



**UNIVERSIDADE ESTADUAL DA PARAÍBA  
CAMPUS I - CAMPINA GRANDE  
CENTRO DE CIÊNCIAS E TECNOLOGIA - CCT  
CURSO DE LICENCIATURA EM FÍSICA**

**LEONILSON DA SILVA BARBOSA**

**FORMAÇÃO DE IMAGENS EM ESPELHOS ESFÉRICOS: PROPOSTA DIDÁTICA  
A PARTIR DE UMA ABORDAGEM PROBLEMATIZADORA**

**CAMPINA GRANDE-PB  
2017**

**LEONILSON DA SILVA BARBOSA**

**FORMAÇÃO DE IMAGENS EM ESPELHOS ESFÉRICOS: PROPOSTA DIDÁTICA  
A PARTIR DE UMA ABORDAGEM PROBLEMATIZADORA**

Trabalho de Conclusão de Curso em Licenciatura em física da Universidade Estadual da Paraíba, como requisito parcial à obtenção do título de Graduado em física.

**Área de concentração:** ensino de Física.

**Orientador:** Prof<sup>ª</sup>. Msc. Maria Ângela Vasconcelos Lopes Gama

**CAMPINA GRANDE-PB  
2017**

É expressamente proibida a comercialização deste documento, tanto na forma impressa como eletrônica. Sua reprodução total ou parcial é permitida exclusivamente para fins acadêmicos e científicos, desde que na reprodução figure a identificação do autor, título, instituição e ano da dissertação.

B238f Barbosa, Leonilson da Silva.

Formação de imagens em espelhos esféricos [manuscrito] : proposta didática a partir de uma abordagem problematizadora / Leonilson da Silva Barbosa. - 2017.

39 p. : il. color.

Digitado.

Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Física) - Universidade Estadual da Paraíba, Centro de Ciências e Tecnologia, 2017.

"Orientação: Profa. Ma. Maria Ângela Vasconcelos Lopes Gama, Departamento de Física".

1. Ensino de Física. 2. Sequência didática. 3. Espelhos esféricos. 4. Abordagem problematizadora. I. Título.

21. ed. CDD 530.7

LEONILSON DA SILVA BARBOSA

FORMAÇÃO DE IMAGENS EM ESPELHOS ESFÉRICOS: PROPOSTA DIDÁTICA A  
PARTIR DE UMA ABORDAGEM PROBLEMATIZADORA

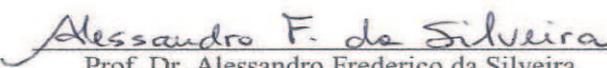
Trabalho de conclusão de curso apresentado ao curso de licenciatura em física da Universidade Estadual da Paraíba, como requisito parcial à obtenção do título de Graduado em Física.

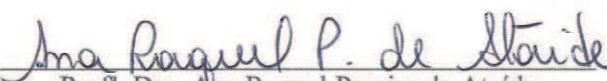
Área de concentração: ensino de Física.

Aprovada em: 04 / 08 /2017.

BANCA EXAMINADORA

  
Prof.<sup>a</sup> Msc. Maria Ângela Vasconcelos Lopes Gama. (Orientadora)  
Universidade Estadual da Paraíba (UEPB)

  
Prof. Dr. Alessandro Frederico da Silveira  
Universidade Estadual da Paraíba (UEPB)

  
Prof.<sup>a</sup> Dra. Ana Raquel Pereira de Ataíde  
Universidade Estadual da Paraíba (UEPB)

## **AGRADECIMENTOS**

Agradeço primeiramente a **DEUS**, por me permitir chegar até aqui, com força de vontade, paciência e fé, fortalecendo-me nos momentos mais difíceis, não me deixando desistir.

À toda minha família, meus pais e meus irmãos, por me apoiarem sempre, estando ao meu lado em todos os momentos da minha caminhada.

À meus amigos de curso, Bugley de Farias Ramos Junior, Felix Silva Lima, Lidiana dos Santos e Renan Gonçalves Rocha que caminharam junto comigo todo esse tempo, por seu companheirismo, amizade e por me ajudarem nos momentos mais difíceis.

À CAPES, pelo financiamento no decorrer das atividades realizadas através do Programa Institucional de Bolsas para Iniciação a Docência (PIBID).

Aos meus professores que contribuíram direta e indiretamente.

À professora Maria Ângela Vasconcelos Lopes Gama pelas leituras sugeridas ao longo dessa orientação e pela dedicação.

## RESUMO

As dificuldades que o ensino de física enfrenta não são recentes, sendo diagnosticadas há muitos anos. A experimentação tem sido utilizada, sendo frequente a sua defesa numa perspectiva construtivista. O presente trabalho sustenta-se na ideia de que o uso de uma abordagem problematizadora, apoiada nas ideias de Delizoicov e Angotti proporcionará um ambiente escolar motivador e dinâmico. Este trabalho é de natureza qualitativa e resulta de um estudo empírico em que se trabalha com a experimentação dentro da óptica geométrica. O trabalho descreve uma proposta de atividade organizada numa sequência didática estruturada na abordagem problematizadora, com o objetivo de propor uma intervenção didática, aplicável no ensino médio, para analisar a formação de imagens conjugadas em espelhos esféricos utilizando a experimentação numa abordagem problematizadora, como estratégia metodológica. Essa atividade foi elaborada para ser aplicada em dois dias de aulas geminadas, em turmas do 2º ano do ensino médio e propõe-se a discutir as características das imagens em espelhos esféricos em três momentos pedagógicos. Os alunos utilizarão experimentos simples para análises mais aprofundadas dos espelhos esféricos envolvendo os conceitos relacionados à formação de imagens e suas características. Na abordagem proposta é possível uma maior participação dos alunos que estarão envolvidos nas atividades planejadas durante os três momentos pedagógicos. Assim, criamos essa sequência didática a fim de superar as dificuldades apresentadas na abordagem tradicional.

**Palavras-Chave:** Sequência Didática. Espelhos Esféricos. Abordagem Problematizadora.

## ABSTRACT

The difficulties that physics teaching faces are not recent and have been diagnosed for many years. Experimentation has been used, and its defense is frequently in a constructivist perspective. The present work is based on the idea that the use of a problematizing approach, based on the ideas of Delizoicov and Angotti, will provide a motivating and dynamic school environment. This work is of a qualitative nature and results from an empirical study in which one works with the experimentation within the geometric optic. This work describes a proposed activity organized in a didactic sequence structured in the problematizing approach, with the purpose of proposing a didactic intervention, applicable in secondary education, to analyze the formation of conjugated images in spherical mirrors using experimentation in a problematizing approach, as methodological strategy. This activity was elaborated to be applied in two days of twinning classes, in classes of the second year of high school, and it is proposed to discuss the characteristics of the images in spherical mirrors in three pedagogical moments. Students will use simple experiments for more in-depth analysis of spherical mirrors involving concepts related to image formation and their characteristics. In the proposed approach it is possible a greater participation of the students who will be involved in the activities planned during the three pedagogical moments. Thus, we created this didactic sequence in order to overcome the difficulties presented in the traditional approach.

