

Bruno Mortara

# Resolução, visão e processos de impressão

Para os seres humanos é fundamental a percepção dos objetos para nomeá-los e entendê-los. As fronteiras entre objetos, que dependem da resolução, nitidez e distância da visão, é o que nos permite resolver uma cena observada e perceber os objetos separados como únicos e sua relação. O conceito de nitidez é crucial para nosso entendimento e a criação de nossa visão de mundo.

Essas possibilidades foram expandidas de forma notável a partir das descobertas de Newton e Galileu, quando lançou-se mão de lentes e espelhos para aumentar as capacidades naturais de ver as pequenas grandezas (micro) e as grandes (macro), utilíssimas para a biologia, a astronomia e tantas outras áreas do conhecimento, e para construção de uma nova concepção de mundo. Seja no mundo das grandes proporções como no das microproporções, nosso entendimento depende diretamente da capacidade de resolver as fronteiras entre os objetos observados e isso está intrinsecamente ligado ao conceito de resolução.

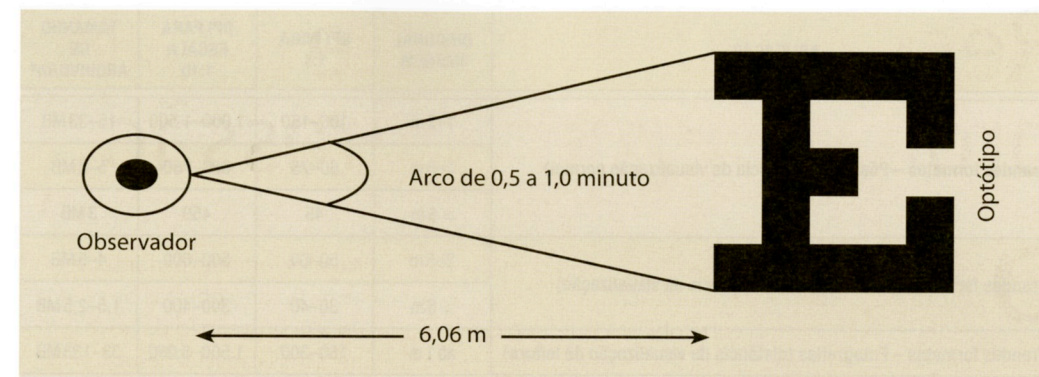
O conceito de resolução, levado ao limite, é totalmente condicionado às capacidades da percepção humana, atributos denominados de psicofísicos. Neste artigo vamos tratar das características da visão humana em relação ao conceito de "resolução". Uma vez estabelecidos os fundamentos da visão e percepção humana, vamos ver as implicações nos processos de gráficos.

Este artigo se inspirou em dados presentes no blog <http://wolfcrow.com/blog>.

## A RESOLUÇÃO DA VISÃO HUMANA

Há três propriedades que definem a forma como percebemos a nitidez. Resolução, contraste e distância de visualização. A mais importante é a resolução. Porém, para compreender o que é resolução é importante entender o que é um *optótipo*. Segundo a Wikipédia "acuidade visual (AV) é uma característica do olho de reconhecer dois pontos muito próximos. Vários fatores especificam a essa acuidade, em especial a distância entre os fotorreceptores na retina e também a precisão da refração. Ela é determinada pela menor imagem sobre a retina, percebida pelo indivíduo. Sua medida é dada pela relação entre o tamanho do menor objeto (*optótipo*) visualizado e a distância entre observador e objeto".

Na carta criada pelo oftalmologista holandês Herman Sneller (1), impressa no tamanho correto, a letra E na primeira linha terá 88,7 mm de altura e, se vista adequadamente a uma distância de



A resolução da visão humana como função do menor ângulo de discernimento entre duas linhas de mesma espessura, numa distância estabelecida

6,06 metros, define a acuidade visual como ideal. Os símbolos da tabela de Snellen são todos *optótipos* (quando visualizados na distância prevista). *Optótipos* são basicamente símbolos facilmente reconhecíveis e possuem um tamanho mensurável. Quando uma pessoa é capaz de discernir as letras da carta de Snellen a uma distância de 6,06 metros da carta, ele ou ela tem uma visão 20/20, e o triângulo formado pela altura do *optótipo* e a retina do observador forma um ângulo de um minuto de arco. Há pessoas que conseguem se distanciar da carta e ainda visualizá-la com acuidade, até um ângulo de 0,5 arco minuto, especialmente entre os jovens. Para efeito de acuidade, 1 arco minuto é considerada a resolução ideal do ser humano, também denominada pelos oftalmologistas "visão 20/20".

