

# Óptica geométrica: aplicação de uma atividade experimental utilizando a videoanálise no ensino a distância

Geometric optics: application of an experimental activity using video analysis in a distance learning environment

G.S. Cardoso<sup>1</sup>, L. Sigaud<sup>2</sup>, G.M. Penello<sup>3</sup>, W. Moreira<sup>4</sup>, K. Maslova<sup>5</sup>, V.L.B. de Jesus<sup>\*1</sup>

<sup>1</sup>Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Rio de Janeiro, Nilópolis, RJ, Brasil.

<sup>2</sup>Universidade Federal Fluminense, Instituto de Física, Niterói, RJ, Brasil.

<sup>3</sup>Universidade de São Paulo, Instituto de Física, São Paulo, SP, Brasil.

<sup>4</sup>Universidade Federal do Rio de Janeiro, Instituto de Física, Rio de Janeiro, RJ, Brasil.

<sup>5</sup>Universidade do Estado do Rio de Janeiro, Instituto de Física, Rio de Janeiro, RJ, Brasil.

Recebido em 02 de julho de 2024. Revisado em 20 de agosto de 2024. Aceito em 21 de agosto de 2024.

Apresentamos os resultados de uma atividade avaliativa experimental a distância utilizando a videoanálise no estudo de óptica geométrica. A atividade aborda o conteúdo da refração da luz. Esta foi aplicada aos estudantes dos cursos de licenciaturas em biologia, física, matemática, química, engenharias de produção e meteorológica inscritos na disciplina de Introdução as Ciências Físicas I do Centro de Educação superior a Distância do Estado do Rio de Janeiro (CEDERJ). Parte das avaliações realizadas pelos estudantes foram selecionadas, discutidas e apresentadas como resultado deste trabalho.

**Palavras-chave:** Ensino a distância, videoanálise, óptica geométrica.

We present the results of a remote experimental evaluative activity using video analysis in the study of geometric optics. The activity addresses contents concerning refraction of light. This was applied to students of undergraduate courses for the formation of teachers of biology, physics, mathematics, and chemistry, as well as for production and meteorological engineering, enrolled in the Introduction to Physical Sciences I course at the Center for Distance Learning Superior Education of the State of Rio de Janeiro (CEDERJ). Part of the assessments carried out by the students were selected, discussed and presented as a result of this work.

**Keywords:** Distance learning, video analysis, geometric optics.

## 1. Introdução

Este trabalho tem como objetivo descrever uma atividade avaliativa de óptica geométrica utilizando a videoanálise para cursos na modalidade a distância. As pesquisas de Rodrigues e Simeão Carvalho [1] e de Oliveira e de Jesus [2] fundamentaram este estudo e abordaram as vantagens das tecnologias baseadas em vídeos para a realização de atividades experimentais e para a compreensão de conceitos de óptica. Essa atividade foi elaborada por professores e tutores que atuam no ensino a distância na disciplina de Introdução as Ciências Físicas I (ICF1) de cursos de graduação do Centro de Educação Superior a Distância do Estado do Rio de Janeiro (CEDERJ). Esta disciplina discute com maior profundidade o conteúdo de física abordado no ensino médio, propondo atividades experimentais que busquem a reflexão sobre o método científico, além da observação dos fenômenos, a relação de ideias e a construção de analogias para a produção de conhecimento em física [3].

Os cursos do Cederj que ofertam a disciplina de ICF1, foco deste artigo, são as licenciaturas em biologia, física, matemática e química, e as engenharias de produção e meteorológica, distribuídos em 23 polos no Estado do Rio de Janeiro, com um total de 50 tutores para a disciplina de ICF1. Dentre esses, dois são coautores deste trabalho e colaboraram com a análise das respostas de 29 estudantes de dois diferentes polos que participaram da atividade avaliativa experimental a distância proposta aqui. No início do semestre de 2024, um total de 1200 estudantes estavam matriculados na disciplina de ICF1. Ao longo do semestre, esse número foi reduzido para 820 no momento em que a atividade foi disponibilizada.

Atividades experimentais têm sido indicadas como uma técnica que pode contribuir para amenizar as dificuldades no aprendizado de física [4]. A exploração da experimentação nas aulas favorece a interação entre os estudantes e professor, além de oportunizar vivências práticas de conceitos físicos vistos na teoria [5]. Em contrapartida, Cachapuz e coautores [6] afirmam que, apesar de reconhecerem a importância das atividades experimentais, os professores ainda as utilizam tal qual uma receita de bolo, sem fomentar o diálogo entre os

\*Endereço de correspondência: [vitor.jesus@ifrj.edu.br](mailto:vitor.jesus@ifrj.edu.br)

participantes. Para eles, o objetivo do experimento é apenas confirmar o resultado esperado pelo professor. Apesar das fragilidades indicadas pelos autores na metodologia em sala de aula, as atividades experimentais em si são importantes para o trabalho educacional de modo geral, por oferecerem ao estudante um contato maior entre a realidade e o conteúdo escolar, além de possibilitar o seu protagonismo na aprendizagem [7].

