



Associação Propagadora Esdeva
Centro de Ensino Superior de Juiz de Fora – CES/JF
Curso de Ciências Biológicas

NEUROBIOLOGIA DA VISÃO E DA ILUSÃO DE ÓTICA

Karina Batista da Silva¹, Amanda Jdenaina Mendoza Visconde², Lorena Costa Rosa de Souza Lima³, Silvia Regina Costa Dias⁴.

Centro de Ensino Superior de Juiz de Fora, Juiz de Fora, MG

Linha de pesquisa: Saúde

RESUMO

A capacidade do cérebro de processar a informação sensorial é mais limitada do que a capacidade de seus receptores para mensurar o ambiente. A atenção, funciona como um filtro, selecionando alguns objetos para processamento adicional. Assim, nos concentramos em informações sensoriais específicas e excluimos as demais. Este processo pelo qual selecionamos, organizamos e interpretamos estímulos, traduzindo-os em uma imagem significativa é chamado de percepção. O sistema visual detecta e interpreta estímulos luminosos (ondas eletromagnéticas) que são recebidos por receptores sensoriais, denominados fotorreceptores, presentes na retina. Os olhos e o encéfalo trabalham sobrepondo as imagens de forma construtiva, de forma que a visão final se dá a partir da interpretação e comparação com experiências anteriores, por meio da percepção, a qual consiste numa interpretação das características dos objetos a partir de informações sensoriais captadas. Quando a percepção deixa de corresponder à realidade, tem-se a formação de uma ilusão – uma dissociação entre a percepção e a realidade – que, do ponto de vista evolutivo, parece indicar a importância deste fenômeno visual para a sobrevivência destes, desde os seus ancestrais comuns.

Palavras-chave: Visão. Ilusão de ótica. Imagem. Fotorreceptores.

¹ Discente do Curso de Ciências Biológicas do Centro de Ensino Superior de Juiz de Fora – CES/JF. Endereço: Rua Oscar Vidal, 521 apto 402 – Bairro Centro, Juiz de Fora/MG. Celular: (32) 991499253. E-mail: karinasilva_2008@hotmail.com

² Discente do Curso de Ciências Biológicas do Centro de Ensino Superior de Juiz de Fora – CES/JF. Endereço: Av. Governador Valadares, 673, casa 1 – Bairro Manoel Honório, Juiz de Fora/MG. Celular: (32) 984420608. E-mail: amandamendoza.17@hotmail.com

³ Discente do Curso de Ciências Biológicas do Centro de Ensino Superior de Juiz de Fora – CES/JF. Endereço: Rua Arquiteto Marcio Alves, 256 – Bairro Francisco Bernardino, Juiz de Fora/MG. Celular: (32) 999147009. E-mail: lorenasouzalima@gmail.com

⁴ Docente do Curso de Ciências Biológicas do Centro de Ensino Superior de Juiz de Fora. Orientador(a).

INTRODUÇÃO

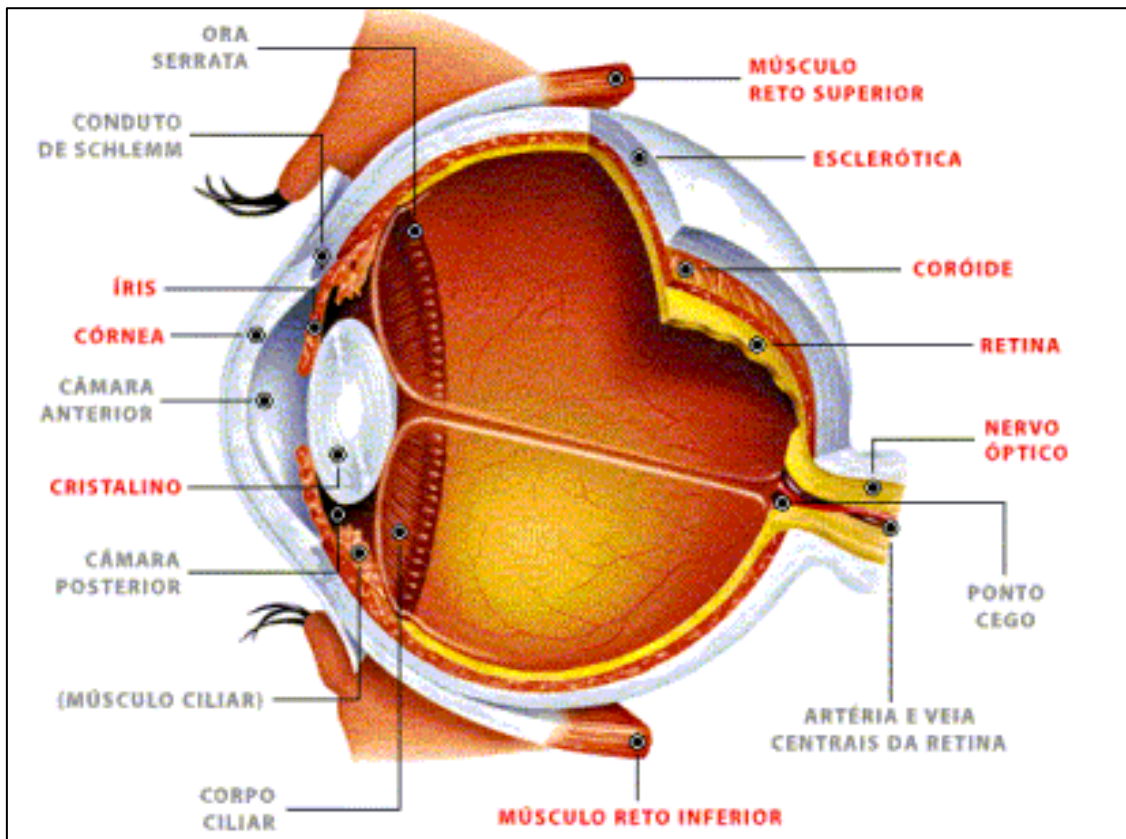
A todo momento, somos inundados por um vasto número de estímulos sensoriais e, apesar disso, prestamos atenção em apenas um estímulo ou a um número muito reduzido deles, ignorando ou suprimindo os demais. A capacidade do cérebro de processar a informação sensorial é mais limitada do que a capacidade de seus receptores para mensurar o ambiente. A atenção, portanto, funciona como um filtro, selecionando alguns objetos para processamento adicional.

