



UNIVERSIDADE FEDERAL RURAL DE PERNAMBUCO
UNIDADE ACADÊMICA DE EDUCAÇÃO A DISTÂNCIA E TECNOLOGIA
CURSO DE LICENCIATURA EM FÍSICA

**ILUSÃO DE ÓPTICA E OS DESVIOS NA TRAJETÓRIA DA
LUZ: UMA REVISÃO BIBLIOGRÁFICA**

Lilian Mirele Melo do Nascimento

RECIFE

2023



UNIVERSIDADE FEDERAL RURAL DE PERNAMBUCO
UNIDADE ACADÊMICA DE EDUCAÇÃO A DISTÂNCIA E TECNOLOGIA
CURSO DE LICENCIATURA EM FÍSICA

ILUSÃO DE ÓPTICA E OS DESVIOS NA TRAJETÓRIA DA LUZ: UMA REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

Lilian Mirele Melo do Nascimento

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado ao Curso de Licenciatura em Física da Universidade Federal Rural de Pernambuco, Unidade Acadêmica de Educação a Distância e Tecnologia, como requisito parcial para obtenção do grau de Licenciada em Física.

Orientador: Dr. Domingos Sávio Pereira Salazar

RECIFE

2023

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação
Universidade Federal Rural de Pernambuco
Sistema Integrado de Bibliotecas
Gerada automaticamente, mediante os dados fornecidos pelo(a) autor(a)

L728Mirel e Melo do Nascimento
NASCIMENTO, LILIAN MIRELE MELODO
ILUSÃO DE ÓPTICA E OS DESVIOS NA TRAJETÓRIA DA LUZ:: UMA REVISÃO BIBLIOGRÁFICA / LILIAN MIRELE MELODO NASCIMENTO. - 2023.
20 f. : il.

Orientador: Dr. Domingos Savio Pereira Salazar.
Inclui referências.

Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação) - Universidade Federal Rural de Pernambuco, Licenciatura em Física, Recife, 2024.

1. Ilusões de óptica. 2. física. 3. refração da luz. 4. miragens. 5. teoria de Einstein. I. Salazar, Dr. Domingos Savio Pereira, orient. II. Título

CDD 530

Lilian Mirele Melo do Nascimento

ILUSÃO DE ÓPTICA E OS DESVIOS NA TRAJETÓRIA DALUZ: UMA REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado ao Curso de Licenciatura em Física da Universidade Federal Rural de Pernambuco, Unidade Acadêmica de Educação a Distância e Tecnologia, como requisito parcial para obtenção do grau de Licenciado(a) em Física.

Aprovado em 26 de dezembro de 2023

BANCA EXAMINADORA

Presidente: Dr. Domingos Sávio Pereira Salazar – UFRPE

1º Examinador(a): Dra. Flávia Portela dos Santos – UFRPE

2º Examinador(a): Dr. Francisco Luiz dos Santos - UFRPE

AGRADECIMENTOS

Queridos familiares, amigos e professores,

Hoje, ao concluir esta etapa tão significativa em minha vida acadêmica, não posso deixar de expressar minha profunda gratidão a todos que estiveram ao meu lado, tornando possível a realização deste trabalho.

Ao meu estimado Orientador, Dr. Domingos Sávio Salazar, agradeço por ir além do papel de guia acadêmico, fazendo-me acreditar em minhas habilidades e superar limites que nem imaginava existir. Sua confiança em meu trabalho e esforço foram motivadores constantes, reformulando minha forma de pensamento e incentivando-me a buscar mais conhecimentos.

Agradeço também às professoras Dr^a Ana Paula Bruno e Dr^a Flávia Portela, por sua tranquilidade serena em momentos de tensão e, por seu positivismo contagiante, que trouxeram equilíbrio e ânimo aos dias mais desafiadores.

Ao Professor Gilmax Lima, minha sincera gratidão por sua orientação, estímulo constante, e paciência incansável. Suas críticas construtivas, elogios e apoio foram fundamentais para fortalecer minha confiança e me impulsionar ao sucesso. Agradeço por sua dedicação e por acreditar em meu potencial.

À minha querida amiga Eliane Maria, sua amizade foi um farol durante essa jornada desafiadora. Seu apoio incondicional, esforço em me fazer sentir bem e a crença constante de que os tempos difíceis passarão foram como bálsamo para minha alma. As palavras não são suficientes para expressar a quão grata sou por tê-la ao meu lado.

Aos colegas Jean Carlos, Josivan Felix, André Melo, Amanda Mikaele e Deyse Azevedo minha gratidão pela parceria, apoio mútuo e paciência compartilhada. Juntos, superamos desafios, trocamos conhecimentos e fortalecemos nossa jornada acadêmica.

Não posso esquecer de expressar minha profunda gratidão aos familiares e amigos, diretos ou indiretos que contribuíram para esta conquista. Seu apoio e incentivo foram alicerces essenciais.

