

A close-up photograph of a human eye, looking slightly to the left. The eye is light-colored, possibly green or blue, and is framed by dark eyelashes. A bright, circular light source is visible on the left side of the image, creating a soft glow. A solid red horizontal bar is positioned across the top of the image, containing the title text in white.

BIOFÍSICA DA VISÃO

Marcelo costa

Caros alunos,

Esse ebook é um pdf interativo. Para conseguir acessar todos os seus recursos, é recomendada a utilização do programa Adobe Reader 11.

Caso não tenha o programa instalado em seu computador, segue o link para download:

<http://get.adobe.com/br/reader/>

Para conseguir acessar os outros materiais como vídeos e sites, é necessário também a conexão com a internet.

O menu interativo leva-os aos diversos capítulos desse ebook, enquanto as setas laterais podem lhe redirecionar ao índice ou às páginas anteriores e posteriores.

Nesse *pdf*, o professor da disciplina, através de textos próprios ou de outros autores, tece comentários, disponibiliza links, vídeos e outros materiais que complementarão o seu estudo.

Para acessar esse material e utilizar o arquivo de maneira completa, explore seus elementos, clicando em botões como flechas, linhas, caixas de texto, círculos, palavras em destaque e descubra, através dessa interação, que o conhecimento está disponível nas mais diversas ferramentas.

Boa leitura!

SUMÁRIO

APRESENTAÇÃO

Caro estudante,

A visão é o sentido que está relacionado com a fotopercepção, onde através de células fotorreceptoras captamos estímulos luminosos que posteriormente são processados pelo nosso cérebro formando as imagens dos objetos. A visão permite a percepção de cores e intensidade de luminosidade, essas percepções estão relacionadas com diferentes tipos de células fotorreceptoras que nosso olho possui. A visão é um sentido de extrema importância para nossa vida cotidiana, pois através da visão podemos observar e analisar o formato de objetos, além da percepção de proporções como alto e baixo, grande e pequeno, perto e distante. Além disso, nós utilizamos a fotopercepção para discriminar as cores e intensidade luminosa. A sociedade moderna leva em consideração a nossa percepção visual para o desenvolvimento do design (formato e cor) dos mais variados produtos. Assim, são desenvolvidas campanhas publicitárias, com propósito de chamar a atenção e agradar visualmente os consumidores. Isso reflete no grande nível de poluição visual que nos deparamos diariamente com propagandas visuais como: outdoors, panfletos, letreiros luminosos, placas, faixas, além de sinais de alerta como semáforos, placas de trânsito, sinalização vertical entre outros. Essas inúmeras informações visuais influenciam diariamente nossas decisões, no entanto, para nós vem a grande questão, como funciona, em termos físicos e biológicos, a nossa visão?

Este ebook foi produzido com o intuito de auxiliar você no estudo da biofísica da visão. Aqui serão apresentadas informações e imagens sobre a biofísica da visão, como também links que permitirão o acesso de vídeos, textos e imagens que visam complementar e aprofundar os conteúdos aqui discutidos.

Desejo bom estudo a todos.

Professor Marcelo Costa.

1. ASPECTOS FÍSICOS DA LUZ

1.1. A natureza da luz

A luz tem natureza eletromagnética sendo, portanto, uma forma de radiação. A luz apresenta uma dualidade de comportamento, pois possui natureza corpuscular e ondulatória, ou seja, ela se propaga como partícula e também como onda (Garcia, 2002). O nosso olho trata a luz nos dois aspectos, onda e partícula. O olho funciona como meio refrator das ondas de luz no qual as lentes dos nossos olhos convergem os raios luminosos para formar a imagem. Por outro lado, nosso olho possui uma camada de células fotossensíveis que transformam a energia eletromagnética do fóton (partícula) em impulso nervoso que será posteriormente processado no nosso cérebro gerando a percepção da imagem (Heneine, 2006).

Para saber mais sobre a dualidade da luz acesse:

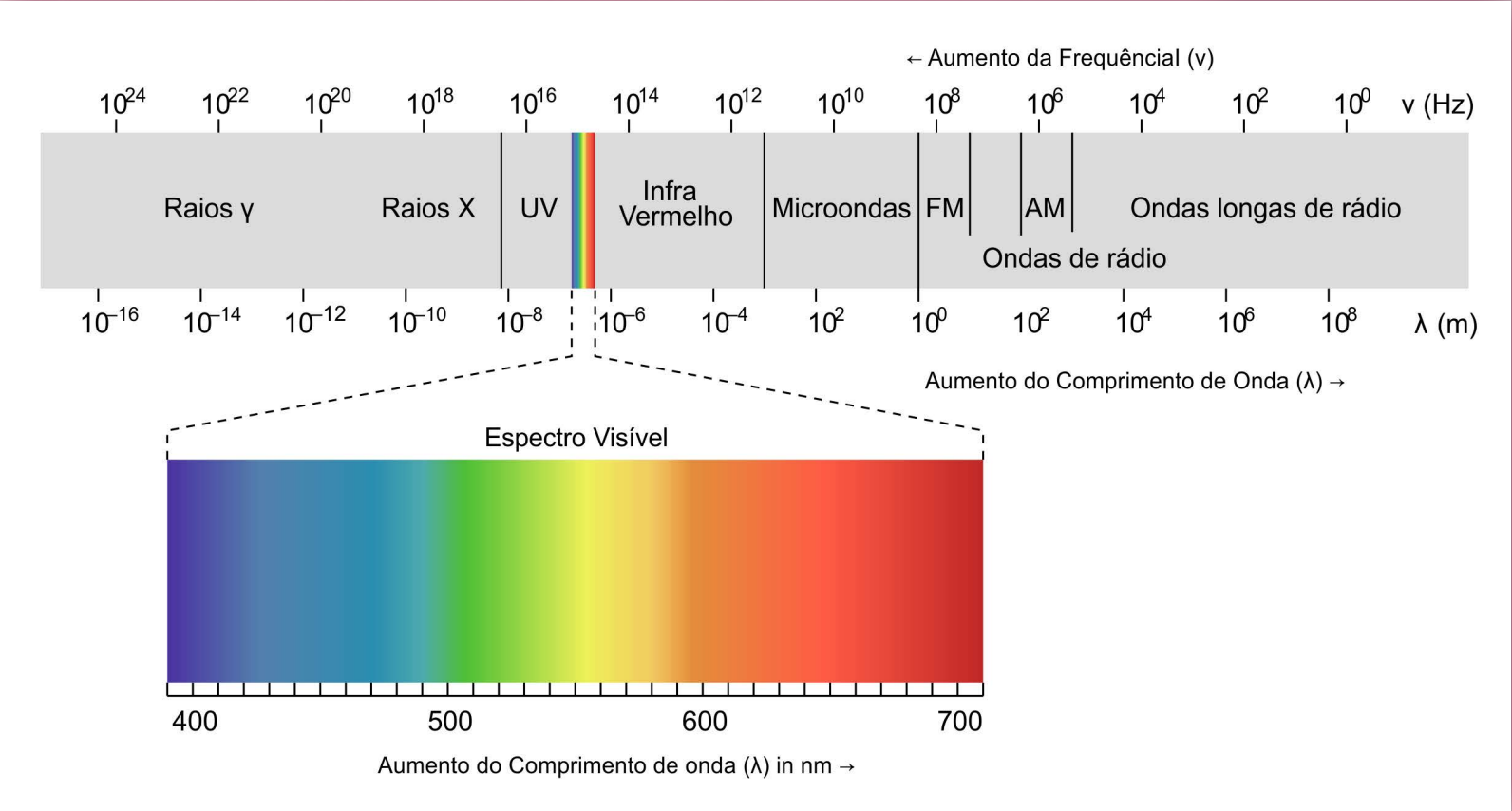


1.2. Luz como onda eletromagnética

A luz é um espectro de radiação eletromagnética que nós conseguimos detectar através da visão. A frequência que percebemos está contida na faixa de 4×10^{14} Hz (vermelho) e 7×10^{14} Hz (violeta), denominado espectro visível (Garcia, 2002). O espectro visível situa-se entre a radiação infravermelha e a radiação ultravioleta como podemos observar na imagem abaixo (Figura 1).



Figura 01. Comprimento de onda e frequência da radiação eletromagnética.



