

## UMA UEPS PARA O ENSINO DOS ESPELHOS ESFÉRICOS

*An UEPS to learning spherical mirrors*

**André Luís Miranda de Barcellos Coelho** (prof.barcellos@hotmail.com)

**Cézar Borges Teixeira** (prof.cezar@gmail.com)

**Fábio de Oliveira** (biofadf@gmail.com)

**Samara Leite Brito Meira** (samarabrito@samarabrito.com)

*Mestres em Ensino de Física pela UnB/SBF (MNPEF).*

*Professores da Secretaria de Estado de Educação do Distrito Federal.*

### Resumo

Neste trabalho exploramos a elaboração, a aplicação e a análise dos resultados de uma sequência didática sob o formato de Unidade de Ensino Potencialmente Significativa (UEPS), envolvendo conceitos de óptica geométrica aplicados aos espelhos esféricos. Toda ela foi desenvolvida a partir dos conhecimentos prévios identificados por teste de sondagem por meio do uso de tecnologias digitais. A partir daí utilizamos situações problema e objetos concretos para conduzir a aprendizagem de conceitos básicos de Física óptica de espelhos esféricos. Observamos, ainda que qualitativamente, que os estudantes estiveram mais motivados a aprender e apresentaram resultados melhores nas avaliações.

**Palavras-chave:** UEPS, Aprendizagem Significativa, Espelhos Esféricos, Óptica Geométrica.

### Abstract

In this paper we explore a teaching approach based on *UEPS* for optical teaching of spherical mirrors in a didactic sequence format. All of it was developed from previous knowledge identified by probing test and use of new technology in classroom. From there we use problems situations and concrete objects to lead to learning basics of optical physics spherical mirrors. We also observed qualitatively, the students were more motivated to learn and presented better results in the ratings.

**Key Words:** UEPS, meaningful learning, spherical mirrors, optics.

## 1. Introdução

Estar disposto a aprender sempre. Talvez seja esta a habilidade mais importante que um educador pode desenvolver ao longo da sua trajetória profissional. Um bom exemplo da importância de estar sempre disposto a aprender é a utilização de tecnologias para a educação. As tecnologias digitais parecem ser excelentes ferramentas educacionais e que a escola resiste em usar [LEVY 1999]. Entretanto, explorar suas potencialidades educacionais de opcional está se convertendo, gradativamente, em uma necessidade, nas últimas décadas.

Neste trabalho, optamos por aplicar uma metodologia desenvolvida pelo professor Marco Antonio Moreira, conhecida como Unidades de Ensino Potencialmente Significativas (UPES) (MOREIRA, 2011). Nas UEPS, Moreira funde as ideias de alguns teóricos como David Ausubel, Vergnaud e Johnson-Laird, apresentando etapas para a construção de uma sequência didática que visa promover a *aprendizagem significativa*, conceito central da teoria de Ausubel<sup>1</sup>. A estrutura da UPES permite que os professores atuem diretamente nas demandas de aprendizagem dos estudantes, fazendo com que, em cada turma, a trilha de aprendizagem seja única, reforçando a ideia de ensino personalizado. Neste artigo apresentaremos os resultados de 3 turmas de 9º ano do ensino fundamental II em uma escola privada de classe média-alta, em Brasília.

A escolha da sequência voltada para a aprendizagem mais significativa de conceitos de óptica geométrica de espelhos esféricos se deu pela dificuldade que alguns dos professores enfrentam ao abordar este conteúdo em sala de aula (DE ALMEIDA, 2013). Neste trabalho, será possível perceber que os resultados alcançados surpreenderam logo nas primeiras atividades. A medida do desenvolvimento do projeto, foi necessário reestruturar conceitos e reelaborar atividades. Todas as atividades foram discutidas considerando o trabalho de Moreira (2011) e adequando-o ao repertório acadêmico e experiência dos autores<sup>2</sup>.

## 2. Fundamentação Teórica

### 2.1 Teoria da Aprendizagem Significativa de David Ausubel e as Unidades de Ensino Potencialmente Significativas (UEPS)

Na teoria da aprendizagem de Ausubel, se conceitua aprendizagem como a organização e integração do material (informação) na estrutura cognitiva (mente ou equivalente interno) (MOREIRA, 1999). Para Ausubel, a aprendizagem deve ser baseada naquilo que o estudante já conhece, ou seja, aprendizagem seria a construção mais ampla e complexa de conceitos pré-existentes adquiridos ou pela experiência individual ou adquirida culturalmente. Contudo, a aprendizagem não se restringe a completar um objeto preexistente, mas também pela modificação de uma estrutura cognitiva já existente.

É dado o nome de *conceito subsunçor* para aqueles conhecimentos preexistentes ao processo de aprendizagem. Eles servem como ganchos sobre os quais serão “pendurados”, e eventualmente integrados, os novos conhecimentos. Ausubel acredita que o conhecimento humano é organizado e hierarquizado, ou seja, conceitos gerais se ramificam em conceitos mais específicos

<sup>1</sup> Para Ausubel, os conhecimentos prévios dos alunos devem servir de fundação para construção de novos conhecimentos. Segundo este teórico, a aprendizagem acontece à medida que o novo conteúdo é incorporado às estruturas preexistente do estudante e adquire significado para ele a partir da relação com seu conhecimento prévio.

<sup>2</sup> Os autores deste artigo são professores do Ensino Fundamental II e Médio há mais de 10 anos em Brasília atuando tanto no ensino privado como no ensino público.

de maneira ordenada e lógica. Nesse contexto o termo *estrutura cognitiva* significa uma estrutura hierárquica de conceitos que são representações de experiências sensoriais do indivíduo (MOREIRA, 1999).

Em oposição ao que ele chama de aprendizagem significativa, há a aprendizagem mecânica que acontece quando os novos conhecimentos não têm nenhum conceito subsunçor para se apoiar ou tem pouca relação com eles. Mesmo definindo essa dicotomia entre aprendizagem significativa e mecânica, Ausubel ressalta que elas convivem contemporaneamente. Sendo assim ele não exclui a possibilidade de uma aprendizagem mecânica vir a tomar significado no futuro, quando o indivíduo experimentar novas vivências e criar novos conceitos subsunçores.