ILUSÃO DE ÓPTICA E OS DESVIOS NA TRAJETÓRIA DALUZ: UMA REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

*Lilian Mirele Melo do
Nascimento* Autora do Trabalho de
Conclusão de Curso Licenciatura em
Física UAEADTec
Universidade Federal Rural de Pernambuco/UFRPE
lilian.mirele@ufrpe.br

*Dr. Domingos Sávio Pereira
Salazar* Orientador do Trabalho de
Conclusão de Curso Licenciatura em
Física UAEADTec
Universidade Federal Rural de Pernambuco/UFRPE
domingos.salazar@ufrpe.br

RESUMO

As ilusões de óptica há muito capturam a imaginação de cientistas e leigos. Para compreender plenamente estas ilusões é necessário aprofundar os princípios subjacentes da física, particularmente o comportamento da luz quando encontra diferentes meios. Este contexto traz o embasamento necessário para uma exploração abrangente do tópico. O objetivo principal desta pesquisa é analisar diversos tipos de ilusões de óptica e suas conexões com os princípios da física. A metodologia empregada nesta pesquisa envolveu principalmente a descrição de dois estudos de caso: o fenômeno de miragem em ambientes áridos e teoria de Albert Einstein sobre a curvatura da luz das estrelas pela gravidade. A análise abrangente de uma variedade de ilusões ópticas revelou consistentemente conexões intrincadas com os princípios fundamentais da física, com ênfase particular no fenômeno da refração da luz. O estudo discute que estas ilusões, que muitas vezes cativam os nossos sentidos e desafiam a nossa percepção, estão intrinsecamente interligadas com o comportamento da luz à medida que ela passa por diferentes meios e interage com condições variadas. Esta conexão sublinha a importância da física na explicação e desvendamento dos mistérios por trás das ilusões de óptica. A pesquisa alcançou com sucesso o seu objetivo de esclarecer a profunda relação entre esses fenômenos cativantes e as leis da física. Em conclusão, esta pesquisa aprofundou nossa compreensão das ilusões de óptica e sua conexão com a física da refração da luz. Também destacou a validação histórica da teoria de Einstein através de expedições de eclipses solares, solidificando o seu lugar na história científica.

Palavras-Chave: Ilusões de óptica; física; refração da luz; miragens; teoria de Einstein.

1. INTRODUÇÃO

O mundo das ilusões de óptica tem sido um enigma cativante, desafiando a nossa percepção e oferecendo um vislumbre das complexidades da visão humana. Uma ilusão de óptica, também conhecida como ilusão ocular, ocorre quando as imagens são vistas de uma maneira pelo sistema visual, mas processadas de outra forma no cérebro. Embora o cérebro possa compreender alguns aspectos de uma imagem ou objeto, outros são enganosos e causam erros no processo de percepção (Goulart; Ilíbio e Selhorst, 2015).

Isaac Newton, nascido em 25 de dezembro de 1642, na vila de Lincolnshire, fez contribuições significativas para a mecânica e a óptica. Ele criou uma investigação detalhada sobre os fenômenos da luz em seu trabalho *Optiks*. Entre os numerosos insights de Newton, sua teoria da coloração celular e a compreensão das qualidades básicas da luz se destacam como especialmente significativas (Santos; Granja, 2018).

Vários filósofos gregos afirmaram na antiguidade que a luz era composta de pequenas partículas que se espalhavam em linha reta a uma velocidade vertiginosa. As pessoas não desafiaram essas noções por muito tempo. No entanto, em 1500, Leonardo da Vinci viu uma ligação entre a reflexão da luz e os fenômenos do eco e desenvolveu a noção de que a luz se move em ondas. (Goulart; Ilíbio e Selhorst, 2015)

Estas ilusões, muitas vezes sedutoras e desconcertantes, fascinam cientistas e entusiastas há séculos. Historicamente, duas escolas científicas de pensamento se desenvolveram no século XVII em sua busca por uma definição da natureza da luz: a teoria corpuscular da luz de Newton e o modelo ondulatório da luz de Christian Huyghens. Newton argumentou que a luz era composta de partículas, mas Huyghens propôs que a luz era uma oscilação.

Nesse contexto, insere-se a descoberta e compreensão das ilusões de óptica. Estas são conhecidas como imagens que enganam o olho humano fazendo-o perceber algo que não existe ou de maneira incorreta. Muitas vezes, são figuras pouco claras que podem ocorrer espontaneamente ou serem criadas.

Existem vários tipos de ilusões visuais, e elas podem ser categorizadas aproximadamente pela aparência perceptiva, incluindo brilho, observadas a partir da relação entre as ilusões de óptica, as leis da física e o fenômeno da refração da luz. Esses estudos levantam questões sobre como nossos cérebros constroem essas ilusões e porque as percebemos de forma diferente da realidade. A física dita como a luz se comporta à medida que se move

através de diferentes ambientes. Ela governa a forma como a luz interage com o ambiente, fornecendo a base para a compreensão das ilusões de óptica.

Ao longo da história da ciência da visão, várias ilusões forneceram com sucesso a primeira intuição de como o cérebro processa um estímulo ou a ferramenta para investigar as características neurobiológicas do sistema visual, como também, a ilusão óptica é fundamental para criação de objetos. (Santos; Granja, 2018)

A refração da luz é a curvatura da luz durante a transição entre diferentes substâncias. É um elemento-chave na criação de ilusões de óptica, alterando a forma como percebemos objetos e distâncias. As ilusões de óptica são uma tela onde os princípios da física pintam seus padrões. A refração da luz serve como ponte entre a física e a percepção, moldando as ilusões que experimentamos.