Fonte: Wikipedia.org

Para saber mais sobre radiação eletromagnética acesse:



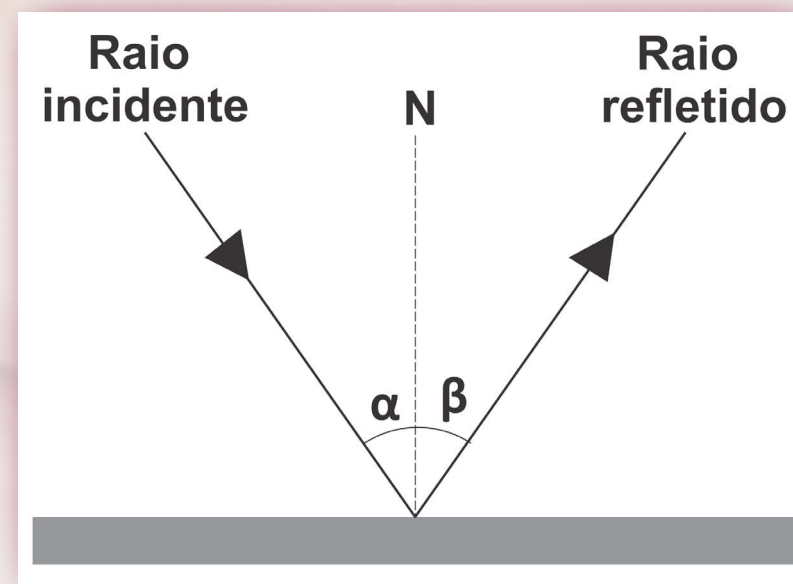
1.3. Velocidade da luz

A velocidade da luz é uma das mais importantes constantes universais, sendo a velocidade máxima que a matéria pode atingir (Garcia, 2002). A velocidade da luz no vácuo, simbolizada pela letra c é de $3 \times 10^8 \text{ m.s}^{-1}$. Em outros materiais transparentes a velocidade da luz é menor que no vácuo e está relacionada com o índice de refração do meio (Heneine, 2006).

1.4. Reflexão da luz

A reflexão da luz ocorre quando os raios de luz atingem a superfície de um objeto e retornam para o mesmo meio de origem. A reflexão segue a seguinte regra: o ângulo do raio refletido (β) é igual ao ângulo do raio incidente (α) e ambos estão no mesmo plano que inclui a normal (N) (Figura 2). A normal é uma semirreta traçada perpendicularmente à superfície refletora.

Figura 2. Reflexão da luz.

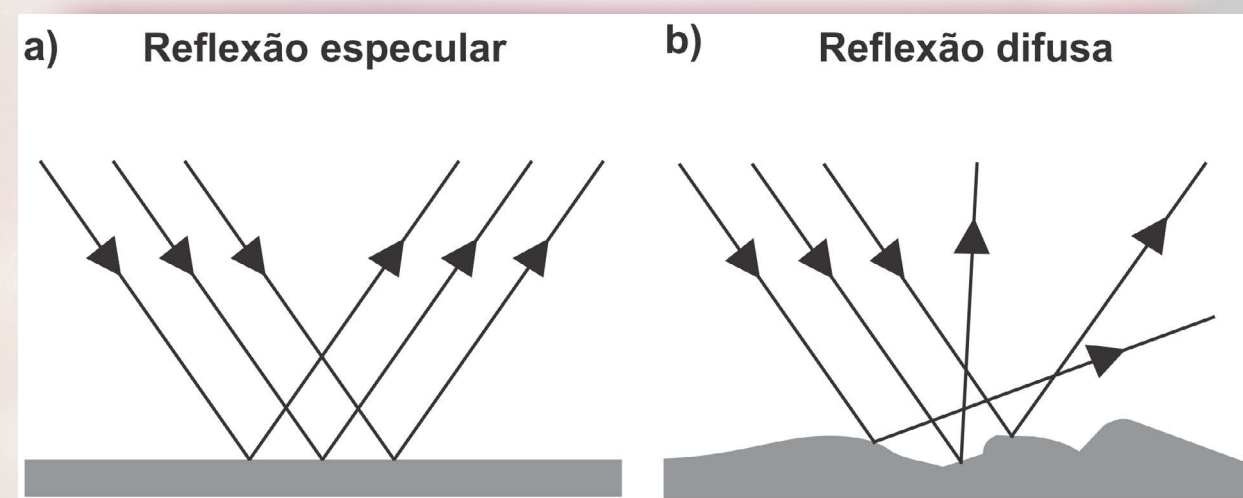


Legenda: α = ângulo de incidência, β = ângulo de reflexão e N = semirreta normal perpendicular à superfície.

Fonte: Produzida pelo autor.

A reflexão pode ser classificada como especular, onde um feixe de raios paralelos incidentes será refletido em um feixe de raios paralelos entre si (Figura 3a), sendo esse um típico tipo de reflexão de espelhos planos. A reflexão pode ser difusa, nesse caso, um feixe de raios paralelos incide em uma superfície irregular e os raios refletidos não são paralelos entre si e, portanto, refletem em várias direções de forma difusa (Figura 3b).

Figura 3. Reflexão especular (3a) e difusa (3b) da luz.



Fonte: Produzida pelo autor.

Para saber mais sobre reflexão da luz assista o vídeo:



1.5. Refração da luz

A refração da luz ocorre quando o raio de luz passa de um meio para outro e esses meios apresentam diferentes índices de refração. Nesse caso, a velocidade da luz difere entre os meios e isso gera um desvio da trajetória dos raios de luz, denominado refração.

O índice de refração (η) é a relação entre a velocidade da luz no vácuo e a velocidade na luz no meio, pode ser calculado da seguinte forma:

$$\eta = \frac{c}{v}$$

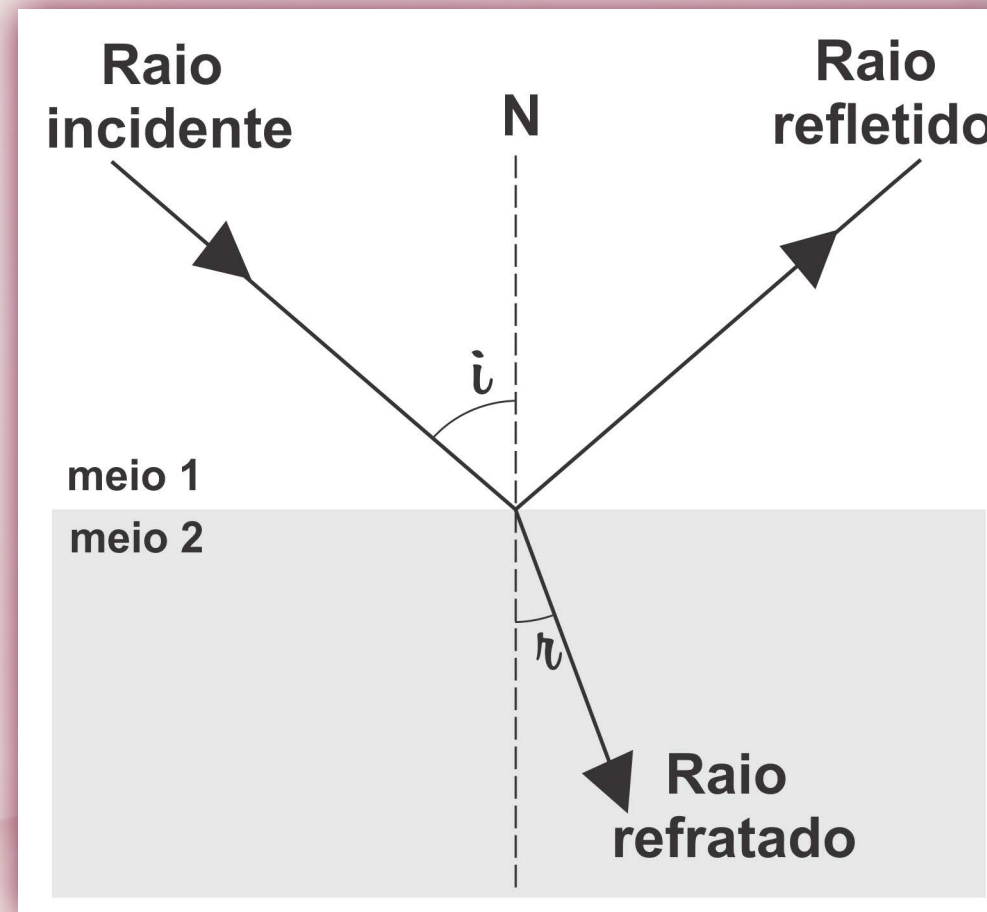
Onde c é a velocidade da luz no vácuo ($c = 3 \times 10^8 \text{ ms}^{-1}$) e v é a velocidade no meio. Como a velocidade em outros materiais é sempre menor que no vácuo, o valor do índice de refração dos materiais é sempre maior que um (Garcia, 2002).