Outros exemplos do uso de atividades experimentais no ensino de física são aqueles que exploram materiais de baixo custo e os que usam as Tecnologias Digitais de Comunicação e Informação (TDIC) [8, 9], consideradas fortes aliadas para o processo ensino-aprendizagem nas diferentes áreas do conhecimento e possuem recursos potenciais para a educação [10]. Existem também *websites* [11] como o PhET (*Physics Educacional Technology*) [12], desenvolvido pela Universidade do Colorado e idealizado por Carl Wieman, vencedor do prêmio Nobel de Física de 2001. O PhET, em particular, apresenta simulações de experimentos, disponíveis gratuitamente, que podem ser exploradas *online* ou salvas para uso *offline* [13]. Nessa mesma linha, professores e pesquisadores da área de ciências vêm desenvolvendo recursos digitais que proporcionam o controle a distância de experimentos reais [14].

O ensino de física pode usufruir de estratégias apoiadas em TDIC na realização de atividades experimentais, como, por exemplo, *smartphones*, computadores e planilhas eletrônicas, quando associados a metodologias de ensino [15, 16]. Monteiro e coautores [17] realizaram um experimento de cinemática controlado remotamente via internet no qual utilizaram microcontroladores para controlar a velocidade de carrinhos de brinquedo. O objetivo do experimento de cinemática foi investigar a possibilidade de se construir um laboratório de ensino de física totalmente controlado remotamente com vistas a apoiar cursos a distância para professores. Os resultados apontaram para a viabilidade da utilização desse recurso, ao favorecer as vivências das atividades práticas no contexto de cursos na modalidade a distância.

Com a popularização das câmeras fotográficas e o desenvolvimento de *softwares* livres, a videoanálise tornou-se um recurso interessante para o ensino de física [18, 19], por ser uma ferramenta que integra as TDIC e ser um caminho para aproximar o estudante de atividades experimentais, mesmo que não seja *in loco*. Realizar experimentos usando a videoanálise aproxima o real por meio do virtual, tornando a aprendizagem diferente das abordagens comuns em laboratórios didáticos. Essa ferramenta possibilita identificar, por exemplo, a posição de um objeto em diferentes instantes de tempo por meio das imagens de cada quadro que forma um filme. Ela permite ao professor a elaboração de atividades experimentais que, de acordo com Dias e coautores [20], oferecem oportunidades para o ensino e a pesquisa em ciências. Por meio da videoanálise, vários assuntos podem ser estudados envolvendo o movimento no campo da mecânica, como queda livre [21], atrito cinético e

atrito de rolamento [8], movimento parabólico e as leis de Newton [22], conservação do momento linear e angular e da energia mecânica [23], movimento envolvendo forças dissipativas [21, 22], além de conteúdos voltados para a astronomia [24], a física moderna [25] e o eletromagnetismo [26].

No entanto, após quase duas décadas de ampla utilização da videoanálise no ensino de física, poucos trabalhos foram publicados sobre práticas de ensino de óptica geométrica. Por exemplo, Maslova e Pérez construíram um banco óptico para estudar a difração da luz em fendas únicas utilizando a videoanálise [9], e Silva e coautores [27] aplicaram uma atividade sobre o Princípio de Fermat em duas turmas do ensino médio. Além desses, Oliveira e de Jesus [2] abordaram as vantagens das tecnologias baseadas em vídeos para a realização de atividades experimentais e para a compreensão de conceitos de óptica. Por isso, para o presente estudo foi utilizada a videoanálise no contexto da óptica geométrica para uma atividade a distância (AD) avaliativa abordando o conceito de refração.

O presente artigo está estruturado da seguinte forma: na seção 2 a estrutura do experimento é descrita, tratando a composição de *hardware* e *software* do mesmo. Abordaremos na seção 3 resultados quantitativos e qualitativos sobre a atividade aplicada. Por fim, na seção 4 delineamos nossas considerações finais.

## 2. Desenvolvimento da Atividade

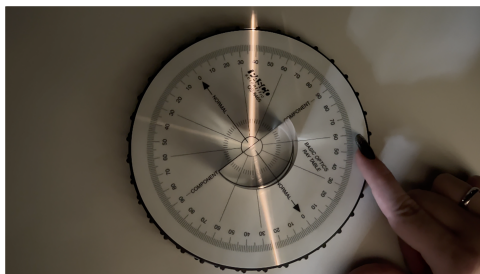
Um vídeo, a ser analisado em casa pelos estudantes, foi gravado usando um goniômetro de base móvel, uma lente semicircular e um feixe de luz branca. Para a gravação, o laboratório foi mantido à meia-luz para permitir a leitura dos ângulos registrados no goniômetro e, ao mesmo tempo, permitir que os raios de luz da fonte permanecessem visíveis. Com isso, o aparato experimental foi parcialmente isolado da luz ambiente, como pode ser visto na Figura 1, onde o *smartphone* foi posicionado embaixo da cobertura escura, paralelo ao plano do goniômetro. A filmagem foi feita com vista superior do experimento, utilizando um suporte para prender o *smartphone*. O vídeo disponibilizado para os estudantes pode ser analisado utilizando qualquer programa de visualização de vídeos. Um quadro (*frame*) do vídeo pode ser visto na Figura 2.