O *optótipo E* é composto de cinco linhas, três pretas e duas brancas. Sendo da mesma espessura, uma pessoa com visão 20/20 (a 6 metros), pode ver cada linha, a um arco de um minuto, com tamanho equivalente a 1,75 mm. A razão para o uso do ângulo de visão e não do tamanho do alvo é porque o tamanho do alvo/linha muda em função da distância do observador. Independente da distância, o observador com visão 20/20 pode resolver somente linhas equivalente a um arco de um minuto.

Quando se analisa a resolução de um sensor de câmera fotográfica digital, por exemplo, os engenheiros criam conjuntos de linhas (brancas e pretas, de mesma espessura — como no caso do *optótipo E*) alternando pretas e brancas, para medir a resolução. Um par de linhas preta e branca formam um ciclo. A resolução é então determinada em pares por milímetro, ou ainda, em ciclos por grau. Porém a ideia básica é a mesma. A resolução do sensor é dada pelo número de ciclos (pares) por centímetro ou por grau que o sensor consegue discriminar com qualidade aceitável.

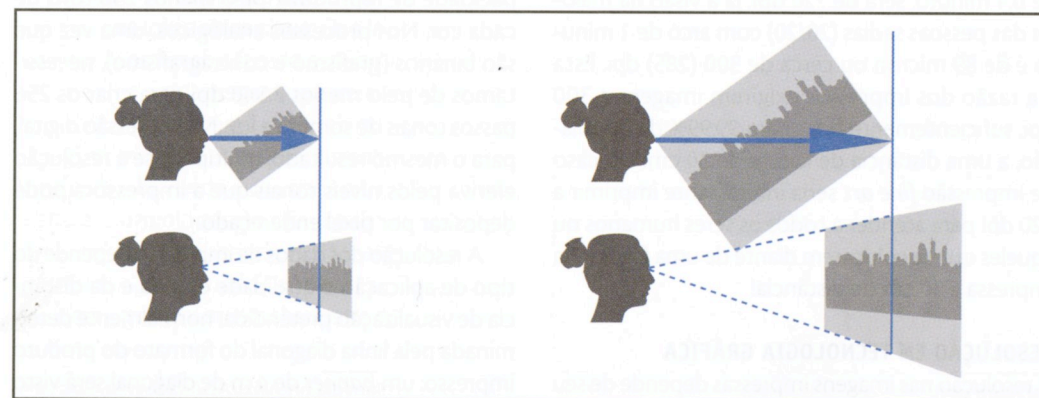
Para simplificar o conceito de resolução não iremos usar a variável do contraste neste texto, com os *optótipos* assim como as linhas paralelas sendo 100% brancas ou 100% pretas. (Veja na última página deste artigo o conceito de MTF.)

A fórmula para a resolução da visão humana é:

$$\text{tamanho (espessura) da linha discernível } p = 2 * d * \tan\left(\frac{\alpha}{2}\right)$$

onde:

*p* é a espessura da linha discriminável  
*d* é a distância do observador em mm  
*α* é o ângulo em graus



A distância de visualização normal pode ser derivada a partir da diagonal do produto final (fonte: Fogra)

E	1	20/200
F P	2	20/100
T O Z	3	20/70
L P E D	4	20/50
P E C F D	5	20/40
E D F C Z P	6	20/30
F E L O P Z D	7	20/25
D E F P O T E C	8	20/20
L E F O D P C T	9	
F D P L T C E O	10	
P E Z O L O F T D	11	

Carta para estimar a acuidade visual, com *optótipos* conhecidos por todos, criada pelo oftalmologista Herman Snellen

1 [https://pt.wikipedia.org/wiki/Acuidade\\_visual](https://pt.wikipedia.org/wiki/Acuidade_visual), consultada em 1/5/2016

FIGURA 4

APLICAÇÃO	DIAGONAL IMAGEM	DPI PARA 1:1	DPI PARA ESCALA 1:10	TAMANHO DE ARQUIVO/m²
Grandes formatos – Pôsteres (distância de visualização normal)	1–2 m	100–150	1.000–1.500	15–33 MB
	2–5 m	60–75	600–750	5–8 MB
	> 5 m	45	450	3 MB
Grandes formatos – Banner (grande distância de visualização)	2–5 m	50–60	500–600	4–5 MB
	> 5 m	30–40	300–400	1,5–2,5 MB
Grandes formatos – Fotografias (distância de visualização de leitura)	ab 1 m	150–300	1.500–3.000	33–133 MB

Tabela do Fogra PSD, onde constam a diagonal da imagem, a resolução das imagens sem ampliação, a resolução com ampliação 10x, e tamanhos dos arquivos finais

Uma criança consegue focalizar um objeto a cerca de 5 cm de distância, enquanto um adulto médio precisa de uma distância mínima de 10 cm. Portanto, na equação da página anterior podemos assumir 10 cm como o menor valor de  $d$ . Essa distância, o tamanho da linha discernível  $p$  é de 0,0116 mm ou 11,6 microns — para uma resolução máxima de um arco de 0,4 minuto. Para uma visão média humana, de um arco de 1 minuto,  $p$  terá 29 microns, ou 0,0290 mm. Essa é a resolução máxima, porém não é confortável como distância de leitura.