**Keywords:** Didactic sequence. Spherical Mirrors. Problematic approach.

## SUMÁRIO

<b>1- INTRODUÇÃO .....</b>	<b>7</b>
<b>2- REFERENCIAL TEÓRICO .....</b>	<b>10</b>
2.1- ATIVIDADE EXPERIMENTAL NO ENSINO DE FÍSICA NUMA ABORDAGEM PROBLEMATIZADORA .....	10
2.2- REFLEXÃO DA LUZ EM ESPELHOS .....	12
<b>2.2.1- CARACTERÍSTICAS DOS ESPELHOS ESFÉRICOS .....</b>	<b>13</b>
<b>2.2.2- FOCO DO ESPELHO ESFÉRICO .....</b>	<b>14</b>
<b>2.2.4- CARACTERÍSTICAS DAS IMAGENS NOS ESPELHOS ESFÉRICOS.....</b>	<b>16</b>
<b>3 - DESCRIÇÃO METODOLÓGICA DAS ATIVIDADES PROPOSTAS .....</b>	<b>17</b>
3.1- PROPOSTA DE INTERVENÇÃO .....	17
<b>4- RESULTADOS DA PROPOSTA.....</b>	<b>20</b>
<b>5- CONSIDERAÇÕES FINAIS .....</b>	<b>32</b>
<b>REFERÊNCIAS .....</b>	<b>33</b>
<b>APÊNDICE .....</b>	<b>34</b>

## 1- INTRODUÇÃO

O ensino de Física passou por constantes mudanças desde a década de 1950. E nesse movimento de renovação foram desenvolvidos projetos curriculares e com eles o desenvolvimento de materiais instrucionais para as escolas de ensino médio. O objetivo desses projetos era produzir currículos inovadores centrados em atividades, de tal modo que os alunos participassem de uma maneira ativa.

Em 1956 foi lançado nos USA (Estados Unidos da América) o PSSC (Physical Science Study Committee), sendo sua proposta metodológica modificar a percepção do ensino, trazendo em seu texto base novas sequências de conteúdos além de filmes e atividades experimentais que estimulavam discussões entre alunos e professores. Mais tarde, em 1964, também nos USA foi criado o projeto Harvard com outra proposta metodológica que visava integrar a física como ciência, ao contexto histórico e social e que também trazia novas perspectivas para a sala de aula (ROBERTO, 2009).

Na década de 1970, no Brasil, foram desenvolvidos projetos de ensino visando uma adaptação do ensino de física à realidade brasileira. Assim surgiram o PEF (Projeto de Ensino de Física), o FAI (Física Auto Intuitiva) e o PBEF (Projeto Brasileiro de Ensino de Física).

Segundo Roberto (2009):

Todos estes projetos estavam centrados em uma nova proposta curricular de ensino de física baseado principalmente nas atividades de laboratório. Neste sentido os projetos mudaram o foco do papel do laboratório didático, substituindo as demonstrações realizadas pelo professor, em que os alunos eram tidos como meros espectadores, para uma proposta metodológica em que a utilização de equipamentos e a realização dos experimentos eram feitas pelos alunos (ROBERTO, 2009, p. 22-23).

Apesar do ensino de física apresentar mudanças, propor novas metodologias, a abordagem tradicional ainda é a mais utilizada para o ensino de ciências. Os professores procuram compartilhar o conhecimento com os alunos de forma dedutiva realizando demonstrações e como aplicá-las a exemplos específicos, assim, pouco raciocínio indutivo é envolvido, conseqüentemente os alunos não se engajam ativamente no processo de abstração do conhecimento (ROBERTO, 2009).

Refletindo sobre esta realidade, Roberto (2009) ainda afirma que:

As pesquisas em Ensino de Física tem demonstrado que o ensino tradicional não é a maneira na qual a maioria dos estudantes aprendem melhor. Embora as aulas expositivas possam motivar e inspirar alguns alunos, a aprendizagem significativa não é um resultado direto da abordagem tradicional (ROBERTO, 2009, p. 24).

As dificuldades que o ensino de física enfrenta não são recentes, sendo diagnosticadas há muitos anos. A experimentação tem sido apontada como opção de trabalho em muitos estudos (ARAÚJO e ABIB, 2003) sendo frequente a sua defesa, numa perspectiva construtivista.

Segundo Araújo e Abib, (2003):

As propostas que têm sido formuladas para o encaminhamento de possíveis soluções indicam a orientação de se desenvolver uma educação voltada para a participação plena dos indivíduos. De modo convergente a esse âmbito de preocupações, o uso de atividades experimentais como estratégia de ensino de física tem sido apontado por professores e alunos como uma das maneiras mais frutíferas de se minimizar as dificuldades de se aprender e de se ensinar física de modo significativo e consistente (ARAÚJO e ABIB, 2003, p. 176).

Embora a experimentação seja proposta e discutida na literatura de maneira bastante diversa possibilitando uma tendência de estratégias de ensino desde situações que focalizam a verificação de leis e teorias até condições de reflexão de ideias acerca de fenômenos abordados, ainda há pouca aplicação desse método em sala de aula, os professores ainda enfrentam dificuldades quanto ao uso de materiais de apoio aos livros didáticos.

Araújo e Abib (2003) afirmam que:

Apesar da pesquisa sobre essa temática revelar diferentes tendências e modalidades para o uso da experimentação, essa diversidade, ainda pouco analisada e discutida, não se explicita nos materiais de apoio aos professores. Ao contrario do desejável, a maioria dos manuais de apoio ou livros didáticos disponíveis para auxílio do trabalho dos professores consiste ainda de orientações do tipo 'livro de receitas', associadas fortemente a uma abordagem tradicional de ensino (ARAÚJO e ABIB, 2003, p. 177).

Para Pena (2004) há pouca aplicação desses métodos de ensino em sala de aula, pois ainda encontra-se resistência por parte dos professores em usar métodos experimentais, devido suas práticas pedagógicas ainda serem marcadas por perspectivas tradicionais de ensino e aprendizagem, seja por motivos políticos e econômicos da educação ou por problema na formação dos professores.

Inserir a experimentação em sala de aula, associando o uso de materiais de baixo custo como material de apoio será uma possibilidade de superar as dificuldades encontradas na maioria das escolas de ensino básico. Nesse sentido, o trabalho ora apresentado se sustenta na ideia do uso da atividade experimental, inserida numa abordagem problematizadora, propiciando um ambiente escolar descontraído e motivador, almejando ir além da experimentação investigativa. O trabalho tem como objetivo seguir uma sequencia didática, para ser aplicada em dois dias de aulas geminadas, em escolas de 2º ano do ensino médio, como estratégia metodológica, apoiada nas ideias de Delizoicov e Angotti (1994), aplicada ao

conteúdo de ótica geométrica, especificamente o conteúdo relacionado à formação de imagens em espelhos esféricos.

O trabalho estrutura-se da seguinte maneira: No segundo capítulo apresentam-se fundamentos acerca da atividade experimental como estratégia de ensino e o uso de uma abordagem problematizadora, apoiadas nas análises de alguns autores, tais como: (PIMENTEL e BRINATTI, 1989; FRANCISCO JR, FERREIRA e HARTWUIG, 2008; MUENCHEN e DELIZOICOV, 2010).

Ainda no segundo capítulo destaca-se também a parte conceitual do conteúdo de ótica geométrica relacionado a reflexão da luz, as características dos espelhos esféricos e as características das imagens conjugadas nesses espelhos.

No terceiro capítulo tem-se a descrição metodológica da proposta, em que as atividades estão divididas em três momentos pedagógicos, primeiro momento: problematização inicial, a partir da observação em duas colheres de superfícies distintas; segundo momento: A Organização do conhecimento, realizado através de atividade experimental, guiada por um roteiro elaborado e terceiro momento: A Aplicação do conhecimento através de observações realizadas na construção de imagens com o auxílio de um painel óptico de traçado de raios. E no quarto capítulo tem-se os resultados, ou seja, o detalhamento das atividades desenvolvidas.

Por fim, seguem algumas considerações a respeito da importância dessa metodologia aplicada destacando a contextualização e a participação do aluno como um sujeito ativo na construção do conhecimento.

## 2- REFERENCIAL TEÓRICO

### 2.1- ATIVIDADE EXPERIMENTAL NO ENSINO DE FÍSICA NUMA ABORDAGEM PROBLEMATIZADORA

Na maioria das vezes, a ótica geométrica abordada em sala de aula, especificamente, o tópico relativo à formação de imagens em espelhos esféricos é realizado de forma excessivamente geométrica, ficando esquecida a conexão com os conceitos físicos envolvidos na formação das imagens. Existe um grande empenho no sentido de situar geometricamente a posição das imagens e quase nenhum esforço é feito no sentido de ver uma imagem e discutir o processo de formação da mesma.

