

# **ViewDef: Aprimorando a Experiência do Usuário Através de Testes de Usabilidade**

**Thiago Henrique dos Reis<sup>1</sup>, Paulo Alexandre Bressan<sup>1</sup>, Adriana Aparecida Ávila<sup>1</sup>**

<sup>1</sup>Instituto de Ciências Exatas – Universidade Federal Alfenas (Unifal-MG)  
37.133-840 – Alfenas – MG – Brasil

thiago.reis@sou.unifal-mg.edu.br, paulo.bressan@unifal-mg.edu.br, avilaapadriana@gmail.com

**Abstract.** *Representing abstract or three-dimensional concepts in physics in the classroom can be challenging. However, the use of technologies such as smartphones can facilitate this process. This paper presents ViewDef, an application developed by the Educational Technology Laboratory of Unifal-MG, which approaches the concepts of geometrical optics from the functioning of the human eye in a three-dimensional environment. The paper also describes the elaboration, application, and analysis of a usability test carried out with ViewDef. The test results indicated the need for adjustments to the application, mainly in the sensitivity of the touchscreen, to improve the interaction between the user and the application.*

**Keywords:** *Physics Education, Technology, Geometric Optics, Applications, Usability Testing.*

**Resumo.** *A representação de conceitos abstratos ou tridimensionais em física na sala de aula pode ser desafiadora. No entanto, o uso de tecnologias como smartphones pode facilitar esse processo. Este artigo apresenta o ViewDef, um aplicativo desenvolvido pelo Laboratório de Tecnologias Educacionais da Unifal-MG, que aborda os conceitos de óptica geométrica a partir do funcionamento do olho humano em um ambiente tridimensional. O artigo também descreve a elaboração, aplicação e análise de um teste de usabilidade realizado com o ViewDef. Os resultados do teste indicaram a necessidade de ajustes no aplicativo, principalmente na sensibilidade da tela sensível ao toque, para melhorar a interação entre o usuário e o aplicativo.*

**Palavras-chaves:** *Ensino de Física, Tecnologia, Óptica Geométrica, Aplicativos, Testes de Usabilidade*

## **1. Introdução**

O ensino de conceitos físicos muitas vezes demanda uma abstração desafiadora, especialmente quando restrito aos métodos tradicionais, como lousa e giz. No entanto, a ascensão dos *smartphones* e computadores oferece uma alternativa revolucionária, permitindo a representação mais fiel e interativa desses conceitos. O avanço tecnológico não apenas proporciona fidelidade na representação, mas também transcende as limitações bidimensionais, possibilitando uma compreensão mais aprofundada dos fenômenos estudados.

A tecnologia não é apenas uma ferramenta educacional, é uma ponte poderosa para a transmissão e construção de conhecimentos. Ao ser aliada a formas de diversão e entretenimento, torna-se capaz de cativar os alunos por períodos mais prolongados, como

observado por Knüppe [Knüppe 2006], que destaca a atratividade superior das mídias e tecnologia em comparação com as abordagens convencionais, que podem tornar as escolas desmotivadoras para os alunos.

Para Pinheiro [Pinheiro et al. 2007], a Ciência, Tecnologia e Sociedade (CTS) são elementos importantes nas discussões e questionamentos realizados em sala de aula. Assim como para Palcio [Palacio 2015], as CTS's podem contribuir no enfrentamento das dificuldades relacionadas ao ensino de física, como o alto nível de abstração e formulações matemáticas.

Vivendo em uma era tecnológica fascinante, os estudantes, independentemente de sua faixa etária, estão imersos em um mundo onde dispositivos móveis desempenham um papel cada vez mais significativo na sala de aula, como observado por Dias[Dias et al. 2017]. No entanto, enfrentam desafios notáveis, especialmente no entendimento de conteúdos complexos de física e matemática, como destacado por Vasconcelos[Vasconcelos et al. 2005].

No contexto educacional, a Realidade Virtual (RV) e a Realidade Aumentada (RA), que em inglês é *Augmented Reality (AR)* e *Virtual Reality (VR)*, emergem como protagonistas, oferecendo um potencial educacional notável. Projetos como o OptiLab[Hatzikraniotis et al. 2007] exploram como sistemas computadorizados podem transformar o ensino de óptica geométrica, fornecendo uma abordagem prática e imersiva.

Diversos trabalhos, como os de Hu[Hu et al. 2016], Martins[Martins et al. 2014] e EULA 2.0[Lobo et al. 2009], exploram as aplicações da RV em contextos educacionais, desde a proteção ambiental até o fortalecimento de conceitos ópticos.

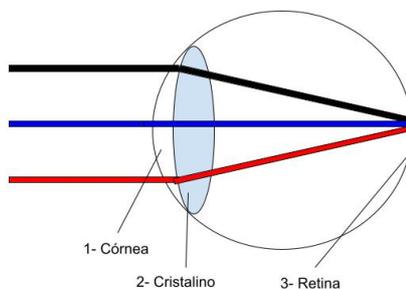
Este artigo propõe-se apresentar o aplicativo *ViewDef*, que é ferramenta para o ensino de óptica geométrica a partir do funcionamento do olho humano. Este aplicativo é uma versão do aplicativo *ViewDef Vr* que não necessita da utilização de óculos de RV para seu funcionamento. Ambos aplicativos foram desenvolvidos no Laboratório de Tecnologias Educacionais da Universidade Federal de Alfenas pelos autores deste artigo. Além da descrição do *ViewDef*, encontram-se também testes de usabilidades nestas versões, pois é uma parte importante no processo de desenvolvimento de um aplicativo preocupar-se com os aspectos da usabilidade e verificar o quão intuitivo e simples está seu funcionamento, quais pontos podem e devem ser melhorados, Nielsen[Nielsen 2016].

## **2. Fundamentação Teórica**

### **2.1. O Olho Humano**

O olho humano é um órgão composto por várias partes que são responsáveis por receber, focalizar e transmitir os raios de luz até a retina para que seja transformado em impulsos elétricos para o cérebro. Sendo assim, a córnea desvia a luz devido à sua maior capacidade refrativa em comparação com o ar, respeitando os princípios da propagação retilínea, independência dos raios e reversibilidade da luz. A variação no índice de refração dos meios de propagação, como ar, córnea e humor aquoso, resulta em desvios mais acentuados, evidenciados na Lei de Snell[Nussenzveig 1998, Young 2004, Conceição 1985, Durán 2003].

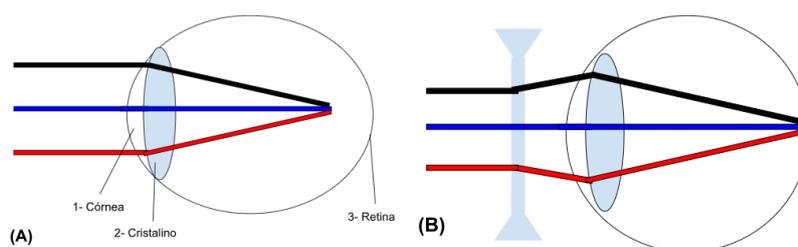
Seguindo esse percurso, a luz atravessa a pupila, regulada pela íris, até atingir o cristalino, uma lente flexível com capacidade de alterar sua forma para focalizar objetos próximos ou distantes. A refração adicional no cristalino, devido ao seu índice de refração superior, direciona a luz em seu caminho até o humor vítreo, sofrendo um último desvio antes de alcançar a retina, como mostrado na figura 1.



