70, G = 60, e B = 0 resultaria em um tom de Amarelo, por exemplo. E como saber quais valores formar outras cores?



É possível seguir essa tabela, por exemplo, disponível em: <https://bit.ly/36GNAGI>

Uma boa imagem para ajudar a entender essa composição de cores a partir do RGB é o Cubo RGB da Figura 2.

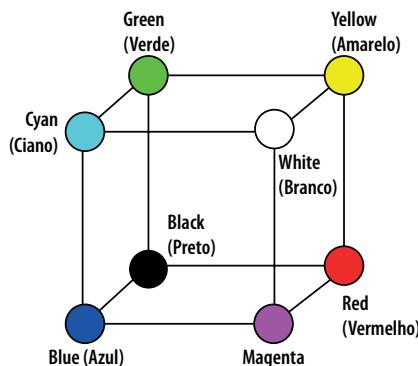


Figura 2 – Cubo de cores RGB

Se você colocar um valor apenas na componente Vermelha, você terá a cor Vermelha. Se colocar somente na Verde, terá Verde, e para a Azul, idem.

Se você não ligar nenhuma das três cores, terá a cor Preta e se ligar todas terá a cor Branca. Entendeu?



Bom, esse vídeo explica de outra forma bem didática (caso você prefira). Disponível em: <https://youtu.be/SkqUwNTtpM4>

Que tal fazer um exemplo prático usando uma programação simples? Que tal usar HTML5? Então abra o bloco de notas e coloque o seguinte código:

```
<html>
<head>
<script type="application/javascript">
function init()
{
    var canvas = document.getElementById("canvas");
    if (canvas.getContext)
    {
        var ctx = canvas.getContext("2d");
        // Especifica uma cor em RGB
        ctx.fillStyle = "rgb(0, 100 ,0 )";
        ctx.fillRect(300, 40, 100, 50);
    }
}
</script>
</head>
<body onload="init()">
<canvas id="canvas" width="500" height="500"></canvas><br>
</body>
</html>
```

Salve esse código como Cor.html, depois clique sobre o arquivo para abri-lo. O melhor navegador/browser para abrir esse arquivo é o Firefox.

Ao abrir esse arquivo no Firefox, você verá que ele abrirá no seu navegador um retângulo Verde.

Isso porque no código contém a seguinte linha: ctx.fillStyle = "rgb(0, 100 ,0)";

A Figura 3 mostra o resultado quando o arquivo Cor.html é aberto no Firefox.



Figura 3 – Retângulo Verde feito com a teoria do RGB em HTML5. Teste no Firefox

Fonte: Acervo do conteudista

Repare que só há valor diferente de zero no segundo número (correspondente ao canal G = Verde), especificamente na linha de código onde está escrito: `ctx.fillStyle = "rgb(0, 100 ,0)";`

Mude esses valores, salve o código e atualize a página para ver o retângulo alternar de cor.

Por exemplo, se você mudar para `ctx.fillStyle = "rgb(200, 0 ,0)";` o resultado será a cor Vermelha, como mostra a Figura 4.



Figura 4 – Retângulo Vermelho feito com os valores `rgb(200, 0, 0)`. Teste no Firefox

Fonte: Acervo do conteudista

Um problema é que nem sempre o modelo RGB é o ideal para um trabalho em específico, e por isso devemos conhecer outros modelos de cores.

O RGB é mais utilizado em monitores, televisores e câmeras digitais.

Por isso, o próximo modelo a ser conhecido é o CMYK.

Modelo de Cores CMYK

Uma vez que o RGB é mais utilizado em monitores e semelhantes, para impressão em papel ele não é recomendado, pois o papel geralmente é branco e, diferentemente do monitor, quando não se está imprimindo nenhuma cor, o papel continua branco, enquanto no monitor, a ausência de cor (*pixels* desligados) gera a cor preta.