Se quiséssemos determinar a resolução da visão humana (na sua distância mínima) em dpi (pixels por polegada), assim como fazemos com imagens digitais teríamos: para a visão de resolução máxima, de 0,4 arco minuto, cabem 2.190 pixels, e na resolução média humana, de 1 arco minuto, cabem 876 pixels. Pode-se então afirmar que a resolução humana vai de 876 dpi até 2.190 dpi! Se uma criança saudável aproximar um impresso a 10 cm de seus olhos, a resolução máxima que ela poderá ver é de 2.190 dpi. Para a maioria de nós, adultos normais, mesmo aqueles com visão de 20/20, a resolução máxima será de apenas 876 dpi, a 10 cm.

Como a distância média de leitura é de 30 cm, a resolução máxima de uma visão máxima, arco de 0,4 minuto, será de 720 dpi. Já a visão da maioria das pessoas sadias (20/20) com arco de 1 minuto é de 89 microns ou cerca de 300 (285) dpi. Essa é a razão dos impressos exigirem imagens a 300 dpi, suficientemente boas para 99,99% da população, a uma distância de leitura de 30 cm. No caso de impressão *fine art* seria interessante imprimir a 720 dpi para atender a todos os seres humanos ou àqueles que se colocarem diante de uma fotografia impressa a 10 cm de distância!

#### RESOLUÇÃO EM TECNOLOGIA GRÁFICA

A resolução nas imagens impressas depende de seu tamanho e de seu contraste: pode-se perceber um

caractere 100% preto mais facilmente que outro, de tamanho idêntico, pintado com 50% de preto. Os dois têm a mesma resolução espacial, porém não têm o mesmo contraste. Além do contraste e resolução espacial, um processo de impressão tem a resolução dependente da sua capacidade de depositar diferentes tons de tinta em cada ponto endereçável na reprodução. Enquanto os processos de impressão convencionais só podem imprimir uma camada constante de tinta, têm uma resolução máxima idêntica à capacidade de endereçamento nativo, em geral, 2.540 dpi ou 1.000 dpc (por cm). Uma linha de uma cor específica terá uma largura mínima de 10  $\mu$ m.

Já os processos de impressão digital, especialmente baseados em jato de tinta ou eletrofotográficos, são capazes de imprimir mais de um nível de tinta para cada ponto de endereçamento. Essa impressão com vários níveis tem uma resolução criada pela multiplicação da resolução física pelo número de tons por ponto endereçado: por exemplo, uma impressora digital de 800 dpi, com capacidade de endereçar três níveis de cinza em cada ponto endereçado, tem uma resolução efetiva de 2.400 dpi!

A fim de obter a melhor qualidade de reprodução nos processos gráficos precisamos ter a capacidade de reproduzir pelo menos 256 tons de cada cor. Nos processos analógicos, uma vez que são binários (grafismo e contragrafismo), necessitamos de pelo menos 2.540 dpi para criar os 256 passos tonais de sombra e luz. Na impressão digital, para o mesmo resultado, multiplica-se a resolução efetiva pelos níveis tonais que a impressora pode depositar por pixel endereçado.

A resolução dos dados de impressão depende do tipo de aplicação e qualidade exigida e da distância de visualização pretendida, normalmente determinada pela linha diagonal do formato do produto impresso: um *banner* de 4 m de diagonal será visto melhor a 4 metros de distância, a fim de se captar

a imagem inteira. Isso se relaciona com a resolução da imagem. Quanto maior a distância de visualização, menor terá que ser a resolução da imagem a ser impressa, abaixo dos 300 dpi.

No entanto, quando a distância mínima de visão é desejada, no caso de obras de arte ou impressões *fine art*, a obra terá distância de leitura (normalmente de 40 cm) e, aí, a regra recomendada é usar imagens a 300 dpi. Um exemplo dessa aplicação são os papéis de parede impressos digitalmente e observados de perto, o que, portanto, requer alta resolução, 300 dpi.

Por isso quando se envia um arquivo a um provedor de impressão é fundamental comunicar a ele a distância de visualização.

Podemos generalizar que os produtos gráficos possam ser divididos em três categorias de distâncias de visualização: 50 cm ou distância de leitura, necessitando 300 dpi; 1 m de visualização (ponto de venda), exigindo 150 dpi; e o grupo de *banners*, com visualização de 1,5 m ou mais, para o qual é preciso conversar com o provedor gráfico para determinar a resolução abaixo de 100 dpi que será necessária.