Em sua teoria, Ausubel enuncia que a condição para que haja aprendizagem significativa é a que o conhecimento (ou material, como é chamado na teoria de Ausubel) a ser aprendido seja *relacionável* com a estrutura cognitiva do aprendiz, ou seja, é necessário que haja uma relação possível (organizada e hierárquica) entre os subsunçores e o novo material. Aqui entra o papel do que ele chama de *organizador prévio*, que seriam conhecimentos introdutórios que serviriam como pontes entre o que já era conhecido com o que se pretende conhecer.

Quando há aprendizagem significativa, segundo Ausubel, verifica-se: a posse de significados claros, precisos, diferenciados e transferíveis (MOREIRA, 1999). Porém, avaliar isso não é tarefa simples, já que ao ser inquirido sobre o assunto, o estudante pode fornecer como resposta apenas conceitos mecanicamente memorizados. Ele argumenta que a tradição de realizar exames pode condicionar o aluno a memorizar equações, conceitos e formas de resolver problemas padronizados. Ou seja, é necessário que a avaliação da aquisição de aprendizagem significativa aconteça nos moldes da aquisição dessa aprendizagem.

Apesar de ser estruturada como uma teoria da aprendizagem, a teoria de Ausubel não é metodológica. Isso quer dizer que não há nenhuma prescrição normativa sobre como se deve conduzir o processo de aprendizagem. Há diversos autores que prescrevem metodologias de ensino, que normalmente são testadas e validadas. Um exemplo de tal prescrição metodológica é o trabalho de Moreira (2011) denominado Unidades de Ensino Potencialmente Significativas (UEPS).

### 3. Metodologia

Este trabalho consistiu na elaboração, aplicação e avaliação de uma Unidade de Ensino Potencialmente Significativa (UEPS) sobre óptica geométrica de espelhos esféricos. Para esta atividade foram elencados os seguintes tópicos:

- Caracterização qualitativa dos espelhos esféricos côncavo e convexo;
- Reflexão e raios notáveis;
- Processo de formação de imagens nos espelhos esféricos (côncavo e convexo).

De acordo com as orientações de Moreira (2011), a abordagem metodológica deste trabalho procurou envolver:

- O levantamento dos conhecimentos prévios dos alunos sobre o conteúdo a ser abordado;

- A elaboração de atividades potencialmente significativas, ou seja, relacionadas com dois aspectos: com a matéria de ensino e com os conhecimentos prévios apresentados pelos alunos;
- A organização o conteúdo de ensino de forma hierárquica, iniciando a proposta com tópicos mais gerais e inclusivos e, em seguida, partindo para uma abordagem mais específica e detalhada.
- A aplicação da proposta priorizando os princípios da diferenciação progressiva e da reconciliação integradora. Estes princípios defendem que os processos de ensino devem considerar uma gradativa descrição da matéria de ensino em conceitos cada vez mais específicos para em seguida, abordar situações em que os conceitos específicos se relacionam entre si.

Além disso, atividades desenvolvidas ao longo da aplicação buscaram despertar ao engajamento dos alunos em participar do processo, ao debater situações cotidianas e atuais de interesse geral. Utilizamos como teste sondagem um formulário produzido no *Google Forms*. Atividades utilizando material impresso, debates sobre reportagens, discussões sobre um vídeo e espelhos diversos nos serviram para construir, sobre os subsunçores identificados, novos conhecimentos. Além disso, o professor aplicador contou com um diário de bordo onde registrou as informações que considerou relevantes.

A estrutura da UEPS, elaborada segundo as orientações de Moreira (2011), é apresentada a seguir.

#### 4. UEPS – Espelhos Esféricos

**Objetivo:** Ensinar as características dos espelhos côncavo e convexo, o comportamento dos raios notáveis nestes espelhos e os respectivos processos de formação de imagem.

##### 4.1 Primeiro Encontro (uma hora aula):

###### 4.1.1 Situação inicial

Os alunos realizaram uma sondagem preliminar para identificar os conhecimentos prévios que traziam sobre espelhos esféricos. O levantamento dos dados para a sondagem foi feito por meio do preenchimento de um *Google Forms*<sup>3</sup> e buscou evidenciar a presença de conhecimentos quanto aos espelhos através de aplicações cotidianas. O levantamento contou com figuras apresentando imagens formadas em um espelho plano e em uma bola de Natal.

###### 4.1.2 Situações-problema iniciais

Manuseando espelhos esféricos, os alunos preencheram um formulário impresso no qual deveriam descrever as características das imagens observadas. O formulário continha orientações quanto ao posicionamento do objeto frente ao espelho e os alunos deveriam indicar se o tamanho da imagem era maior, menor ou igual ao do objeto. Além disso, deveriam informar se a imagem formada era direita ou invertida.

---

<sup>3</sup> Google Forms é uma das ferramentas disponibilizadas pelo Google, especificamente, pelo Google Docs capaz de facilitar a tarefa do professor, tornando-o capaz de ouvir a “voz do aluno” online, organizando suas opiniões em tabelas e gráficos estatísticos. (HEIDEMANN, OLIVEIRA e VEIT, 2010)

## 4.2 Segundo Encontro (uma hora aula):

### 4.2.1 Nova situação-problema

A partir de uma reportagem<sup>4</sup>, foi proposta nova situação-problema: explicar o problema enfrentado pelos moradores/visitantes de uma determinada região na cidade de Londres. O problema em questão se refere a uma faixa da calçada em que anúncios ficam tortos, carros apresentam marcas de derretimento, carpetes ficam queimados, pessoas sentem a pele e os cabelos queimarem. O problema foi apresentado de forma impressa junto com figuras que ilustram esta situação. Os alunos se organizaram em grupos para elaborar uma explicação para a situação. Após discutirem, eles sugeriram uma explicação com um desenho e um texto.