Então para o papel o modelo de cor deve ser diferente, o modelo que as impressoras usam se chama CMYK, Ciano, Magenta, Amarelo e Preto, (FOLEY, 2013); o K foi adotado para representar o preto, pois o B (de *Black*) já representava o Azul no modelo RGB.

A Figura 5 demonstra os dois modelos dispostos lado a lado.

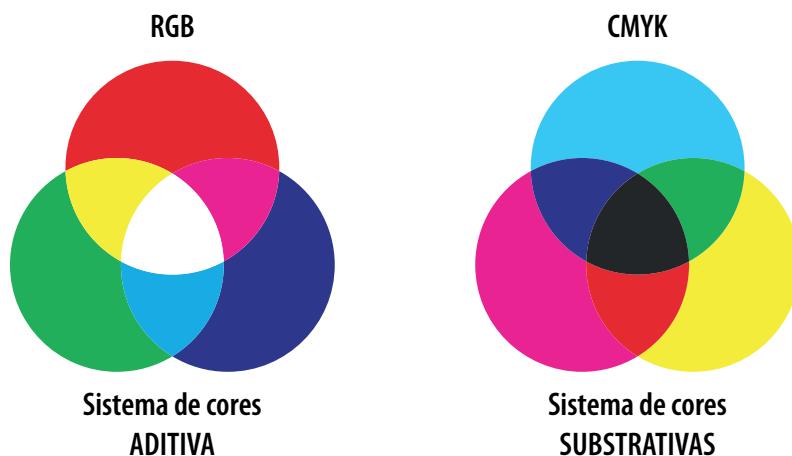


Figura 5 – Modelos de cores RGB e CMYK

Fonte: Adaptado de Getty Images

A Figura 5 revela algumas diferenças e semelhanças entre os dois modelos.

Entre as diferenças estão: a quantidade de canais, enquanto o RGB tem três, o CMYK tem quatro canais; a outra diferença está no branco e no preto (a cor que resulta da junção de todas as cores nos diferentes sistemas). Outra diferença importante: um sistema é chamado aditivo e o outro substrutivo.

Entre as semelhanças, os dois sistemas conseguem representar as mesmas cores (com alguns ajustes necessários, mas é possível). É possível fazer uma conversão de um sistema para o outro (equivalência). Outra semelhança importante é que ambos funcionam colocando-se valores para os canais diferentes e formando as cores que se quer.



Essa tabela mostra os valores de cores para cada canal CMYK e RGB, com ela é possível realizar a conversão entre os dois sistemas.

Disponível em: <https://bit.ly/36G5byr>

Saiba mais detalhes sobre os sistemas de cores CMYK e RGB.

Disponível em: <https://bit.ly/3jlAtQ3>

A Figura 6 demonstra a composição RGB, os 3 canais e a imagem resultante.

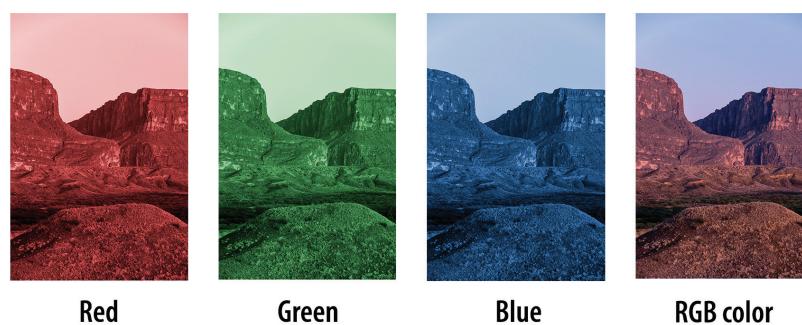


Figura 6 – Modelos de cores RGB, suas componentes e o resultado da junção das componentes

Fonte: Adaptado de Getty Images

O computador consegue pegar essas três imagens (chamadas de 3 canais) e as junta para formar a imagem colorida. É possível pegar os canais separadamente e realizar processamento nas imagens.