Assim, como não conseguimos perceber todos os estímulos ao nosso redor, no momento do estímulo, nos concentramos em informações sensoriais específicas e excluimos as demais – usamos a exposição seletiva para decidirmos quais estímulos iremos notar e quais ignorar. Este processo pelo qual selecionamos, organizamos e interpretamos estímulos, traduzindo-os em uma imagem significativa e coerente é chamado de percepção – que pode ser influenciada por uma série de fatores (o contraste, a intensidade, volume, cor, o movimento, cheiro, entre outros).

O OLHO HUMANO E A FORMAÇÃO DA IMAGEM

As principais estruturas do olho humano são ilustradas na Figura 1. A parede do olho é composta por três camadas concêntricas: uma camada externa, uma camada média e uma camada interna. A camada externa é fibrosa e inclui a córnea, o epitélio córneo, a conjuntiva e a esclera. Na camada média, vascular, estão a íris e a coroide. A camada interna é altamente innervada e possui a retina. A retina cobre toda a área posterior do olho, exceto a região do ponto cego – que é a “cabeça” do nervo óptico. A acuidade visual é maior no ponto central da retina – a mácula, onde a luz é focalizada em uma depressão, denominada fóvea.

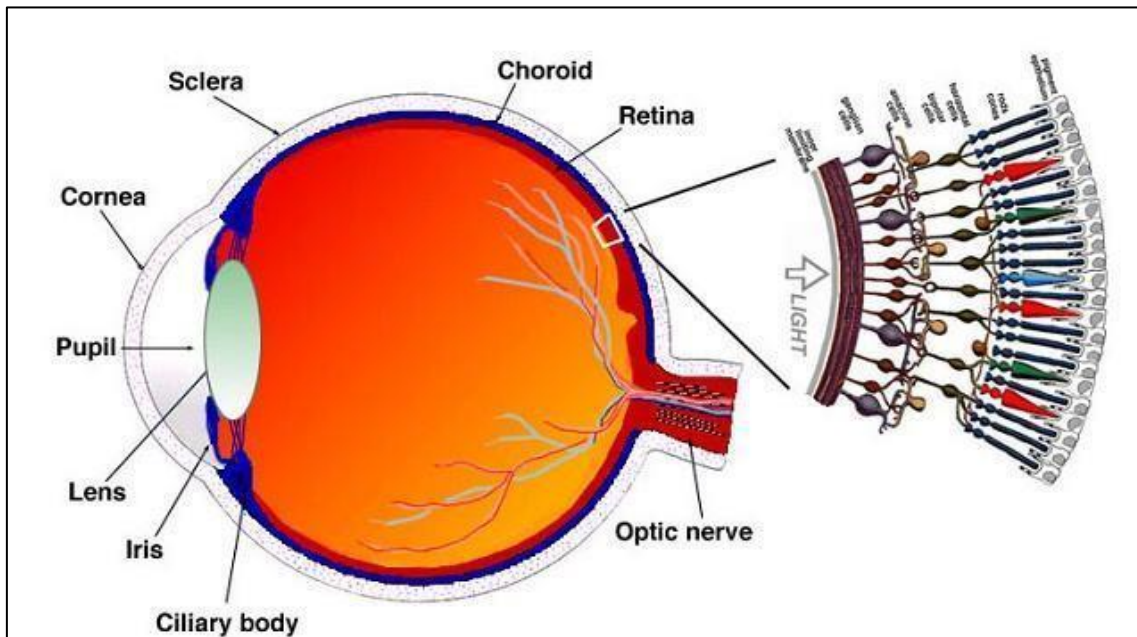
Figura 1: Estrutura anatômica e estruturas sensoriais do olho humano.



Fonte: <<https://afh.bio.br/sistemas/sensorial/2.php>> Acesso em 22 nov 2019.

O sistema visual detecta e interpreta estímulos luminosos, que são ondas eletromagnéticas (fótons), no comprimento de onda entre 400 e 750 nanômetros – a luz visível. Os receptores sensoriais da visão estão localizados na retina (Figura 2) e são denominados fotorreceptores – os bastonetes e os cones (Figuras 3 e 4). Os bastonetes apresentam baixos limiares são sensíveis à luz de baixa intensidade e atuam em condições de baixa luminosidade e escuro, não participando da visão em cores (Eysenck; Keane, 2007). Os cones apresentam um limiar para luz maior do que os bastonetes e operam melhor à luz do dia, permitem alta acuidade visual e permitem a visão em cores (não são sensíveis à luz de baixa intensidade) (Eysenck; Keane, 2007). Existem três grupos de cones, estabelecidos de acordo com suas sensibilidades em relação a determinadas cores. A estimulação combinada desses cones é capaz de produzir a extensa gama de cores que conseguimos enxergar, através do processo de adição de cores, realizado pelo cérebro.