### 2.1. Descrição da atividade

A atividade descrita neste texto foi baseada em uma atividade prática, que é um experimento obrigatório, realizada em laboratório com os estudantes da disciplina de ICF1 o qual os estudantes fazem com os tutores presenciais. Desta forma, nesta atividade a distância (AD) analisamos o que os estudantes compreenderam na prática laboratorial presencial que realizaram no polo. Dito isso, a AD apresentada aqui foi planejada para fazer parte do conjunto de avaliações formativas a distância da



**Figura 1:** Montagem do experimento para filmagem. O *smartphone* foi posicionado embaixo da cobertura escura, paralelo ao plano do goniômetro.

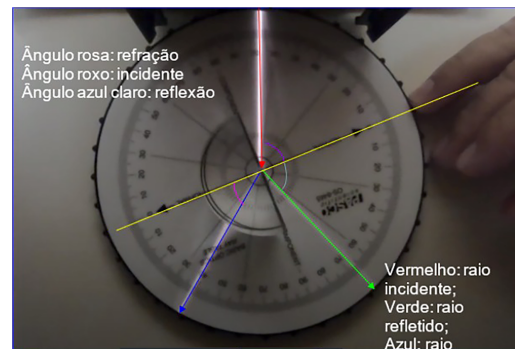


**Figura 2:** Um *frame* retirado do vídeo disponibilizado para os alunos.

disciplina de ICF1 [28], para avaliar os conhecimentos dos estudantes sobre a reflexão e a refração da luz após as atividades laboratoriais.

O vídeo desenvolvido para a atividade<sup>1</sup> e o questionário (disposto no Apêndice A) foram disponibilizados aos estudantes através do Ambiente Virtual de Aprendizagem (AVA) na página da disciplina de ICF1. As instruções de envio do arquivo, o tamanho máximo e a data limite para entrega, totalizando 28 dias para a sua resolução, também estavam disponíveis no AVA. Vale ressaltar que para essa atividade o uso de *softwares* específicos para a videoanálise, como por exemplo o *Tracker*, não foi necessário. A seguir, serão apresentadas as tarefas solicitadas nas questões propostas e os objetivos a serem alcançados com as respostas dos estudantes.

Após os alunos terem acesso ao vídeo gravado e ao arquivo com as questões a serem respondidas, coube



**Figura 3:** Uma possível resolução da primeira questão.

aos estudantes tomarem nota e observarem o comportamento dos raios incidente, refletido e refratado a fim de obter as relações entre os ângulos de incidência, de reflexão e de refração da luz ao interagir com outro meio material. O arquivo das questões pode ser encontrado no Apêndice A.

Na primeira questão da atividade, esperávamos que os estudantes demonstrassem compreensão sobre a base conceitual necessária para o entendimento do conteúdo, reconhecendo a reta normal, os raios incidentes, refletidos e refratados, e seus ângulos. Neste primeiro momento, não era necessário realizar medições ou cálculos, apenas fazer um desenho esquemático. Como o vídeo foi disponibilizado aos estudantes sem cortes, e eles tinham a autonomia para escolher os ângulos de incidência que preferissem, de acordo com os *frames* selecionados do vídeo. Se o estudante escolhesse um *frame* no final do vídeo, em que só é possível visualizar os raios incidente e refletido, entendemos que o conceito não foi compreendido, assim como o entendimento de ângulo limite. Almejava-se uma resposta como a Figura 3. Ressaltamos que, caso o estudante preferisse, também era possível baixar o vídeo, imprimir um *frame* do vídeo mantendo a escala e fazer as anotações a mão, assim como a medição utilizando um transferidor. Os estudantes foram informados que, caso a imagem fosse impressa, a escala precisaria ser mantida.

Uma leitura quantitativamente correta dos ângulos solicitados, assim como as respectivas incertezas e justificativas, são fundamentais para a realização da segunda questão. Os estudantes que não identificassem corretamente os raios e ângulos da questão anterior possivelmente não resolveriam esta questão com êxito. A discussão que almejávamos neste momento era sobre os critérios que os estudantes utilizaram para a determinação da incerteza. O fato dos raios incidente, refletido e refratado possuírem espessuras diferentes seria uma possível justificativa para estimar as incertezas da medição, não necessariamente iguais entre si.

Na questão 3, o estudante deveria utilizar os dados obtidos nas questões anteriores para calcular o índice de refração da lente utilizada, assim como a incerteza associada. As equações para o cálculo da incerteza

<sup>1</sup> Disponível em <https://youtu.be/Szf17T3o1vk>

para este caso são apresentadas no material didático do estudante [3] e podem ser vistas nas Equações 1, 2 e 3.

$$n_{max} = \frac{\text{sen}(\theta_{inc} + \delta\theta_{inc})}{\text{sen}(\theta_{refr} - \delta\theta_{refr})}, \quad (1)$$

$$n_{min} = \frac{\text{sen}(\theta_{inc} - \delta\theta_{inc})}{\text{sen}(\theta_{refr} + \delta\theta_{refr})}, \quad (2)$$

$$\delta n = \frac{n_{max} - n_{min}}{2}, \quad (3)$$

onde  $\theta_{inc}$  representa o ângulo de incidência,  $\theta_{refr}$ , o ângulo refratado e  $\delta\theta$ , as incertezas estimadas para cada ângulo, respectivamente, e  $n_{max}$  e  $n_{min}$  correspondem às estimativas máxima e mínima para o índice de refração da lente (e  $\delta\theta$  representa a estimativa de sua incerteza). Os ângulos são sempre determinados com relação à normal entre a interface entre os meios.