Os alunos são guiados à memorização de fórmulas para resolução de exercícios e à utilização de esquemas de traçado de raios. Torna-se um desafio propor algo mais interativo para abordar os conteúdos indicados pelo currículo da escola em substituição às aulas expositivas tradicionais.

Mesmo reconhecendo a experimentação como uma alternativa eficiente para enfrentar as dificuldades existentes, muitas escolas não oferecem espaços suficientes para realizar tal atividade, tornando clara a frustração do professor que trabalha com atividades experimentais.

Em geral, os livros de texto disponíveis que tratam do assunto não trazem a proposição de experimentos, por mais simples que sejam. Por outro lado, as limitações que muitas das escolas secundárias apresentam com relação à disponibilidade de laboratórios, equipamentos, materiais e verbas constituem mais um obstáculo a ser transposto (PIMENTEL e BRINATTI, 1989, P. 77).

Para que não ocorra esse tipo de constrangimento o professor busca uma alternativa na confecção de material de baixo custo para executá-lo em sala de aula, associando uma metodologia que viabilize a interação dos alunos com o experimento e permita que os mesmos construam conceitos envolvidos no fenômeno estudado. Quando se trabalha em sala de aula com a experimentação, cria-se um vínculo entre motivação e aprendizagem, esperando que o envolvimento dos alunos seja propício, e com isso leve a uma evolução positiva em termos conceituais (FRANCISCO JR, FERREIRA e HARTWUIG, 2008).

Percebe-se nesse contexto a importância da abordagem problematizadora em sala de aula para que haja um melhor desempenho do aluno, suscitando-lhe o espírito crítico, a curiosidade e não simplesmente aceitando o conhecimento transferido pelo professor.

Nesta abordagem, o papel do professor não se restringe a fornecer explicações prontas, mas problematizar com os alunos suas observações, fazendo-os reconhecer a necessidade de

outros experimentos para interpretar os resultados dos fenômenos envolvidos (FRANCISCO JR, FERREIRA e HARTWUIG, 2008).

Delizoicov e Angotti (1994) propõem uma metodologia para o ensino de ciências que viabiliza o uso de atividades com recursos experimentais em sala de aula, uma abordagem que provoca uma aprendizagem mais eficiente.

A metodologia de ensino proposta por Delizoicov e Angotti (1994), utilizando as ideias de Paulo Freire sobre investigação temática é estruturada em três momentos pedagógicos e foi elaborada durante o processo de formação de professores na Guiné-Bissau. Ela permite por meio de um processo dialógico entre professor e aluno que ambos adquiram ao longo desse processo uma compreensão a respeito dos conhecimentos envolvidos no tema proposto (ALBUQUERQUE, SANTOS e FERREIRA, 2015).

Essa prática docente constitui, de fato, um desafio ao professor, uma vez que não se trata apenas de informar a existência de diferenças, mas também de ir fornecendo elementos contextuais que tornem possível ao aluno apropriar-se da visão de mundo em que a produção científica está inserida (SANTOS e FERREIRA, 2015, p. 463).

O primeiro momento pedagógico denominado de “**problematização inicial**” propõe que se apresentem situações motivadoras para os alunos, facilitando a aproximação do conteúdo trabalhado em sala de aula a situações reais que eles presenciam em seu cotidiano. Assim, os alunos são desafiados a expor sua opinião acerca do conteúdo apresentado, facilitando que o professor compreenda seu entendimento. Essa situação inicia-se com a problematização primeiramente a partir de questionamentos com toda a sala (FRANCISCO JR, FERREIRA e HARTWUIG, 2008).

No segundo momento pedagógico denominado de “**organização do conhecimento**” os conteúdos apresentados são tratados formalmente com a orientação do professor, assim os conhecimentos necessários para a compreensão da situação inicial são estudados de forma sistemática (MUENCHEN e DELIZOICOV, 2010).

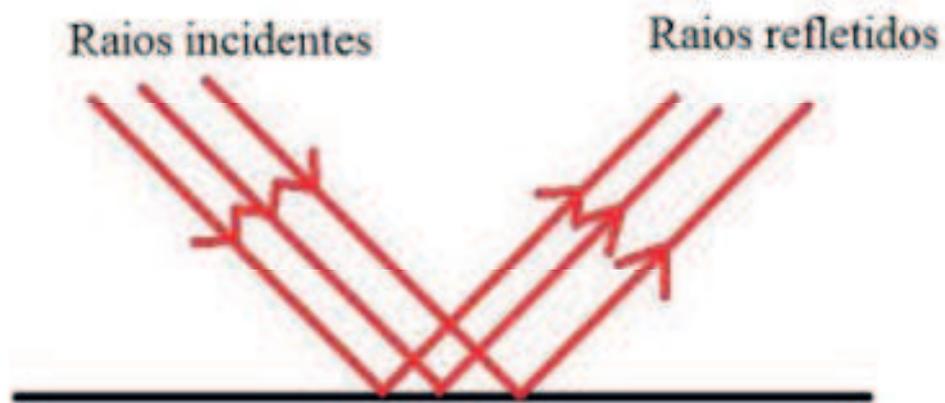
No terceiro e último momento da abordagem, denominado de “**aplicação do conhecimento**”. Nesta etapa, analisa-se e interpreta-se o conhecimento incorporado pelo aluno nas etapas anteriores (MUENCHEN e DELIZOICOV, 2010).

Antes de apresentar uma proposta que atenda a essa metodologia trataremos de aspectos conceituais do fenômeno da reflexão e das características dos espelhos esféricos que tomaremos como base para o estudo da conjugação de imagens.

## 2.2- REFLEXÃO DA LUZ EM ESPELHOS

Toda superfície regular capaz de refletir a luz nela incidente considera-se como um espelho, logo, todos os raios de luz paralelos que incidem numa superfície lisa e plana continuarão paralelos após a reflexão, assim pode-se dizer que essa superfície produz uma reflexão regular ou especular, conforme figura 1.

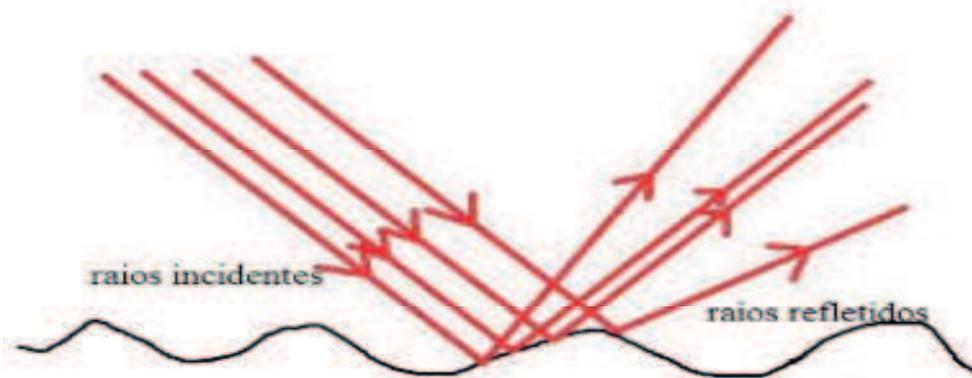
Figura 1: Reflexão especular ou regular da luz



Fonte: construção do autor

As superfícies irregulares ou rugosas, como superfícies de pedaços de madeira, não são consideradas espelhos, pois os raios de luz paralelos incidentes são refletidos de forma desorganizada, conforme figura 2.