**Figura 1. Imagem representando o comportamento dos raios de luz ao passar pelo olho humano. Fonte: Thiago Henrique dos Reis, 2024.**

O olho normal tem a capacidade de focalizar nitidamente imagens que estão no infinito até imagens que estão a uma distância de 15 cm à sua frente, desta forma, os defeitos da visão em sua maioria estão relacionados à focalização, fazendo com que o olho não produza uma imagem nítida.

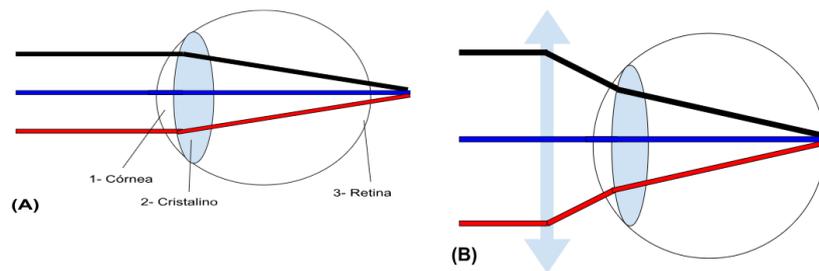
A miopia, onde os raios luminosos convergem antes da retina, resulta em uma visão desfocada para objetos distantes. A lente divergente corrige esse problema, permitindo que os raios convergem corretamente sobre a retina, figura 2.



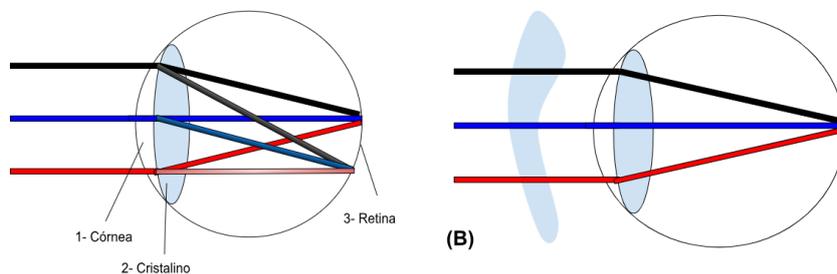
**Figura 2. (A) Imagem com a representação simplificada do olho míope, (B) Foi colocado uma lente divergente que desvia os raios de luz antes de passar pelo córnea/cristalino fazendo com que eles convergem de forma correta sobre a retina. Fonte: Thiago Henrique dos Reis, 2024.**

Em contrapartida, a hipermetropia, em que os raios convergem após a retina, exige uma lente convergente para restabelecer a nitidez da imagem, Figura 3.

Além dessas condições, o astigmatismo, relacionado à irregularidade da córnea ou cristalino, implica em diferentes raios de curvatura em direções distintas. As lentes cilíndricas, positivas ou negativas, são empregadas para corrigir essas imperfeições, garantindo que os raios luminosos convergem adequadamente sobre a retina, Figura 4.



**Figura 3. (A) Imagem com a representação simplificada do olho hipermetrópico (B) Foi colocado uma lente convergente que desvia os raios de luz antes de passar pelo córnea/cristalino fazendo com que eles convergem de forma correta sobre a retina. Fonte: Thiago Henrique dos Reis, 2024.**



**Figura 4. (A) Imagem com a representação simplificada do olho astigmático. (B) Foi colocado uma lente cilíndrica que desvia os raios de luz antes de passar pelo córnea/cristalino fazendo com que eles convergem de forma correta sobre a retina. Fonte: Thiago Henrique dos Reis, 2024.**

### 2.1.1. *ViewDef*

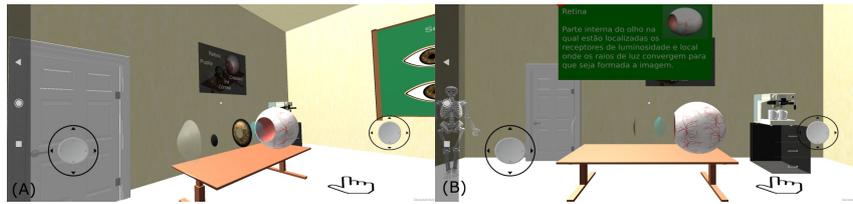
O *ViewDef* é um aplicativo *Android* que utiliza da R.V. para abordar os conceitos relacionados aos defeitos da visão e suas respectivas lentes corretivas.

O *ViewDef* surgiu no decorrer do desenvolvimento do *ViewDef Vr*. Durante os testes de usabilidade realizados [de Ávila et al. 2018], percebeu-se que apesar de o *Oculus VR* ser extremamente popular, grande parte dos aparelhos testados não tinham os requisitos de *hardware*, acelerômetro e/ou giroscópio, necessários para o seu funcionamento pleno. Outro fato que corroborou com o desenvolvimento desta versão foi a Pandemia do Covid-19 (2020 e 2021), neste período o *ViewDef Vr* fazia parte de uma sequência didática que seria utilizada em salas de aulas. Como não havia tantos óculos de RV e não havia a possibilidade de compartilhar equipamentos acelerou-se o desenvolvimento desta versão

Assim, o diferencial nesta nova versão é a não necessidade do óculos VR e seus comandos estão no controle na tela.

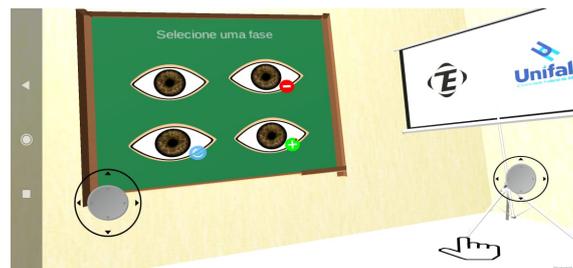
Com base nas informações descritas, o projeto apresenta em sua Cena inicial um laboratório onde há um olho humano "desmontado" sobre uma bancada, Figura 5. Cada parte do olho pode ser identificada e, ao ser selecionada, um *card* com informações sobre ela é apresentado, contendo seu nome e descrição.

Além disto, existe uma lousa menu que carrega novas cenas relacionadas a



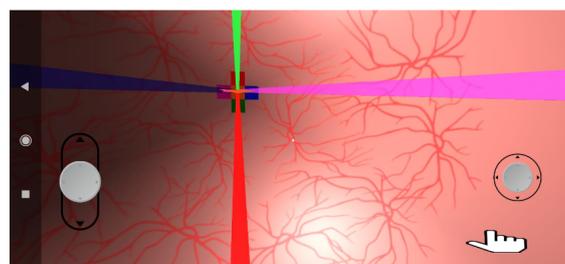
**Figura 5. (A) Partes do olho humano aberto sobre a bancada. (B) Tela com descrição das principais características de cada parte do olho. Fonte: Thiago Henrique dos Reis, 2024.**

cada um dos problemas de visão, conforme ilustrado na Figura 6. Estes problemas são originados por falhas na estrutura do olho, o que dá origem aos defeitos da visão. O *ViewDef* apresenta os três defeitos de visão mais comuns encontrados em livros didáticos [Young 2004, Durán 2003, Sears 2004, Halliday et al. 2009, Máximo et al. 2014, Torres et al. 2016], a miopia, a hipermetropia e o astigmatismo, no qual suas correções são feitas por meio de lentes. Na cena inicial do jogo encontramos na lousa a imagens de quatro olhos, onde o primeiro é o olho normal e os três outros os defeitos da visão, vide Figura 6.