Um processamento possível é justamente realizar a conversão entre os modelos RGB e CMYK, mas existem vários outros processamentos.

A Figura 7 demonstra o modelo CMYK com os canais separados.



Figura 7 – Modelo de cores CMYK, suas componentes e o resultado da junção das componentes

Fonte: Wikimedia Commons

Na Figura 7, é possível observar os quatro canais CMYK separados e a imagem colorida formada a partir deles.



Esse vídeo explica mais detalhes sobre os modelos RGB e CMYK.
Disponível em: <https://youtu.be/T0lqbwLIKrg>

Diferentemente do que acontece para o modelo RGB, o HTML5 não possui códigos nativos que permitem definir uma cor no modelo CMYK, mas outras ferramentas e linguagens de programação permitem isso.



Aqui é mostrada uma biblioteca externa que permite definir uma cor CMYK no HTML5 muito facilmente, dá para testar aqui. Disponível em: <https://bit.ly/2MwmR8A>

Qualquer pessoa que saiba um pouco de programação e conhece o modelo matemático dos dois sistemas RGB e CMYK consegue criar uma biblioteca semelhante a essa mostrada. E conseguiria facilmente criar um sistema que converte de um sistema de cores para outro.

Em seguida, você verá os conceitos matemáticos que permitem as conversões entre os modelos de cores.

Matemática dos Modelos RGB e CMYK e Conversão entre os Sistemas

Conversão de RGB para CMYK

Para representar o RGB, utiliza-se 1 byte para cada canal, o que possibilita 256 valores para cada canal (2^8). É possível converter o modelo RGB para o CMYK, realizando os seguintes cálculos:

Primeiramente divide-se o valor de cada canal RGB por 255.

Assim temos:

- $R' = R/255;$
- $G' = G/255$ e
- $B' = B/255$

Esse é um pré-processamento necessário, também chamado de normalização.

Depois existem cálculos necessários para transformar os três canais em quatro canais.

O canal K do CMYK é obtido a partir dos canais R', G' e B' da seguinte maneira:

$$K = 1 - \text{máximo}(R', G', B')$$

Vamos entender esse cálculo passo a passo.

Suponha que temos a cor (70, 255, 10), lembre-se que o valor máximo é 255 e o mínimo é zero (0). Então, depois da normalização, não teremos nenhum valor maior que 1, ok?

Pense nos passos necessários, por etapas...

Se $R = 70$, $G = 255$ e $B = 10$, os valores R', G' e B' (chamados de R linha, G linha e B linha) serão: $R' = 70/255 = 0,27$; $G' = 255/255 = 1$ e $B' = 10/255 = 0,039$.

Agora lembre-se que a fórmula para encontrar K é $1 - \text{máximo}(R', G', B')$.

Se os valores R', G' e B' são, respectivamente, 0,27; 1 e 0,039; então o valor máximo, entre R', G' e B', é o valor de G' = 1.

O valor de K, nesse caso, será $1 - 1 = 0$.

É muito importante iniciarmos descobrindo o valor de K, pois para descobrir o valor de C, M e Y será necessário o valor de K.

Os valores de C, M e Y são descobertos com as seguintes fórmulas:

- $C = (1-R'-K) / (1-K)$
- $M = (1-G'-K) / (1-K)$
- $Y = (1-B'-K) / (1-K)$

Lembrando que os valores que temos são $R' = 0,27$; $G' = 1$ e $B' = 0,039$.

Agora basta aplicar nas fórmulas.

- $C = (1-R'-K) / (1-K)$ fica $C = (1-0,27-0) / (1-0)$, que resulta em $C = 0,73$;
- $M = (1-G'-K) / (1-K)$ fica $M = (1-1-0) / (1-0)$, que resulta em $M = 0$;
- $Y = (1-B'-K) / (1-K)$ fica $Y = (1-0,039-0) / (1-0)$, que resulta em $0,96$.

Assim a cor RGB (70, 255, 10), convertida em CMYK é (0.73, 0, 0.96, 0).