Em seguida, por meio de uma aula expositiva, o professor apresentou os elementos geométricos dos espelhos esféricos (centro de curvatura, foco e vértice) e o comportamento dos raios notáveis ressaltando o princípio da reversibilidade dos raios luminosos. Alguns alunos foram capazes de relacionar os aspectos teóricos com a situação problema apresentada.

## 4.3 Terceiro Encontro (uma hora aula):

### 4.3.1 Aprofundando os conhecimentos

**“É possível acender um palito de fósforos usando a luz do sol e um espelho?”**

Foi feito um curto debate em torno da pergunta, dando oportunidade para que os alunos pudessem expressar a própria opinião. Para ampliar o conhecimento dos alunos e propor uma solução para a situação-problema apresentada, foi considerado o acendimento da Tocha Olímpica<sup>5</sup> no dia 24 de abril de 2016 em Olímpia – Grécia.

Também foi apresentado o vídeo da reportagem que deu origem à situação problema da aula anterior. O professor, a partir do conteúdo explorado anteriormente (elementos geométricos dos espelhos esféricos e o comportamento dos raios notáveis), abordou as situações problema em uma aula expositiva.

## 4.4 Quarto Encontro (uma hora aula):

### 4.4.1 Retomando aspectos mais gerais e estruturantes

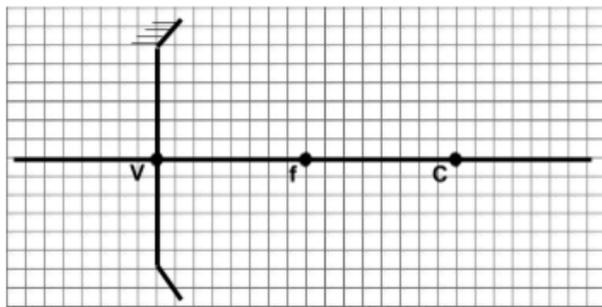
Nesta etapa o professor traçou dois raios notáveis que partiam de um objeto posicionado sobre o centro de curvatura de um espelho esférico côncavo, e mostrou o ponto de cruzamento/intersecção destes raios após serem refletidos na superfície do espelho. Neste momento o professor questionou se este cruzamento de raios está relacionado à formação de imagens, mostrando, em seguida, as características da imagem formada nesse caso. Dedicou para isso cerca de 15 minutos.

Situação-problema: como representar (desenhar) as imagens que observamos em espelhos esféricos em qualquer situação?

<sup>4</sup> Reportagem disponível em < <http://g1.globo.com/jornal-nacional/noticia/2013/09/predio-reflete-luz-do-sol-e-jornalista-frita-ovo-na-calçada-em-londres.html>>, acesso em 10 de abril de 2016.

<sup>5</sup> Como é possível acender a tocha olímpica com a luz solar? Disponível em <<http://fisicanaveia.blogosfera.uol.com.br/2016/04/21/como-e-possivel-acender-a-tocha-olimpica-com-a-luz-sol/>>, acessado em 10 de abril de 2016.

Para cobrir todos os casos de formação de imagem em espelhos esféricos, o professor distribuiu uma atividade impressa na qual os alunos deveriam representar a imagem formada para objetos localizados em posições distintas sobre o eixo principal. A atividade fez uso de um campo quadriculado com a representação geométrica dos espelhos esféricos (figura 1) e de um espaço para que o aluno caracterizasse a imagem formada. O professor solicitou então que os estudantes esboçassem dois raios notáveis distintos, procurando o ponto de cruzamento para, em seguida, construir as imagens. Neste momento o professor fez intervenções retomando o comportamento dos raios notáveis, sanando dúvidas quanto às características das imagens formadas. Além disso, ele ficou atento à manifestação das concepções prévias dos estudantes sobre a formação de imagens por espelhos esféricos apresentadas por Oliveira (2009, p. 91-95), principalmente a formação da imagem na superfície do espelho. Dedicou para essa tarefa cerca de 25 minutos.



Caracterização da imagem:

---



---



---



---

Figura 1: Campo quadriculado usado para a representação das imagens.

#### 4.5 Quinto Encontro (uma hora aula):

##### 4.5.1 Encontro final integrador

Neste encontro, com o objetivo de reintegrar o conteúdo abordado ao longo do projeto, o professor retomou o significado dos conceitos construindo um quadro na lousa com a participação dos alunos (quadro 1). O quadro retoma cada caso de formação de imagem e destaca suas aplicações. Durante a elaboração do quadro o professor representou, também na lousa, as imagens formadas em cada caso.

Após o preenchimento do quadro, foram apresentadas, com o auxílio de um *notebook* e de um *datashow*, duas simulações computacionais<sup>6</sup> com o objetivo de mostrar para os estudantes a formação de imagens em espelhos esféricos e planos, considerando as condições de nitidez de Gauss.

<sup>6</sup> Simulações disponíveis em < <http://www.edy.pro.br/espelhos/simulador.swf> > e < <http://www.cienciamao.usp.br/tudo/exibir.php?midia=tex&cod= espelhoesferico> > acesso em 10 de maio de 2016.

**Quadro 1:** Quadro de resumo dos casos de formação de imagens.

	<b>Caso</b>	<b>Posição do Objeto</b>	<b>Imagem</b>	<b>Posição da Imagem</b>	<b>Aplicação cotidiana</b>
Espelho Plano	<b>Único</b>	qualquer posição	$VD=$	à mesma distância	Espelho de decoração, espelho do banheiro
Espelho Côncavo	<b>1</b>	no infinito	Real e em forma de ponto	no foco	Acender a tocha olímpica
	<b>2</b>	antes do C	$RI<$	Entre C e F	Não conheço
	<b>3</b>	no C	$RI=$	Sobre o C	Holograma?
	<b>4</b>	entre C e F	$RI>$	à esquerda do C	Projetor de Filmes/Slides
	<b>5</b>	no F	Imprópria	no infinito	Lanterna
	<b>6</b>	entre o F e o V	$VD>$	atrás do espelho	Espelho de aumento, de maquiagem
Espelho Convexo	<b>Caso único</b>	qualquer posição	$VD<$	atrás do espelho	Espelho retrovisor, espelho de garagem

#### 4.6 Sexto Encontro (uma hora aula):

##### 4.6.1 Avaliação

O professor se manteve atento a indícios de aprendizagem significativa durante todas as etapas do projeto e neste encontro contou com um instrumento avaliativo adicional: um formulário online<sup>7</sup>. A matéria de ensino abordada nesta sequência didática serviu de base para a elaboração deste formulário online do *Google Forms*. Este formulário compôs uma sondagem final e as questões foram elaboradas com auxílio de figuras e situações do cotidiano.