Estudos recentes levantam hipóteses interessantes, como a hipótese de que a curvatura dos raios de luz, devido às variações de temperatura do ar produz miragens, fazendo com que objetos distantes pareçam mais próximos ou a hipótese de que a conexão entre as ilusões de óptica e os princípios da física pode ser ainda mais elucidada por meio de um exame abrangente de estudos experimentais e da literatura existente.

À luz das hipóteses levantadas, identifica-se a necessidade de uma investigação mais aprofundada, levando ao seguinte questionamento: “Quais são os tipos de ilusões de óptica e suas relações com os princípios da física, principalmente a refração da luz?” Para responder a tal pergunta o objetivo geral desta pesquisa é analisar vários tipos de ilusões de óptica e suas conexões com os princípios da física, com foco principal no fenômeno da refração da luz.

Esta investigação justifica-se pela necessidade de colmatar a lacuna entre as ilusões de óptica e a física, lançando luz sobre os mecanismos que criam estes fenômenos visuais cativantes. Suas contribuições residem no avanço de nossa compreensão tanto da ciência perceptiva quanto das leis da física. Oferece uma compreensão mais profunda da intrincada relação entre as ilusões de óptica e o princípio da refração da luz e a sistematização das ideias relacionadas ao fenômeno.

A pesquisa caracteriza-se metodologicamente como bibliográfica, com abordagem qualitativa, à qual será desenvolvida através da construção resultante dos objetivos específicos:

- 1) investigar os mecanismos subjacentes as ilusões de óptica e seus efeitos perceptivos na visão humana, 2) explorar os princípios fundamentais da refração da luz e sua influência no comportamento da luz em diferentes meios, 3) identificar tipos específicos de ilusões de óptica que podem ser atribuídas ao fenômeno da refração da luz, 4) examinar estudos experimentais e

literatura de pesquisa para reunir evidências e insights sobre a correlação entre ilusões de óptica e o princípio da refração da luz.

A estrutura da pesquisa consiste na construção dos capítulos teóricos formados pelos estudos de caso selecionados relacionados a ilusões de óptica e física; o detalhamento da abordagem e métodos empregados na pesquisa; estudos de caso, os resultados da pesquisa e suas implicações e as considerações finais, refletindo sobre as implicações mais amplas da pesquisa e sugerir caminhos para futuras investigações.

1.1 CASOS SELECIONADOS PARA ANÁLISE

Dois casos distintos serão analisados para elucidar a interação entre as ilusões de óptica e os princípios da física:

Estudo de Caso 1 - Miragem no Deserto: Este caso examina o fenômeno das miragens em ambientes áridos, explorando como a refração da luz induzida pela temperatura cria ilusões de óptica. Envolve uma investigação aprofundada da literatura científica, observações históricas e documentação visual relacionada às miragens.

Estudo de caso 2 - Teoria da curvatura da luz estelar de Einstein: Este caso enfoca a teoria de Albert Einstein sobre a curvatura da luz estelar pela gravidade e sua confirmação histórica durante as expedições do eclipse solar de 1919 em Sobral no Brasil e África. Envolve a análise de registros históricos, relatórios científicos e dados observacionais.

A análise dos casos selecionados será conduzida através de um exame abrangente da literatura relevante, registros históricos e dados empíricos. A análise qualitativa de conteúdo será empregada para extrair contribuições, padrões e conexões significativas entre ilusões de óptica e os princípios da física, especialmente a refração da luz.

2. METODOLOGIA

Esta pesquisa caracteriza-se por ser de natureza bibliográfica, com abordagem qualitativa. A escolha da pesquisa bibliográfica com abordagem qualitativa é diretamente alinhada com os objetivos desta pesquisa. Primeiramente, uma pesquisa bibliográfica permitirá a coleta de informações pré-existentes sobre o tema das ilusões de óptica e sua relação com os princípios da física, com foco na refração da luz. Isso é essencial para atingir o objetivo geral de "Analisar os tipos de ilusão de óptica e suas relações com os princípios físicos principalmente

a refração da luz". Ao explorar a literatura existente, podemos reunir uma ampla gama de conhecimentos já consolidados sobre o assunto, o que contribuirá para uma análise abrangente e embasada.

Além disso, uma abordagem qualitativa se encaixa perfeitamente nos objetivos específicos da pesquisa, como "Investigar os mecanismos subjacentes das ilusões de óptica e seus efeitos perceptivos na visão humana" e "Identificar tipos específicos de ilusões de óptica que podem ser atribuídos às características da refração da luz". Esses objetivos exigem uma análise detalhada das nuances e características das ilusões ópticas, bem como uma compreensão profunda de como a refração da luz desempenha um papel nessas características. A abordagem qualitativa permite uma exploração minuciosa desses aspectos, destacando-se como a escolha metodológica adequada para alcançar os objetivos da pesquisa de forma abrangente e rigorosa.