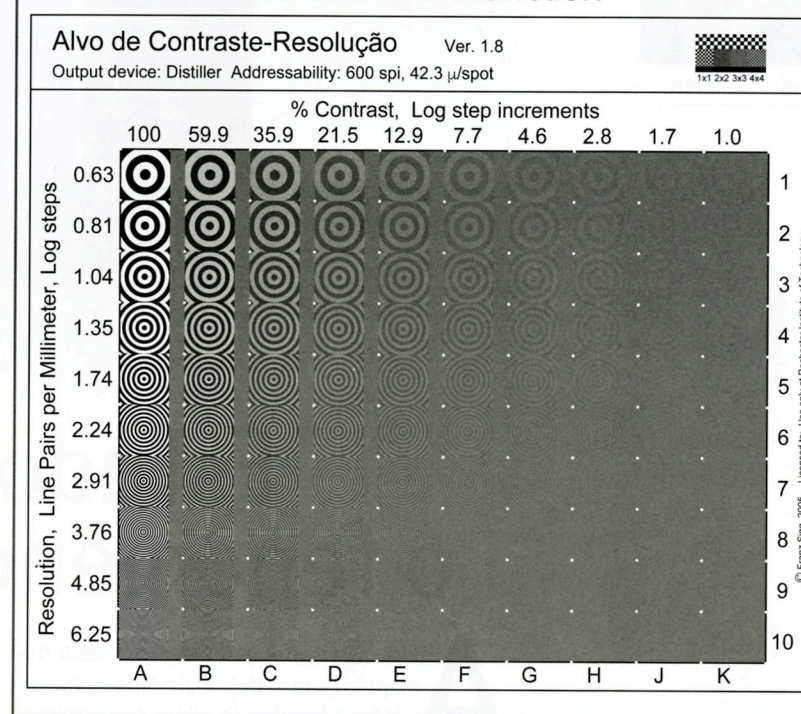
Além disso, pode-se adicionar que a nitidez de detalhes da imagem final é influenciada por outros fatores, como a velocidade de impressão, o número de passos no caso de jato de tinta, o registro, as configurações de secagem/aquecimento em impressoras base solvente e a impressão unidirecional ou bidirecional. Tal combinação de fatores interfere profundamente no resultado final de nitidez das impressões.

#### AVALIAÇÃO DA QUALIDADE DA IMAGEM IMPRESSA

A avaliação da qualidade de imagem percebida em reproduções é um campo ativo de pesquisa, com inúmeras contribuições de diferentes grupos de pesquisa e normalização. A definição de quais atributos são relevantes para aferir a qualidade de reproduções, neste caso a resolução, se correlacionam com a percepção visual. Uma das ferramentas utilizadas e desenvolvida pelo Rochester Institute of Technology (RIT), nos Estados Unidos, é o alvo MTF (Modulation Transfer Function), que possui círculos concêntricos de diferentes graus de largura de linha e de contraste e que fornece uma boa correlação entre a resolução percebida e a resolução espacial e efetiva do sistema de reprodução.

Para impressos feitos com tecnologia analógica não servem grafismos menores que 10  $\mu$ m uma vez que estariam no limite da nossa resolução a uma distância de visualização/leitura. Se pensarmos que os sistemas de gravação de chapas ou cilindros ou

#### MTF Modulation Transfer Function



Alvo MTF, desenvolvido por Franz Sigg, do RIT.

fotopolímeros, principais formas dos processos analógicos, utilizam resolução de 2.540 dpi e, para criarem meios tons dividem essa resolução em matrizes de 16 pixels por 16 pixels, cada matriz terá 2.540/16 = 0,00629 polegadas. Se quisermos representar um valor tonal de 1% nessa matriz, usaremos apenas 1 pixel dos 255 disponíveis na célula e seu tamanho terá 0,00629/16 \* 25,4 = 10  $\mu$ m! Novamente estamos no limiar da resolução humana.

Algumas das conclusões que podemos tirar dessas características da visão humana é que, com contraste máximo, tudo aquilo que deverá ser lido a 30–40 cm deve ter resolução de imagem de 300 dpi. Se for processo analógico, a gravação da matriz deve ter, pelo menos, 2.540 dpi. Imagens com mais de 300 dpi em processos analógicos são desnecessárias. Outra conclusão é que em processos como fotografia de alta qualidade em jato de tinta, *fine art*, deve-se utilizar resolução acima de 300 dpi, uma vez que poderá ser vista de muito perto se os detalhes forem importantes para a interpretação da imagem. □

**BRUNO MORTARA** é superintendente do ONS27, coordenador do ISO / TC130 / WG13 – Avaliação da Conformidade, diretor técnico da ABTG Certificadora e professor de pós-graduação na Faculdade Senai de Tecnologia Gráfica.