As questões 4 e 5 são similares às questões 1 e 2. Porém, solicitou-se que as medidas fossem refeitas mais três vezes, cada uma com um ângulo diferente. As questões 1 e 2 tinham a expectativa de que o estudante construísse o conhecimento passo-a-passo e que, se possível, identificasse em qual ponto apresentou dificuldade. Por exemplo, se o estudante não realizou a primeira questão, não há compreensão suficiente para fazer as outras. Se os estudantes não conseguiram resolver a segunda questão corretamente, pode ter havido uma dificuldade na leitura de ângulos ou no entendimento das incertezas. Caso a terceira questão não tenha sido resolvida corretamente, então houve dificuldades com os cálculos matemáticos, apesar da compreensão do conceito físico e da medição correta dos ângulos.

Para as questões 6 e 7, o objetivo era que os estudantes associassem comportamentos de um gráfico com as leis de reflexão e refração, respectivamente. Nessas questões, era esperado que ocorressem dois tipos de dificuldades: o estudante poderia não saber fazer um gráfico e/ou não saber interpretá-lo. Essas dificuldades seriam independentes das outras questões que o estudante deveria realizar.

Na questão 6, os estudantes deveriam reconhecer através do gráfico que a relação entre o ângulo de incidência e o ângulo de reflexão é uma função identidade, respeitando a proporção constante entre esses ângulos, como previsto pela Lei da Reflexão. Já na questão 7, eles deveriam perceber que o resultado da disposição dos valores dos senos dos ângulos de incidência e de refração em um gráfico resultaria em uma reta. Isto ocorre, naturalmente, porque a Lei de Snell-Descartes estabelece uma relação diretamente proporcional entre os senos desses ângulos, conforme a Equação 4:

$$n_{inc} \sin \theta_{inc} = n_{refr} \sin \theta_{refr}, \quad (4)$$

onde  $n_{inc}$  e  $n_{refr}$  são os índices de refração dos meios por onde passa o raio incidente e o raio refratado da luz, respectivamente.

Por fim, na última questão da atividade, empregando todos os dados coletados, o estudante deveria realizar

o mesmo procedimento da questão 3 para encontrar um valor médio para o índice de refração do material transparente de que é feita a lente e sua incerteza estimada.

### 3. Discussão dos Resultados

Após o término da data de entrega da atividade, o sistema bloqueou novos envios para que os tutores presenciais corrigissem as atividades dos seus respectivos polos. Para que o parâmetro de avaliação fosse o mesmo para todos os estudantes, os autores deste artigo elaboraram e disponibilizaram aos tutores presenciais a resolução da atividade contendo os critérios de correção e pontuação a serem seguidos. Dos 820 estudantes inscritos, 185 entregaram a atividade, e a nota média obtida por eles foi de 7,3 pontos, considerando todos os polos. Essa proporção de trabalhos entregues por número de estudantes inscritos, apesar de aparentemente baixa ( $\sim 23\%$ ), está condizente com a média de entrega do trabalho correspondente sem videoanálise em semestres anteriores ( $\sim 25\%$ ), o que indica que a nova atividade, com o uso da videoanálise, não teve um impacto significativo no número de atividades entregues por estudantes.

A atividade de cada estudante foi analisada individualmente durante a correção e, mesmo com a resolução sendo padronizada, os tutores presenciais tiveram autonomia de escrever o *feedback* para o estudante da forma que mais lhes aproovessem. Os dois tutores presenciais autores deste trabalho optaram em fazer um *feedback* para os estudantes com detalhes, buscando descrever os erros e acertos de cada questão, o que permitiu a análise dos resultados para este estudo. Como cada tutor só teve acesso às atividades do respectivo polo de atuação, escolhemos por utilizar apenas estes dois polos como amostragem. 29 atividades (15,7% do total) foram analisadas pelos tutores autores deste trabalho, representando seus respectivos polos de atuação. A partir das questões e seus objetivos identificamos os seguintes erros: conceitos da física, estimativa da incerteza, arredondamento, leitura de ângulos, gráficos, cálculo do índice de refração do material que compõe a lente, nomeação dos raios, reta normal, ângulos, raios sem marcação. Além disso, alguns estudantes não pontuaram questões e/ou registraram justificativas incoerentes. Notamos que dificuldades nos conceitos de física e matemática permearam a atividade.

Para a análise das oito questões, optamos pelo uso de códigos a fim de identificar os erros, conforme a Tabela 1. A partir disso, elaboramos a Tabela 2, onde cada estudante foi identificado com um número cardinal, preservando o seu anonimato. Para cada estudante, elencamos nove colunas à direita com informações da nota final da atividade e dos erros cometidos em cada uma das oito questões, respectivamente, segundo os critérios da Tabela 1.