3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

O campo da física que lida com os fenômenos da luz é chamado de óptica. A luz viaja através de um raio, ou seja, o raio de luz dá à direção ao longo da qual a energia luminosa viaja. Eles viajam ao longo da linha reta no mesmo meio homogêneo e são representados por linhas retas com pontas de seta. A ponta da seta indica a direção da luz. Uma coleção de muitos raios é chamada de feixe de luz. Um feixe de luz pode ser paralelo, convergente ou divergente. (Zilio, 2009)

Assim a óptica é a ciência preocupada com a gênese e propagação de luz, as mudanças que ela sofre e produz e outros fenômenos intimamente associados a ela. A óptica é o campo popular da física que lida com a determinação do comportamento e das propriedades da luz.

Neste caso, as interações também são consideradas com a matéria e com os instrumentos de que são necessários para detectá-la. Assim, a óptica descreve os comportamentos da luz visível, da luz infravermelha e da ultravioleta. De acordo com a ciência, a imagem é possível com a ajuda de um sistema denominado sistema ótico de formação de imagem. (Amaral; Lima, 2021)

Existem dois campos principais da óptica, física e geométrica. A óptica física lida principalmente com a natureza e as propriedades da própria luz. A óptica geométrica tem a ver com os princípios que regem as propriedades de formação de imagem de lentes, espelhos e outros dispositivos que fazem uso da luz. Inclui também o processamento óptico de dados, que

envolve a manipulação do conteúdo informacional de uma imagem formada por sistemas ópticos coerentes. (Aguiar, 2009)

No entanto, o detector final de todas as imagens é invariavelmente a olho humano, outros seres vivos e detectores artificiais, quaisquer que sejam os meios usados para transmitir e controlar a luz, a imagem final deve ser produzida simultaneamente ou escaneada tão rapidamente que a persistência da visão do observador lhe dará a capacidade mental, impressão de uma imagem completa cobrindo um campo de visão finito.

Para que isso seja eficaz, a imagem deve ser repetida (como em filmes) ou escaneada (como na televisão) pelo menos 40 vezes por segundo para eliminar a oscilação ou qualquer aparência de intermitência (Aguiar, 2009).

A óptica geométrica considera a luz como raios. É uma suposição que permanece aceitável desde que a luz interaja com objetos várias vezes maiores que seu comprimento de onda. É um campo da óptica que emprega geometria e trigonometria para visualizar como a luz se comporta quando encontra outro objeto e viaja de um material para outro. Duas das propriedades mais comuns da luz neste campo são a reflexão e a refração. (Zilio, 2009)

Neste caso, a reflexão ocorre quando os raios de luz se afastam de uma superfície. Ele explica como as imagens são formadas em superfícies polidas (por exemplo, espelhos e superfícies calmas de lagos) e como os humanos veem seus arredores. Todos os raios de luz seguem a lei da reflexão, que afirma que o ângulo de incidência é igual ao ângulo de reflexão. (Amaral; Lima, 2021)

Por outro lado, a óptica física, também conhecida como óptica ondulatória, considera a luz como uma onda. A luz se comporta como ondas ao interagir com objetos próximos ou menores que seu comprimento de onda. Ele explica vários fenômenos ópticos, como interferência, difração e polarização da luz.

A interferência é a superposição de duas ondas, que forma uma onda resultante, menor ou maior que as ondas originais. A interferência construtiva ocorre quando duas ondas de luz em fase se combinam e formam uma onda com amplitude aumentada (Bauer; Westfall e Dias, 2013). Além disso, a interferência destrutiva ocorre quando duas ondas fora de fase se superpõem e produzem uma onda com amplitude diminuída ou nenhuma onda.

Os recursos de segurança em notas bancárias, cartões de crédito e licenças também usam interferência leve para desencorajar a falsificação. Neste cenário, a difração refere-se à curvatura da luz ao passar por uma abertura ou obstáculo. Quanto menor a abertura, mais extrema a difração produzida. (Aguiar, 2009)

Os padrões de arco-íris formados na superfície de um CD ou DVD são um produto da difração. As faixas espaçadas no disco servem de forma semelhante a fendas paralelas igualmente espaçadas que difratam a luz em vários comprimentos de onda.

A polarização é uma propriedade da luz que descreve a direção da oscilação da onda em relação à direção da propagação da onda. Nas ondas de luz, a direção da polarização refere-se à direção paralela à oscilação do campo elétrico. A luz polarizada ocorre quando o campo elétrico de uma onda de luz vibra em uma única direção. (Zilio, 2009)

A luz não polarizada, como a luz solar e outras fontes de luz, possui campos elétricos oscilando em direções aleatórias. Brilhos em rodovias, por exemplo, são produzidos quando o componente do campo elétrico vibra na direção paralela ao solo e são efetivamente bloqueados por filtros polarizadores verticais em óculos de sol. Entretanto, a óptica na física é essencial para entender como os humanos visualizam o mundo. Estudar o comportamento da luz permitiu que os humanos construíssem e usassem dispositivos óticos, como telescópios, microscópios e câmeras. (Amaral; Lima, 2021)

Contudo, esses dispositivos abriram mais oportunidades para aprender sobre outros campos de estudo. A óptica também abriu caminho para a produção de invenções inovadoras (por exemplo, lasers e holografia), algumas das quais são usadas em comunicação visual e técnicas médicas.