Quando o raio de luz incide em uma superfície diotrópica (superfície que separa dois meios transparentes) um feixe de luz será refletido, como o mesmo ângulo de incidência e outro feixe de luz será refratado. Se a velocidade da luz no meio 2 é menor que no meio 1, o raio refratado aproxima-se da normal e portanto o ângulo de refração (r) será menor que o ângulo de incidência (i) (Figura 4). Ao sair do meio 2 para o meio 1 ocorre o inverso, sendo que o raio de luz se distancia da normal (Garcia, 2002). Se o raio de luz incide perpendicularmente, a velocidade de propagação será diferente entre os meios, mas a trajetória dos raios não será alterada (Heneine, 2006). A relação matemática desse conceito é dada pela lei de Snell-Descartes, onde:

$$n_1 \text{ sen } i = n_2 \text{ sen } r$$

Onde, o índice de refração do meio onde o raio está incidindo (n_1) vezes o seno do ângulo de incidência (i) é igual ao índice de refração do meio onde o raio está sendo refratado (n_2) vezes o seno do ângulo de refração (r).

Figura 04. Refração da luz em meios com diferentes índices de refração.



Legenda: i = ângulo de incidência, r = ângulo de refração e N = semirreta normal perpendicular a superfície.

Fonte: Produzida pelo autor.

Para saber mais sobre refração acesse:



E assista o vídeo:

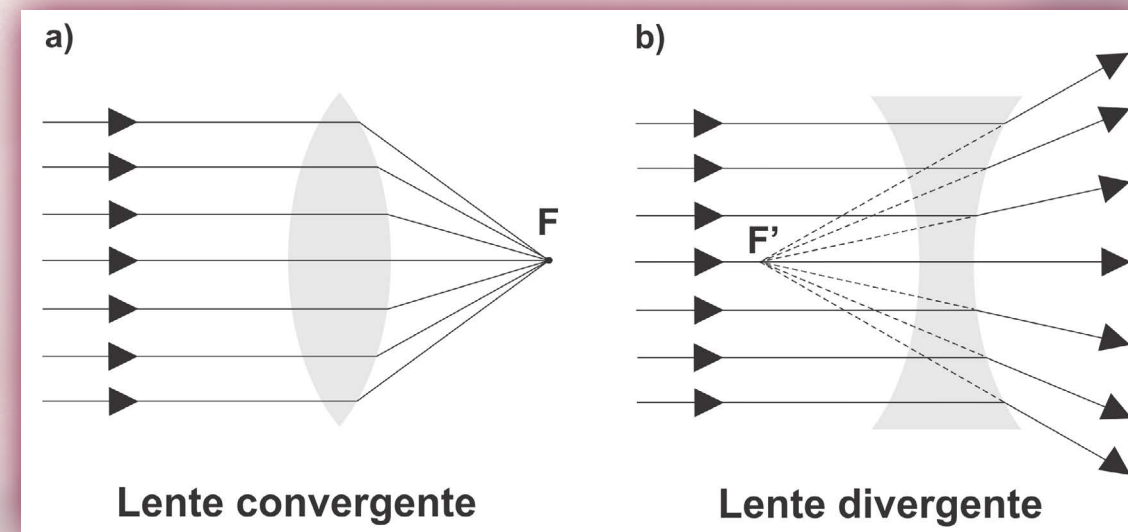


2. OBJETOS ÓPTICOS

2.1 Lentes

As lentes são objetos ópticos pelo qual a luz sofre refração. As lentes podem ser classificadas em convergentes e divergentes. As lentes convergentes possuem o centro mais espesso do que as bordas e um feixe paralelo de raios de luz são refratados pela lente aproximando-se e cruzam-se entre si no ponto do foco da lente (Figura 5a). Essas lentes possuem um foco real. As lentes divergentes possuem as bordas mais espessas que o centro e ao refratar um feixe paralelo de raios de luz afastam os raios luminosos, sendo que esses não cruzam entre si. A lente divergente possui um foco virtual (imagem 5b).

Figura 5. Lente convergente (5a) e lente divergente (5b).



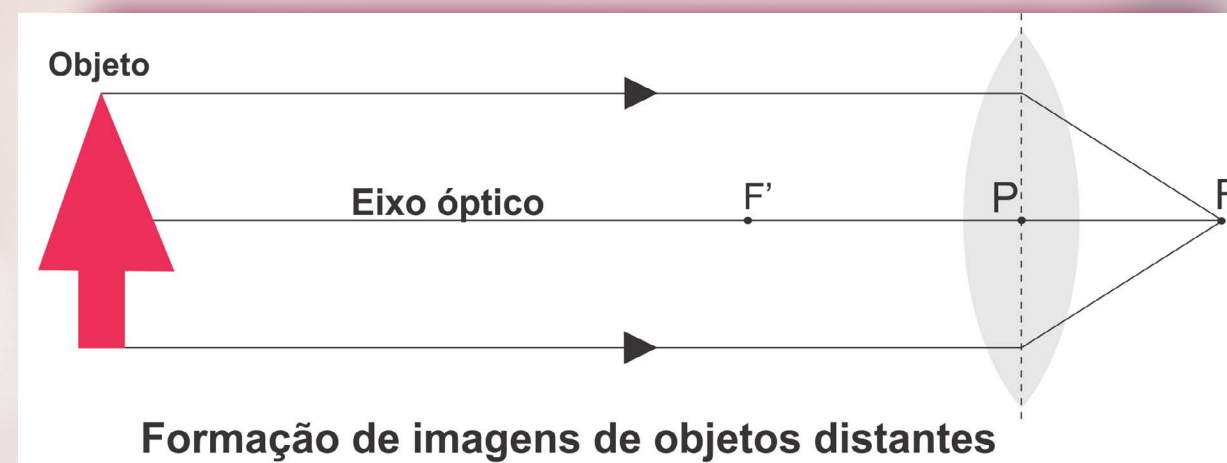
Legenda: F = foco posterior da lente, F' foco anterior da lente.

Fonte: Produzida pelo autor.

2.1.2 Formação de imagens em lentes convergentes

A formação de imagens em lentes convergentes pode ser analisada de duas perspectivas, dependendo da distância do objeto até a lente. Na primeira, o objeto encontra-se distante da lente de forma que os raios de luz que chegam à lente são paralelos ao eixo óptico. Nesse caso, todos os raios vão convergir para o foco da lente e a imagem será formada no plano focal sendo pequena e invertida em relação ao objeto (figura 6).

Figura 06. Formação de imagem de objetos distantes.

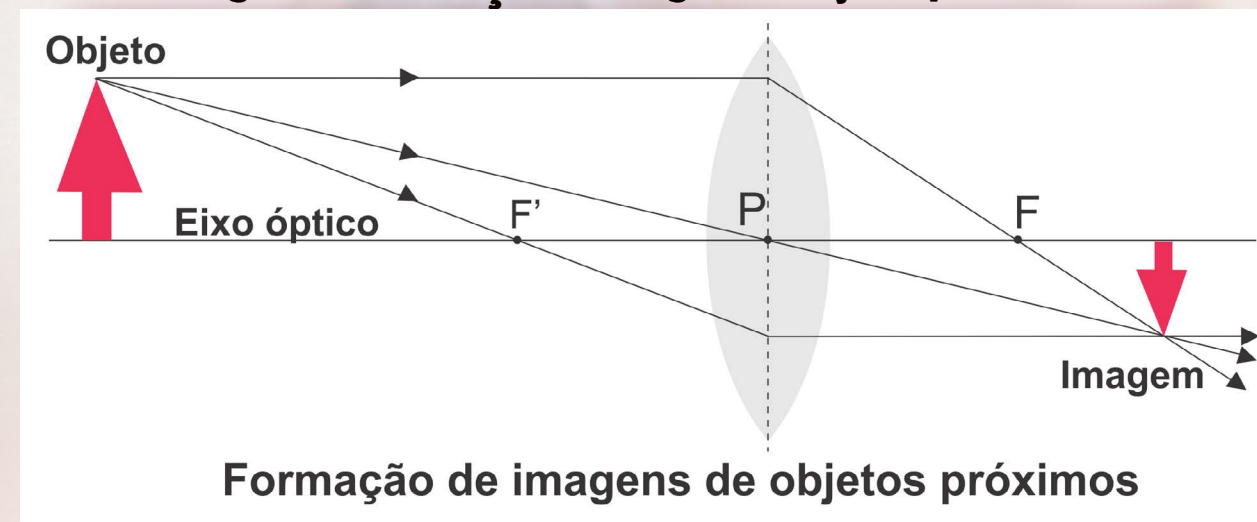


Legenda: F = foco posterior da lente, F' foco anterior da lente e P = centro óptico.

Fonte: Produzida pelo autor.