Figura 2: Reflexão difusa da luz



Fonte: construção do autor

A reflexão da luz é o fenômeno físico que consiste na mudança de direção dos raios de luz incidentes por uma superfície refletora (espelho). Quando o ângulo formado pelo raio de

incidência e a superfície do espelho for igual a  $90^\circ$ , a direção do raio refletido se mantém a mesma do raio incidente, alterando-se apenas o sentido de sua trajetória. Assim, o raio refletido se posiciona sobre o raio de luz incidente.

A reflexão da luz obedece duas leis:

- A primeira lei diz que o ângulo de incidência (ângulo formado entre o raio de incidência e a normal<sup>1</sup>) deve ser igual ao ângulo de reflexão (ângulo formado entre a normal e o raio refletido).
- A segunda lei diz que o raio de incidência, a normal à superfície e o raio de reflexão estão posicionados no mesmo plano de incidência.

### 2.2.1- Características dos espelhos esféricos

Um espelho esférico é similar a uma calota esférica que possui uma de suas faces espelhadas. Quando a superfície refletora for à face interna esse espelho será classificado como espelho côncavo, quando a superfície refletora for a face externa esse espelho será classificado como espelho convexo.

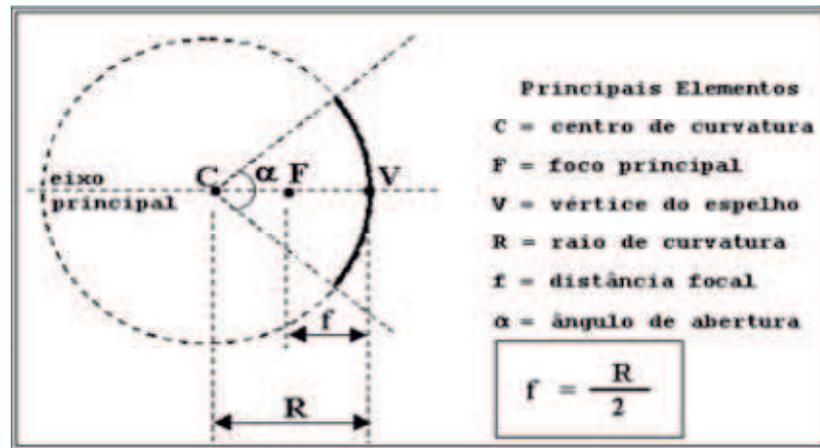
Aos espelhos esféricos são associados elementos essenciais para a compreensão da formação de imagens: O centro de curvatura (**C**), centro da esfera que contém a calota que forma o espelho; O foco do espelho (**F**), ponto para onde todos os raios refletidos, ou o seus prolongamentos, convergem; O vértice do espelho (**V**), Polo da calota e o eixo principal (**E**), reta que passa pelo centro de curvatura e pelo vértice do espelho (XAVIER e BENIGNO, 2010).

A distância entre o foco e o vértice do espelho é chamada de distância focal ( $f$ ), já a distância entre o centro de curvatura e o vértice do espelho é chamada de raio de curvatura ( $R$ ). A distância do foco ao vértice do espelho é a metade da distância do raio de curvatura ao vértice,  $f=R/2$ , conforme ilustrado na figura 3.

---

<sup>1</sup> Linha imaginária que forma um ângulo de  $90^\circ$  com a superfície refletora

Figura 3: Elementos dos espelhos esféricos



Fonte: Construção do autor

Em espelhos esféricos, as imagens conjugadas se diversificam quanto a suas características. Elas podem se formar atrás ou na frente do espelho, a distância entre o espelho e a imagem não é necessariamente a mesma entre o objeto e o espelho, podendo, ainda, as imagens serem reais ou virtuais (SCALVI et al, 2012).

Os espelhos esféricos conjugam imagens que em alguns casos podem apresentar distorções, ou seja, em alguns casos as imagens formadas nos espelhos esféricos não são nítidas. Para que sejam formadas imagens nítidas em espelhos esféricos deve-se atender algumas condições que garantam essa nitidez das imagens conjugadas.

Para atender essas condições, os raios incidentes num espelho esférico devem ser praticamente paralelos ao eixo principal ou apresentar pequena inclinação em relação a ele. Portanto o ângulo de abertura do espelho ( $\alpha$ ) deve ser inferior a  $10^\circ$ , logo, para uma imagem nítida, os raios incidentes no espelho esférico devem estar bem próximos ao eixo principal (XAVIER e BENIGNO, 2010).

### 2.2.2- Foco do espelho esférico

Num espelho esférico os raios de luz que incidem paralelos ao eixo principal são refletidos na direção de determinado ponto, esse ponto é chamado de foco principal (**F**). Devido à geometria do espelho esférico, nesse ponto (**F**) ocorre o encontro dos raios refletidos ou a intersecção de seus prolongamentos quando o feixe refletido for divergente. Logo o foco (**F**) é representado pela intersecção dos raios luminosos refletidos sobre o eixo principal (XAVIER e BENIGNO, 2010).

O feixe de raios paralelos ao eixo principal após incidirem no espelho côncavo se transformam num feixe de raios convergentes em (**F**), sendo esse o ponto médio entre o

vértice do espelho e o centro de curvatura. No espelho côncavo o foco é um ponto imagem real e encontra-se “na frente do espelho” (XAVIER e BENIGNO, 2010).

No espelho convexo, o foco é representado pela intersecção do prolongamento dos raios de luz refletidos que incidem paralelos ao eixo principal. Os raios paralelos ao eixo principal se transformam em raios divergentes quando refletidos por sua superfície, assim o prolongamento desses raios refletidos tornam-se convergentes a um único ponto (**F**). Nos espelhos convexos, o foco (**F**) principal localiza-se no ponto médio entre o vértice do espelho e o centro de curvatura. Para os espelhos convexos o foco é um ponto imagem virtual e encontra-se “atrás do espelho” (XAVIER e BENIGNO, 2010).

### **2.2.3- Propriedades dos raios incidentes nos espelhos esféricos**

Qualquer raio de luz que incide sobre um espelho esférico é refletido respeitando as leis da reflexão. Por esse tipo de espelho apresentar uma geometria diferente e mais complicada que a do espelho plano, torna-se mais difícil descobrir a trajetória de um raio de luz. Assim, se estabelecem propriedades para quatro raios de luz incidentes específicos (raios notáveis). Usando esses raios somos capazes de determinar a imagem conjugada de um objeto por um espelho esférico (XAVIER e BENIGNO, 2010).

A primeira propriedade diz que qualquer raio de luz incidente paralelo ao eixo principal, será refletido passando pelo foco principal do espelho.

- A segunda propriedade diz que quando um raio incidente (ou seu prolongamento) passa pelo foco principal, conseqüentemente o raio refletido é paralelo ao eixo principal.
- A terceira propriedade diz que quando um raio incidente (ou seu prolongamento) passa pelo centro de curvatura, ele é refletido na mesma direção, mas em sentido contrário, projetando-se sobre si mesmo.
- A quarta propriedade diz que quando um raio de luz incide no vértice do espelho, ele é refletido simetricamente em relação ao eixo principal, ou seja, o ângulo de reflexão (ângulo entre o eixo principal e raio refletido) é igual ao ângulo de incidência (ângulo entre raio incidente e eixo principal).

#### 2.2.4- Características das imagens nos espelhos esféricos

Com base nas propriedades citadas acima, pode-se construir a imagem de um objeto em um espelho esférico. Para fazer essa representação utiliza-se pelo menos dois dos quatro raios notáveis. Na intersecção dos raios refletidos (ou de seus prolongamentos), a imagem é formada.

Desta forma pode-se analisar as características de imagens quando os objetos são colocados em determinadas posições do eixo principal dos espelhos côncavos.