A Figura 8 é prova de que nossos cálculos deram certo, pois mostra um conversor de RGB para CMYK, com as entradas (70, 255, 10) e saídas muito próximas às que calculamos: (0.7255, 0, 0.9608, 0).



Figura 8 – Ferramenta *online* para converter cor RGB em CMYK

Fonte: codebeautify.org

Conversão de CMYK para RGB

Para fazermos o contrário, que é sair do espaço CMYK e ir ao RGB, os cálculos são os seguintes:

Primeiramente temos que obter as cores dos canais CMY a partir dos canais RGB, elas são inversas, pois a cor Preta no espaço CMY está no lugar da Branca no RGB.

Então para obter CMY a partir de RGB faremos:

- $C = 255 - R$; $M = 255 - G$, e $Y = 255 - B$.

E só depois que tivermos CMY obteremos o K.

Usarei o mesmo exemplo RGB (70, 255, 10) e agora procurarei os valores de CMYK.

- $C = 255 - R$, fica $C = 255 - 70 = 185$
- $M = 255 - G$, fica $M = 255 - 255 = 0$
- $Y = 255 - B$, fica $Y = 255 - 10 = 245$

Até aqui temos para entrada RGB (70, 255, 10) a saída CMY (185, 0, 245).

Agora falta o K.

O K é encontrado com a seguinte fórmula:

- $K = \min(C, M, Y)$, no caso o valor mínimo é $M = 0$

Nós deveríamos acrescentar um pouco de K (um pouco de Preto em cada canal CMY), mas como K é 0 não fará muita diferença.

O correto seria fazer os seguintes cálculos para obter o CMYK:

- Preto (K) = mínimo de C , M , Y
- Cyan_Final = $(C - K) / (255 - K)$
- Magenta_Final = $(M - K) / (255 - K)$
- Yellow_Final = $(Y - K) / (255 - K)$

Trocando K por 0, fica:

- Cyan_Final = $(185 - 0) / (255 - 0)$
- Magenta_Final = $(0 - 0) / (255 - 0)$
- Yellow_Final = $(245 - 0) / (255 - 0)$

O K é o próprio 0, então o CMYK ficou (0.725, 0, 0.968, 0).

Os valores bateram com os que tínhamos antes, confirmando que os cálculos estão corretos.

Vamos só melhorar esses números fazendo alguns ajustes. Arredondando os valores, teremos para duas casas após a vírgula (0.73, 0, 0.96, 0).

Alguns conversores *online* pedem que os números no CMYK estejam em porcentagem ao invés de em números reais.

Convertendo para valores de porcentagem teremos (73%, 0%, 96%, 0). Vamos testar em um conversor *online*?



Acesse o seguinte *site* e coloque esses valores que falei (em porcentagem).
 Disponível em: <https://bit.ly/3cFdBcZ>

O resultado será o da Figura 9.

CMYK to RGB

| | | | |
|-------------|----|---|--|
| Cyan | 73 | % | |
| Magenta | 0 | % | |
| Yellow | 96 | % | |
| Key(black) | 0 | % | |
| Hex #45ff0a | | | |

Figura 9 – Ferramenta *online* para converter uma cor em CMYK para RGB

Fonte: Adaptado de ginifab.com

Introdução ao Modelo de Cores HSV

No modelo HSV, *H* significa *Hue*, *S* significa *Saturation* e *V* significa *Value*. Em português, *Hue* significa Matiz, *Saturation* é Saturação e *Value* é Luminância.

O modelo HSV é definido pelos três parâmetros *H*, *S* e *V*, de modo semelhante ao RGB já visto anteriormente.

A representação visual do modelo HSV é mostrada no *link* a seguir.



Representação gráfica do modelo HSV. Disponível em: <https://bit.ly/39KW9St>

A Matiz também chamada de *Hue* é referente à frequência de cor que será vista.

A Saturação é a intensidade da cor, ou seja, vai do branco (sem intensidade) até o máximo da cor específica (máxima intensidade).