A descoberta da fibra óptica também desempenhou um papel crucial na comunicação e transmissão de informações mais rápidas. Tornou o vídeo sob demanda, a transmissão de televisão e os dados de alta velocidade acessíveis a todos. Bauer; Westfall e Dias, 2013)

3.1 REFLEXÃO E REFRAÇÃO EM SUPERFÍCIES PLANAS

Os espelhos são superfícies planas, lisas e sem curvas que podem produzir reflexão de luz consistente. Quando a luz é refletida por espelhos planos, os raios refletidos têm o mesmo ângulo dos raios que entram e terminam na mesma superfície plana dos raios que chegam.

Quando dois ou mais raios de luz refletidos colidem, imagens são geradas. Os raios de luz refletidos não se encontram no caso de espelhos planos; em vez disso, os comprimentos desses raios se sobrepõem para gerar imagens. (Gonçalves; Rodrigues, 2022)

Com espelhos planos, a luz refletida é estendida em uma imagem. Para perceber o reflexo em uma superfície refletora, a superfície deve promover uma reflexão de luz regular ou refletir os raios de luz no mesmo ângulo dos raios incidentes. Também é necessário que tanto a

radiação incidente quanto a refletida estejam confinadas dentro do mesmo plano. (Santos; Granja, 2018)

3.1.1 REFLEXÃO E REFRAÇÃO EM SUPERFÍCIES CURVAS

Superfícies curvas são superfícies semelhantes a calotas ou seções esféricas refletoras, capazes de promover a reflexão da luz de forma regular. Existem dois tipos de espelhos esféricos, os espelhos côncavos e os espelhos convexos. Enquanto os espelhos côncavos convergem a luz refletida, os convexos divergem-na. (Goulart; Ilíbio e Selhorst, 2015)

Tanto um quanto o outro apresentam elementos geométricos em comum — vértice, ponto focal e centro de curvatura. Esses pontos são usados como referência para definir a trajetória dos raios de luz refletidos, bem como a equação dos pontos conjugados e a equação do aumento linear transversal. (Martins; Silva, 2013)

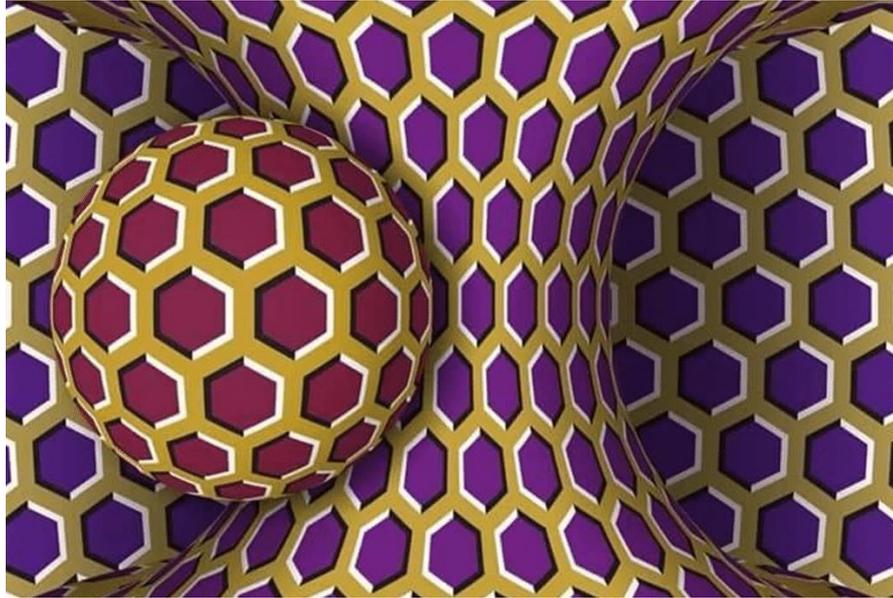
Assim como as superfícies planas, as superfícies curvas obedecem às leis da reflexão, no entanto, a curvatura da sua superfície altera a forma das imagens, por isso, eles podem conjugá-las em diferentes posições e em diferentes tamanhos. As superfícies curvas têm o formato de uma cavidade esférica refletora. Eles apresentam uma superfície que reflete a luz, e outra, oposta e opaca, ou seja, que não permite a transmissão dela. Quando um feixe de luz incide paralelamente ao eixo de simetria do espelho côncavo, ele é refletido em direção a um ponto à frente do espelho, conhecido como foco. (Santos; Granja, 2018)

3.2 ILUSÃO ÓPTICA

Ilusões de óptica são imagens que são percebidas de forma diferente do que realmente são. Dito de outra forma, as ilusões de óptica ocorrem quando os olhos enviam informações para os cérebros que nos levam a perceber algo que não corresponde à realidade. A palavra “ilusão” vem da palavra latina *illudere*, que significa “zombar”. (Araújo; De Paula Penna, 2016)

Algumas ilusões de óptica são fisiológicas. Isso significa que eles são causados por algum tipo de meio físico nos olhos ou no cérebro, conforme exemplificado na figura 1:

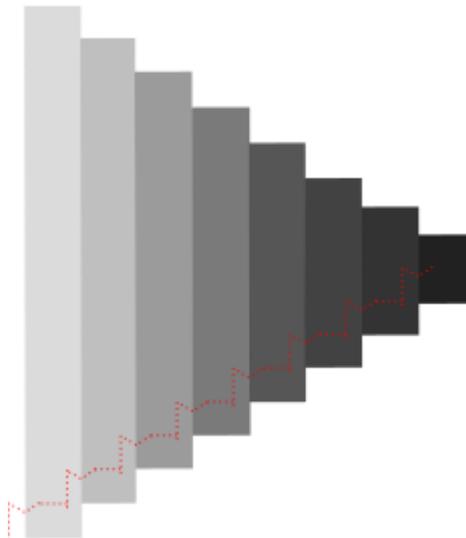
Figura 1 – Ilusão fisiológica



Fonte: <https://www.eusemfronteiras.com.br/ilusao-de-otica-e-a-relacao-com-o-cerebro/>

Essas ilusões exploram o intrincado funcionamento do nosso sistema visual, aproveitando como nossos olhos percebem e processam a informação visual. No entanto, após uma inspeção mais detalhada, percebe-se que a imagem não está em movimento. Essa ilusão ocorre devido à complexa interação entre as células sensíveis à luz em nossos olhos e a maneira como nosso cérebro processa o contraste e a detecção de bordas. A ilusão da bandaMach é um exemplo de ilusão fisiológica, Fig. 2:

Figura 2 – Ilusão da banda Mach



Fonte: https://Bandas_de_Mach#/media/Ficheiro:Bandes_de_mach.PNG

A linha no meio da imagem é uma cor sólida. No entanto, devido à forma como a retina do olho filtra as diferentes tonalidades em ambos os lados da linha, o lado direito da linha parece mais escuro, enquanto o lado esquerdo da linha parece mais claro (Wackermann; Kastner, 2010).

Outras ilusões de óptica são cognitivas. Ilusões cognitivas, como ilusões ambíguas, distorcidas e paradoxais, ocorrem quando os cérebros automaticamente fazem suposições com base nas informações enviadas pelos olhos. Essas ilusões às vezes são chamadas de “jogos mentais”. Ilusões ambíguas são imagens ou objetos que podem ser vistos de mais de uma maneira. O vaso de Rubin é um exemplo popular de uma ilusão ambígua (Janisch; Rotter, 2019).

Ilusões de óptica podem usar cor, luz e padrões para criar imagens que podem ser enganosas ou enganosas para os cérebros. A informação captada pelo olho é processada pelo cérebro, criando uma percepção que, na realidade, não corresponde à imagem verdadeira.

A percepção refere-se à interpretação do que são captadas através dos olhos. As ilusões de óptica ocorrem porque o cérebro está tentando interpretar o que é visto e entender o mundo ao redor. As ilusões de óptica simplesmente enganam os cérebros para que vejam coisas que podem ou não ser reais (Wackermann; Kastner, 2010).

Também conhecidas como percepções visuais, as ilusões de óptica referem-se a como o cérebro interpreta erroneamente o que um indivíduo vê. As percepções visuais ocorrem quando as imagens que um indivíduo percebe são diferentes da realidade objetiva. O córtex visual do cérebro é onde essa ilusão se forma. Padrões, luz e cores criam imagens enganosas, que o cérebro tentará interpretar corretamente e não conseguirá (Sugihara, 2016).

O sistema de visão humana é complexo e preciso, mas pode funcionar mal de tempos em tempos, daí as ilusões de óptica. Há uma desconexão entre o que o olho vê e como o cérebro o interpreta. O cérebro faz a melhor suposição com base no conhecimento prévio e preenche incorretamente algumas informações que faltam para contextualizar a informação visual e formar uma imagem (Araújo; De Paula Penna, 2016).

Durante uma ilusão de óptica, o cérebro interpreta a imagem, dando-lhe uma percepção diferente do que está à sua frente. Por exemplo, seu cérebro pode interpretar que um objeto está se movendo quando essa não é a informação que os olhos pretendiam transmitir. Quando o olho percebe a luz para formar uma imagem, o córtex visual processa a informação para dar uma experiência visual. A estimulação sensorial pode ser de baixo para cima ou de cima para baixo (Wackermann; Kastner, 2010).

Os olhos e cérebro falam entre si em uma linguagem muito simples, como uma criança que não conhece muitas palavras. Na maioria das vezes isso não é um problema e o cérebro é capaz de entender o que os olhos dizem. A cor de uma laranja, o tamanho de uma cadeira, a que distância está a porta – seu cérebro sabe todas essas coisas porque os olhos disseram isso em linguagem simples (Siguhara, 2016).

Mas seu cérebro também precisa “preencher os espaços em branco”, o que significa que precisa fazer algumas suposições com base nas pistas simples dos olhos. A maioria dessas suposições está certa (Janisch; Rotter, 2019).

As ilusões oculares ocorrem quando o cérebro e os olhos tentam se comunicar em uma linguagem simples, mas chegam a conclusões opostas. Por exemplo, ele acredita que os olhos informaram o cérebro de que algo estava se movendo enquanto, na realidade, os olhos estavam tentando dizer ao cérebro algo bem diferente (Sugihara, 2016).