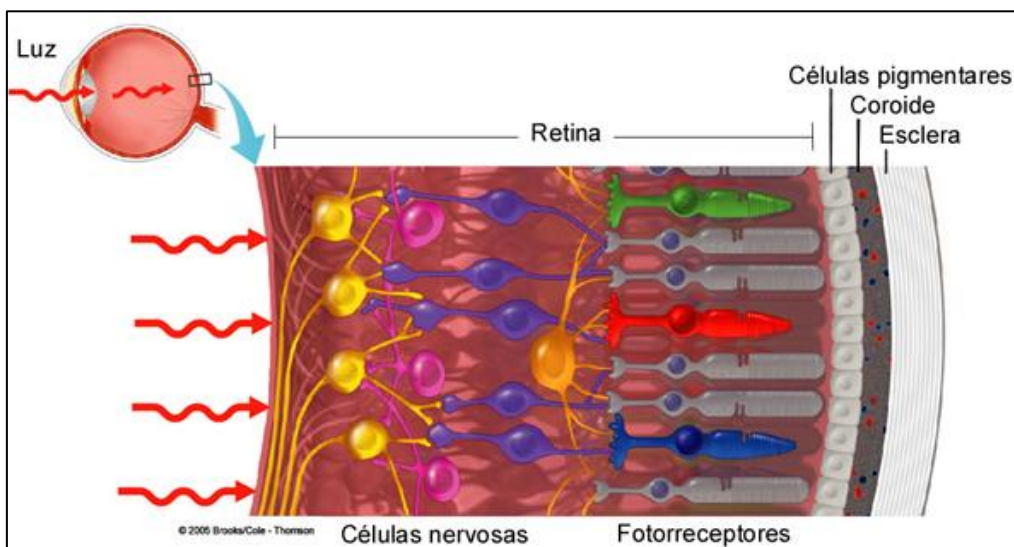
Figura 2: Corte longitudinal do olho humano mostrando suas estruturas e, em destaque, a organização da retina.



Fonte: <<http://cienciasecognicao.org/neuroemdebate/?p=4592>> Acesso em 22 nov 2019.

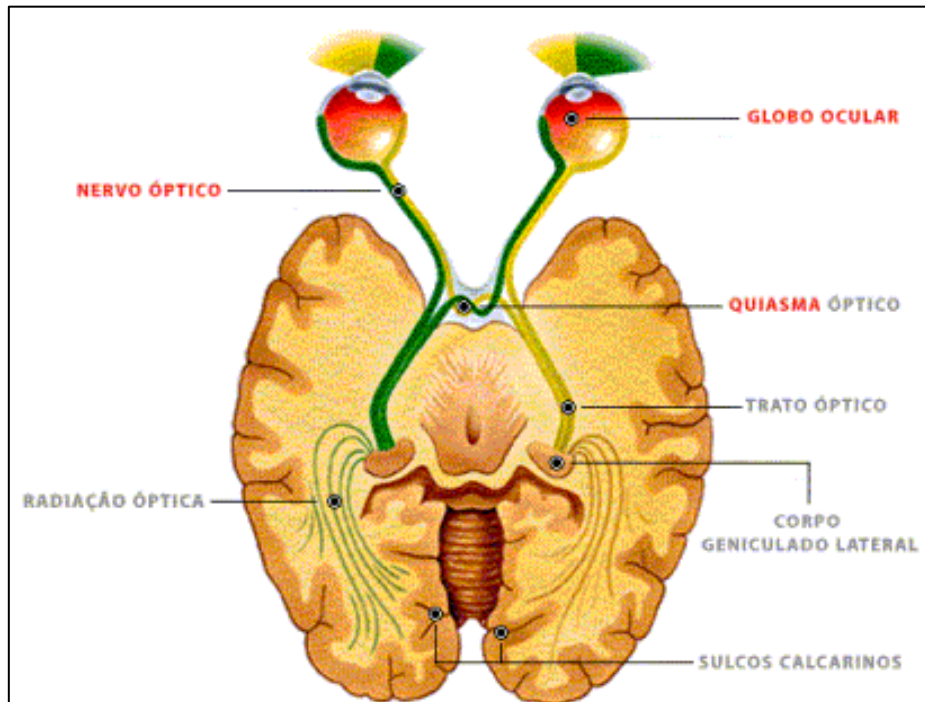
As informações recebidas pelos fotorreceptores (cones e bastonetes) são conduzidas até o sistema nervoso central (SNC) através do axônio das células ganglionares retinianas (Figura 4). Alguns axônios dos nervos ópticos se cruzam no quiasma óptico, enquanto outros seguem pelo mesmo lado do encéfalo.

Figura 3: Detalhe da estrutura de fotorreceptores da retina, mostrando os cones (em azul, vermelho e verde) e bastonetes (células em cinza) e a suas relações com o sistema nervoso.



Fonte: <<http://cienciasecognicao.org/neuroemdebate/?p=4592>> Acesso em 22 nov 2019.

Figura 4: Condução do sinal recebido pelos fotorreceptores até o sistema nervoso central e a inversão do sinal elétrico no quiasma óptico.



Fonte: <<https://afh.bio.br/sistemas/sensorial/2.php>> Acessado em 22 nov 2019.