Conforme discutido no início desta seção, havia questões semelhantes entre si - a saber, os pares 1 e 4, 2 e 5,

**Tabela 1:** Legenda para os tipos de erros associados as questões.

Tipo de erro	Legenda
conceitual	c
incerteza	i
arredondamento	a
leitura dos ângulos	l
gráfico	g
cálculo do índice de refração	n
nomeação dos raios	w
não pontuou	0
sem marcação da reta normal	h
sem marcação dos ângulos	s
sem marcação dos raios	r
justificativa errada	j

**Tabela 2:** Erros cometidos por questão para cada atividade avaliada.

Aluno	Nota	Q.1	Q.2	Q.3	Q.4	Q.5	Q.6	Q.7	Q.8
1	8,6	w			w		g	g, j	
2	7,4		i			i	g, j	g, j	0
3	6,6	w			w		g, j	g	0
4	8,8		i			i			i
5	7,2	s	i		i	i		g	i
6	3,1	s	i	i, n	s	i	0	0	0
7	2,7	s	0	n	s	i	0	0	0
8	0	0	0	0	0	0	0	0	0
9	10								
10	3,4	s	i	i	s	i	0	0	i
11	5,9		i	a		i	0	j	0
12	0	0	0	0	0	0	0	0	0
13	10								
14	0	0	0	0	0	0	0	0	0
15	1,1	s, h, 0, w	i, j	a	s, h, 0, w	i, j	0	0	a
16	0	0	0	0	0	0	0	0	0
17	7,5	w		a	w		c	c	a
18	5,5		j	a		j	0	0	a
19	8,6	a	i	a	a	j			a
20	4,2	0	i, j	a	0	i, j	c	c	a
21	1,7	0, c	i	a	0, c	i	0	0	a
22	0	0	0	0	0	0	0	0	0
23	3,2	h, r, 0	i	a	h, r, 0	i	g	0	a
24	7,4	r	i	a	r	i			a
25	4,8	w	i	a	w	i	c	c	a
26	5,6		i	a		i	c	c	a
27	4,4	s	i	a	s	i	g	g, c	a
28	3,7	s	i	a	s	i	g	0	a
29	4,2	w	i	a	w	i	0	0	a
média	4,7								

3 e 8, e 6 e 7 - e por conta disso seus resultados foram analisados simultaneamente.

As questões 1 e 4 tinham um caráter qualitativo e conceitual. Dos 29 estudantes avaliados, sete conseguiram fazer as questões conforme o que havia sido solicitado. Outros sete não pontuaram nestas questões, sendo que cinco destes não pontuaram a atividade como um todo.

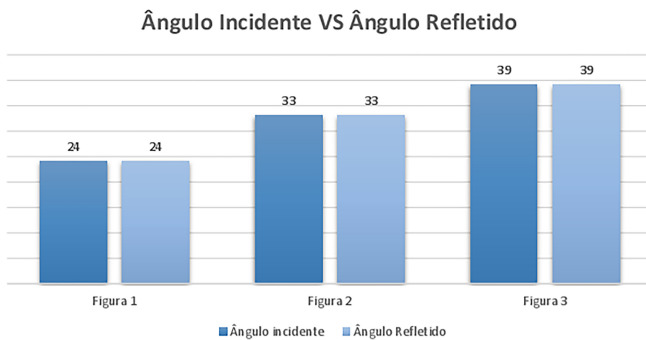
Os 15 alunos restantes deixaram de marcar raios e/ou ângulos.

Porém, ao analisar as questões 2 e 5 destes 15 estudantes, podemos afirmar que eles conseguiram respondê-las, mesmo apresentando erro de incerteza e/ou justificativa. Isso significa que os erros das questões 1 e 4 puderam ser interpretados como falta de atenção, acarretando esquecimento de desenhar e nomear raios e ângulos, ainda que as medidas dos ângulos das questões 2 e 5 tenham sido feitas corretamente. Assim, para a maioria dos estudantes da disciplina, que realizaram a atividade, a parte conceitual da Física foi compreendida, mas, ainda assim, excetuando os estudantes que não pontuaram a atividade, os demais tiveram erros quanto à incerteza e/ou justificativa da incerteza da medição dos ângulos. Como esta atividade é aplicada para diferentes cursos e em diferentes momentos de formação, percebemos que a estimativa de incertezas precisa ser melhor discutida em tutorias e outras atividades. Em particular, uma vez que para a maioria dos cursos esta disciplina é de primeiro período, é possível que seja uma falha na formação de base destes estudantes anterior ao ingresso no ensino superior. Não obstante, o erro deste problema se manteve independente do momento do curso em que o estudante se encontra.

Já nas questões 3 e 8, mais uma vez excetuando os estudantes que obtiveram zero pontos na atividade, apenas dois não conseguiram realizar o cálculo do índice de refração em ambas as questões, o que consideramos um erro matemático mais grave. Dos 29 estudantes, sete efetuaram pelo menos uma das questões por completo. Retirando estes sete (e os cinco que não pontuaram nada na atividade), 14 dos 15 estudantes restantes tiveram dificuldade quanto ao arredondamento da questão 3. Embora matematicamente o arredondamento seja conceitualmente simples, é possível imaginar que o erro dos estudantes não esteja de fato no arredondamento. Como estes estudantes tiveram dificuldades com as incertezas nas questões anteriores, a falha se propaga para estas questões, pois o arredondamento do número certo de casas decimais utilizadas dependia diretamente das incertezas obtidas para as medições dos ângulos.