Epicharmus acreditava que mesmo que a mente saiba e entenda tudo claramente, os órgãos sensoriais nos enganam e apresentam uma ilusão de óptica.

Outro filósofo grego, Protágoras do mesmo período tinha uma opinião diferente sobre este assunto. Segundo ele, é o ambiente que engana e não os sentidos. As visões apresentadas por Epicarmo e Protágoras aumentaram a confusão sobre o que realmente são ilusões de óptica (Wackermann; Kastner, 2010).

O famoso filósofo grego, Aristóteles tentou fornecer alguma resposta satisfatória sobre este tema. Ele concordou com Protágoras no ponto de que é possível confiar nos sentidos para obter uma imagem correta da realidade, no entanto, Aristóteles (350 a.C) também acrescentou que era possível enganar os sentidos com bastante facilidade.

Com o passar do tempo, o conhecimento sobre ilusões de óptica foi enriquecido por diferentes filósofos e pesquisadores. Os pensamentos apresentados por Platão também fornecem algumas informações sobre esse assunto. De acordo com Platão, decifrar a trapaça finalmente, a realidade por trás das ilusões é possível com o uso dos sentidos e da mente (Araújo; De Paula Penna, 2016).

Um dos exemplos de ilusões de óptica do passado está associado aos telhados dos templos gregos. Os telhados desses templos foram construídos de maneira inclinada. Este método de construção criava a ilusão de que os telhados eram horizontais. Isso acontecia porque o telhado e as paredes, quando exatamente perpendiculares entre si, davam a ilusão de que o telhado era curvo ou arqueado. Uma explicação científica das ilusões de óptica deve ajudá-lo a obter uma compreensão aprofundada desse conceito (Wackermann; Kastner, 2010).

Uma ilusão de óptica, por outro lado, demonstra que um indivíduo nem sempre vê o que acredita ver por causa de como seu cérebro e todo o sistema visual recebem e interpretam uma imagem. As ilusões visuais ocorrem devido às propriedades distintas dos centros de processamento visual do cérebro à medida que recebem e interpretam as informações recebidas. Em outras palavras, sua impressão de uma ilusão tem menos a ver com a óptica e mais a ver com o funcionamento do seu cérebro.

3.2.1 ILUSÃO DE ÓPTICA: MIRAGEM NO DESERTO

Miragens no deserto são ilusões de óptica cativantes que podem enganar o olho humano. Essas ilusões ocorrem desvios na trajetória da luz, criando a aparência de objetos ou água onde não existem. O principal culpado por trás desse fenômeno é o gradiente de temperatura na baixa atmosfera das regiões áridas.

Em dias quentes e secos, o solo aquece rapidamente, fazendo com que o ar próximo à superfície fique muito mais quente do que o ar mais acima. Quando a luz viaja através dessas diferentes camadas de ar com temperaturas e densidades variadas, ela passa por um processo chamado refração. Estes desvios na trajetória dos raios de luz é governada pelos princípios da física, especificamente pela Lei de Snell.

Como resultado da refração, objetos distantes, normalmente abaixo do horizonte, podem parecer elevados ou mesmo invertidos. A miragem mais comum observada é a miragem inferior, onde os objetos no solo parecem ser refletidos em uma superfície brilhante que lembra a água. Na realidade, não há água presente; é uma ilusão de óptica causada pela curvatura da luz.

Em essência, as miragens no deserto são uma interação fascinante entre a física da luz e as condições ambientais únicas das regiões áridas. Eles exemplificam como a nossa percepção pode ser facilmente enganada pela curvatura dos raios de luz, levando à criação de ilusões de óptica convincentes nas vastas e ensolaradas paisagens do deserto.

3.2.2 TEORIA DE EINSTEIN: LUZ DAS ESTRELAS

Esta seção explora a teoria inovadora de Albert Einstein sobre a curvatura da luz das estrelas por forças gravitacionais. Einstein, na sua teoria da relatividade geral, propôs que

objetos massivos, como estrelas e planetas, podem deformar a estrutura do espaço-tempo, alterando o caminho da luz à medida que passa perto deles.

Uma das confirmações mais significativas da teoria de Einstein ocorreu durante as expedições do eclipse solar de 1919. Duas equipes de cientistas partiram para Sobral, no Brasil, e para a Ilha do Príncipe, na costa da África Ocidental, para observar as posições das estrelas próximas ao Sol durante um eclipse solar total. De acordo com a teoria de Einstein, o campo gravitacional do Sol deveria desviar a luz das estrelas que passa perto dele.

Os resultados destas expedições forneceram evidências convincentes para a teoria de Einstein. As posições observadas das estrelas durante o eclipse diferiram das posições esperadas, confirmando que a gravidade solar de fato curvou o caminho da luz. Esta descoberta não só validou a teoria da relatividade geral de Einstein, mas também revolucionou a nossa compreensão dos princípios fundamentais que regem o comportamento da luz na presença de objetos celestes massivos.

A teoria da curvatura da luz estelar de Einstein serve como um exemplo notável de como a física pode elucidar o comportamento da luz no cosmos, demonstrando o profundo impacto das forças gravitacionais na trajetória dos raios de luz que emanam de estrelas distantes.