PROCESSAMENTO X PERCEPÇÃO DA IMAGEM

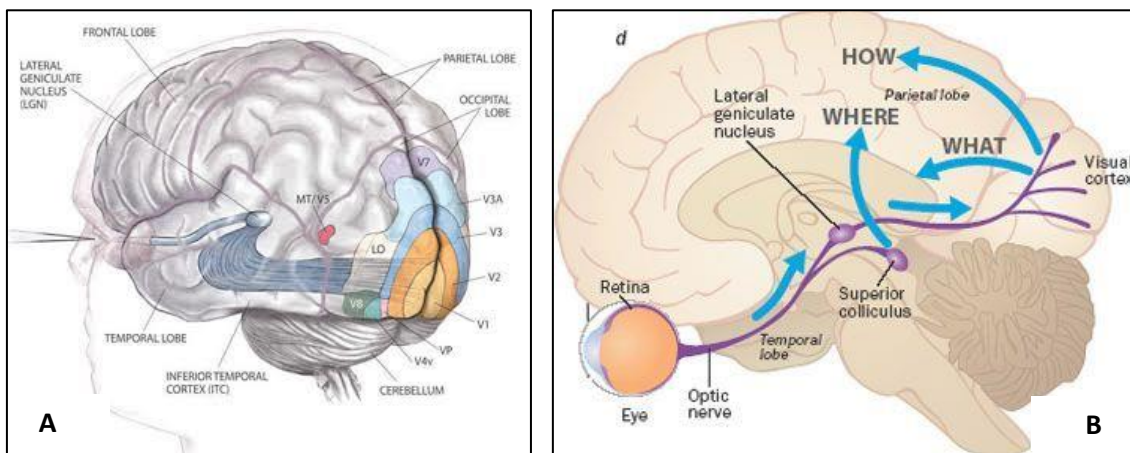
A formação da imagem através da visão depende de muitos elementos funcionando numa sincronia perfeita nas mais diversas situações. Dentre estes elementos, merecem destaque os cerca de 115 milhões de bastonetes e 6,5 milhões de cones presentes no sistema de foto recepção, de forma que em um milímetro quadrado de retina, trinta mil pontos luminosos podem ser recebidos cada um por sua vez!

A energia luminosa que chega à retina é convertida em impulsos elétricos e transmitida para o cérebro, onde formam-se imagens que correspondem a padrões de formas claras e escuras ou escuras com áreas coloridas e são essencialmente bidimensionais, mas, no entanto, enxergamos objetos e percebemos o mundo de forma tridimensional (Ali & Klyne, 1985).

Os olhos e o encéfalo (lobo occipital) trabalham sobrepondo as imagens de forma construtiva, de forma que a visão final se dá a partir da interpretação e comparação com experiências anteriores (Morgan, 1984), por meio da

percepção, a qual consiste numa interpretação das características dos objetos a partir de informações sensoriais captadas (Ali & Klyne, 1985).

Figura 5: (A) Áreas do córtex cerebral responsáveis pelo processamento da informação visual no lobo occipital. (B) Processamento do estímulo visual e a interação deste com outras vias de interação que participam da percepção.



Fonte: <<http://www.lea-test.fi/pt/assesse/avaliacao/index.html>> e <<https://leandro-rhein.blogspot.com/?view=classic>> Acesso em 23 nov 2019.

Os estímulos visuais dos dois olhos são levados ao córtex visual primário, a camada V1 (área 17 de Brodmann), e o secundário, a camada V2 (área 18 de Brodmann), por neurônios que transmitem sinais precisos através de conexões das estruturas visuais (Figura 5) (Cummin; Parker, 1999). Os neurônios V1 mostram evidências de disparidade - respostas específicas a estímulos que são ineficazes para gerar uma percepção estereoscópica, profundidade. Os neurônios V1 mostram evidências de disparidade - respostas específicas a estímulos que são ineficazes para gerar uma percepção estereoscópica, profundidade. A região V2 possui neurônios seletivos para orientação (interseções, arcos, círculos, padrões de textura) e, de certa forma, para cor, disparidade estereoscópica e movimento (Hegdé & Van Essen, 2000; Thomas et al., 2002). A região V4 (área 19 de Brodmann) detecta e diferencia as cores e suas tonalidades, enquanto a região V3 e V5 (área 19 de Brodmann) percebem a movimentação e a posição da imagem.

Marr (1982) considera impossível que o resultado do processamento visual ocorra em apenas um estágio. Para ele, o sistema de processamento visual lida com uma série de representações, inicialmente mais grosseiras e,

posteriormente, mais precisas das propriedades físicas de um objeto (Marr, 1982).

De acordo com o autor, o esboço primordial, o esboço em 2 ½-D e o modelo de representação 3-D corresponderiam aos resultados dos estágios de processamento, sendo representações iniciais do processamento visual, que guardariam dados básicos dos objetos observados, e que contribuiriam para um modelo representacional em 3-D, mais robusto e completo (Marr, 1982). O esboço primordial enfatiza dados obtidos a partir de extremidades, contornos e saliências dos objetos; o esboço em 2 ½-D considera dados de sombreamento, textura, profundidade, movimento etc., conforme o ponto de vista do observador; a representação do modelo de 3-D descreve os objetos “independente do ponto de vista do observador (portanto, invariável em termos do ponto de vista)” (Marr, 1982; Biedermann, 1987; Eysenck & Keane, 2007).

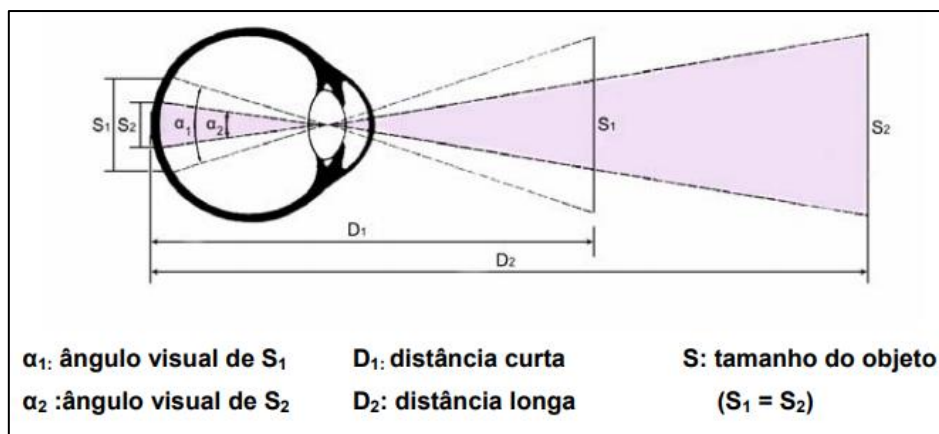
A maior parte das impressões do mundo e das memórias de um ser humano é baseada na visão (Gregory & Colman, 1995; Kandell, Schwartz & Jessell, 2000; Handerson, 2003). A influência na percepção visual de fatores mais diretamente associados a propriedades dos próprios estímulos – chamados fatores “bottom-up” (de baixo para cima) e do conhecimento prévio do observador – fatores “top-down” (de cima para baixo), tais como, memória de curto prazo, memória episódica, conhecimento previamente adquirido sobre cenas visuais etc., tem sido considerada em um conjunto de trabalhos (Berger, Henik, Rafal, 2005; Silva et al., 2011).