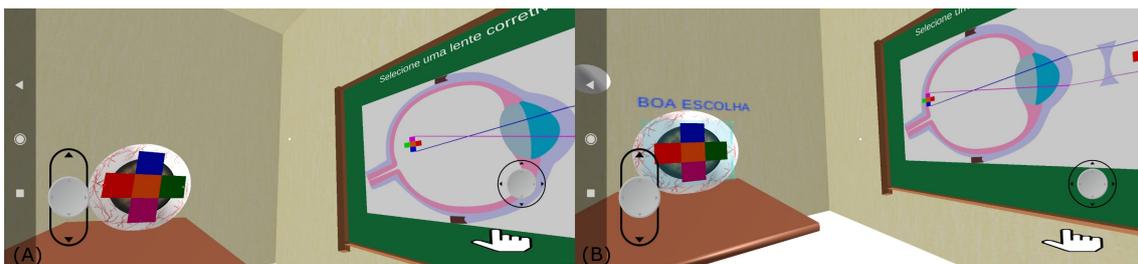
**Figura 6. Menu com as fases representadas pelos olhos e os símbolos para cada um dos problemas de visões abordados no software, o 1) olho normal, 2) miopia, 3) astigmatismo e 4) hipermetropia. Fonte: Thiago Henrique dos Reis, 2024.**

Ao selecionar a opção do olho normal, o usuário entra na cena 1, onde é possível movimentar-se para frente e para a atrás fazendo o caminho dos raios luminosos saindo do objeto, a fonte de luz secundária, percorrendo por todas as partes do olho humano até chegar à retina onde encontra-se a imagem do objeto. Na imagem formada na retina, é possível verificar os desvios dos raios luminosos e conseqüentemente a inversão da imagem, Figura 7.



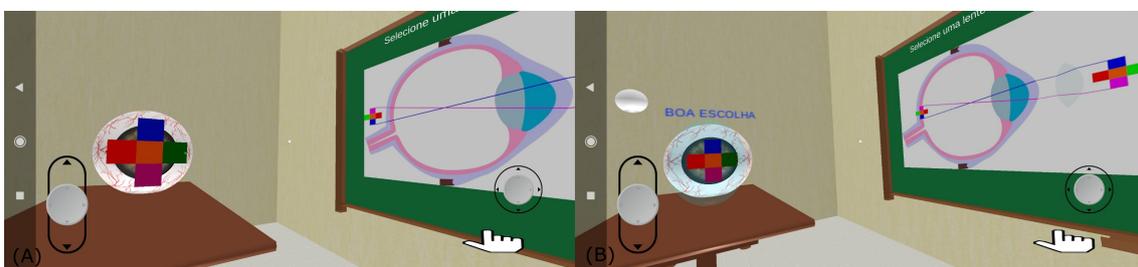
**Figura 7. Imagem projetada na retina e os desvios sofrido por cada raio de luz ao mudar de meio. Fonte: Thiago Henrique dos Reis, 2024.**

Ao selecionar cada uma das opções com um dos defeitos de visão, o usuário é colocado em uma cena na qual pode-se identificar o local onde a imagem está formada e é levado a identificar o defeito e selecionar qual a lente responsável pela sua correção. Com isto, ao selecionar o olho míope, a imagem estará formada antes da retina. Sendo assim, o usuário tem que identificar a posição da imagem, seja indo até ela e/ou observando uma lousa que está na cena e contém a representação 2D deste fenômeno. Após a identificação o usuário seleciona a lente divergente para que haja a correção deste problema, Figura 8.



**Figura 8. (A) Cena do olho míope, imagem focalizada antes da retina, como mostra a lousa na parede. (B) Cena do olho míope, lente corretiva divergente selecionada e posicionada. Fonte: Thiago Henrique dos Reis, 2024.**

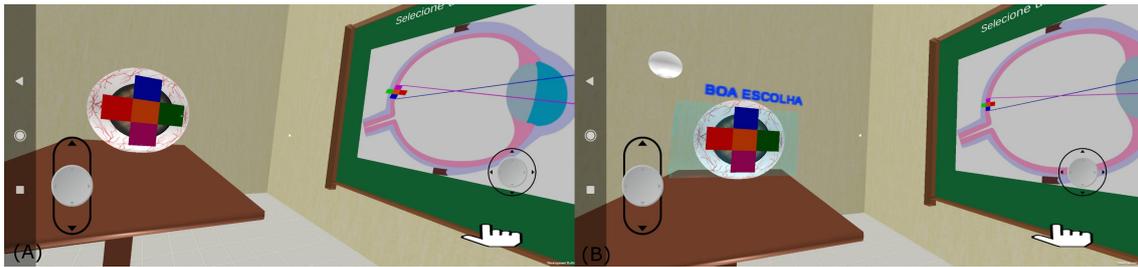
Agora ao selecionar a opção que é a hipermetropia, a imagem estará formada após a retina e neste caso o usuário terá que utilizar a lente convergente de modo a re-posicionar a imagem sobre a retina, para que a mesma fique focalizada corretamente, Figura 9.



**Figura 9. (A) Cena do olho hipermetrope, imagem focalizada depois da retina. (B) Cena do olho hipermetrope, lente corretiva convergente selecionada e posicionada. Fonte: Thiago Henrique dos Reis, 2024.**

Quando é selecionado o olho com astigmatismo, o usuário encontra a imagem sendo formada na retina de forma embaralhada ou distorcida em varias direções, aparentemente borrada devido a não forma esférica da córnea. Logo para a correção do problema, deve-se selecionar a lente cilíndrica, Figura 10.

Desta forma, as alterações feitas no *ViewDef* estão relacionadas mais com a interface com o usuário, foi a retirada do *plugin* do *GoogleVR* e adicionados o botão de movimentação pelo cenário no lado esquerdo da tela e os botões de rotacionar a câmera e selecionar no lado direito, Figura 10. Além disso, há a opção de selecionar os objetos da tela clicando sobre eles. Todas estas alterações visam melhorar a interação entre o usuário e o aplicativo de modo a tornar seu uso mais fácil e também permitir que o mesmo funcionasse em mais *smartphones*.

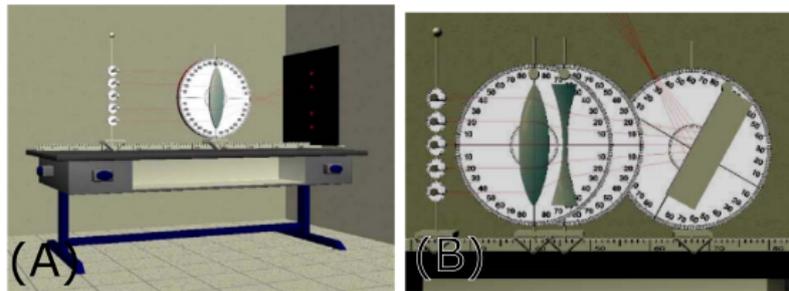


**Figura 10. (A) Cena do olho astigmático, imagem distorcida na retina. (B) Cena do olho astigmático, lente corretiva cilíndrica selecionada e posicionada. Fonte: Thiago Henrique dos Reis, 2024.**

## 2.2. Trabalhos Relacionados

Neste capítulo é apresentado trabalhos relacionados ao uso de tecnologias digitais para o ensino de óptica geométrica.