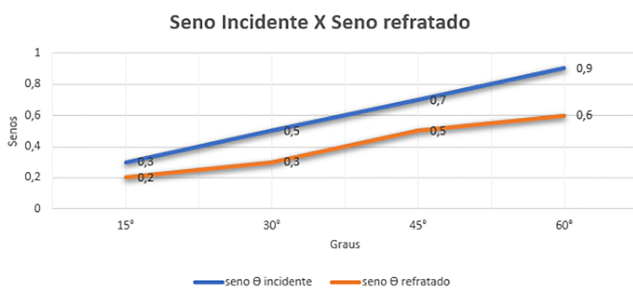
Por fim, para as questões 6 e 7, mesmo sem considerar os estudantes que não pontuaram a atividade, oito obtiveram zero pontos em pelo menos um dos gráficos, seis cometeram erros em, no mínimo, um gráfico e oito estudantes tiveram erros conceituais e/ou de justificativa. Ainda assim, cinco conseguiram realizar as duas questões por completo. Esses erros nos mostram que há áreas específicas onde os estudantes encontram dificuldades, indicando a necessidade de reforço ou revisão nos conceitos e habilidades relacionados à elaboração e interpretação de gráficos e justificativas conceituais.

Alguns trabalhos apontam que o uso de gráficos para explicar conceitos físicos é importante para os estudantes compreenderem os conteúdos abordados [29, 30]. Neste estudo, observamos que pelo menos uma parte dos estudantes não indicou as informações de um gráfico



**Figura 4:** Gráfico da questão 6 aluno 7. Outros alunos apresentaram erro semelhante.

$\theta$ Incidente	seno $\theta$ incidente	$\theta$ Refratado	seno $\theta$ refratado
15°	0,3	10°	0,2
30°	0,5	20°	0,3
45°	0,7	28°	0,5
60°	0,9	35°	0,6



**Figura 5:** Gráfico da questão 7 aluno 5.

de dispersão, como evidenciado na Figura 4, em que as informações foram apresentadas em um gráfico de barras. Na Figura 5, o estudante não indicou os valores do seno do ângulo de incidência no eixo vertical e os valores dos senos dos ângulos de refração no eixo horizontal. Entretanto, mesmo aqueles que fizeram corretamente os gráficos, tiveram alguma dificuldade na hora de extrair informações deles e para justificar suas respostas, como pode ser visto na Tabela 2. A necessidade de utilizar as ferramentas de cálculos matemáticos [31, 32], pode ser considerada mais uma dificuldade apontada na realização das questões pelo estudante.

#### 4. Considerações Finais

Este trabalho permitiu aos estudantes realizar uma atividade experimental a distância na qual o objetivo era identificar e medir os raios de luz incidente, refletido e refratado, medir os ângulos de incidência, reflexão e refração, e calcular o índice de refração da lente semicircular utilizando a razão entre o seno do ângulo de incidência e o seno do ângulo de refração. Durante a atividade, os estudantes puderam confirmar que os ângulos de reflexão são iguais aos ângulos de incidência,

conforme a lei da reflexão, e que o índice de refração da lente se mantém constante para todos os ângulos de incidência avaliados, empregando a Lei de Snell-Descartes.

Para os estudantes analisarem seus resultados de maneira aprofundada, solicitou-se que organizassem as informações em um gráfico, a fim de extrair as relações entre os ângulos de incidência e reflexão (Lei da Reflexão) e entre os senos dos ângulos (Lei de Snell-Descartes). Os resultados das correções das questões 1 e 4, nas quais os estudantes obtiveram mais pontos, estavam diretamente relacionados com as tarefas que observaram durante a prática de laboratório presencial da disciplina de ICF1. Isso sugere a possibilidade de que foi estabelecida uma relação entre a prática no laboratório e a atividade descrita neste texto. Por outro lado, os resultados das correções das questões 6 e 7 mostraram que alguns estudantes têm dificuldades fundamentais em apresentar dados em um gráfico, e mesmo aqueles que foram bem sucedidos nesta tarefa encontraram dificuldades em extrair informações do mesmo.

Em relação aos conceitos físicos, a maioria dos estudantes não apresentou falhas conceituais ao apontar e identificar os fenômenos físicos envolvidos nos processos da refração e reflexão da luz. No entanto, a qualidade das respostas decresce quando o formalismo matemático se torna necessário para resolver a questão, e principalmente ao acrescentar o uso de gráficos e a interpretação, que é um ferramental não apenas fundamental para a descrição quantitativa dos fenômenos mas também necessário para as disciplinas seguintes que quase todos os estudantes irão cursar ao longo de sua graduação.

A atividade cumpre o seu papel como parte de um conjunto de avaliações formativas para a disciplina de ICF1 [28], servindo também como avaliação diagnóstica para cada etapa do aprendizado do estudante. Avaliações deste tipo ajudam os docentes e/ou tutores a perceber em qual etapa da formação do conhecimento do estudante ou da turma uma determinada lacuna se encontra, onde então o auxílio do docente e/ou tutor para sanar o problema e dar continuidade ao aprendizado se faz premente.