- Para um objeto posicionado antes do centro de curvatura (**C**) sua imagem é conjugada de forma real, maior que o objeto e invertida.
- Para um objeto posicionado sobre o centro de curvatura (**C**), sua imagem é conjugada de forma real, do mesmo tamanho do objeto e invertida.
- Para um objeto posicionado entre o centro de curvatura (**C**) e o foco principal (**F**), sua imagem é conjugada de forma real, menor que o objeto e invertida.
- Para um objeto posicionado sobre o foco principal (**F**), sua imagem não é formada, pois os raios refletidos (ou seu prolongamento) não se cruzam, seguem paralelos após serem refletidos pela superfície do espelho esférico, assim a imagem é impropria.
- Para um objeto posicionado entre o foco principal (**F**) e o vértice (**V**), sua imagem é conjugada de forma virtual, maior que o objeto e direita.

Diferente dos espelhos côncavos, nos espelhos convexos em qualquer posição do objeto sobre o eixo principal a imagem conjugada é sempre virtual, menor que o objeto e direita.

### 3 - DESCRIÇÃO METODOLÓGICA DAS ATIVIDADES PROPOSTAS

A atividade aqui proposta se adéqua a turmas de 2º ano do ensino médio. Trata-se de uma proposta de intervenção considerando aspectos qualitativos da física abordada pela ótica geométrica, especificamente, espelhos esféricos, onde são propostas atividades baseadas numa abordagem problematizadora. Os alunos utilizarão experimentos simples para análises mais aprofundadas dos espelhos esféricos envolvendo os conceitos relacionados à formação de imagens e suas características.

#### 3.1- PROPOSTA DE INTERVENÇÃO

Propomos que no momento inicial, o momento da “**problematização**”, aborde-se a questão acerca de imagens formadas em um espelho a partir da análise feita na superfície de duas colheres de materiais distintos.

O objetivo primordial dessa problematização inicial será trazer o tema principal da aula de uma maneira em que os conceitos físicos se aproximem do mundo vivencial dos alunos, desmistificando concepções de que a física não está presente no cotidiano de quem a estuda.

O confronto das concepções dos alunos sobre o fenômeno discutido permitirá um diálogo e uma reflexão interessantes, onde será possível observar que eles trazem consigo conceitos diversificados.

Após a problematização inicial com as colheres de superfícies distintas já apresentadas e a discussão acerca da formação da imagem em espelho, os alunos serão divididos em grupos, no máximo cinco componentes, para que assim, possam analisar as características dos espelhos côncavos e convexos e formular suas concepções em relação ao tema, travando discussões a partir daquilo que eles já sabem e do que será observado no decorrer da atividade.

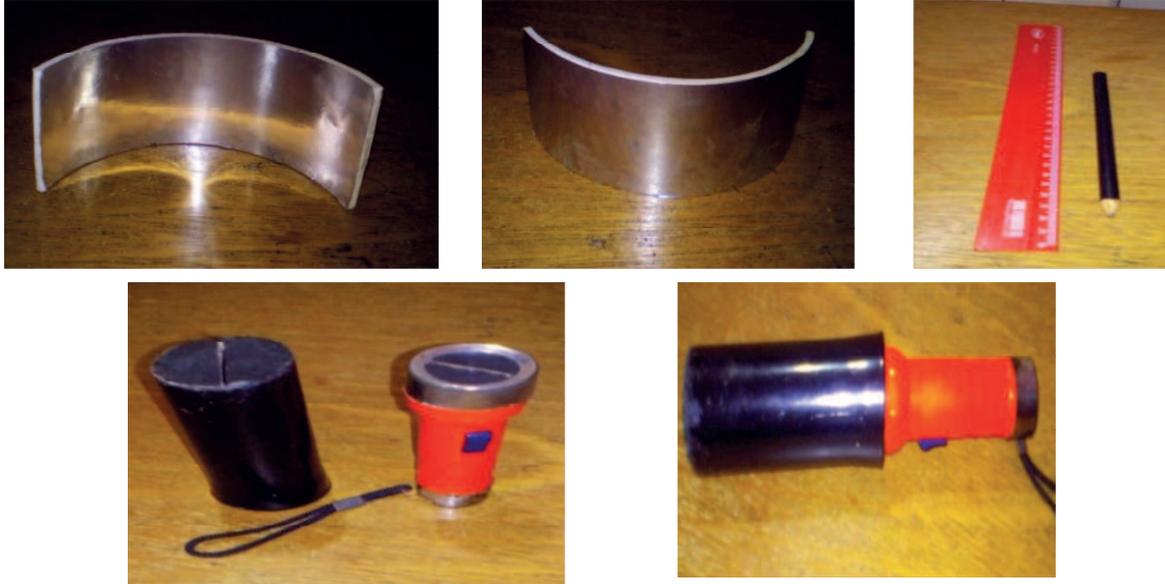
Cada grupo receberá um material impresso (ver Apêndice 1) que contém uma atividade, com explicações em relação aos procedimentos que devem ser realizados no decorrer do experimento. Juntamente com o material impresso, será fornecido o material para os experimentos, no caso, um espelho côncavo e um espelho convexo construídos de cano de PVC 75 mm com papel adesivo refletor, lápis, régua e uma fonte de luz projetada para emitir um raio estreito<sup>2</sup> (conforme figura 4). Neste momento, reconhecido como o segundo momento

---

<sup>2</sup> A fonte utilizada baseou-se no modelo proposto por Violin (1979).

pedagógico, a “**Organização do conhecimento**”, os alunos tomarão conhecimento das mais variadas posições e tamanhos das imagens conjugadas através do traçado dos raios refletidos pelos espelhos.

Figura 4: Objetos utilizados no 2º momento da atividade



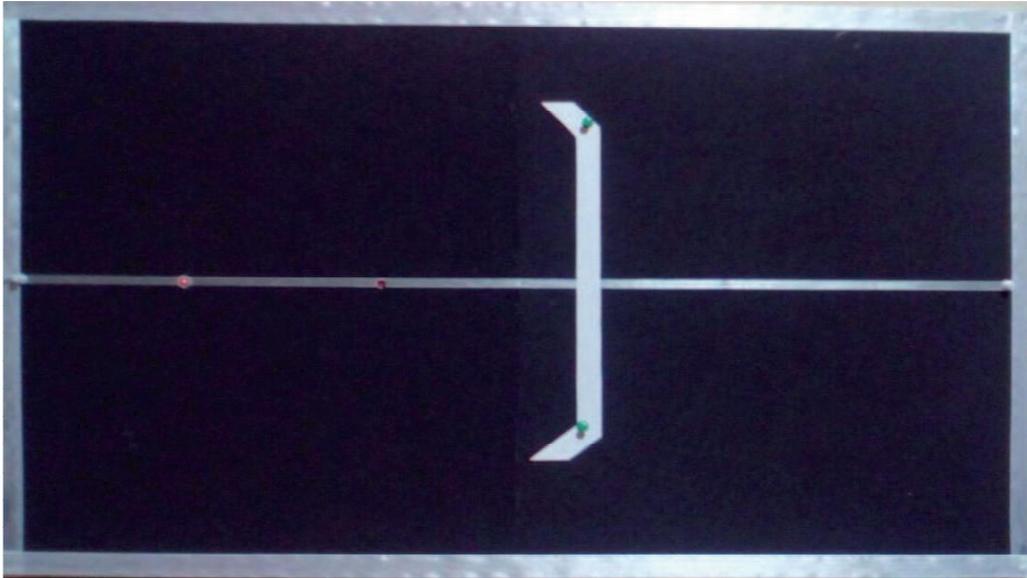
Fonte: Fotografia do autor

Na “**aplicação do conhecimento**”, a terceira etapa da metodologia sugerida, serão analisadas as características das imagens conjugadas quanto ao tamanho, posição e localização, usando um painel óptico de traçado de raios<sup>3</sup> (conforme figura 5). O painel será fixado no quadro negro e o professor convidará alunos para localizarem as imagens através de traçados de raios, bem como para descreverem as características das imagens de objetos localizados sobre o eixo focal.