O valor é entendido como o brilho da cor, por isso vai de Preto (sem brilho) até a cor na sua forma mais brilhante.

Fundamentos e Definição de Imagem

Uma imagem é definida como uma matriz de *pixels*.

E o que é *pixel* mesmo?

Pixel significa *Picture Element*, ou seja, o menor elemento de uma imagem que permite operações.

A Figura 10 define uma imagem formada por uma matriz de pixels.

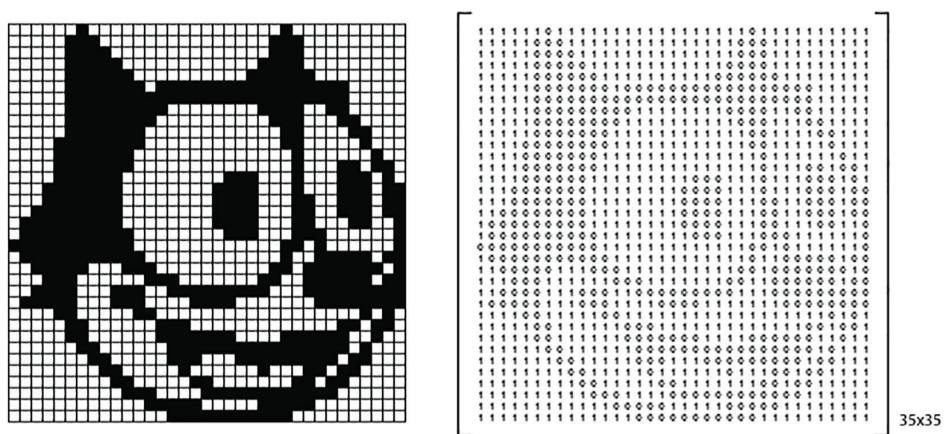


Figura 10 – Estrutura de uma imagem: matriz de números que significam cores alocadas nos *pixels*

Fonte: Reprodução

A Figura 10 mostra, nesse caso, uma imagem de 35x35 pixels com valores pretos ou brancos.

O que muda dessa imagem em preto e branco para uma imagem colorida?

Essa imagem tem apenas um canal e cada posição (x, y) permite uma cor branca ou preta.

Na imagem colorida, cada *pixel* pode ser formado por uma composição RGB que permite muitas possíveis cores.

A Figura 11 mostra a estrutura de uma imagem colorida com 3 canais RGB.