As cinco maiores notas das avaliações analisadas são justamente as dos alunos que responderam corretamente as questões 6 e 7, relativas a gráficos e interpretações, enquanto as menores notas são de alunos que demonstraram dificuldades com o ferramental matemático necessário para a realização da atividade. Para este trabalho, a sequência didática parte da formalização dos conceitos físicos, seguido da introdução matemática do conteúdo através da Lei de Snell-Descartes e finalizado com a apresentação dos resultados finais em uma forma gráfica e sua respectiva interpretação.

Ressaltamos, por fim, que a atividade aqui proposta e discutida pode ser implementada em qualquer programa de ensino que aborde a óptica geométrica, seja no ensino médio ou superior, seja presencial ou a distância. Foi

utilizado o CEDERJ como caso de estudo justamente por proporcionar uma dificuldade inerente ao ensino a distância, que é o contato professor-estudante, e um número grande de estudantes por semestre, criando um grande conjunto amostral que pode ser acompanhado ao longo de sucessivos períodos. No entanto, uma vez que seja uma prática experimental para ser realizada individualmente e fora do ambiente de ensino através da videoanálise, ela pode ser implementada em diversos outros contextos sem grandes modificações.

## Apêndice A – Material Didático

### AD1 Prática de ICF1 – 2024.1

Polo: \_\_\_\_\_

Data: \_\_\_\_\_

Curso: \_\_\_\_\_

NOTA: \_\_\_\_\_

Nome Legível: \_\_\_\_\_

Assinatura: \_\_\_\_\_

### Olá, estudante da disciplina de ICF1!

Após as leituras recomendadas, vamos realizar algumas questões. Neste momento, faremos uma análise do vídeo de um experimento, a conexão do conteúdo apresentado no material didático da disciplina em situações cotidianas. Está preparado para este momento? Então vamos avançar! Relembre o que você fez e o que ainda precisa fazer:



Busque a ajuda dos tutores para fazer a sua AD1, se necessário. Você pode entrar em contato com eles pelas videotutorias, nos horários disponíveis. Ou ainda pelas ferramentas da plataforma denominadas “Fórum” e “Sala de Tutoria”, para colocar a sua dúvida e ter uma resposta da nossa equipe em até 24h durante a semana. Quando a dúvida é inserida de sexta a noite até domingo, respondemos até a segunda-feira seguinte.

Esta AD prática contém 8 questões e deve ser entregue na plataforma!

Bons estudos!

A Equipe.

## Questões

- 1) Para essa atividade, você deverá baixar o vídeo disponível na plataforma. Com o vídeo baixado, dê play e pause em um momento que seja possível visualizar os **raios incidente, refletido e refratado**. Tire um print dessa imagem do vídeo pausado e cole a imagem obtida em um *software* como Paint ou imprima a imagem (mantendo sempre as proporções originais na impressão). Identifique na imagem cada um dos raios observados. Sugestão: você pode indicar os raios utilizando retas de cores diferentes ou números em cada um deles. Indique também onde se localiza a **reta normal**, os **ângulos incidente, refletido e refratado**. Essa imagem, impressa ou feita no computador, deve estar anexada no espaço abaixo.
- 2) Depois das marcações, estime um valor para a medida dos **ângulos incidente, refletido e refratado** utilizando o transferidor da própria filmagem (caso esteja utilizando o computador) ou use um transferidor físico (caso tenha imprimido a imagem). Lembre-se que é importante manter as proporções originais da imagem. Anote abaixo os valores obtidos e registre por escrito como a medição foi feita. Estime as **incertezas** e explique como esse valor foi determinado.
- 3) Com os dados da questão anterior, calcule o **índice de refração** do material que é feito o semicírculo utilizado. Estime a **incerteza** para o **índice de refração**. Sugestão: para realizar a propagação de incerteza, desenvolva seus cálculos conforme indicado pelo experimento 4 do Módulo 1 do material didático.
- 4) Refaça os passos da questão 1 para outros 3 momentos diferentes do mesmo vídeo. Pause o vídeo em outros 3 frames que seja possível observar os raios pedidos. Anexe as 3 imagens no espaço abaixo. Sugestão: evite pausar o vídeo em instantes muito próximos do feito no item anterior.
- 5) Refaça os passos da questão 2 utilizando as novas imagens da questão 4.
- 6) Com os dados obtidos nas questões 2 e 5, faça uma tabela com os valores dos **ângulos incidente e refletido**. Com a tabela pronta, faça o gráfico para **ângulo incidente vs ângulo refletido**. É possível associar o comportamento do gráfico abaixo com alguma lei? Justifique.
- 7) Com os dados obtidos nas questões 2 e 5, faça uma tabela com os valores dos ângulos incidente, refratado, assim como os respectivos valores de seno. Com a tabela pronta, faça o gráfico para **seno do ângulo incidente vs seno do ângulo refratado**. É possível associar o comportamento do gráfico abaixo com alguma lei? Justifique.
- 8) Com os valores da tabela da questão 7, calcule o **índice de refração** do material para cada medida feita. Apresente o valor do **índice de refração**

e estime a **incerteza**. *Sugestão: para realizar a propagação de incerteza, desenvolva seus cálculos conforme indicado pelo experimento 4 do Módulo 1 do material didático.*