A percepção moderna de que a visão é um processo ativo e criativo, que envolve mais do que apenas as informações fornecidas para a retina, tem suas raízes na filosofia e na psicologia. A ideia central dos psicólogos é que o que se vê de um estímulo depende não apenas das propriedades do estímulo, mas também do contexto, de outras características no campo visual. Eles argumentam que o sistema visual processa as informações sensoriais de forma, cor, distância e movimento de objetos de acordo com regras computacionais inerentes ao sistema. É assim que as imagens recebem um significado, uma interpretação e é criada uma figura percebida conscientemente. Esse processo nem sempre equivale ao mundo real: há aspectos que podem ser omitidos, acrescentados ou adulterados (Hochberg, 1982). Ou seja, a percepção está

sujeita a erros e, quando isso ocorre, são formadas as ilusões, que podem ser de vários tipos (Schwartz, 2017; Wade, 1998; Miller, 2000).

Há ilusões de movimento, ilusões criadas pela relação entre tamanho e distância de objetos, ilusões que dão a impressão de terceira dimensão (a perspectiva é o exemplo clássico), ilusões de cor e as de contorno ilusório, entre outras (Coren & Ward, 1989). As imagens projetadas na retina de dois objetos de tamanhos idênticos localizados à diferentes distâncias do olho, são diferentes: quanto mais distante do olho, menor é a imagem formada na retina, assim como o contrário também ocorre (Figura 6) (Coren & Ward, 1989).

Figura 6: Ângulo visual. Mudanças na distância do objeto resultam em mudanças no tamanho do ângulo visual apesar do tamanho do objeto permanecer o mesmo. O objeto S_1 (perto do olho) é maior do que a imagem S_2 , longe do olho.



Adaptado de Coren & Ward (1989).

ILUSÕES DE ÓTICA

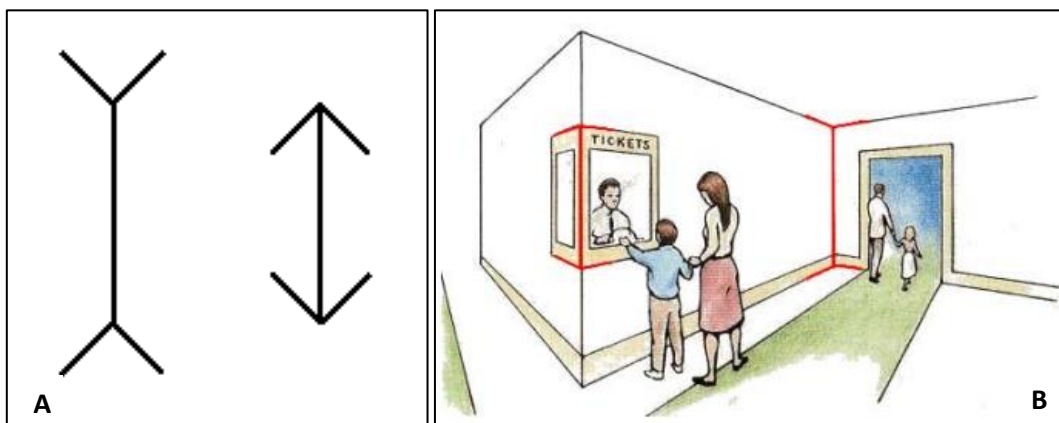
No córtex cerebral as informações obtidas a partir da visão e dos outros órgãos do sentido, assim como de nossas experiências, são processadas, criando uma grande simulação do mundo (percepção) que, é tomada como verdade, mas que nem sempre, corresponde à realidade tal como ela é. Quando isso ocorre – ou seja, quando a percepção deixa de corresponder à realidade – surge uma ilusão. Essa forma de traduzir o mundo é a questão fundamental que envolve os estudos sobre as ilusões de ótica, que ainda não conseguem

compreender todas as causas e processos envolvidos na produção de tais ilusões.

A ilusão de ótica representa esse tipo de dissociação entre percepção e realidade. São situações que “enganam” o sistema visual, fazendo-nos ver coisas que não existem ou nos induzindo a vê-las de maneira errônea e/ou distorcida. Assim, ilusões de ótica são imagens que enganam momentaneamente o cérebro, fazendo com que este capte ideias falsas, preenchendo espaços que não ficam claros à primeira vista. Podem ser fisiológicas, quando surgem naturalmente, ou cognitivas, quando se criam com artifícios visuais.

A figura 7 (A) mostra a ilusão de Müller-Lyer, criada pelo psiquiatra alemão Franz Müller-Lyer, em 1889. Nela, os dois segmentos de reta têm o mesmo tamanho, mas, por causa da posição das setas (para fora ou para dentro), tem-se a impressão de que uma delas é maior do que a outra (Pressey, 1967).