No segundo caso, o objeto está próximo da lente de forma que os raios que chegam à lente não são paralelos entre si. Nesse caso, é possível construir a geometria da imagem utilizando apenas dois raios de luz obedecendo as seguintes regras: 1) qualquer raio paralelo ao eixo óptico irá convergir passando pelo foco; 2) o raio que passar pelo centro óptico (P) não sofre desvio e 3) o raio que passa pelo foco anterior (F') converge paralelo ao eixo óptico (Figura 07).

Figura 07. Formação de imagem de objetos próximos.



Legenda: F = foco posterior da lente, F' foco anterior da lente e P = centro óptico.

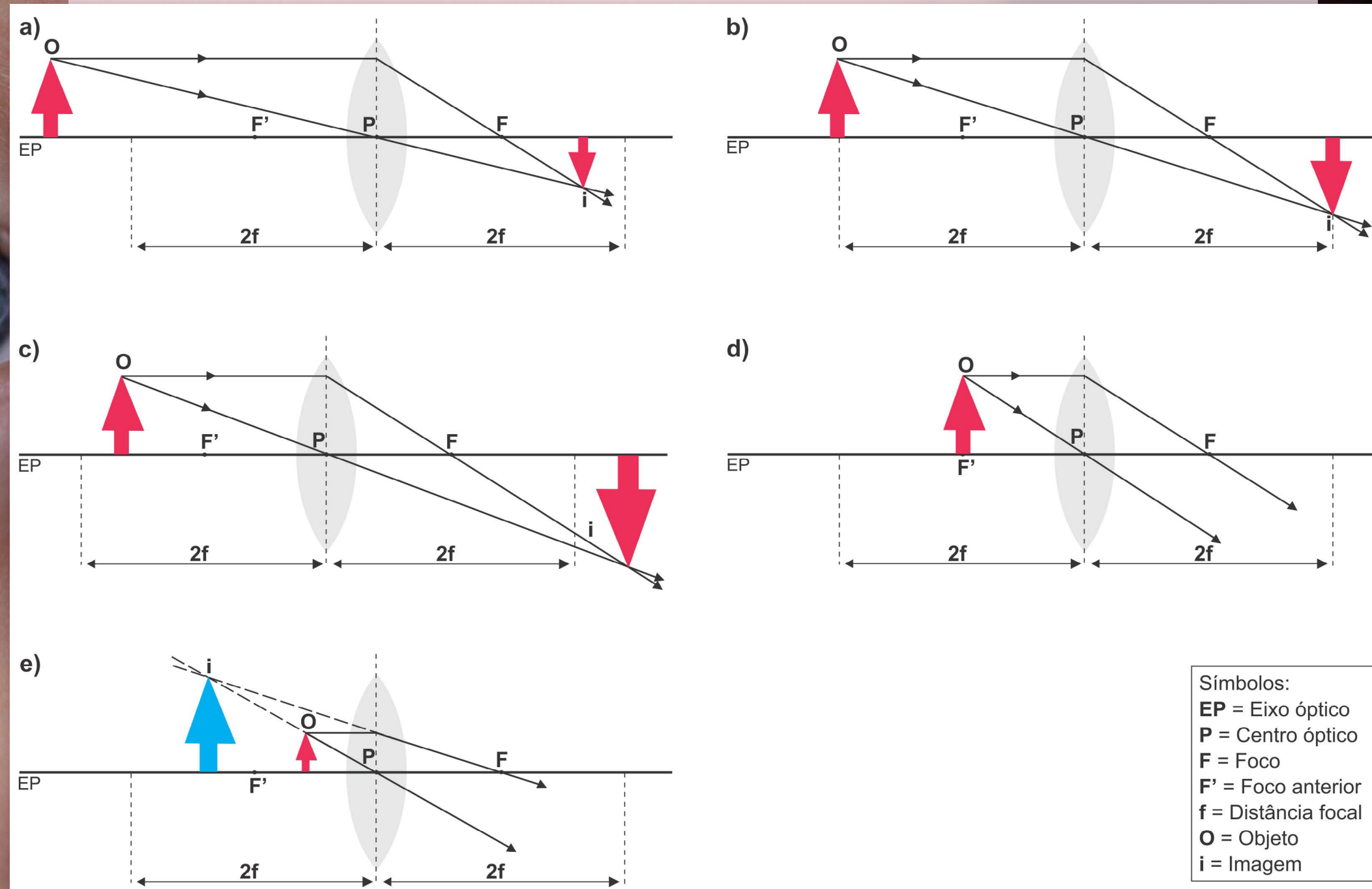
Fonte: Produzida pelo autor.

As características da imagem formada por uma lente convergente vão depender da distância do objeto em relação à lente. Assim, a imagem é classificada como real quando é formada pelo cruzamento dos raios luminosos que convergem da lente, ou é dita virtual quando é formada pelo cruzamento do prolongamento dos raios luminosos. Além disso, a imagem pode ser direita quando apresenta o mesmo sentido do objeto ou invertida quando apresenta sentido contrário ao objeto. A imagem também pode ser classificada em relação à comparação do seu tamanho com o tamanho do objeto podendo apresentar tamanho maior, igual ou menor que o objeto.



Quando o objeto estiver além de duas distâncias focais da lente, a imagem formada será real, invertida, menor que o objeto e estará localizada entre o foco e duas distâncias focais da lente (Figura 8a). Quando o objeto estiver situado a duas distâncias focais da lente, a imagem formada será real, invertida, de igual tamanho que o objeto e estará localizada a duas distâncias focais da lente (Figura 8b). Quando o objeto estiver situado entre duas distâncias focais e o foco da lente, a imagem formada será real, invertida, maior que o objeto e estará localizada além de duas distâncias focais da lente (Figura 8c). Quando o objeto estiver situado sobre o foco anterior da lente, os raios refratados pela lente terão trajetórias paralelas e não será formada a imagem (figura 8d). Quando o objeto estiver situado a uma distância menor que a distância focal da lente, a imagem formada será virtual, direita, maior que o objeto e estará localizada além de duas distâncias focais da lente (Figura 8e). Esse último caso é evidenciado quando utilizamos uma lupa para observar um objeto.

Figura 8. Formação de imagens em lentes convergentes.

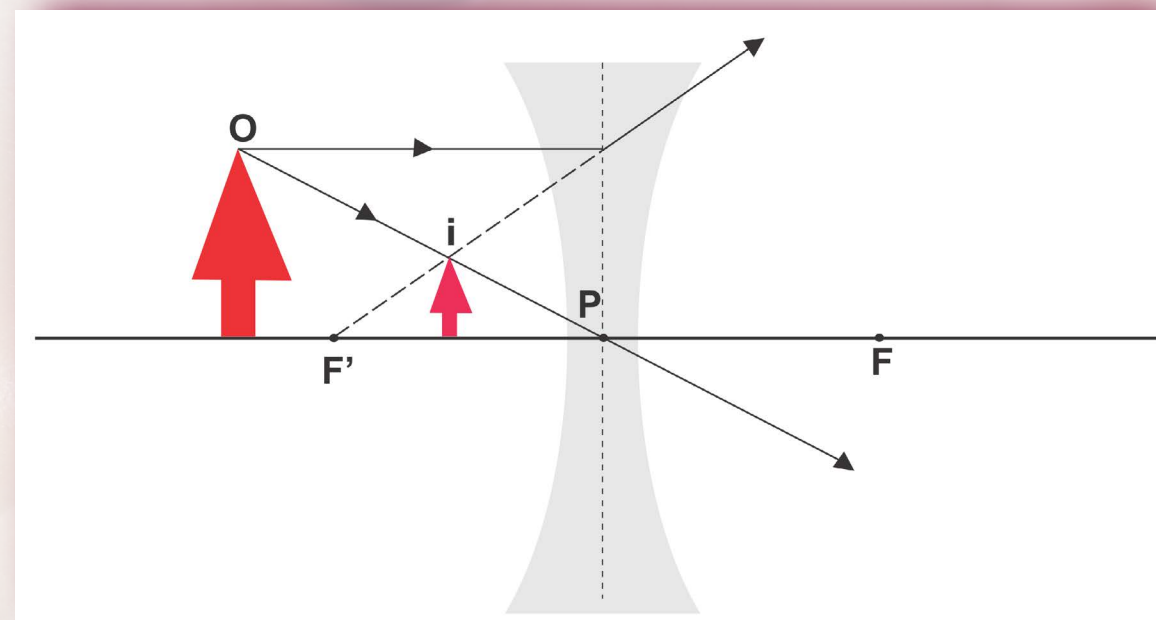


Fonte: Produzida pelo autor.