Nesta ocasião também foi apresentado um formulário para recolher a opinião dos alunos sobre a metodologia adotada. O formulário está disponível para acesso no link: <http://bit.ly/feedbackueps>

<sup>7</sup> O formulário está disponível para acesso no link: <http://bit.ly/atividadefinalueps>

#### 4.6.1.1 Avaliação da UEPS

A forma escolhida para abordar o conteúdo, as atividades elaboradas e os dados obtidos na aplicação foram considerados na avaliação da UEPS desenvolvida neste trabalho. Procuramos realizar uma avaliação aos moldes ausubelianos (como citado na seção “Fundamentação teórica”). Queremos dizer com isso que a avaliação foi feita nos moldes da própria experiência educacional vivenciada pelo aluno. Evitamos, mas não eliminamos, a presença de questões tradicionais, mas levamos em conta as evidências de aprendizagem significativa demonstradas pelos estudantes ao longo de toda a prática.

### 5. Resultados

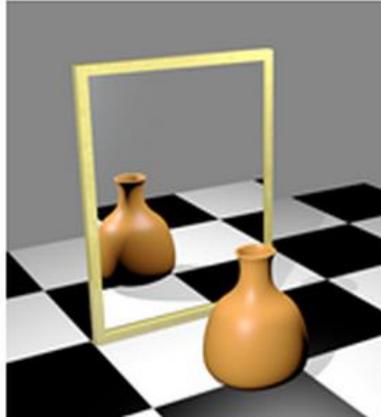
Na elaboração da sequência didática para esta UEPS, optamos por aplicar, na primeira aula, um questionário diagnóstico com intuito de analisar qualitativamente, ainda que baseado em resultados quantitativos, as concepções dos estudantes a respeito da reflexão da luz em superfícies esféricas e planas. É válido ressaltar que os estudantes já haviam estudado espelhos planos, por meio da metodologia tradicional, durante as aulas de Física. Além da sondagem, foram realizadas ao longo do projeto atividades práticas, sondagem final e um questionário de *feedback*. Os resultados de cada uma destas atividades estão apresentados a seguir.

#### 5.1 Sondagem Inicial

A análise foi feita de maneira qualitativa, apesar dos resultados aparecerem em forma de gráficos de percentual. Essa escolha foi feita por se tratar de um pequeno espaço amostral e de modo algum queremos generalizar esses resultados como resultados esperados em futuras aplicações dessa UEPS. Há diversos fatores que podem influir diretamente na aprendizagem que não foram levados em conta em nossas análises, tais como fatores sócio-afetivos dos estudantes. Sensível a esse ponto, ressaltamos que os resultados apresentados só têm validade no âmbito da presente aplicação e são apenas indícios que foram analisados sobre o escopo da teoria cognitivista da aprendizagem.

Em se tratando de espelhos, é bem provável que você pense em um objeto plano capaz de refletir a luz e formar imagens. A figura a seguir mostra um espelho formando uma imagem.

Espelho plano refletindo a imagem de um vaso.

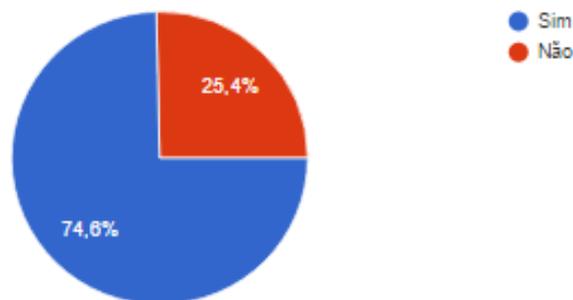


1) Você já viu um espelho que não fosse plano? \*

- Sim
- Não

**Figura 2:** Captura de tela da questão 1.

1) Você já viu um espelho que não fosse plano? (71 respostas)

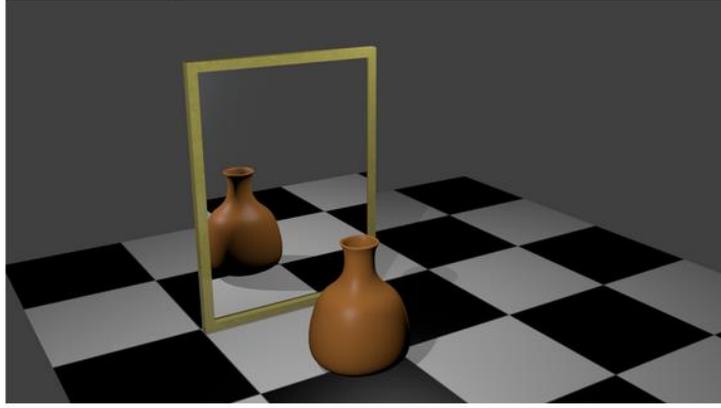


**Gráfico 1:** Distribuição das respostas dos estudantes na questão 1.

A primeira questão foi elaborada de forma a sondar o conhecimento do estudante e a suas ideias a respeito da forma geométrica dos espelhos. Analisando o resultado apresentado no gráfico 1 podemos perceber que  $\frac{1}{4}$  dos estudantes afirma não ter visto um espelho que não fosse plano, mostrando que há um número considerável de jovens sem contato prévio com espelhos que sejam diferentes dos planos.

A próxima questão aborda a posição da imagem em relação ao espelho.