Figura 7: Ilusão de Müller-Lyer. (A) O segmento de reta com as setas voltadas para fora (à esquerda) é percebido como maior do que o outro segmento, com as setas voltadas para dentro (à direita). (B) Observe como esta configuração de segmento/seta sugere noção de profundidade (linhas em vermelho na bilheteria e próximo à porta).



Fonte: Suganuma (2006)

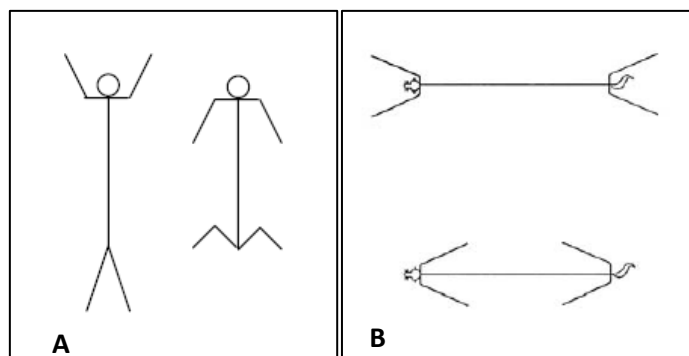
Estudos mostraram, por meio da análise de imagens por ressonância magnética, que na construção da percepção da ilusão ocorre a ativação do córtex occipital lateral e o córtex parietal posterior. De acordo com essas pesquisas, as duas áreas interagem na produção da ilusão de ótica. Uma seria

ativada pelo reflexo na integração da figura dos segmentos de reta, e essa mesma região também está envolvida na identificação do comprimento das retas. Já o córtex parietal posterior seria ativado pela representação espacial dos estímulos. Por outro lado, há a explicação fisiológica que, por sua vez, atribui a percepção de que uma reta é maior do que a outra ao fato de que as setas atrairiam o olho para além da reta, dando a impressão de que uma é maior e a outra é menor.

Em humanos, o efeito ilusório pode ser afetado em algumas situações: a variação no comprimento dos segmentos de reta e das “setas” (Stuart, Day & Dickinson, 1984); pelo contraste entre os segmentos de reta e as “setas” (Dragoi & Lockhead, 1999); a orientação dos segmentos de reta (vertical ou horizontal) (Miller, 2000); e, por fim, pela variação do ângulo formado entre os dois segmentos de reta que compõe as “setas” (Pressey & Martin, 1990).

Saganuma (2006) mostra que a ilusão de Müller-Lyer tem uma aplicação no mundo animal onde a orientação do segmento de reta vertical pode induzir o medo. A figura 8 (A) mostra dois modelos propostos por Miller (2000) para a figura de ilusão de Müller-Lyer. Neles, uma configuração pode ser considerada como um animal grande, fino e amedrontador, enquanto outra seria um animal pequeno, largo e encolhido (Saganuma, 2006). Assim, a autora aponta que ilusões que exageram a forma vertical podem ser consideradas um truque visual que exalta um perigo potencial. Outra consideração que podemos fazer deste modelo de ilusão é que a posição das patas de um animal ao correr pode dar pistas ao predador sobre o tempo que a presa levaria para se locomover em um determinado espaço (Figura 8 B) (Miller, 2000)

Figura 8: Figura de Müller-Lyer modificada. Os sujeitos com os membros estendidos parecem maiores que aqueles com os membros contraídos.

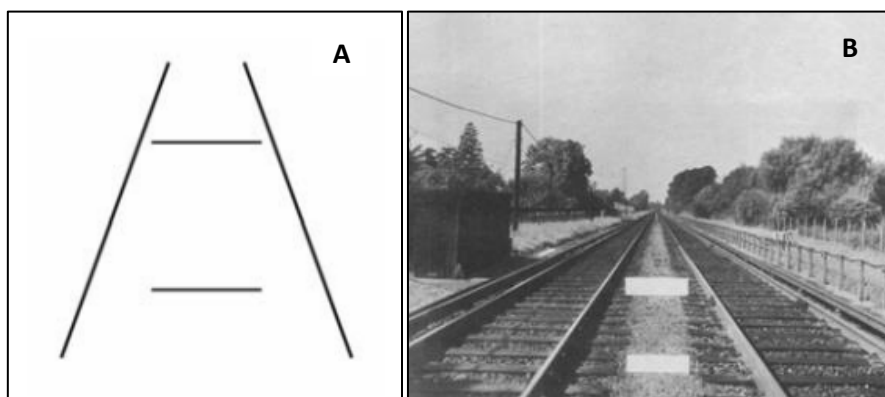


Fonte: Saganuma, 2006.

Neste caso, a orientação das “setas” provoca um falso julgamento da distância dos segmentos de reta no córtex occipital lateral e no córtex parietal posterior e, com isso, a constância de tamanho é induzida para compensar a distância aparente, resultando num erro de percepção do comprimento dos segmentos de reta (Weidner & Fink, 2007). Estudos de ressonância magnética funcional mostram que essa ativação seria o reflexo do processo de integração da figura, resultando no agrupamento dos segmentos de reta que a compõem (Weidner & Fink, 2007).

A ilusão de Ponzo (Figura 9 A) mostra o segmento de reta (acima) mais próximo ao encontro dos segmentos de retas laterais, aparentando ser maior em relação ao outro (abaixo), apesar de ambos possuírem o mesmo tamanho.

Figura 9: Ilusão de Ponzo. (A) o segmento de reta (acima) mais próximo ao encontro dos segmentos de retas laterais, aparentando ser maior em relação ao outro (abaixo), apesar de ambos possuírem o mesmo tamanho (B) Os trilhos da estrada de ferro resultam na mesma imagem na retina das linhas laterais da ilusão de Ponzo, indicando claramente a distância por perspectiva.