2.1.3. Formação de imagens em lentes divergentes

A formação de imagens em lentes divergentes segue as mesmas regras que a formação de imagens em lentes convergentes. No entanto, os raios de luz que divergem da lente se distanciam e, portanto, não se cruzam. Dessa forma a imagem será formada pelo cruzamento do prolongamento dos raios divergentes, sendo assim, sempre uma imagem virtual (Figura 9). Além disso, a imagem será direita e menor que o objeto.

Figura 9. Formação de imagem em lentes divergentes.



Legenda: F = foco posterior da lente, F' foco anterior da lente, P = centro óptico, O = objeto, i = imagem.

Fonte: Produzida pelo autor.

Para saber mais sobre a construção de imagens em lentes convergentes e divergente leia o texto:



Assista o vídeo no seguinte link:



2.2. Poder refrativo de uma lente

O poder de refração de uma lente é medido em dioptria (D). É dado pelo inverso da distância focal (f) :

$$D = \frac{1}{f}$$

A distância focal (f) é medida em metros, sendo assim uma lente que possui uma distância focal de um metro apresenta um valor de 1 dioptria (Heneine, 2006). Se a lente é convergente f é positivo e se a lente é divergente o valor de f é negativo.

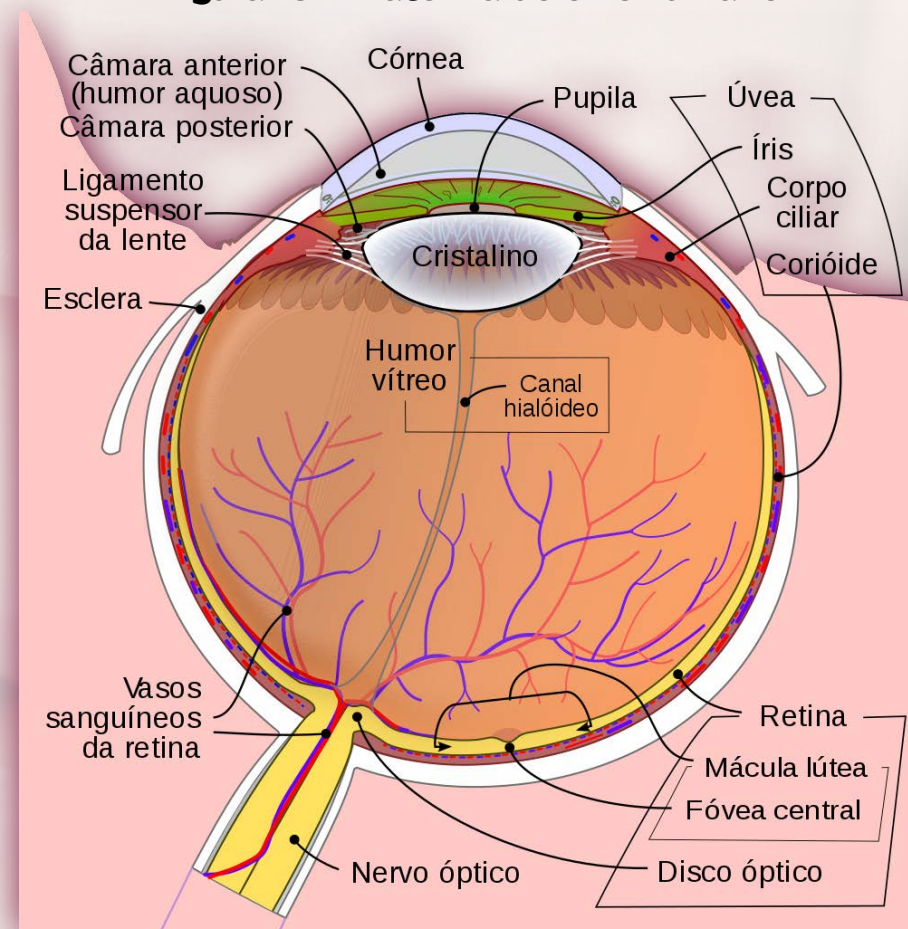
Para saber mais sobre dioptria leia o texto:



3. ANATOMIA DO OLHO HUMANO

A parede do globo ocular é formada por três camadas (Figura 10): A esclera, a coroide e a retina (Jacob *et al*, 1990). A esclera é uma membrana protetora fibrosa que recobre o globo ocular e na parte anterior torna-se uma membrana transparente denominada retina. A coroide é uma camada altamente vascularizada e pigmentada evitando assim a reflexão de luz. Na região anterior a coroide forma a íris, que possui um orifício central denominada pupila ou menina dos olhos. Por último a camada mais interna é a retina, formada por células fotorreceptoras. As ligações nervosas das células fotorreceptoras da retina formam o nervo óptico que atravessa as três membranas na parte posterior do globo ocular em uma região denominada disco óptico.

Figura 10. Anatomia do olho humano.



Fonte: Wikipedia.org.



A região entre a córnea e a íris é preenchida por um líquido denominado humor aquoso, enquanto a cavidade posterior do olho é preenchida por um material gelatinoso denominado humor vítreo, o qual sustenta a forma esférica do globo ocular.

Atrás da íris encontra-se a lente do cristalino. É uma estrutura transparente com formato biconvexo. Lateralmente o ligamento suspensor da lente liga o cristalino ao corpo ciliar. O relaxamento dos músculos ciliares leva a tensão do ligamento suspensor e ao achatamento do cristalino, enquanto a contração dos músculos ciliares reduz a tensão do ligamento suspensor e gera um arredondamento natural do cristalino devido à tensão da cápsula elástica que reveste o cristalino (Guyton e Hall, 2006).

Para saber mais sobre a anatomia do olho humano leia os textos:



Assista ao vídeo:

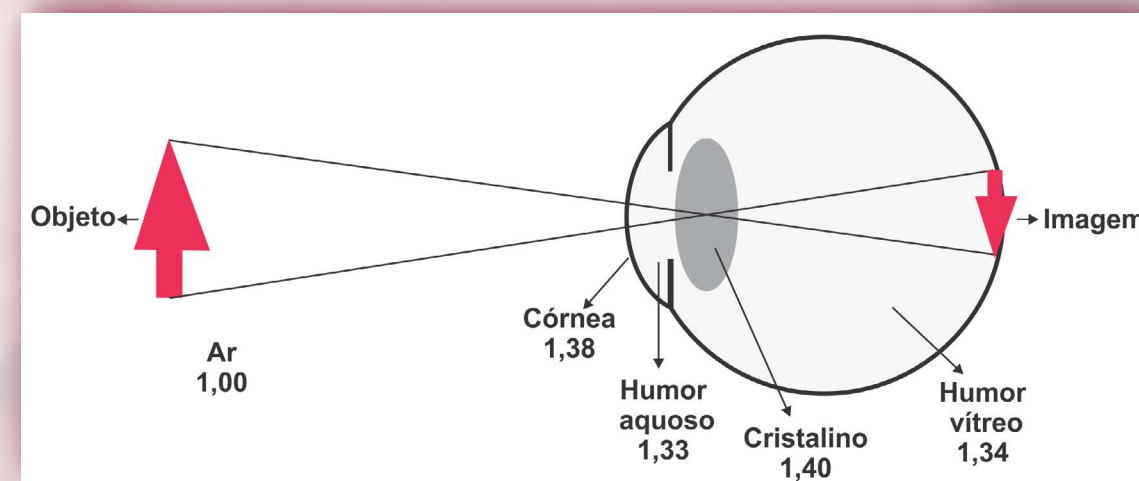


4. ÓPTICA DA VISÃO

4.1 Superfícies refratoras do olho

As quatro superfícies refratoras do olho são: interfase ar-córnea, interfase córnea-humor aquoso, cristalino, humor vítreo (Heneine, 2006). Na interfase ar-córnea e no cristalino ocorre refração convergente, enquanto que na interfase córnea-humor aquoso ocorre a refração divergente. A maior quantidade de refração ocorre na interfase ar-córnea, pois a diferença entre o índice refrativo entre o ar e a córnea é maior que entre a córnea e os demais tecidos (Figura 11). Assim, apesar das superfícies refratoras possuírem índices de refração diferentes, para simplificação de cálculo assume-se que o olho funciona como uma única lente com índice de refração de 1,33.

Figura 11. Esquema do olho humano demonstrando o valor do índice refrativo das superfícies refratoras do olho.



Fonte: Produzida pelo autor.



4.2. O olho como uma câmera fotográfica

O olho funciona como uma câmera fotográfica, onde a quantidade de luz é controlada pelo diâmetro da pupila e a luz que entra no olho é refrata pela córnea e pelo cristalino em uma membrana fotossensível, denominada retina. A imagem será formada sobre a retina, sendo uma imagem real menor e invertida.