Observe a imagem abaixo:



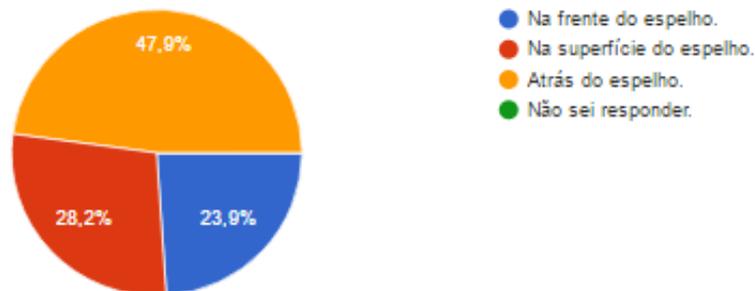
2) Onde se forma a imagem do objeto posicionado em frente ao espelho? \*

- Na frente do espelho.
- Na superfície do espelho.
- Atrás do espelho.
- Não sei responder.

**Figura 3:** Captura de tela da questão 2.

2) Onde se forma a imagem do objeto posicionado em frente ao espelho?

(71 respostas)



**Gráfico 2:** Distribuição das respostas dos estudantes na questão 2.

A questão foi elaborada de forma a identificar se os estudantes conseguem perceber onde se forma a imagem de um objeto posicionado frente a um espelho plano, portanto a resposta esperada era: **Atrás do espelho**. No entanto, a análise do gráfico 2 nos leva a perceber que 52,1% dos estudantes não percebe que a imagem se forma atrás do espelho. Observa-se pelo gráfico 2 que como resposta a essa questão obtivemos percentuais próximos em cada alternativa. Esse comportamento pode ser interessante, pois parece revelar que não constitui um subsunçor as imagens formadas no espelho plano. Mais uma vez, ressaltamos que o estudo geométrico desse processo de formação de imagens já foi abordado durante as aulas de Física.

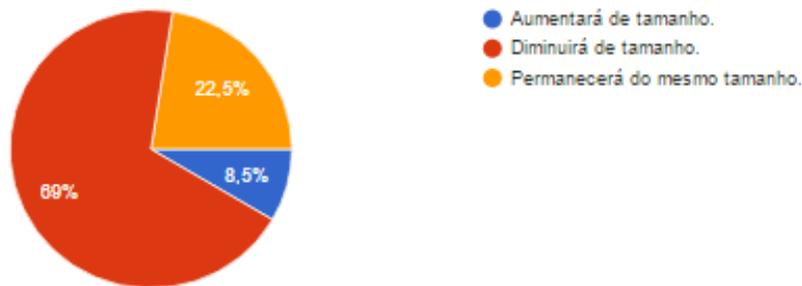
Na questão 3 procuramos investigar as concepções relativas ao comportamento da imagem quando um objeto move em relação a um espelho plano.

3) Quando afastamos um objeto de um espelho plano, sua imagem: \*

- Aumentará de tamanho.
- Diminuirá de tamanho.
- Permanecerá do mesmo tamanho.

**Figura 4:** Captura de tela da questão 3

3) Quando afastamos um objeto de um espelho plano, sua imagem:  
(71 respostas)



**Gráfico 3:** Distribuição das respostas dos estudantes na questão 3

Aqui nos deparamos com 77,5% dos estudantes afirmando que a imagem sofre uma variação de tamanho ao deslocarmos o objeto em relação ao espelho. Desta forma, os dados neste caso, nos levam a perceber que mesmo quando o conteúdo é abordado em sala de aula de forma tradicional e sem preocupação com a aprendizagem significativa, os estudantes que participaram dessa aplicação não conseguem assimilar ou diferenciar o conceito imagem, mantendo-o tal qual estava anteriormente. Este fato torna necessária uma estratégia de ensino que auxilie os estudantes a diferenciar este conceito em termos mais específicos apresentando similaridades e diferenças quando comparado ao aceito no meio científico.

Na questão 4 os estudantes foram levados a refletir sobre a existência de mais de um tipo de espelho, vejamos

4) Que tipo de espelho pode ser utilizado como espelho de aumento? \*

- Espelhos como a parte de dentro de uma colher (côncavos).
- Espelhos como a parte de fora de uma colher (convexos).
- Espelhos planos.
- Não sei responder.

**Figura 5:** Captura de tela da questão 4.

## 4) Que tipo de espelho pode ser utilizado como espelho de aumento?

(71 respostas)

**Gráfico 4:** Distribuição das respostas dos estudantes na questão 4.

Pela primeira vez nesse questionário o estudante é confrontado com a possibilidade de classificar os espelhos. Observamos que 40,8% dos estudantes marcou a opção correta como resposta. No entanto, um número grande de estudantes, 56,3%, assinalou as opções incorretas.

Na questão 5 o estudante se depara com um situação cotidiana, vejamos

Observe a imagem formada na bola de Natal:



5) O homem representado na foto observa que sua imagem refletida na bola de natal fica menor. Se ele olhasse para a parte de dentro de uma bola como esta (também espelhada), sua imagem: \*

- Seria sempre menor.
- Seria sempre maior.
- Poderia se formar de cabeça para baixo.
- Nunca vi um espelho assim, por isso não sei responder.

**Figura 6:** Captura de tela da questão 5.

5) O homem representado na foto observa que sua imagem refletida na bola de natal fica menor. Se ele olhasse para a parte de dentro de uma bola como esta (também espelhada), sua imagem:

(71 respostas)



**Gráfico 5:** Distribuição das respostas dos estudantes na questão 5.

Nesta questão procurou-se explorar se o estudante conhece os diferentes tipos de imagens formados por espelhos esféricos, especificamente por espelhos convexos. Percebe-se que 66,2% dos estudantes marcaram aleatoriamente os itens **SERIA SEMPRE MENOR** e **SERIA SEMPRE MAIOR**, poucos se consideram incapazes de responder o item, e cerca de 22,5% demonstram conhecer a resposta correta para questão.

Na questão 6, procurou-se explicar o conhecimento dos estudantes à respeito da formação de imagens nos espelhos convexos.