## Referências

- [1] M. Rodrigues e P.S. Carvalho, *Physics Education* **49**, 671 (2014).
- [2] A.L. Oliveira e V.L.B. Jesus, em: *Proceedings of XX IOSTE International Symposium* (Recife, 2022).
- [3] M.A. Almeida, *Introdução às Ciências Físicas I* (Fundação CECIERJ, Rio de Janeiro, 2009), v. 1.
- [4] M.S.T. Araújo e M.L.V.S. Abib, *Revista Brasileira de Ensino de Física* **25**, 176 (2003).
- [5] F.P. Couto, *Atividades experimentais em aulas de física: repercussões na motivação dos estudantes, na dialogia e nos processos de modelagem*. Dissertação de Mestrado, Universidade Federal de Minas Gerais, Minas Gerais (2009).
- [6] A. Cachapuz, D. Gil-Pérez, J.P. Carvalho e A. Vilches, *A necessária renovação do ensino das ciências* (Cortez, São Paulo, 2005).
- [7] K.F.G. Benfícia e K.H.G. Prates, *Brazilian Journal of Development* **6**, 33686 (2020).
- [8] V.L.B. Jesus e D.G.G. Sasaki, *Revista Brasileira de Física* **36**, 3503 (2014).
- [9] K. Maslova e C. Pérez, *Avances en la Enseñanza de la Física* **1**, 51 (2019).
- [10] A.B. Lapa e M.L. Belloni, *Perspectiva* **30**, 175 (2012).
- [11] M.F. Leão e D.L.P. Souto, *Revista Tecnologias na Educação* **13**, 1 (2015).
- [12] PhET, disponível em: <https://phet.colorado.edu/>.
- [13] F.O. Araújo, J.G.P. Neto e F.L.O. Rodrigues, *Revista Docentes* **6**, 52 (2021).
- [14] R.P. Lopes, J.C.D. Ferreira, R.R. Socha e E. Feitosa, em: *Anais do XVIII Simpósio Nacional de Ensino de Física* (Vitória, 2009).
- [15] M.R. Rossini, P.S. Camargo Filho, K.E. Yamaguti, M.J. Alves e L.H.C. Amorin, *Revista Brasileira de Ensino de Física* **44**, e20220076 (2022).
- [16] E.T. Nunes e I.P. da Silva, *Revista Tempos e Espaços em Educação* **14**, e20210194 (2021).
- [17] M.A. Monteiro, I.C.C. Monteiro, J.S.E. Germano e F. Sievers Junior, *Caderno Brasileiro de Ensino de Física* **30**, 191 (2013).
- [18] D. Brown e A.J. Cox, *The Physics Teacher* **47**, 145 (2009).
- [19] V.L.B. Jesus, *Experimentos e videoanálise – dinâmica* (Livraria da Física, São Paulo, 2014).
- [20] M.A. Dias, D.M. Vianna e P.S. Carvalho, *Ensaio Pesquisa em Educação em Ciências (Belo Horizonte)* **20**, e2947 (2018).
- [21] C. Sirisathitkul, P. Glawtanong, T. Eadkong e Y. Sirisathitkul, *Revista Brasileira de Ensino de Física* **35**, 1504 (2013).
- [22] A.G. Bezerra Junior, L.P. Oliveira, J.A. Lenz e N.C. Saavedra Filho, *Caderno Brasileiro de Ensino de Física* **29**, 469 (2012).
- [23] C.A.C. Pérez, A.L. Oliveira, V.L.B. Jesus e D.G.G. Sasaki, *Revista Brasileira de Ensino de Física* **42**, e20200142 (2020).
- [24] S.M.B. Melo, V.L.B. Jesus e D.G.G. Sasaki, *Revista Brasileira de Ensino de Física* **44**, e20220158 (2022).
- [25] A.G. Bezerra Junior, J.A. Lenz, N.C. Saavedra Filho, M.V. Peres, O. Cossi Junior, A.C. Mello e S.A.H. Conceição, *Acta Scientiae* **17**, 813 (2015).
- [26] P.A. Marín, M.C. Bacilio e S.J. Rosas, *European Journal of Physics* **39**, 035204 (2018).
- [27] E.S. Silva, G.A.C. Perez, A.L. Oliveira e V.L.B. Jesus, *Physics Education* **59**, 035007 (2024).
- [28] C.V. Sarmiento, G.M. Penello e L. Sigaud, *Revista Educação a Distância* **10**, 71 (2020).
- [29] R. Beichner, *Am. J. Phys.* **62**, 750 (1994).
- [30] D.A. Agrello e R. Garg, *Revista Brasileira de Ensino de Física* **21**, 103 (1999).
- [31] E. Okuno, I.L. Caldas e C. Chow, *Física para ciências biológicas e biomédica* (Harbra, São Paulo, 1982).
- [32] P.G. Hewitt, *Conceptual physics* (Addison Wesley, Boston, 1998).