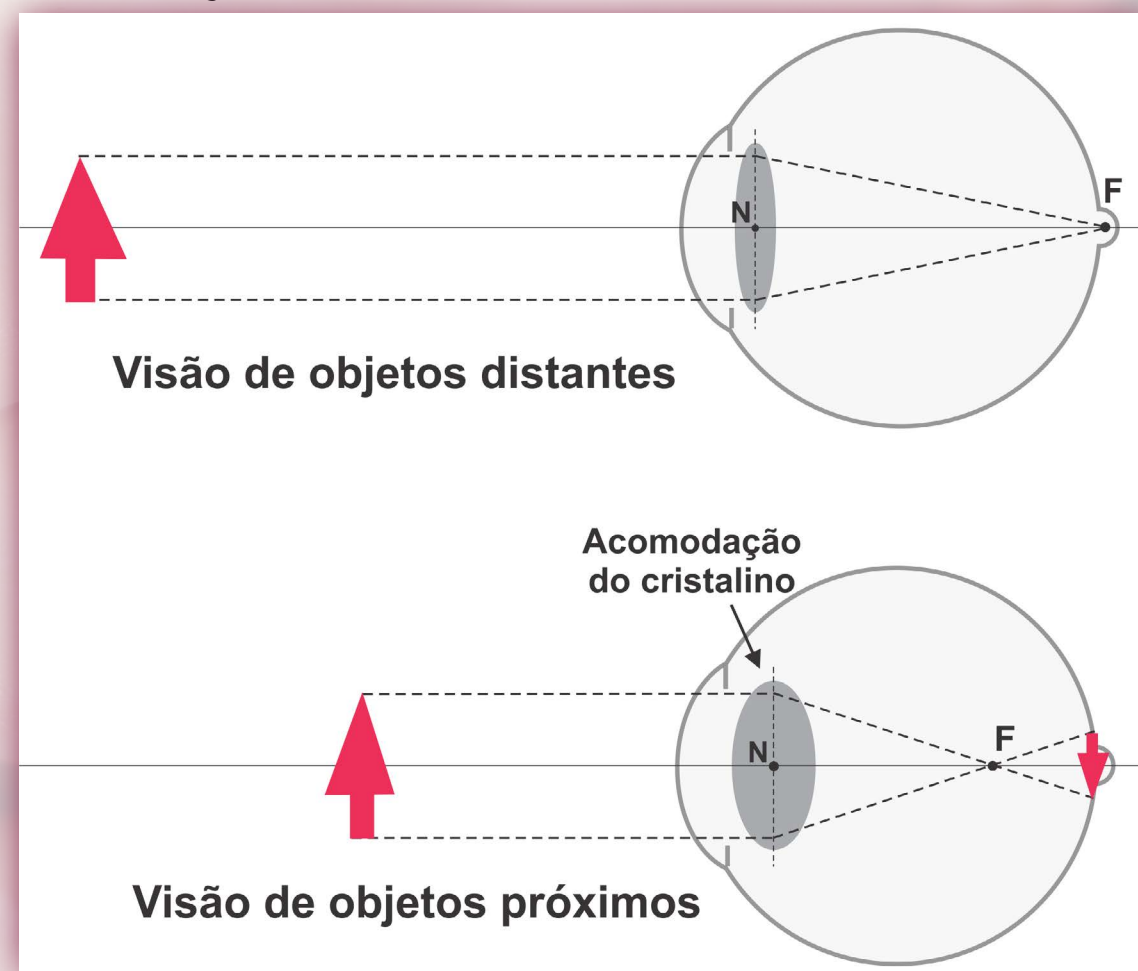
A pupila controla a quantidade de luz que entra no globo ocular. O diâmetro da pupila varia de 1,5 a 8 mm de diâmetro, o que pode gerar uma diferença na magnitude de 30 vezes entre a quantidade mínima e máxima de luz que pode entrar no globo ocular (Guyton e Hall, 2006).

4.3. Acomodação Visual

Os raios de luz são refratados em grande parte pela córnea ($2/3$ do poder refrativo), pois é onde ocorre a maior diferença dos índices de refração na interfase ar-córnea (Heneine, 2006). Os raios irão passar pelo ponto nodal no cristalino (centro do cristalino) e serão projetados na retina. O poder de convergência do olho em repouso é de 59 dioptrias, no entanto, o cristalino pode mudar de conformação gerando uma mudança na capacidade de convergência do olho chegando a 73 dioptrias (Guyton e Hall, 2006). Esse processo é denominado acomodação. O poder de refração somente do cristalino é de aproximadamente 19 dioptrias ($1/3$ do poder refrativo do olho), no entanto, mudanças na forma do

cristalino podem aumentar o poder refrativo do cristalino de 19 para 33 dioptrias gerando assim um poder de acomodação de 14 dioptrias (Heneine, 2006). Isso é possível devido ao fato do cristalino ser envolto uma capsula elástica, nesse caso, quando os músculos ciliares estão relaxados, os ligamentos suspensores do cristalino estão tensionados e o cristalino assume uma forma delgada. Essa forma delgada é utilizada na visão de objetos distantes (figura 12). No entanto, na visão de objetos próximos, os músculos ciliares se contraem e a tensão dos ligamentos do cristalino é liberada e esse assume uma forma circular aumentando o poder refrativo (Figura 12).

Figura 12. Esquema do olho humano demonstrando o processo de acomodação visual com mudança da forma do cristalino para visão próxima.



Legenda: F = foco.

Fonte: Produzida pelo autor.



Durante o processo de acomodação ocorre a mudança da distância focal posterior do olho (Heneine, 2006). Com o cristalino relaxado o foco está localizado na fóvea a 24 mm do ponto nodal. Quando o cristalino assume uma forma mais espessa o foco é deslocado para 19 mm do ponto nodal e a imagem é projetada sobre a fóvea (Figura 12).

Com o passar dos anos o cristalino perde sua elasticidade e seu poder de acomodação, esse processo é denominado presbiopia. O poder de acomodação cai de 14 dioptrias em uma criança para menos de 2 dioptrias para pessoas com 50 ou mais anos. Por esse motivo, uma criança pode ter seu ponto próximo a 7 cm, um adulto de 20 a 30 anos terá seu ponto próximo a 25 cm e um idoso deverá esticar o braço para poder ler (Heneine, 2006).

Para saber mais sobre acomodação visual assista o vídeo:



A close-up photograph of a person's eye, showing the iris and pupil. The eye is looking slightly to the right. The skin around the eye is visible.

5. FOTORRECEPÇÃO

5.1. Células fotorreceptoras da retina

A retina é uma camada de tecido formada por células fotorreceptoras, denominadas cones e bastonetes, e uma rede de neurônios que participa do processo inicial de integração da visão (Hill *et al.*, 2012). Das células fotorreceptoras, os bastonetes são mais sensíveis a luz e são utilizados em condições de baixa luminosidade (Guyton e Hall, 2006). São sensíveis ao movimento, no entanto apresentam menor acuidade visual e não permitem a distinção de cores. Os cones, por outro lado, são utilizados em condição de alta luminosidade, apresentam maior acuidade visual e permitem a distinção de cores. Os cones não estão distribuídos homogeneamente pela retina e sim concentrados em uma região denominada fóvea. A fóvea é uma pequena depressão que possui 1,5 mm de diâmetro está situada na região central da retina (Hill *et al.*, 2012). Contém cones altamente agrupados e possui ausência de bastonetes, além disso, os vasos sanguíneos e neurônios estão deslocados para a lateral propiciando assim uma região de alta acuidade visual (Guyton e Hall, 2006). O restante da retina possui uma concentração muito maior de cones e uma concentração muito baixa de bastonetes. Durante a visão diurna a pupila contrai regulando a quantidade de luz que entra na câmara ocular e as lentes dos olhos refratam a luz diretamente na fóvea estimulando assim os bastonetes. Por outro lado, na visão noturna a pupila se abre permitindo uma entrada maior de luz que é absorvida pelos cones.

Para saber mais sobre a retina acesse:




5.2. Ponto cego da retina

As células nervosas conectadas as células fotorreceptoras formam o nervo óptico que atravessa a retina em direção ao cérebro em uma região denominada disco óptico (Guyton e Hall, 2006). A região do disco óptico não possui células fotorreceptoras, sendo assim um ponto cego na retina (Garcia, 2002). Dessa forma uma imagem que se forme sobre o disco óptico não pode ser visualizada, mas, devido a nossa visão binocular nós não percebemos esse ponto cego (Hill *et al.*, 2012).