4. CONSIDERAÇÕES FINAIS

Diante do exposto, esta investigação buscou analisar a relação entre as ilusões de óptica e os princípios fundamentais da física, particularmente a refração da luz. O objetivo principal deste estudo foi analisar diversos tipos de ilusões de óptica e suas relações com os princípios da física, com foco no fenômeno da refração da luz. Para atingir esse objetivo, adotou-se uma abordagem metodológica baseada em extensa pesquisa bibliográfica com perspectiva qualitativa. Esta abordagem permitiu uma exploração abrangente do conhecimento existente sobre o assunto, enfatizando a análise aprofundada em detrimento da quantificação numérica.

Através da exploração de dois estudos de caso, esta pesquisa revelou contribuições profundas sobre a interação entre a percepção e as leis da física. No caso das miragens no deserto, percebeu-se que estas ilusões de óptica surgem da curvatura da luz devido à refração induzida pela temperatura. Da mesma forma, o exame da teoria de Einstein sobre a curvatura

da luz estelar durante as expedições do eclipse solar de 1919 forneceu uma validação empírica da profunda ligação entre a gravidade e a trajetória da luz.

As contribuições desta pesquisa vão além da mera exploração de ilusões de óptica e seus fundamentos científicos. Ele ressalta a importância de considerar tanto as condições ambientais quanto os princípios físicos fundamentais ao analisar fenômenos perceptivos. As descobertas reafirmam a relação intrínseca entre a física e a nossa percepção da realidade, oferecendo uma compreensão mais profunda do fascinante mundo das ilusões de óptica.

Esta investigação mostrou alguns caminhos de pesquisa potenciais incluem o estudo de tipos adicionais de ilusões de óptica e suas conexões com vários domínios da física. Além disso, o impacto dos avanços tecnológicos na nossa compreensão das ilusões de óptica na era moderna apresenta uma área intrigante para investigação futura.

Portanto, esta pesquisa iluminou a interação cativante entre as ilusões de óptica e a física, oferecendo informações valiosas sobre os mecanismos que moldam a nossa percepção visual. Ao concluirmos esta viagem, somos lembrados de que a busca pelo conhecimento é uma viagem sem fim e que os mistérios do mundo natural continuam a acenar-nos para novas explorações e descobertas.

REFERÊNCIAS

AGUIAR, Carlos Eduardo. **Óptica e geometria dinâmica**. *Revista Brasileira de Ensino de Física*, v. 31, p. 3302.1-3302.5, 2009.

AMARAL, J. P.; LIMA, C. H. M. **Moldando a luz: a física por trás dos feixes ópticos**. *Revista Brasileira de Ensino de Física*, v. 43, 2021.

ARAÚJO, Maria Clara Ribeiro; DE PAULA PENNA, Mara Galupo. **Ilusão de óptica: usabilidade no design de ambientes**. *Blucher Design Proceedings*, v. 2, n. 9, p. 4886-4897, 2016.

BAUER, Wolfgang; WESTFALL, Gary D.; DIAS, Helio. **Física para universitários: óptica e física moderna**. Bookman Editora, 2013.

GONÇALVES, Lucas Lourenço Barbosa; RODRIGUES, Clóves Gonçalves. **Experimentos práticos e didáticos de baixo custo para o ensino de óptica: reflexão, refração e espelhos planos**. *Conjecturas*, v. 22, n. 5, p. 916-935, 2022.

GOULART, Pedro de Medeiros; ILÍBIO, Michele Belmiro; SELHORST, Mário. **Aplicação de uma sequência didática de óptica: refração e reflexão da luz**. *Cadernos Acadêmicos*, v. 7, n. 2, 2015.

JANISCH, Adriane Beatriz Liscano; ROTTER, Alana Amaral. *Oficina de física sobre ilusão de óptica: espelho infinito*. Anais Da Iii Semana Acadêmica Da Licenciatura Em Ciências Exatas E Da I Jornada De Pesquisa Em Ensino De Ciências Exatas, p. 5; 2019.

MARTINS, Roberto de Andrade; SILVA, Ana Paula Bispo da. *Princípios da óptica geométrica e suas exceções*: Heron e a reflexão em espelhos. Revista Brasileira de Ensino de Física, v. 35, p. 1-9, 2013.

SANTOS, Eduardo Matias; GRANJA, Silvio Cesar Garcia. *Introdução à Análise da Reflexão e Refração Óptica*: O Problema do Espelho Condiciona. Proceeding Series of the Brazilian Society of Computational and Applied Mathematics, v. 6, n. 1, 2018.

SUGIHARA, Kokichi. *Anomalous mirror symmetry generated by optical illusion*. Symmetry, v. 8, n. 4, p. 21, 2016.

WACKERMANN, Jiří; KASTNER, Kristina. *Determinants of filled/empty optical illusion*: search for the locus of maximal effect. Acta Neurobiol Exp (Wars), v. 70, n. 4, p. 423-434, 2010.

ZILIO, Sérgio C. *Óptica moderna*. São Carlos-SP: Instituto de Física de São Carlos, v. 93, p. 217-233, 2009.