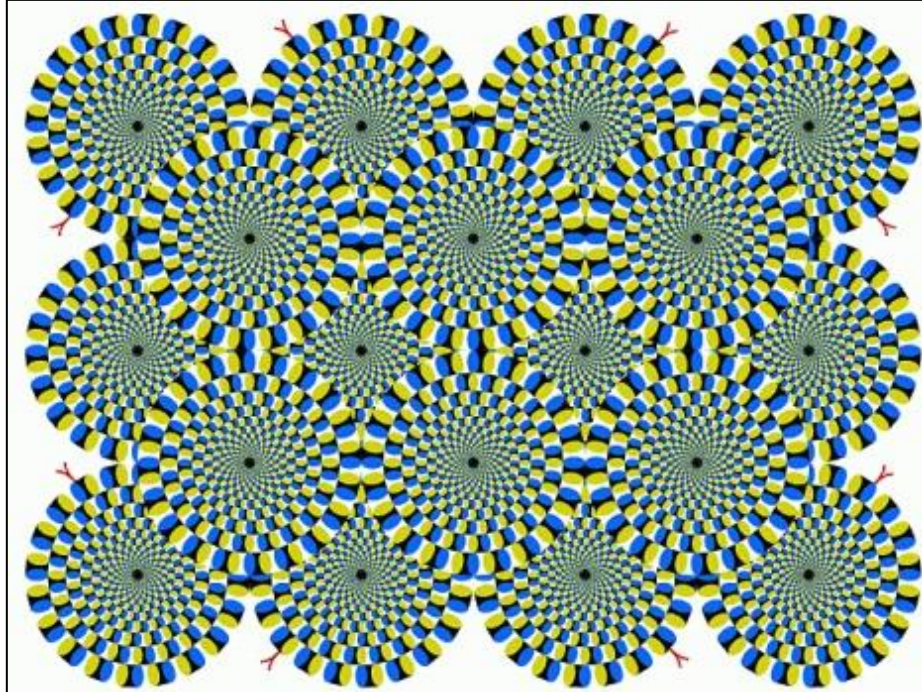


Fonte: Saganuma (2006)

A figura 10 mostra uma ilusão de movimento conhecida por “cobras rotativas”. Quando olhamos para a imagem, temos a impressão que estão girando. No entanto, o que se mexe são nossos olhos. Estudos indicavam que esse tipo de ilusão era consequência de movimentos lentos dos olhos, mas pesquisa realizada por Jorge Otero-Millan, Stephen Macknik e Susana Martinez-Conde, demonstrou que essa ilusão ocorre por causa de movimentos

minúsculos do olho e piscadas que criam a impressão de que as formas geométricas “dançam”.

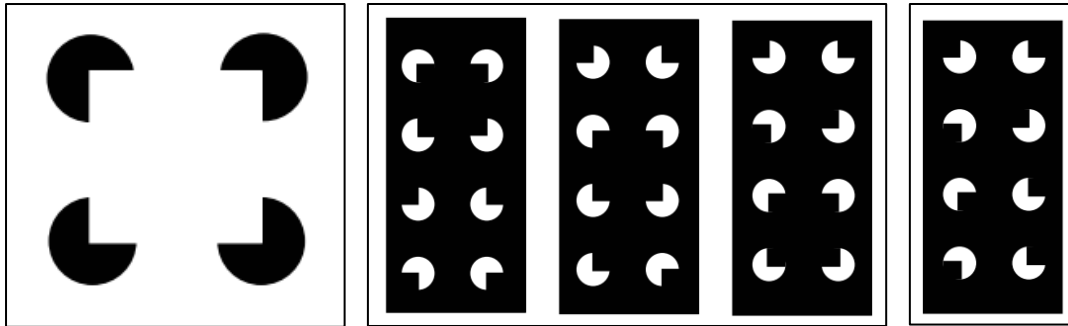
Figura 10: Ilusão das cobras-rotativas.



Fonte: < <http://www.comciencia.br/comciencia/handler.php?section=8&edicao=93&id=1150>>

O quadrado de Kanizsa é uma ilusão de contorno e está mostrado na Figura 11. O quadrado no centro da figura parece ter seu contorno bem definido, mas, ao observar bem este contorno, observa-se áreas abertas (Kanizsa, 1976). Neurônios do córtex visual (V2) estão envolvidos nesta percepção de continuidade do contorno destas áreas abertas (Heydt & Petergans, 1989).

Figura 11: Ilusão de contorno subjetivo: (A) O quadrado de Kanizsa: percepção de continuidade do contorno é proporcionada pela ativação de neurônios do córtex visual. (B) A posição dos círculos incompletos forma a imagem subjetiva quadrado de Kanizsa (acima, no meio e abaixo). (C) Conformação na qual não ocorre a formação do contorno ilusório.



Fonte: Sukanuma (2006), adaptado de Bravo, Blake & Morrison (1988).

CONSIDERAÇÕES FINAIS

Hoje, a neurociência tem tentado compreender as ligações do sistema nervoso com toda a fisiologia do organismo, incluindo a relação entre cérebro e comportamento. O controle neural das funções sensoriais e motoras, os mecanismos da atenção, memória e aprendizagem são temas de estudo da neurociência. Um dos mecanismos mais estudados é a ilusão visual, um fenômeno presente em vários mamíferos e, dentre eles, o homem. Do ponto de vista evolutivo, a manutenção desta característica no sistema nervoso central sugere que a ilusão possa ser importante para a sobrevivência. Em outras palavras, as teorias cognitivas e fisiológicas não se apresentam como totalmente satisfatórias para explicar as ilusões de ótica, o que leva à conclusão de que essas envolvem a combinação de vários mecanismos, ainda não totalmente explicados. A demonstração do efeito ilusório diante das figuras que provocam distorção em primatas não-humanos parece indicar a importância deste fenômeno visual para a sobrevivência destes, desde os seus ancestrais comuns.