O ponto cego da retina pode ser constatado realizando o seguinte teste:

5.3. Decomposição da luz branca.

O olho humano consegue visualizar a radiação no espectro de 400 a 700 nm de comprimento de onda, denominado luz branca ou espectro visível. A luz branca pode ser decomposta em sete cores: violeta, anil, azul, verde, amarelo,




laranja e vermelho. A decomposição da luz branca pode ser visualizada através de um prisma. Isso ocorre por que a velocidade de propagação em meio transparente difere em relação aos raios luminosos com diferentes comprimentos de ondas (Garcia, 2002). Assim, quanto mais curto o comprimento de onda (maior frequência) maior é o desvio que esse raio sofre. Como a luz branca é formada por raios com diferentes comprimentos de onda, ao passar pelo prisma esses raios são decompostos.

Para saber mais sobre a decomposição da luz o vídeo:



5.4. Percepção das cores.

Os bastonetes possuem uma substância química sensível a luz denominada rodopsina, enquanto que os cones possuem substâncias denominadas pigmentos dos cones ou pigmentos coloridos (Guyton e Hall, 2006). Há três tipos de cones, cada um deles contendo um pigmento visual diferente, que responde à luz de comprimento de onda diferente. Um tipo é sensível ao vermelho (comprimento de ondas longas com pico em 570 nm), outro sensível ao verde (comprimento de ondas médias com pico em 535 nm) e um terceiro sensível ao azul (comprimento de ondas curtas com pico em 445 nm). Uma luz monocromática estimula essas células em diferentes intensidades, como por exemplo: Uma luz monocromática azul estimula os cones do tipo azul em 97% enquanto não gera nenhum estímulo



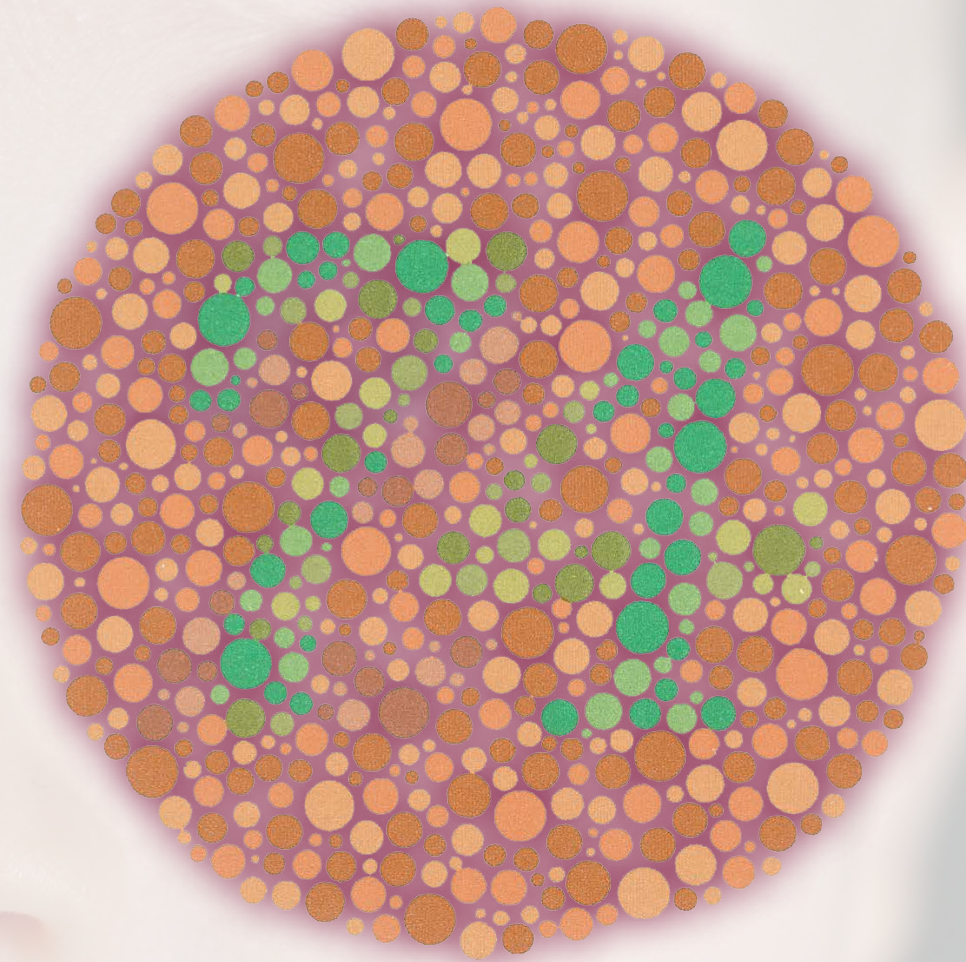
nos cones do tipo vermelho e amarelo, no entanto, a uma luz monocromática laranja vai estimular em 99% os cones do tipo vermelho e em 42% os cones verdes (Guyton e Hall, 2006). Assim, as cores são percebidas por um sistema aditivo, onde a gama de cores perceptíveis são geradas pela soma das diferentes níveis de estímulos sofridas pelos três tipos de cones. Dessa forma, cor branca é percebida por igual estímulo dos três tipos de cones.

Para saber mais sobre a percepção de cores
leia os textos:



Algumas pessoas tem uma falha no desenvolvimento de um ou mais dos tipos de cones sendo incapazes de distinguir algumas cores. Essa perturbação visual é denominada daltonismo. O teste de daltonismo é realizado pelo teste de cores de Ishihara, como por exemplo na figura 14. Nessa figura pessoas não daltônicas veem o numero 74 enquanto pessoas daltônicas vem o numero 21.

Figura 14. Teste de cores de Ishihara.



Legenda: Pessoas que não possuem daltonismo veem o numero 74 enquanto pessoas daltônicas vem o numero 21.

Para saber mais sobre daltonismo acesse:





6. PROBLEMAS DE REFRAÇÃO

6.1. Visão emetrópica

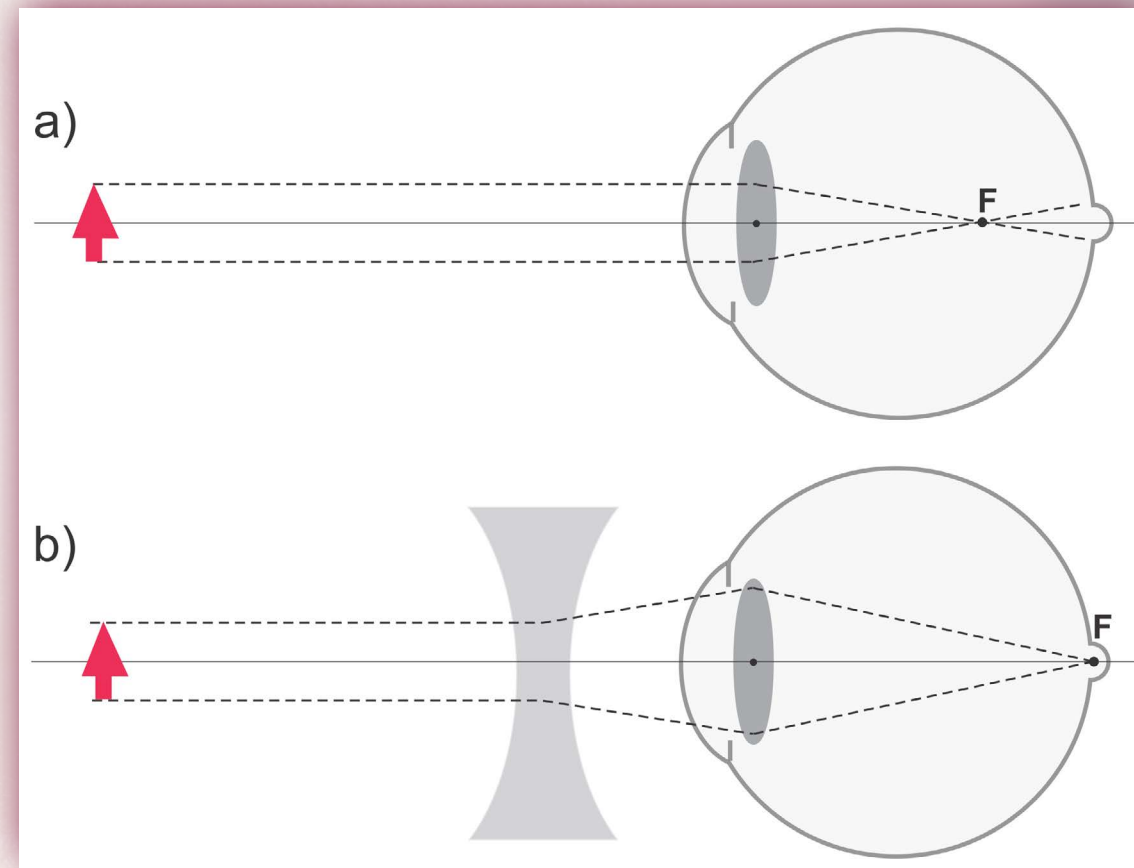
A visão normal, dita emetrópica, é nítida e não apresenta deformação. No olho emetrópico os raios de luz paralelos de objetos distantes focarão na retina quando os músculos ciliares estiverem completamente relaxados e o cristalino estiver na posição delgada (Guyton e Hall, 2006). Nesse caso o ponto distante está no infinito. Com a acomodação do cristalino o ponto próximo de visão nítida estará aproximadamente em 25 cm (Heneine, 2006).