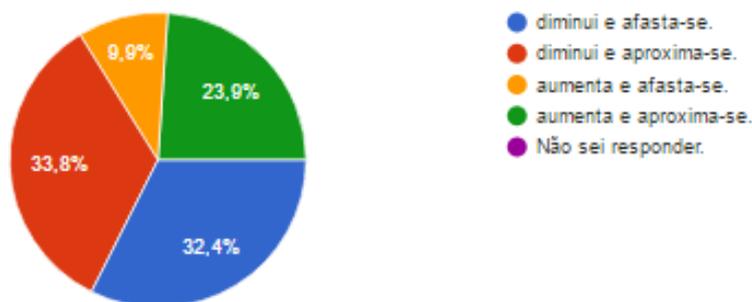
6) Quando um objeto se aproxima de uma bola de Natal, a sua imagem: \*

- diminui e afasta-se.
- diminui e aproxima-se.
- aumenta e afasta-se.
- aumenta e aproxima-se.
- Não sei responder.

**Figura 7:** Captura de tela da questão 6.

6) Quando um objeto se aproxima de uma bola de Natal, a sua imagem:

(71 respostas)



**Gráfico 6:** Distribuição das respostas dos estudantes na questão 6.

Na última questão, 66,2% dos estudantes optaram por alternativas que indicassem redução no tamanho da imagem quando um objeto se aproxima de uma bola de natal (espelho convexo). Apenas 23,9% dos estudantes responderam corretamente à questão. A análise do gráfico indica que o conceito imagem apresentado pela maioria dos estudantes difere do conceito imagem aceito no contexto científico.

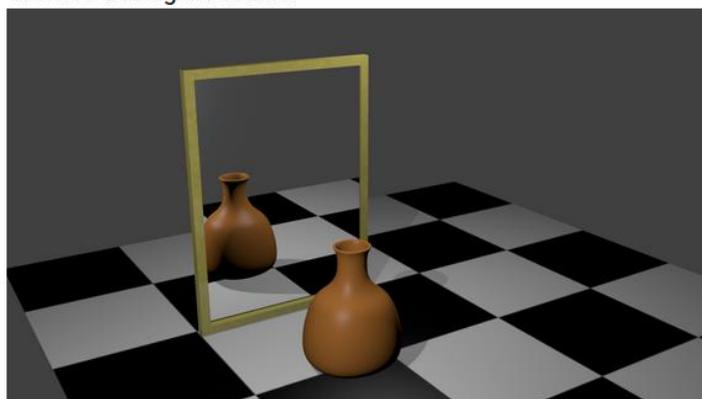
Os conhecimentos apresentados pelos alunos na sondagem inicial serviram de base para a elaboração das atividades usadas na sequência didática, ao final da qual foi realizada uma sondagem final e uma pesquisa de opinião.

## 5.2 Sondagem Final

De forma similar à sondagem, foi elaborado um questionário para avaliar o processo de aprendizagem dos estudantes. A seguir apresentaremos os principais resultados.<sup>8</sup>

Ao longo das últimas aulas, observamos que existem espelhos que não são planos. Além disso, percebemos que os espelhos esféricos podem gerar imagens muito curiosas. Considerando este período de estudo e as situações associadas a ele, responda às perguntas a seguir.

Observe a imagem abaixo:



1) Onde se forma a imagem do vaso posicionado em frente ao espelho? \*

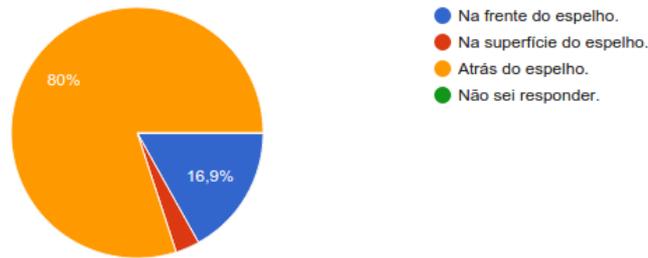
- Na frente do espelho.
- Na superfície do espelho.
- Atrás do espelho.
- Não sei responder.

**Figura 8:** Captura de tela da questão 1 da sondagem final.

<sup>8</sup> Os resultados completos estão disponíveis no link: <http://bit.ly/resultadoUEPS>

## 1) Onde se forma a imagem do vaso posicionado em frente ao espelho?

(65 respostas)

**Gráfico 9:** Distribuição das respostas dos estudantes na questão 1 da sondagem final.

Com relação à posição da imagem em um espelho plano, os resultados da sondagem final mostram que 80% dos alunos assinalou opção correta, ou seja, respondeu que a imagem se forma atrás do espelho. Isso representa um crescimento de mais de 30% no número de respostas corretas em relação à sondagem inicial.

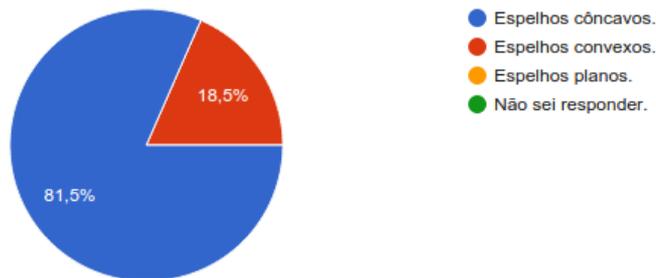
## 2) Que tipo de espelho pode ser utilizado como espelho de aumento? \*

- Espelhos côncavos.
- Espelhos convexos.
- Espelhos planos.
- Não sei responder.

**Figura 9:** Captura de tela da questão 2 da sondagem final

## 2) Que tipo de espelho pode ser utilizado como espelho de aumento?

(65 respostas)

**Gráfico 10:** Distribuição das respostas dos estudantes na questão 2 da sondagem final.

Quanto à escolha de um espelho para ser usado como espelho de aumento, 81,5% dos alunos optou pelo espelho côncavo, enquanto 18,5% escolheu o espelho convexo. Este resultado indica aumento de 38,3% no número de respostas corretas.