ABSTRACT

The brain's ability to process sensory information is more limited than its receptors' ability to measure the environment. Attention, acts as a filter, some objects for further processing. So we focus on specific and excluded sensory information like the others. This process of selecting, organizing, and interpreting stimuli, translating into a meaningful image is called perception. The visual system detects and interprets light stimuli (electromagnetic waves) that are received by sensory receptors, called photoreceptors, present in the retina. The eyes and the movement overlap as images in a constructive way, so that the final vision gives from the interpretation and comparison with previous tests, through perception, or what is the interpretation of characteristics of objects from sensory information captured. When a perception leaves correspondence in reality, it has an illusion formation - a dissociation between perception and reality - which, from

an evolutionary point of view, seems to indicate the importance of this visual phenomenon to previous results from its common ancestors.

Keywords: Vision. Optical illusion. Image. Fotoreceptors.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

A. W. Pressey. A Theory of the Mueller-Lyer Illusion. Volume: 25 issue: 2, page(s): 569-572, 1967.

Ali, M.A., M.A. KLYNE. Vision in vertebrates. Plenum Press, New York, New York, USA, 1985.

B.G. Cumming, A J Parker. Binocular Neurons in V1 of Awake Monkeys Are Selective for Absolute, Not Relative, Disparity. J Neurosci, 19 (13), 5602-18 1999.

Berger, Andrea Henik, Avishai Rafal, Robert. Competition Between Endogenous and Exogenous Orienting of Visual Attention. Journal of Experimental Psychology: General 134 (2):207-221 (2005)

Biederman, I. (1987) Recognition-by-components: a theory of human image understanding. Psychol Rev. 1987 Apr;94(2):115-147.

Coren, S. & Ward, L.M. (1989). Sensation & Perception. (3. ed.). Orlando, Fl, USA: Harcourt Brace Jovanovich.

Dragoi V, Lockhead G. Context-dependent changes in visual sensitivity induced by Müller-Lyer stimuli. Vision Res. 1999;39(9):1657–1670. doi:10.1016/s0042-6989(98)00198-9.

Eysenck, M. W., & Keane, M. T. (2007). Manual de psicologia cognitiva (5ª ed.). Porto Alegre: Artes Médicas.

GREGORY, S.; COLMAN, F. V. The senses in communication. Newbury Park: CA. Sage, 1995.

Handerson, JM. Human Gaze Control during Real-World Scene Perception. Trends in Cognitive Sciences 7(11):498-504 - December 2003.

Hegd  J, Van Essen DC (1999) Selectivity for complex shapes in primate visual area V1. Soc Neurosci Abstr 25:1548.

Heydt R, Petergans E. Mechanisms of contours perception in monkey visual Our study is the first to investigate. J Neurosci 1989;9:1731–48.

Hochberg, JE. Percep o. Ed Zahar. Rio de janeiro, 1982.179p.

J Hegd , D.C Van Essen. Selectivity for complex shapes in primate visual area V2. J. Neurosci., 20 (2000), pp. RC61-RC66.

Kandel ER, Schwartz JH, Jessel TM. Fundamentos da neurociência e do comportamento. Rio de Janeiro: Guanabara Koogan; 2000.

Kanizsa, G. (1976). Subjective contours. Scientific American, 234(4), 48–52.

Marr D, 1982 Vision. A Computational Investigation into the Human Representation and Processing of Visual Information (New York: W H Freeman)

Miller, D. Creating visual stories and illusion around the retinal image. In: The wisdom of the eye. 2000. p-103-132.

Morgan MJ, Mather G, Moulden B and Watt RJ, 1984. Intensity-response non linearities and the theory of edge localisation. Vision Research 24, 713-719.

O.M Thomas, B.G Cumming, A.J Parker. A specialization for relative disparity in V2. Nat. Neurosci., 5 (2002), pp. 472-478.

Pressey, A. & Martin, N.S. The effects of varying fins in Müller-Lyer and Holding illusions. *Psychol. Res* (1990) 52: 46. <https://doi.org/10.1007/BF00867211>

Rejane Rubino. São Paulo: Companhia das Letras, 2009.

Schwartz SH. *Visual Perception: A Clinical Orientation*, 5th ed. New York: McGraw-Hill Education; 2017. ISBN-13: 978-1259585012.

SILVA, F. C., MACEDO, L. F. R, MARIANI, M. M. C., ARAÚJO, R. R., CARREIRO, L. R. R. Efeitos do controle de previsibilidade de da utilização de pistas simbólicas centrais na orientação temporal da atenção. In: *Psicologia: Teoria e Prática*, v. 13 (3), 2011, p. 26-40.

Stuart, G. W., Day, R. H., & Dickinson, R. G. (1984). Müller-Lyer: Illusion of Size or Position? *The Quarterly Journal of Experimental Psychology Section A*, 36(4), 663–672.

SUGANUMA, Elisa. Percepção da ilusão de Müller-Lyer em macaco-prego (*Cebus spp.*). 2006. 111 f. Dissertação (Mestrado em Ciências da Saúde) - Universidade de Brasília, Brasília, 2006.

Wade, N. J. (1998) *A Natural History of Vision*. Cambridge, MA: MIT Press.

Weidner R, Fink GR. The neural mechanisms underlying the Müller-Lyer illusion and its interaction with visuospatial judgments. *Cereb Cortex*. 2007;17(4):878–884. doi:10.1093/cercor/bhk042