6.2. Miopia

Na miopia, quando os músculos ciliares estão completamente relaxados a imagem é focalizada antes da retina (Figura 15a), nesse caso, o ponto distante não está no infinito (Heneine, 2006). Portanto, a pessoa com miopia não consegue focar objetos distantes. Isso pode ser gerado por um globo ocular longo demais ou um maior poder refrativo do sistema de lentes dos olhos (Guyton e Hall, 2006). Uma forma de corrigir a miopia é a utilização de lentes convergentes (Figura 15b).



Figura 15. Convergência dos raios luminosos em um olho míope.



Legenda: A) em um olho míope os raios focam antes da retina. B) correção da miopia realizada por lente divergente.

F = foco.

Fonte: Produzida pelo autor.

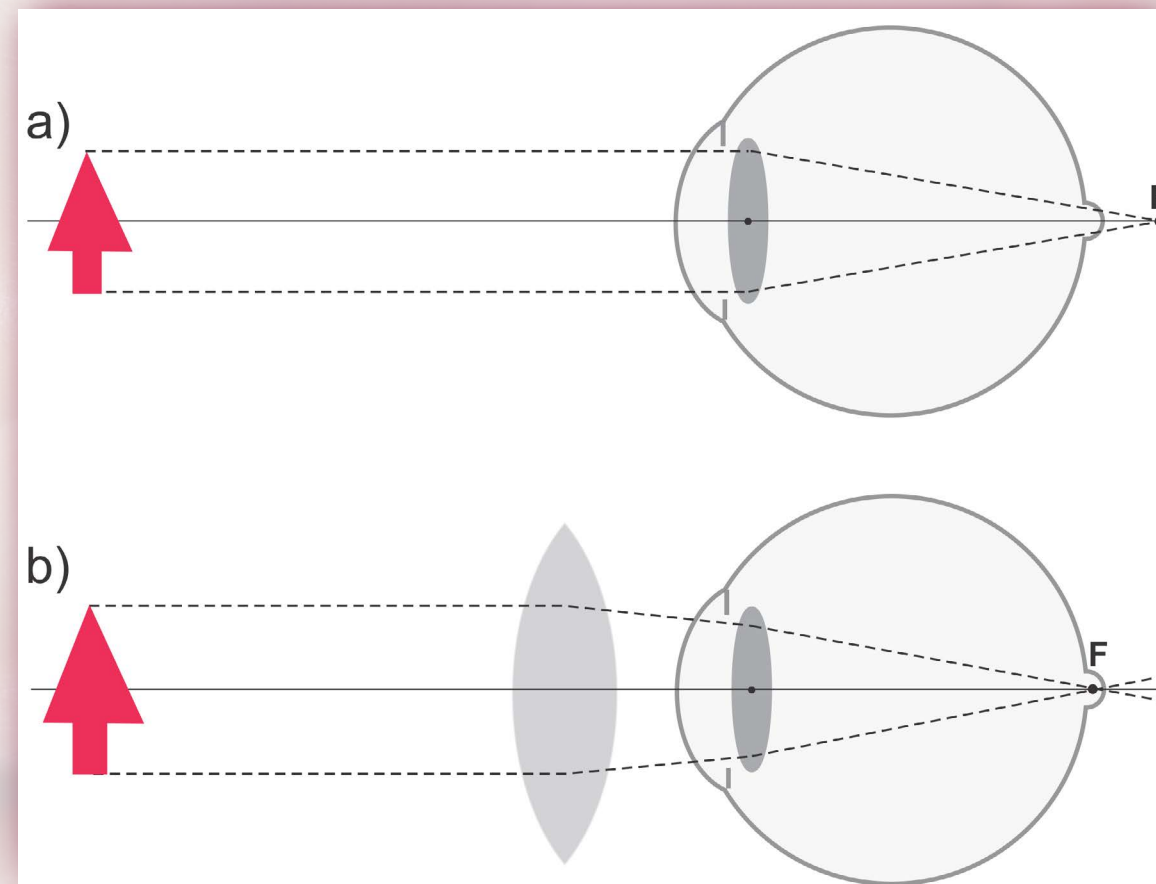
Para saber mais sobre miopia acesse:



6.3. Hipermetropia

Ao contrário da miopia no olho com Hipermetropia o sistema ocular é muito curto e a imagem gerada por raios paralelo se forma virtualmente depois da retina (Garcia, 2002) (Figura 16a). O efeito é o afastamento do ponto próximo, nesse caso, as pessoas com hipermetropia precisam distanciar os objetos para conseguirem um foco nítido. Os objetos distantes são focados devido a acomodação do cristalino. A correção é realizada utilizando lentes convergentes (Figura 16b).

Figura 16. Convergência dos raios luminosos em um olho com hipermetropia.



Legenda: a) Em um olho com hipermetropia os raios focam virtualmente após retina. b) correção da hipermetropia realizada por lente convergente. F = foco.

Fonte: Produzida pelo autor.

Para saber mais sobre hipermetropia acesse:



6.4 Astigmatismo

O astigmatismo é caracterizado pela diferença no raio de curvatura em locais específicos da córnea, ou seja, a córnea tem um formato irregular. (Guyton e Hall, 2006). Nesse caso, os raios de luz não convergem em um foco comum. O poder de acomodação do olho não tem capacidade de compensar o astigmatismo que é corrigido com a utilização de lentes cilíndricas (Garcia, 2002).

Para saber mais sobre astigmatismo:



Um teste online para avaliar o astigmatismo pode ser realizado no seguinte link:





CONSIDERAÇÕES FINAIS

A visão é um sentido fantástico, pois nos permite captar estímulos luminosos e interpretar o nosso meio através de imagens, cores e movimentos.

Os raios de luz que chegam aos nossos olhos são convergidos por um sistema de lentes e então projetados na retina. A retina possui células fotossensíveis, os cone e bastonetes, que por sua vez captam a energia luminosa dos fótons desencadeando reações bioquímicas que serão captadas por neurônios e transmitidas ao cérebro. Nesse contexto, nosso cérebro processará esses estímulos nervosos possibilitando nossa interpretação visual. Assim, o sentido da visão tem um papel fundamental em nossas decisões cotidianas.



REFERÊNCIAS

GARCIA, E. A. C. **Biofísica**. São Paulo: Sarvier, 2002. 387p.

GUYTON, A. C.; HALL, J. E. **Tratado de Fisiologia Médica**. 11ª Edição. Rio de Janeiro: Editora Guanabara Koogan, 2006. 1115p.

HENEINE, I. F. **Biofísica Básica**. São Paulo: Editora Atheneu, 2006. 391p.

HILL, R. W.; WYSE, G. A.; ANDERSON, M. **Fisiologia Animal**. 2ª Edição. Porto Alegre: Editora Artmed, 2012. 894 p.

JACOB, S. W.; FRANCONI, C. A.; LOSSOW, W. J. **Anatomia e Fisiologia Humana**. 5ª edição. Rio de Janeiro: Editora Guanabara Koogan, 1990. 588p.

UNIVERSIDADE ESTADUAL DO CENTRO-OESTE DO
PARANÁ - UNICENTRO

NÚCLEO DE EDUCAÇÃO A DISTÂNCIA - NEAD
UNIVERSIDADE ABERTA DO BRASIL - UAB

Prof^a. Dr^a. Maria Eliza Miyoko Tomotake
Coordenador Geral Curso

Prof^a. Dr^a. Maria Aparecida Crissi Knuppel
Coordenadora Geral NEAD / Coordenadora Administrativa do Curso

Prof. Ms. José Carlos Sansana
Coordenador Adjunto NEAD/UAB

Prof^a. Dr^a. Cynthia Beatriz Furstenberger
Coordenador de Tutoria

Prof. Ms^a. Marta Clediane Rodrigues Anciutti
Coordenadora de Programas e Projetos / Coordenadora Pedagógica

Espencer Gandra
Murilo Holubovski
Designers Gráfico

Alain W. / Noun Project
Aybige / Noun Project
Dao Ge / Noun Project
Javi Indi / Freepik
Elementos gráficos