O *OptiLab* [Hatzikraniotis et al. 2007], é um laboratório digital contendo experimentos de óptica geométrica e ondulatórios encontrados em livros didáticos. Nele é possível realizar experimentos, alterando parâmetros. É possível até mesmo criar experimentos com conjuntos de lentes e espelhos mais complexos, conforme a Figura 11.



**Figura 11. (A) "The Geometric Optics bench" [Hatzikraniotis et al. 2007] (B) "A complex Optical setting" [Hatzikraniotis et al. 2007]. Fonte:[Hatzikraniotis et al. 2007], páginas 356 e 257**

O *EULA 2.0, El Universo de la Luz*, é um programa de computador criado para abordar os conceitos de óptica dentro de sala de aula e ser uma ferramenta no ensino-aprendizagem das ciências naturais [Lobo et al. 2009].

Outro trabalho interessante é o apresentado por Pereira et al [Parreira et al. 2010], nele há a descrição de uma *software* para *desktop* que aborda os conceitos relacionados à formação de imagens em espelhos esféricos e planos. No *software* é possível variar inúmeros parâmetros, como formato do espelho, objetos e as distâncias entre eles, conforme a Figura 12.

Outro exemplo de uso de tecnologias é o apresentado por Barroso, et al [Barroso et al. 2017]. Em seu trabalho é utilizado a simulação do *Phet Colorado* para estudar a formação de imagens com lentes delgadas e também utiliza o GeoGebra para deduzir a equação de Gauss, vide Figura 13.

O *Phet Colorado* está também presente no trabalho de da Silva et al

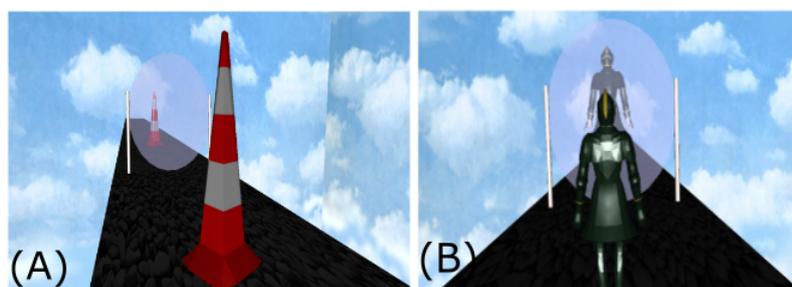


Figura 12. (A) Outro exemplo usando espelho plano com outro objeto. [Parreira et al. 2010] (B) Modelo usando espelho esférico. [Parreira et al. 2010]. Fonte:[Parreira et al. 2010], páginas 216 e 217.

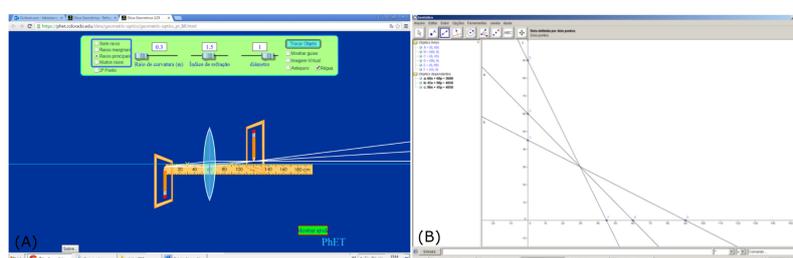


Figura 13. (A) Tela do computador com o *Phet Colorado*, ilustrando a formação da imagem (B) Tela do computador com o *GeoGebra* utilizado para a obtenção das retas [Barroso et al. 2017]. Fonte:[Barroso et al. 2017], página 6

[da Silva et al. 2015], que combinou a sua utilização com a plataforma *Moodle*, onde os alunos criaram textos e também responderam os *Quizzes* criados pelos autores.

Araujo[Araújo et al. 2021] é outro autor que destacou o uso do *Phet Colorado* como ferramenta para o ensino de óptica geométrica. Ele utiliza a simulação para abordar conceitos do cotidiano, principalmente os relacionados com reflexão, refração e dispersão da luz, Figura 14 .

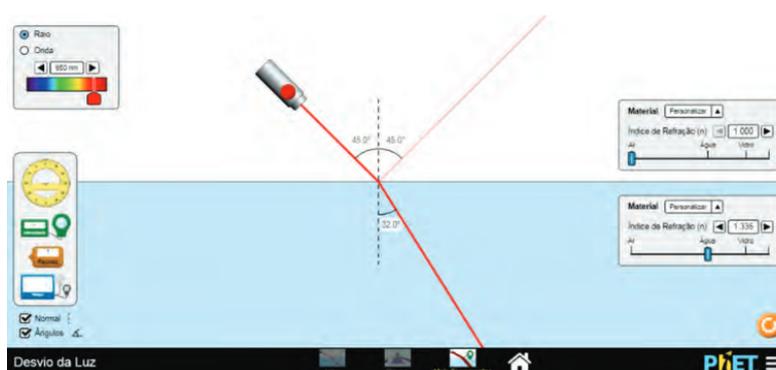
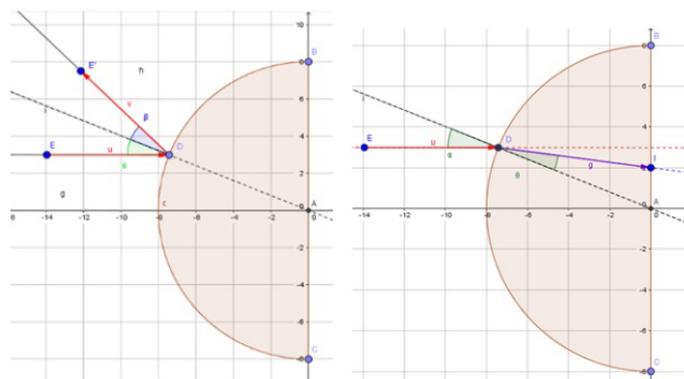


Figura 14. Tela do computador com o *Phet Colorado* com o fenômeno de reflexão e refração. Fonte:[Araújo et al. 2021], página 55

O *Geogebra* é utilizado por Coelho [de Barcellos Coelho 2017] para abordar os conceitos de lentes esféricas, seus formatos e suas características. Além disto Coelho[de Barcellos Coelho 2017] destaca a possibilidade de representar o comporta-

mento dos raios de luz nestas lentes, conforme Figura 15.



**Figura 15.** Tela com o *Geogebra* representando uma lente esférica. Fonte:[de Barcellos Coelho 2017], página 7

O *Leo3D* [Di Salvo 2018] é um game que apresenta várias fases em um laboratório e cada uma refere-se a um conceito de física diferente. Nela há pontuações e diferentes opções de avatares, Figura 16.



**Figura 16.** Imagem do cenário do Laboratório de sombras. Fonte:[Di Salvo 2018], página 82

No trabalho desenvolvido por Ferreira et al [Ferreira et al. 2020] encontra-se a utilização do jogo *Glass*, vide Figura 17, que é um quebra-cabeças no qual o usuário utiliza espelhos e lentes para que a luz percorra um caminho e chegue até seu alvo, para ensinar conceitos de óptica.

### 3. Arquitetura

Para o desenvolvimento do aplicativo *ViewDef* foi utilizado o ambiente de desenvolvimento de jogos da *Unity* no modo 3D, junto com a linguagem *C#* para criação de *scripts* responsáveis pela movimentação e interação dentro dos cenários.