Observe a imagem formada na bola de natal e responda às questões 3 e 4.



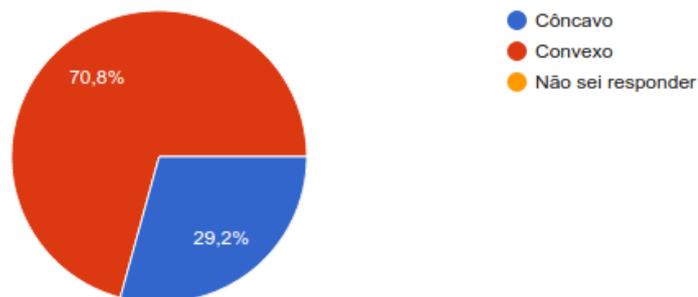
3) Neste caso a bola de natal se comporta como um espelho côncavo ou convexo? \*

- Côncavo
- Convexo
- Não sei responder

**Figura 10:** Captura de tela da questão 3 da sondagem final.

**3) Neste caso a bola de natal se comporta como um espelho côncavo ou convexo?**

(65 respostas)



**Gráfico 11:** Distribuição das respostas dos estudantes na questão 3 da sondagem final

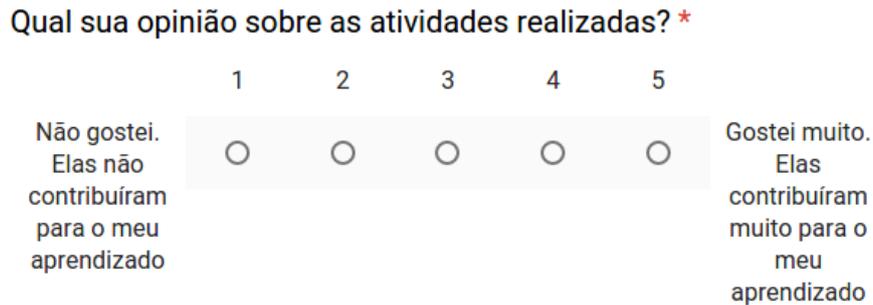
Ao observarem a foto que apresentava uma bola de natal e a imagem formada por ela, 70,8% dos alunos classificou a bola como um espelho convexo. Da mesma forma, ao observarem a foto que apresentava a parte côncava de uma colher formando a imagem invertida de uma moeda, 73,8% dos alunos classificou-a como um espelho côncavo.

Finalizando a sondagem final, duas questões foram apresentadas para avaliar a compreensão dos alunos com relação à direção dos raios solares refletidos por espelhos. A primeira questão trazia a foto do edifício construído em Londres e que motivou uma das situações problema propostas para os alunos. Nesta questão, 78,5% dos alunos classificou o edifício como um espelho côncavo com foco posicionado onde se encontrava o veículo que sofreu avarias (deformação de partes plásticas).

A última questão estava relacionada à lenda segundo a qual Arquimedes teria incendiado uma esquadra utilizando espelhos para concentrar os raios solares sobre os navios. Apesar de apenas 52,3% dos alunos ter identificado a distância focal do espelho usado como a distância entre este e a vela dos barcos incendiados, 73,8% assinalou que os espelhos usados por Arquimedes no contexto desta lenda deveriam ser côncavos.

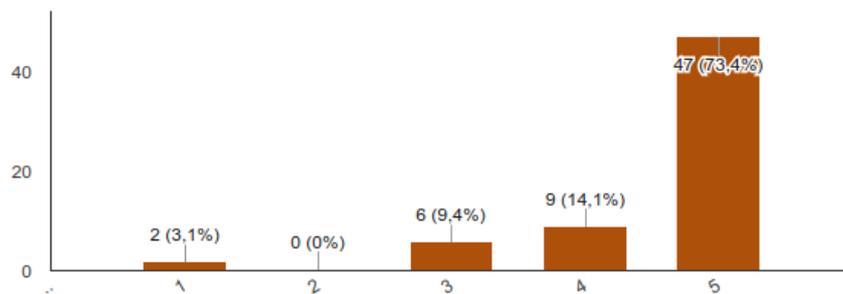
### 5.3 Feedback

Encerrada a sondagem final teve início a pesquisa de opinião e os resultados indicam que os alunos avaliaram positivamente o trabalho desenvolvido. Em geral, eles gostaram das atividades, julgando-as relevantes para o aprendizado, conforme dados do gráfico abaixo.



**Figura 11:** Captura de tela da questão 1 do feedback

Qual sua opinião sobre as atividades realizadas? (64 respostas)



**Gráfico 12:** Distribuição das respostas dos estudantes na questão.

Os alunos também julgaram as atividades como adequadas aos objetivos das aulas e acentuaram que as discussões realizadas em grupo os ajudaram a compreender os tópicos abordados.

Como você avaliaria as discussões realizadas em grupo durante as atividades? \*

	1	2	3	4	5	
Não me ajudaram a compreender os tópicos abordados.	<input type="radio"/>	Me ajudaram a compreender os tópicos abordados.				

Figura 12: Captura de tela da questão 4 do feedback.

Como você avaliaria as discussões realizadas em grupo durante as atividades?

(64 respostas)

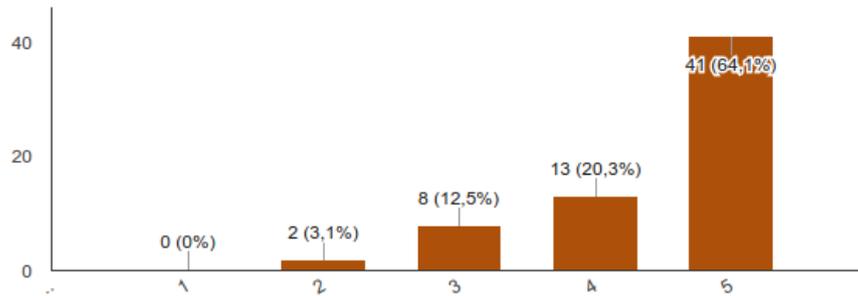


Gráfico 13: Distribuição das respostas dos estudantes na questão

Com relação à percepção dos estudantes à respeito da estratégia didática adotada neste projeto podemos observar, no gráfico a seguir, que a maioria, 84% dos estudantes, concorda que a UPES é uma boa opção.