| | | | | | | | | | |
|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|
| 97 | 85 | 76 | 77 | 131 | 142 | 120 | 137 | 168 | 205 |
| 16 | 13 | 8 | 14 | 63 | 61 | 35 | 58 | 100 | 158 |
| 59 | 61 | 59 | 59 | 104 | 94 | 66 | 89 | 123 | 166 |
| 99 | 88 | 79 | 83 | 102 | 127 | 118 | 99 | 114 | 199 |
| 21 | 13 | 6 | 16 | 34 | 56 | 43 | 24 | 48 | 148 |
| 60 | 56 | 51 | 57 | 71 | 86 | 74 | 57 | 76 | 163 |
| 122 | 97 | 94 | 87 | 110 | 156 | 128 | 99 | 111 | 191 |
| 46 | 15 | 14 | 16 | 43 | 87 | 57 | 27 | 45 | 142 |
| 82 | 53 | 53 | 48 | 74 | 116 | 91 | 65 | 81 | 164 |
| 140 | 127 | 126 | 115 | 139 | 162 | 119 | 98 | 127 | 202 |
| 60 | 43 | 42 | 41 | 66 | 88 | 44 | 27 | 65 | 160 |
| 95 | 76 | 75 | 68 | 95 | 121 | 83 | 71 | 106 | 184 |
| 152 | 136 | 135 | 138 | 133 | 124 | 110 | 105 | 159 | 218 |
| 68 | 56 | 55 | 62 | 54 | 42 | 32 | 38 | 107 | 185 |
| 102 | 85 | 82 | 90 | 86 | 80 | 74 | 82 | 143 | 204 |
| 135 | 141 | 144 | 137 | 127 | 107 | 116 | 145 | 200 | 226 |
| 49 | 60 | 63 | 60 | 47 | 26 | 40 | 89 | 160 | 198 |
| 86 | 92 | 95 | 92 | 86 | 69 | 86 | 128 | 187 | 210 |
| 111 | 108 | 115 | 100 | 112 | 122 | 137 | 186 | 220 | 229 |
| 26 | 24 | 30 | 24 | 39 | 53 | 79 | 145 | 189 | 199 |
| 65 | 60 | 69 | 63 | 82 | 98 | 120 | 175 | 207 | 207 |
| 134 | 122 | 123 | 121 | 128 | 162 | 186 | 208 | 220 | 222 |
| 54 | 34 | 34 | 44 | 60 | 107 | 144 | 179 | 194 | 190 |
| 93 | 76 | 78 | 90 | 107 | 149 | 180 | 201 | 207 | 195 |
| 162 | 150 | 144 | 153 | 169 | 192 | 206 | 220 | 219 | 224 |
| 76 | 71 | 73 | 91 | 117 | 148 | 170 | 189 | 187 | 187 |
| 123 | 126 | 129 | 142 | 156 | 171 | 182 | 195 | 192 | 194 |
| 187 | 182 | 184 | 186 | 196 | 214 | 226 | 231 | 230 | 234 |
| 120 | 120 | 116 | 127 | 120 | 120 | 125 | 124 | 125 | 120 |

(x=273, y=268) ~ R:226 G:200 B:209

Figura 11 – Estrutura de uma imagem colorida, existem valores em RGB para cada *pixel*

Fonte: Reprodução

Acontece que eu posso mudar esses valores de *pixel*, tanto na imagem de 1 canal quanto na de 3 canais (só a forma de inserir o valor muda).

Para uma imagem onde eu tenho 0 ou 1 como cores possíveis, pode ser que eu consiga colocar 0.5, por exemplo e essa cor já diferencia.

Material Complementar

Indicações para saber mais sobre os assuntos abordados nesta Unidade:

▶ Vídeos

Computação Gráfica: Fundamentos de cor

<https://youtu.be/C-Xsq5q6ba0>

Computação Gráfica: Processamento de imagens

<https://youtu.be/gw9ws3QbSy8>

📄 Leitura

Processamento de Imagens: Métodos e Análises

<https://bit.ly/3oRN3Yu>

Filtragem espacial

<https://bit.ly/3cFnvvf>

Suavização de imagens – *Image Smoothing*

<https://bit.ly/3oPwgo0>

Referências

CONCI, A.; AZEVEDO, E.; LETA, F. R. **Computação Gráfica: Teoria e prática.** Vol. 2, São Paulo: Elsevier, 2008.

FOLEY, J. D. **Computer Graphics: Principles and Practice.** 3. ed. New York: Addison-Wesley Publishing Cia, 2013.

HELENE, O.; HELENE, A. F. Alguns aspectos da ótica do olho humano. **Revista Brasileira de Ensino de Física**, v. 33, n. 3, 3312, 2011.

LORETO, E. L. S.; SARTORI, P. H. S. Simulação da visão das cores: decodificando a transdução quântica-elétrica. **Cad. Bras. Ens. Fís.**, v. 25, n. 2: p. 266-286, ago. 2008.

NEWTON, I. *Lectiones Opticae Annis MDCLXIX, MDCLXX et MDCLXXI in Scholis Publicis Habitae: Et Nunc Primum ex MSS. In. Lucem Editae*, London: William Innys, 1729.

RIBEIRO, J. L. P. “Sobre as cores” de Isaac Newton – uma tradução comentada. **Revista Brasileira de Ensino de Física**, vol. 39, nº 4, 2017.



Cruzeiro do Sul
Educacional