Outro requisito é que a máquina de desenvolvimento tenha o *SDK* do *Android* instalado, colocando o caminho do arquivo correto dentro da *Unity*.

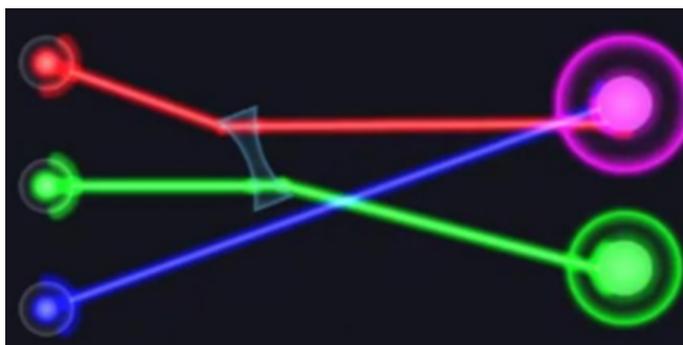


Figura 17. Imagem de uma das fases do jogo Glass. Fonte:[Ferreira et al. 2020], página 8

#### 4. Testes de Usabilidades

Os testes de usabilidades tem como objetivo identificar problemas nas sequências de comandos e de interações software-usuário, além de identificar problemas com ícones, botões e padrões de funcionamento [Nielsen 2016]. Quando o usuário consegue fazer o que quer da forma que julga ser capaz de fazer, sem entraves, hesitação ou perguntas é quando a usabilidade foi alcançada, Abreu[Abreu 2010].

A etapa inicial para o desenvolvimento dos testes foi determinar quais eram os pontos a serem validados e quais itens poderiam estar causando maiores problemas na interação usuário-aplicativo. Desta forma chegou-se a estes sete pontos:

1. Forma de movimentação do usuário pelo cenário.
2. Selecionar uma das partes do olho humano no cenário inicial e ler a mensagem descrita.
3. Verificar o quão intuitivo está o quadro para a seleção de cada uma das doenças.
4. Verificar em qual das duas interfaces o usuário consegue selecionar de maneira mais intuitiva as lentes para a correção do problema de visão observado.
5. Verificar se a forma de trocar as lentes corretivas está intuitiva.
6. Verificar se, pelos posicionamentos dos objetos em telas, o usuário é capaz de identificar qual o problema que a fase se refere.
7. Verificar se o usuário consegue identificar o botão de voltar de fase e selecioná-lo.

Na segunda etapa desenvolvemos um documento que continha tarefas a serem realizadas pelos usuários durante os testes, Apêndice A. Estas tarefas não precisavam ser feitas na ordem que aparece, apenas deveriam ser realizadas para que o usuário conseguisse responder ao formulário.

Na terceira etapa, foi criado um formulário de múltipla escolha utilizando a escala Lickert [Abreu 2010], com resposta de 1 a 5, sendo 1 discordo totalmente e 5 concordo totalmente. No total foram onze afirmações que visam avaliar aspectos dos sete pontos descritos anteriormente.

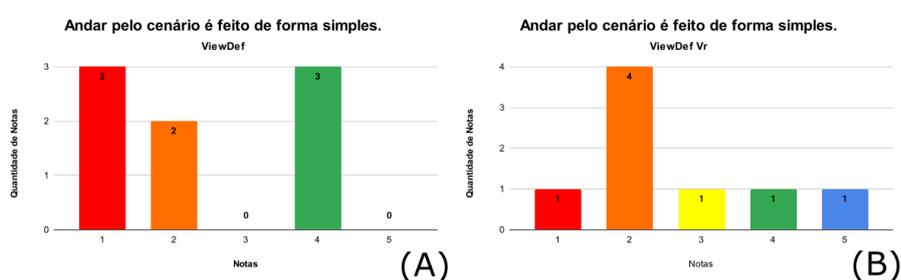
Na quarta etapa, foi a aplicação do teste. Ele foi feito em um grupo de 8 alunos do curso de Física Licenciatura da Universidade Federal de Alfenas. Eles foram divididos em dois grupos de quatro integrantes, onde um grupo utilizou primeiro o *ViewDef* e o outro o *ViewDef Vr*, ao terminar esta etapa todos os alunos responderam ao formulário. Em seguida, invertem-se os aplicativos utilizados e novamente respondem ao formulário.

A quinta etapa foi a análise dos dados coletados e a interpretação dos mesmos é feita na próxima seção deste artigo.

## 5. Resultados e Discussões

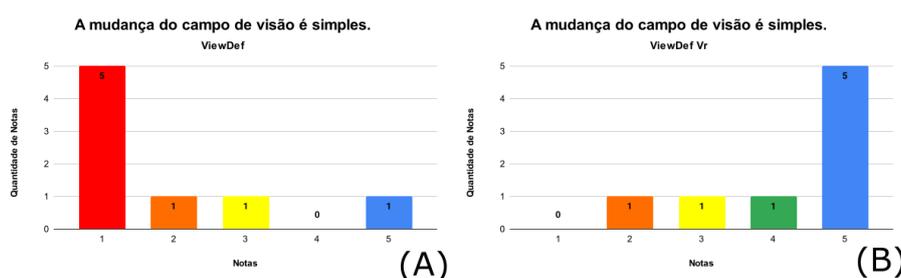
Nesta seção será apresentada cada uma das afirmações feitas para avaliar a usabilidade dos aplicativos *ViewDef* e também para o Aplicativo *ViewDef Vr*. Será feita uma comparação entre os resultados coletados para os dois de forma a identificar os pontos fortes e fracos dos dois e traçar quais alterações são necessárias.

A primeira afirmação é “Andar pelo cenário é feito de forma simples”, Figura 18 , os usuários encontraram muitas dificuldades para se movimentar em ambos os aplicativos, pois as notas 1 e 2 apresentaram mais de 60% para cada um dos aplicativos.



**Figura 18.** Gráficos com as respostas coletadas sobre a afirmação "Andar pelo cenário é feito de forma simples". (A) Aplicativo *ViewDef*, (B) Aplicativo *ViewDef Vr*. Fonte: Thiago Henrique dos Reis, 2024.

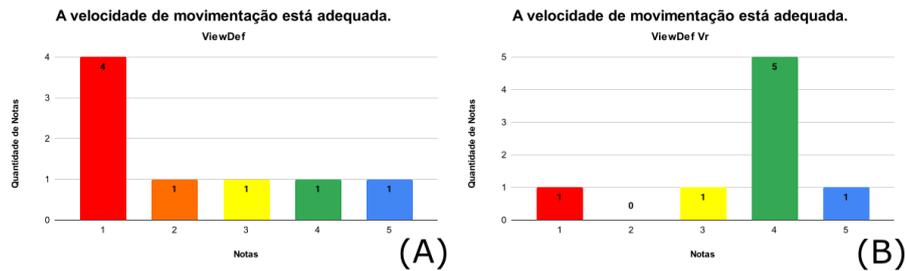
A segunda afirmação é “A mudança no campo de visão é simples”, para esta afirmação observa-se que o *ViewDef Vr* obteve uma avaliação positiva enquanto o *ViewDef* obteve pontuação muito baixa mostrando que é necessário uma atenção especial neste item, Figura 19.



**Figura 19.** Gráficos com as respostas coletadas sobre a afirmação "A mudança no campo de visão é simples". (A) Aplicativo *ViewDef*, (B) Aplicativo *ViewDef Vr*. Fonte: Thiago Henrique dos Reis, 2024.