No desenvolvimento das atividades na sala de aula, o professor dará auxílio a todos os grupos, juntamente com os alunos, analisando aquilo que se pede na atividade e intervindo nos momentos em que surja uma dúvida que pareça ser comum à turma. Neste momento, a dúvida será socializada.

<sup>3</sup> O painel óptico de traçado de raios baseou-se no modelo proposto por Pimentel (1989).

Figura 5: Painel óptico de traçado de raios



Fonte: Fotografia do autor

## 4- RESULTADOS DA PROPOSTA

### 1º MOMENTO (PROBLEMATIZAÇÃO INICIAL)

Os alunos serão provocados a comentar o que veem ao observarem duas colheres com superfícies distintas, uma colher de plástico e uma colher de inox em bom estado de conservação. Serão levantadas questões acerca das características das superfícies das colheres, viabilizando, assim, a observação de imagens.

Primeiramente, a fim de chamar a atenção dos alunos, serão entregues a cada aluno as duas colheres, dando início à problematização quando eles forem provocados pelo (a) professor (a) a pensar e indagar a respeito da reflexão difusa e especular da luz.

Perguntas:

- 1- *O que é possível enxergar através de cada colher?*
- 2- *O que acontece quando aproximamos nosso rosto da colher de plástico?*
- 3- *O que acontece quando aproximamos nosso rosto da colher de metal?*
- 4- *Por que na colher de plástico não consigo enxergar meu rosto e da colher de metal eu consigo enxergar?*
- 5- *Qual a diferença entre as duas superfícies das colheres de plástico e de metal?*

Após eles terem discutido entre si sobre essa série de indagações realizadas pelo professor e entenderem o fenômeno de reflexão difusa e especular da luz, os alunos serão convidados a analisar apenas as superfícies interna e externa da colher de metal, deixando de lado a colher de plástico.

Na segunda etapa da problematização, usando apenas a colher de metal, os alunos serão convidados a observarem a superfície dos dois lados da colher, observar do lado de “dentro”<sup>4</sup> e também do lado de “fora”<sup>5</sup> da colher. Assim com algumas perguntas os alunos serão provocados a entender como seriam vistos ao analisarem as imagens formadas uma simples colher de metal.

---

<sup>4</sup> Superfície interna da colher; superfície côncava.

<sup>5</sup> Superfície externa da colher; superfície convexa.

Pergunta:

- 1- *Como enxergo a imagem de meu rosto quando olho a superfície do lado de “dentro” da colher?*
- 2- *Como enxergo a imagem de meu rosto quando olho a superfície do lado de “fora” da colher?*
- 3- *Afaste e aproxime de seu rosto a colher em cada lado “dentro” e “fora”. O que você consegue observar?*

Provavelmente o fenômeno físico envolvido tenha passado despercebido, até agora, por cada aluno, sem despertar nenhum interesse de se questionar: por que vê sua imagem de forma direita na superfície externa (lado de fora) da colher “**espelho convexo**” e invertida na superfície interna (lado de dentro) “**espelho côncavo**”?

Após a realização desses questionamentos já citados, surgirão dúvidas e curiosidades quando se fará uma análise sobre a formação de imagens em espelhos côncavos e convexos e suas características. Posteriormente também serão analisadas as características das imagens formadas nos espelhos esféricos.

## **2º MOMENTO (ORGANIZAÇÃO DO CONHECIMENTO)**

No segundo momento da intervenção será iniciada a etapa da “**organização do conhecimento**” proposta em uma atividade com o material de apoio impresso, e os espelhos esféricos e uma fonte luminosa. Essa proposta é constituída por meio da determinação dos eixos principal, focos e centros de curvatura, usando dois pequenos espelhos esféricos (um espelho côncavo e um convexo) construído de cano de PVC com papel refletor, lápis, régua e uma fonte de luz de raios estreitos.

O objetivo dessa atividade será localizar o eixo principal, o foco e o centro de curvatura em espelhos esféricos, constatar que quando o raio de luz que incidir paralelo ao eixo principal do espelho esférico, sempre o raio refletido ou prolongamento passará pelo foco e que todo raio de luz que incidir perpendicular a superfície do espelho, sempre o raio refletido ou seu prolongamento passará sobre o centro de curvatura.

### **EXERCÍCIO (DETERMINAÇÃO DO EIXO principal, FOCO E CENTRO DE CURVATURA DO ESPELHO ESFÉRICO).**

O primeiro momento da atividade tratará do processo de determinação e localização do eixo principal, do foco e do centro de curvatura do espelho côncavo. Com o auxílio do espelho fabricado artesanalmente e uma fonte de luz, os alunos visualizarão os raios incidentes e refletidos pelo espelho côncavo, logo eles deverão traçar alguns desses raios.

No espaço indicado na folha de atividade, os alunos deverão posicionar o espelho esférico e com um lápis traçar o contorno do mesmo. Com a fonte de raios de luz incidir numa direção perpendicular o feixe sobre a superfície do espelho. Quando o feixe refletido se posicionar sobre o incidente os alunos irão traçar uma linha, na direção deste feixe, com a ajuda de régua e lápis. Em outra posição distinta os alunos deverão lançar um segundo feixe de luz e fazer o mesmo procedimento. Após traçarem as duas linhas, os alunos verificarão que elas cruzam-se em um ponto. Esse ponto será identificado como sendo o centro de curvatura do espelho.

Num segundo momento, os alunos irão perceber que o eixo principal <sup>6</sup> pode ser qualquer segmento de reta formado pelo feixe de luz que emerge da fonte de luz e une o centro de curvatura ao vértice do espelho esférico. Assim, para determinar o eixo principal do espelho esférico será preciso apenas adotar uma das direções encontradas no primeiro instante como sendo o eixo principal.

Para determinar o foco do espelho esférico os alunos deverão posicionar novamente o espelho no espaço indicado na folha de atividade e com um lápis traçar o contorno do mesmo, com a régua eles devem traçar o eixo principal. Eles deverão incidir o feixe de luz paralelo ao eixo principal, em seguida irão marcar o ponto onde o raio refletido pelo espelho corta o eixo principal. Mais uma vez abaixo do eixo principal incidir outro feixe de luz paralelo, novamente será marcado o ponto onde o raio refletido cruza o eixo principal. Os alunos irão perceber que os raios convergem para um mesmo ponto do eixo principal, assim fica localizado o foco (**F**) <sup>7</sup> do espelho côncavo.

---

<sup>6</sup> Localiza-se na parte onde forma um ângulo de 90° com a superfície do espelho, ou seja, quando o raio refletido localiza-se sobre o incidente.

<sup>7</sup> Ponto para onde todos os raios de luz que incidem paralelamente ao eixo principal em refletirão após incidir no espelho. No caso do espelho côncavo eles convergem.

A intenção será fazer com que os alunos percebam que o ponto para onde todos os raios refletidos pelo espelho côncavo convergem, quando incidirem raios de luz paralelos próximo ao eixo principal, se localiza no foco.

Para determinar o centro de curvatura de um espelho esférico (**C**) os alunos irão posicionar a fonte de luz de maneira que o raio incidente cruze o eixo principal em direção à superfície do espelho e reflita sobre si mesmo. No ponto de intercessão entre os raios de luz (raio incidente e refletido) e o eixo principal se localizará o centro de curvatura do espelho esférico.

Com a ajuda de uma régua os alunos deverão medir a distância do vértice ao centro de curvatura do espelho e eles irão comprovar a definição usada nos livros didáticos para a distância focal ( $f = R/2$ ).

Após o término desse exercício, instigados por questionamentos levantados pelo mesmo em relação aos raios que os alunos traçaram, eles conseguirão entender que na verdade a luz emitida paralela ao eixo principal e refletida pelo espelho côncavo sempre passa pelo foco. Assim, eles terão uma maior facilidade em determinar o foco de um espelho côncavo.

Esta atividade será de suma importância, pois dará uma nova alternativa às atividades experimentais onde os alunos manipularão artefatos simples para lidar com situações concretas.