Se um professor estivesse em dúvida sobre trabalhar com aulas desta natureza em substituição a uma aula expositiva, o que você diria pra ele? \*

	1	2	3	4	5	
Não faça isso, estas aulas não substituem uma aula expositiva.	<input type="radio"/>	Faça sempre assim, pois os estudantes vão aprender mais do que durante uma aula expositiva.				

Figura 13: Captura de tela da questão 4 do feedback

Se um professor estivesse em dúvida sobre trabalhar com aulas desta natureza em substituição a uma aula expositiva, o que você diria pra ele?

(64 respostas)

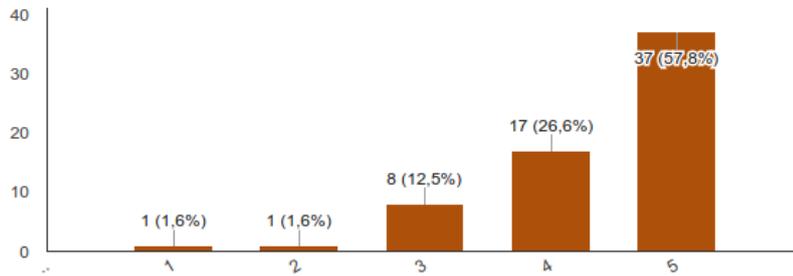


Gráfico 14: Distribuição das respostas dos estudantes na questão.

Além das questões apresentadas, optamos por deixar um espaço para que o estudante expusesse livremente as suas ideias à respeito das atividades. A seguir estão apresentadas algumas frases elaboradas pelos alunos e que resumem a opinião deles sobre o projeto.

*“É uma maneira muito prática de trabalhar”*  
Aluno 2

*“Aulas muito aproveitadas, conteúdos bem dados e explicações esclarecedoras.”* Aluno 1

*“Gostei muito de todas as aulas.”* Aluno 4

*“Foi muito bom, pois aprendemos e forma mais clara, pois prestamos mais atenção e nos esforçamos para aprender.”* Aluno 3

*“Achei interessante o jeito que estão usando para ensinar os alunos”* Aluno 5

## 6. Considerações Finais

Neste trabalho, observamos como uma estratégia didática diferenciada pode promover aprendizagem significativa. Os dados apontam para uma possível aprendizagem significativa. Entretanto o que mais nos saltou aos olhos foi o engajamento dos alunos, especialmente nos debates e atividades interativas.

Durante as aulas, os estudantes mostraram-se motivados ao desenvolver atividades no celular - que geralmente é proibido pelos regimentos internos ou manuais de conduta dos educandos das instituições. Isto é, além da nova estratégia, foram introduzidas novas tecnologias (para aquele ambiente escolar), que facilitaram o trabalho docente e serviram como elemento motivador para os estudantes.

As informações apresentadas na sondagem inicial e final mostram uma modificação de estrutura cognitiva, trazendo indícios de assimilação do novo conhecimento. Consideramos alguns fatores importantes que ainda necessitam de ajuste nesse tipo de abordagem, um deles é a questão do tempo. Em geral, o conteúdo deste projeto é abordado em 2 aulas de 50 minutos, e para este trabalho, foram necessárias 6 aulas. Consideramos que este fator pode ser bastante relevante para o

professor na escolha de uma nova estratégia, principalmente no que tange aos professores do Ensino Médio, que trabalham com um a grade curricular extensa e com tempo restrito.

Para este estudo também não foram consideradas as estruturas cognitivas relacionadas à parte quantitativa. Não foram apresentadas as equações de Gauss, por exemplo, nem foi feito um estudo analítico dos espelhos esféricos. Desta forma, recomendamos a atividade para introdução dos conteúdos, e que mais tarde seja feito uma abordagem específica para a parte quantitativa.

É importante ressaltar que o professor deve estar disposto a transgredir o convencional e entender que aprender de forma significativa é um processo lento e complexo e que por vezes é necessário sair da zona de conforto.

## Referências

DE ALMEIDA, Wellington Luis, et al. "Espelhos esféricos confeccionados com materiais acessíveis para demonstração de formação de imagens em sala de aula." Caderno Brasileiro de Ensino de Física 30.2. 2013.

HEIDEMANN, L. A.; OLIVEIRA, Â. M. M. D.; VEIT, E. A. Ferramentas online no ensino de ciências: uma proposta com o Google Docs. Física na Escola, São Paulo, v. 11, n. 2, p. 30-33, out 2010.

LAWTON, Joseph T., SAUNDERS, Ruth A., MUHS, Paul. Theories of Piaget, Bruner, and Ausubel: Explications and Implications. Inersity of Wisconsin-Madison. The Journal of Genetic Psychology, 136, 121-136, 1980.

LEVY, P.; As tecnologias da inteligência - o futuro do pensamento na era da informática. Lisboa, Instituto Piaget, 1994.

MOREIRA, M. A. Unidades de Enseñanza Potencialmente Significativas-UEPS. Aprendizagem Significativa em Revista, v. 1, n. 2, p. 43-63, 2011. Disponível em: <[http://www.if.ufrgs.br/asr/artigos/Artigo\\_ID10/v1\\_n2\\_a2011.pdf](http://www.if.ufrgs.br/asr/artigos/Artigo_ID10/v1_n2_a2011.pdf)>. Acesso em: 11 mar. 2016.

MOREIRA, Marco Antonio. "Unidades de enseñanza potencialmente significativas–UEPS." Aprendizagem Significativa em Revista/Meaningful Learning Review, Rio Grande do Sul 1.2, 2011.

OLIVEIRA, A. B. O Software Modellus e sua possibilidade para desafiar as concepções de senso comum em óptica. Dissertação (Mestrado), UNIVERSIDADE DE SÃO PAULO. São Paulo, 2009.