A terceira afirmação é “A velocidade de movimentação está adequada” e neste item manteve o mesmo padrão anterior onde o *ViewDef Vr* obteve uma pontuação melhor que a do *ViewDef*, demonstrando mais uma vez a necessidade de ajuste desta parte da interface, Figura 20 .

Estes três itens fecham um conjunto de perguntas relacionadas ao primeiro objetivo deste testes, analisar a movimentação do usuário pelo cenários do jogo, de forma

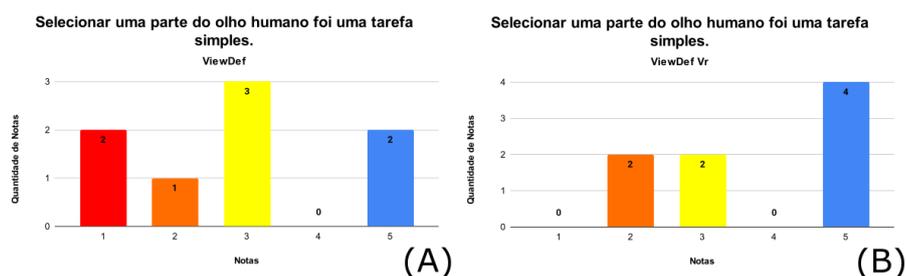


**Figura 20. Gráficos com as respostas coletadas sobre a afirmação “A velocidade de movimentação está adequada”. (A) Aplicativo *ViewDef*, (B) Aplicativo *ViewDef Vr*. Fonte: Thiago Henrique dos Reis, 2024.**

geral, percebemos que é necessário fazer ajustes em ambos aplicativos principalmente no *ViewDef*. O principal problema relatado em conversa com os usuários no *ViewDef* é a sensibilidade dos comandos de movimentação, principalmente na rotação do campo de visão que às vezes permitia uma rotação que o usuário ficava com o cenário de cabeça para baixo. Então uma das sugestões dada é a delimitação da rotação da câmera que mostra o campo de visão nos sentidos horizontal e vertical, também ampliar este campo para não necessitar tanto de movimentos grandes. Principalmente para o *ViewDef*, será necessário encontrar um ponto onde a sensibilidade dos comandos estejam mais ajustados.

Para o *ViewDef Vr*, o principal desafio está na forma de selecionar os comando de movimentação do dentro do cenários, principalmente o posicionamento dos botões de comandos e a forma de selecioná-los, pois houve relatos de que o tempo para reconhecer a seleção está alto e a posição que a cabeça fica as vezes é desconfortável.

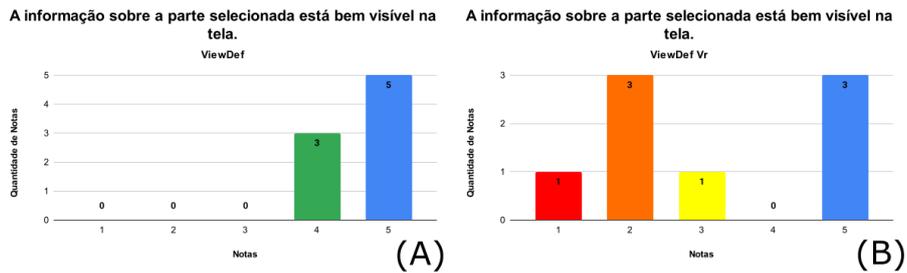
Dando continuidade a nossa análise, a próxima afirmação é “Selecionar uma parte do olho humano foi uma tarefa simples.”, para este item a forma feita para o *ViewDef*, mais uma vez apresentou um resultado pior que o *ViewDef Vr*, mas ainda pode ser reflexo do problema de sensibilidade descrito anteriormente, , Figura 21 .



**Figura 21. Gráficos com as respostas coletadas sobre a afirmação “Selecionar uma parte do olho humano foi uma tarefa simples.”. (A) Aplicativo *ViewDef*, (B) Aplicativo *ViewDef Vr*. Fonte: Thiago Henrique dos Reis, 2024.**

Outro item analisado é “A informação sobre a parte selecionada está bem visível na tela.”, Figura 22, para este item tivemos uma melhor nota para o *ViewDef*, que teve uma avaliação positiva. Enquanto para o *ViewDef Vr* já teve uma porcentagem superior com problemas de visualizar a descrição de cada parte do olho humano.

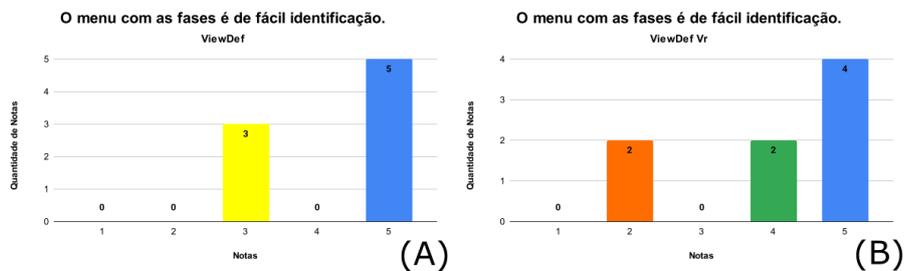
Estas duas afirmações foram feitas para verificar o item 2, que se refere à seleção



**Figura 22. Gráficos com as respostas coletadas sobre a afirmação “A informação sobre a parte selecionada está bem visível na tela.” (A) Aplicativo *ViewDef*, (B) Aplicativo *ViewDef Vr*. Fonte: Thiago Henrique dos Reis, 2024.**

de uma parte do olho humano e à visualização da mensagem com informações sobre ela. Um problema específico no *ViewDef Vr* é que a imagem com a descrição do funcionamento da parte do olho selecionada fica embaçada ou desfocada. Estamos investigando se o problema está relacionado ao ajuste do foco dos Óculos VR ou a um ajuste no aplicativo. Outro ponto, comum aos dois aplicativos, é o posicionamento de algumas partes do olho sobre a bancada. Há relatos de que, dependendo da posição do usuário, não é possível visualizar essas partes na bancada. Um exemplo é a pupila, que é muito fina e difícil de ser vista dependendo do ângulo.

A próxima análise é sobre o item “Verificar o quão intuitivo está o quadro para a seleção de cada uma das doenças.”, para este caso, Figura 23, obteve um resultado muito bom nos dois aplicativos, o que mostra que não é um ponto que necessita de alterações neste momento.