### **3º MOMENTO (APLICAÇÃO DO CONHECIMENTO)**

O terceiro momento pedagógico deverá ocorrer em outra aula e iniciará com uma revisão do conhecimento trabalhado na aula anterior. Esta revisão tratará da identificação dos espelhos, côncavos e convexos, e dos elementos associados aos mesmos: Foco(**F**), Centro de curvatura(**C**), Vértice (**V**) e eixo principal. Este momento de revisão se constituirá em um momento rico, pois os alunos, de forma livre, poderão expressar o que entenderam, apresentar as suas construções e possíveis dúvidas acerca da reflexão dos raios paralelos ao eixo principal, raios que passam pelo foco e os raios que incidem sobre o centro de curvatura.

As atividades sugeridas neste terceiro momento se realizarão com a ajuda de um painel de traçado de raios tal qual proposto por Pimentel (1989). Serão realizadas várias atividades com o intuito de aplicar os conhecimentos do momento anterior associando o traçado de raios à formação das imagens nos espelhos esféricos.

O painel referido aqui é feito de isopor com 50,0 cm de altura por 70,0 cm de comprimento, o espelho contido no painel é confeccionado de cartolina e serão usadas ainda fitas finas coloridas, uma vermelha (simula o raio de luz incidente) uma amarela (simula o raio de luz refletido) uma seccionada de amarelo e branco (simula os prolongamentos dos raios) e uma preta (simula o eixo principal), e percevejos para fixar as fitas. Para representação dos espelhos esféricos, uma tira de papel cartolina, (1 cm de largura), conforme ilustra figura 5 na pag. 19. Para representar o objeto será construída uma seta de cartolina, colocados transversalmente ao longo do eixo principal. Serão indicados por dois percevejos o centro de curvatura e o foco do espelho.

Somente após a revisão será apresentado o artefato denominado painel de traçado de raios, para que os alunos se familiarizem com o mesmo. No painel de traçado de raios os alunos verificarão as características das imagens quando o objeto for posicionado, sobre o eixo principal, em diferentes regiões em frente aos espelhos côncavos e convexos.

O painel será fixado numa posição onde todos os alunos o vejam. Assim o professor de forma dinâmica convidará os alunos para traçarem os “raios” de incidência e reflexão e localizarem assim a imagem do objeto.

Os alunos serão convidados a verificar a posição das imagens quando o objeto posicionar-se: antes do centro de curvatura; sobre o centro de curvatura; entre o centro de curvatura e o foco; sobre o foco e entre o foco e o vértice de espelhos esféricos.

### **ATIVIDADE 1: Objeto posicionado antes do centro de curvatura**

Nessa atividade o professor convidará a turma para verificar as características da imagem para um objeto posicionado antes do centro de curvatura.

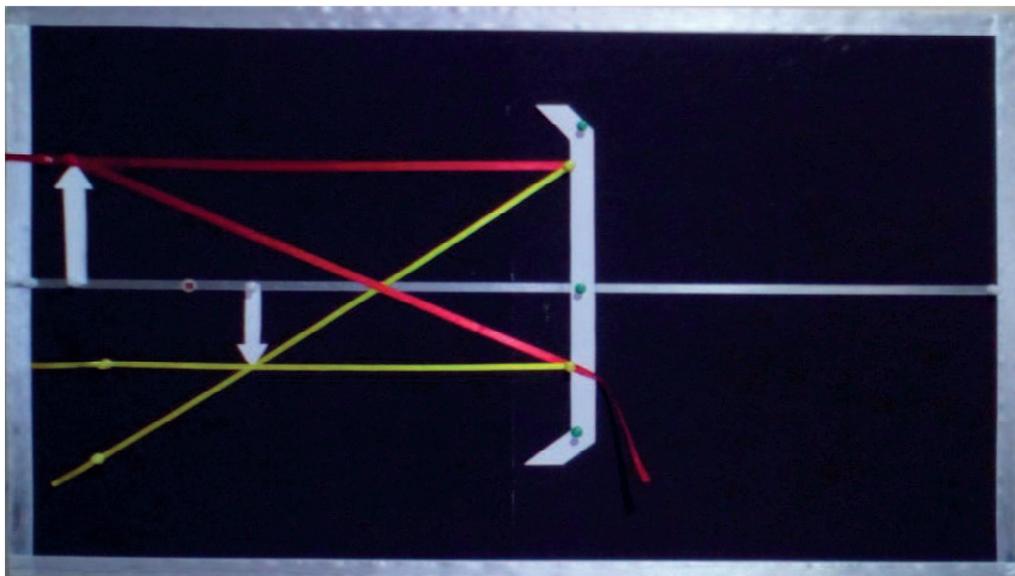
O professor fixará o objeto em formato de seta sobre o eixo principal, antes do centro de curvatura, (sua base deve estar sobre o eixo principal garantindo que a imagem correspondente a esta base esteja também sobre ele). Após um tempo para os alunos pensarem, um aluno será convidado para localizar a imagem da ponta da seta e determinar as características da imagem desse objeto posicionado antes do centro de curvatura.

O aluno fixará com o percevejo na parte superior do objeto a fita vermelha, ela será esticada paralelamente ao eixo principal até atingir o espelho (1ª etapa da sequencia). Nesse ponto outro percevejo fixará e simulará o ponto em que ocorre a incidência do raio luminoso no espelho. Em seguida, o aluno irá fixar a fita amarela no mesmo percevejo saindo próximo a superfície do

espelho tomando uma direção onde passe pelo foco. Um terceiro percevejo será utilizado para fixar a ponta da fita amarela simulando o raio de luz refletido (2ª etapa da sequência).

Prosseguindo com o traçado de raios usando as fitas, uma segunda fita vermelha é encaixada na parte superior que prende o objeto, esticando-a passando pelo foco até chegar a superfície do espelho, onde sofrerá reflexão. Com o auxílio de outro percevejo a fita será presa. No mesmo percevejo agora com a fita amarela inicia-se sua trajetória sendo esticada paralela ao eixo principal e fixada por outro percevejo. Assim o aluno irá determinar a imagem da extremidade da seta (do objeto) na posição onde os raios de luz refletidos se cruzam (fitas amarelas) Conforme ilustra a figura 6.

Figura 6: Objeto posicionado antes do centro de curvatura do espelho côncavo



Fonte: Fotografia do autor

Logo, os alunos irão perceber facilmente as características da imagem formada quando o objeto é posicionado antes do centro de curvatura.

Para o objeto posicionado antes do centro de curvatura a imagem formada por um espelho côncavo será real, pois é formada pela união dos raios refletidos, é invertida e menor que o objeto, localizada entre o foco e o centro de curvatura.

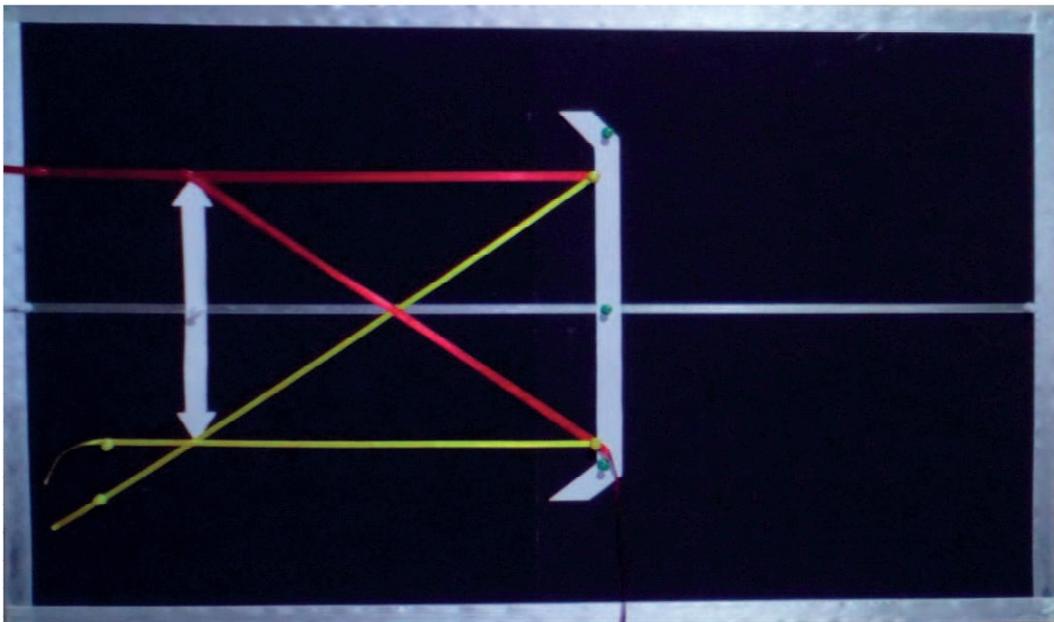
## **ATIVIDADE 2: Objeto posicionado sobre o centro de curvatura**

Prosseguindo com a atividade o professor posicionará o objeto agora sobre o centro de curvatura.