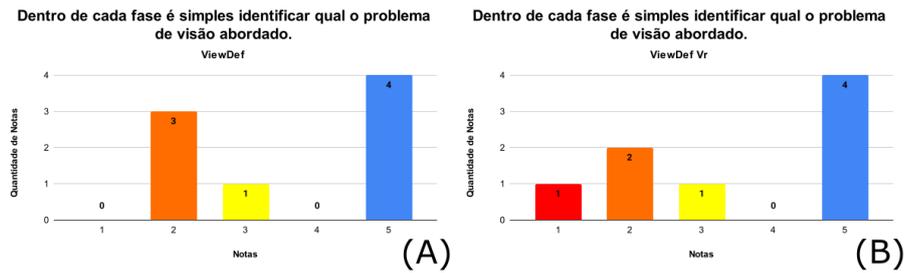


**Figura 23. Gráficos com as respostas coletadas sobre a afirmação “Verificar o quão intuitivo está o quadro para a seleção de cada uma das doenças.” (A) Aplicativo *ViewDef*, (B) Aplicativo *ViewDef Vr*. Fonte: Thiago Henrique dos Reis, 2024.**

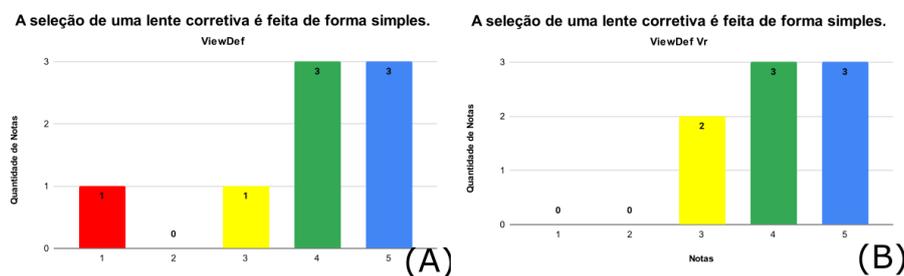
Agora será analisada o quão simples é a seleção de uma lente corretiva e para os dois aplicativos tivemos uma nota alta, o que mostra que está simples e intuitivo selecionar uma das lentes corretivas nas fases, Figura 24.

Ainda relacionado a seleção da lente corretiva foi analisado o *feedback* sobre a escolha correta ou não da lente. Este item teve um resultado positivo, demonstrando que os *feedback* estão corretos e de fácil entendimento, Figura 25.

A avaliação dos dois itens anteriores, que visavam verificar a intuitividade na seleção de lentes corretivas e na troca das mesmas, resultou em resultados positivos para



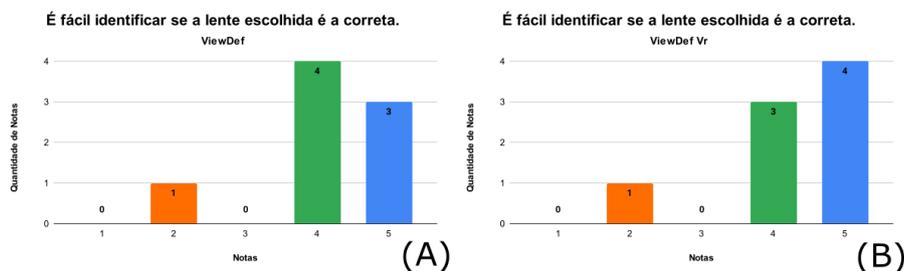
**Figura 24.** Gráficos com as respostas coletadas sobre a afirmação “A seleção de uma lente corretiva é feita de formar simples.” (A) Aplicativo *ViewDef*, (B) Aplicativo *ViewDef Vr*. Fonte: Thiago Henrique dos Reis, 2024.



**Figura 25.** Gráficos com as respostas coletadas sobre a afirmação “É fácil identificar se a lente escolhida é a correta.” (A) Aplicativo *ViewDef*, (B) Aplicativo *ViewDef Vr*. Fonte: Thiago Henrique dos Reis, 2024.

ambas as interfaces. As notas próximas obtidas nos dois quesitos indicam que não há discrepância significativa entre as interfaces nesse aspecto, demonstrando que ambas apresentam bom desempenho em termos de usabilidade.

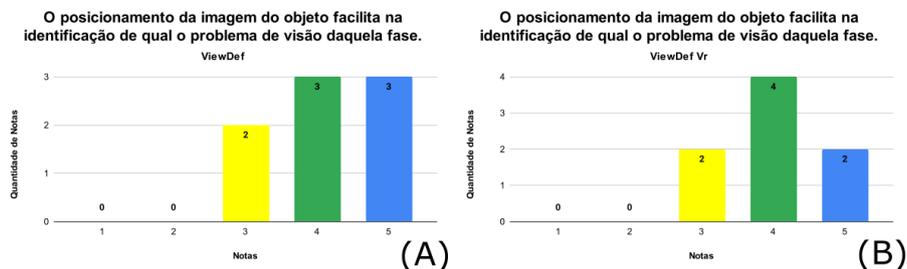
Para os dois próximos itens, o intuito é verificar se pelos posicionamentos dos objetos em telas o usuário é capaz de identificar qual o problema que a fase se refere. No primeiro item, Figura 26, temos que o resultado mostrou uma dificuldade geral em identificar qual era o problema abordado em cada fase, mas isto pode estar relacionado aos usuários que testaram os aplicativos serem alunos que ainda não tiveram a disciplina de óptica.



**Figura 26.** Gráficos com as respostas coletadas sobre a afirmação “A seleção de uma lente corretiva é feita de formar simples.” (A) Aplicativo *ViewDef*, (B) Aplicativo *ViewDef Vr*. Fonte: Thiago Henrique dos Reis, 2024.

Este contexto fica mais claro, quando percebe-se que os mesmo indicaram que

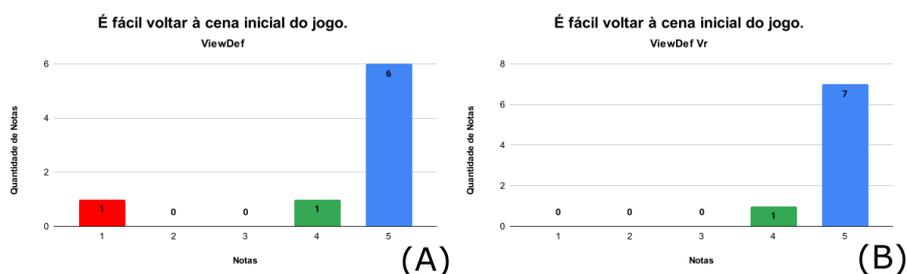
o posicionamento da imagem do objeto facilita na identificação dos problemas de visão relacionados, Figura 27.



**Figura 27. Gráficos com as respostas coletadas sobre a afirmação “O posicionamento da imagem do objeto facilita na identificação de qual o problema de visão daquela fase” (A) Aplicativo *ViewDef*, (B) Aplicativo *ViewDef Vr*. Fonte: Thiago Henrique dos Reis, 2024.**

Então, a questão do posicionamento da imagem do objeto para a identificação do problema de visão deve ser analisada com o objetivo de tornar a identificação mais simples e direta. Este item depende da forma como o aplicativo será utilizado dentro de uma sequência didática. O aplicativo pode servir como ponto de avaliação onde o usuário já possui conhecimento prévio do conteúdo. No entanto, a discussão das aplicações didáticas dos aplicativos não é o foco deste trabalho.

O último item a ser analisado é a forma de retorno a tela inicial quando estamos dentro de cada fase, nos dois aplicativos tivemos resultados muito bons, que mais uma vez demonstra que houve uma facilidade em identificar e retornar à tela inicial, Figura 28.



**Figura 28. Gráficos com as respostas coletadas sobre a afirmação “É fácil voltar à cena inicial do jogo.” (A) Aplicativo *ViewDef*, (B) Aplicativo *ViewDef Vr*. Fonte: Thiago Henrique dos Reis, 2024.**

Sendo assim, os resultados apresentados no teste apontaram uma falha maior no ponto relacionado a movimentação dentro do cenários e rotação de câmera dentro do aplicativo *ViewDef*. Isto está diretamente ligado à alta sensibilidade dos comandos, o que tem que ser o ponto de maior atenção neste momento. Outro fator é alguns ajustes na amplitude do campo de visão do usuário dentro dos aplicativos, além da limitação de movimentos de rotação de câmera para assim dar um melhor senso de orientação e evitar movimentos irrealistas como conseguir uma rotação total na vertical.

## 6. Considerações Finais

Como foi apresentado, no processo de elaboração e confecção de um software educativo os testes de usabilidades são de extrema importância, pois demonstram falhas no desenvolvimento que podem interferir de forma direta na aplicação do mesmo em sala de aula. Com isto, temos que os resultados coletados neste teste de usabilidade, demonstraram falhas no *ViewDef* que estão em sua maioria relacionados a alta sensibilidade dos comandos em tela, causando desconforto e má fluidez no movimento dentro do jogo. Outra questão foi a necessidade de ajustes na amplitude do campo de visão e restrição da rotação de câmera em ambos os aplicativos.

Outros requisitos presentes nos testes tiveram bons resultados o que demonstra que não há necessidade de ajustes nestes pontos e que em sua maioria não houve discrepância entre os resultados para as duas versões, *ViewDef* e *ViewDef Vr*.

Sendo assim, o próximo passo desta pesquisa é traçar um plano de refatoração e correção dos pontos levantados nestes testes e depois realizar novos testes de usabilidades e posteriormente aplicá-los em sala de aula.

## Referências

- Abreu, A. d. (2010). Avaliação de usabilidade em softwares educativos. *Master's thesis, Universidade Estadual do Ceará, Fortaleza, Ceará, Brasil. Retrieved July, 12:2012.*
- Araújo, F. O., Neto, J. G. P., and de Oliveira Rodrigues, F. L. (2021). Uso do software de simulação phet como recurso metodológico no ensino de óptica. *Revista Docentes, 6(14):52–66.*
- Barroso, F. F., Carvalho, S. A., Huguenin, J. A., and Tort, A. C. (2017). Formação de imagens na óptica geométrica por meio do método gráfico de pierre lucie. *Revista Brasileira de Ensino de Física, 40.*
- Conceição, E. (1985). A física do processo visual. *Caderno Brasileiro de Ensino de Física, 2(3):128–134.*
- da Silva, J., Sales, G. L., Leite, E., and Pontello, L. (2015). Mudança conceitual em óptica geométrica facilitada pelo uso de tdic. In *Anais do Workshop de Informática na Escola*, volume 21, pages 385–394.
- de Ávila, A. A., dos Reis, T. H., and Bressan, P. A. (2018). Viewdef vr: A utilização da realidade virtual para exibição dos defeitos da visão.
- de Barcellos Coelho, A. L. M. (2017). Utilização do software geogebra no ensino de óptica geométrica de lentes esféricas. *Revista do Professor de Física, 1(1):1–10.*
- Di Salvo, A. L. A. (2018). Leo3d: ambiente digital multididático para o ensino de óptica geométrica.
- Dias, J. G., Miranda, D. L. P., Magalhães, R. A., Franca, J. R., and Santos, J. A. D. (2017). O uso do smartphone como recurso no ensino de física. SIC, Instituto Federal Norte de Minas Gerais - Campus Almenara.
- Durán, J. E. R. (2003). *BioFísica - Fundamentos e Aplicações*. Prentice Hall, Pearson Education, São Paulo.

- Ferreira, M., Silva Filho, O. L., Moreira, M. A., Franz, G. B., Portugal, K. O., and Nogueira, D. X. (2020). Unidade de ensino potencialmente significativa sobre óptica geométrica apoiada por vídeos, aplicativos e jogos para smartphones. *Revista Brasileira de Ensino de Física*, 42:e20200057.
- Halliday, D., Resnick, R., and Walker, J. (2009). *Fundamentos de Física*. Livros Técnicos e Científicos, Rio de Janeiro. 4 volumes.
- Hatzikraniotis, E., Bisdikian, G., Barbas, A., and Psillos, D. (2007). Optilab: Design and development of an integrated virtual laboratory for teaching optics. *Virtual laboratories*.
- Hu, X., Su, R., and He, L. (2016). The design and implementation of the 3d educational game based on vr headsets. In *2016 International Symposium on Educational Technology (ISET)*, pages 53–56. IEEE.
- Knüppe, L. (2006). Motivação e desmotivação: desafio para as professoras do ensino fundamental. *Educar em revista*, (27):277–290.
- Lobo, H., Gutiérrez, G., Rosario, J., Briceño, J., Villarreal, M., Díaz, J., and Pacheco, A. (2009). Software educativo para el aprendizaje de la óptica. *Revista Academia*, 7(15):86–115.
- Martins, V. F., Abreu, F. R., Militino, R., Fukuoka, S., and de Paiva Guimarães, M. (2014). Estratégia de desenvolvimento, implantação e avaliação do uso da realidade virtual na educação: Estudo de caso na área de português. *Revista de Informática Aplicada*, 10(1).
- Máximo, A., Alvarenga, B., and Guimarães, C. (2014). *Física: Contexto & Aplicações*, volume 2. São Paulo, 1 edition.
- Nielsen, J. (2016). *Usabilidade móvel*. Elsevier Brasil.
- Nussenzveig, H. M. (1998). *Curso de Física Básica - vol. 4: Ótica, Relatividade, Física Quântica*. Editora Blucher, São Paulo, 1 edition.
- Palacio, R. F. (2015). Realidade aumentada, realidade virtual e o ensino de óptica geométrica: O relato de uma experiência.
- Parreira, R. T., de Camargo, V. A. X., Rocha, B. M., Nogueira, E. A., Horbylon, T., Nascimento, M. S. F., and de Souza Ribeiro, M. W. (2010). Sistema de ensino de física óptica geométrica da reflexão em espelhos usando realidade virtual. *Anais do WRVA*, pages 214–218.
- Pinheiro, N. A. M., Silveira, R. M. C. F., and Bazzo, W. A. (2007). Ciência, tecnologia e sociedade: a relevância do enfoque cts para o contexto do ensino médio. *Ciência & Educação (Bauru)*, 13:71–84.
- Sears, F. W. (2004). *Física Universitária*, volume 1. Pearson Educación.
- Torres, C. M. A., Ferraro, N. G., Soares, P. A. D. T., and Penteado, P. C. M. (2016). *Física: Ciência e Tecnologia*, volume 2. Moderna, São Paulo, 4 edition.
- Vasconcelos, F. H. L., Carvalho, R. d. O., Romeu, M. C., and Neto, H. (2005). A utilização de software educativo aplicado ao ensino de física com o uso da modelagem. *Simpósio Nacional de Ensino de Física*, 16:1–4.

Young, H. D. (2004). *Sears e Zemansky, Física IV*, volume 4. Addison Wesley, São Paulo, 10 edition.

## **7. Apêndice A**

### Roteiro de atividade

1. Na fase inicial o usuário deve mover-se pelo cenário até encontrar as partes do olho humano sobre uma bancada.
2. Selecionar umas das partes do olho humano e identificar qual é pela forma e descrição que aparece.
3. Encontrar o menu de fases e selecionar a primeira fase que identifica o olho humano normal.
4. Movimentar dentro da fase para e verificar onde a imagem está sendo formada dentro do olho humano.
5. Retornar ao cenário inicial.
6. Entrar em uma das outras três fases.
7. Analisando todo o cenário e movimentando no mesmo, identificar qual o problema de visão.
8. Selecione uma lente corretiva e após verifique se a mesma fez com que o objeto esteja posicionado sobre a retina.
9. Retorne a fase inicial.