O procedimento de traçado de raios na 1ª atividade será realizado de maneira análoga para as demais atividades.

Do mesmo modo o professor convidará outro aluno para realizar o traçado de raios usando o painel e as fitas. A turma verificará as características da imagem para um objeto posicionado sobre o centro de curvatura Conforme ilustra a figura 7.

Figura 7: Objeto sobre o centro de curvatura do espelho côncavo



Fonte: Fotografia do autor

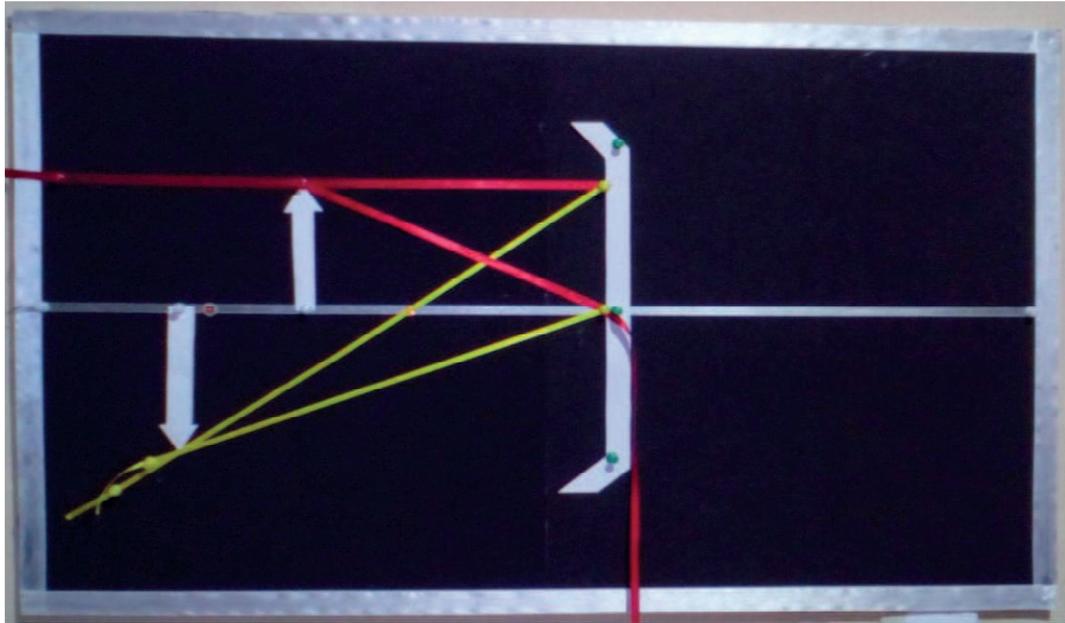
Após o aluno traçar os raios de incidência (fita vermelha) posicionando corretamente e os raios refletidos (fita amarela), ele localizará a posição da imagem e suas características.

Para o objeto posicionado sobre o centro de curvatura a imagem formada por um espelho côncavo será real, pois é formada pela união dos raios refletidos, é invertida e do mesmo tamanho do objeto, localizada no centro de curvatura.

### **ATIVIDADE 3: objeto posicionado entre o centro de curvatura e o foco**

O professor posicionará o objeto entre o centro de curvatura e o foco do espelho côncavo. Assim como nas atividades anteriores será convidado outro aluno para participar da atividade traçando as fitas vermelhas e amarelas simulando a propagação dos raios incidentes e refletidos respectivamente. Conforme ilustra a figura 8.

Figura 8: Objeto entre o centro de curvatura e o foco do espelho côncavo.



Fonte: Fotografia do autor

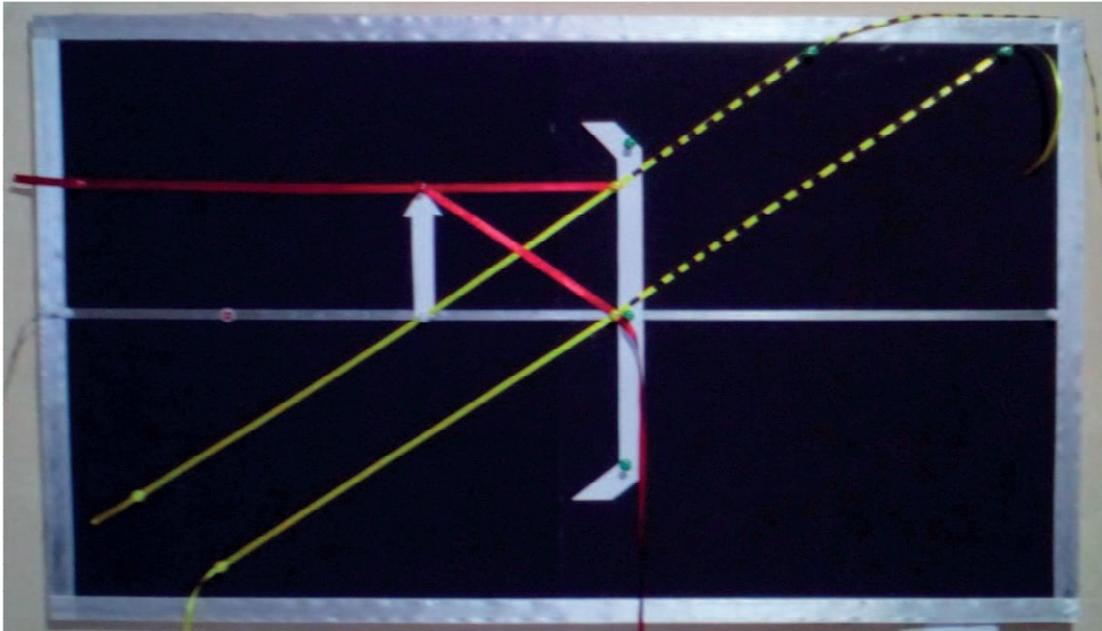
Após o aluno traçar os raios de incidência (fita vermelha) posicionando corretamente e os raios refletidos (fita amarela), ele localizará a posição da imagem e suas características.

Para o objeto posicionado entre o centro de curvatura e o foco a imagem formada por um espelho côncavo será real, pois é formada pela união dos raios refletidos, é invertida, maior que o objeto e posicionada além do centro de curvatura.

#### **ATIVIDADE 4: Objeto posicionado sobre o foco**

Mais uma vez o professor posicionará o objeto, agora sobre o foco do espelho côncavo. Será convidado outro aluno para traçar as fitas vermelhas e amarelas simulando os raios incidente e refletido respectivamente. Os alunos serão desafiados a encontrar a imagem do objeto, de acordo com a ilustração da figura 9.

Figura 9: Objeto sobre o foco do espelho côncavo.



Fonte: Fotografia do autor

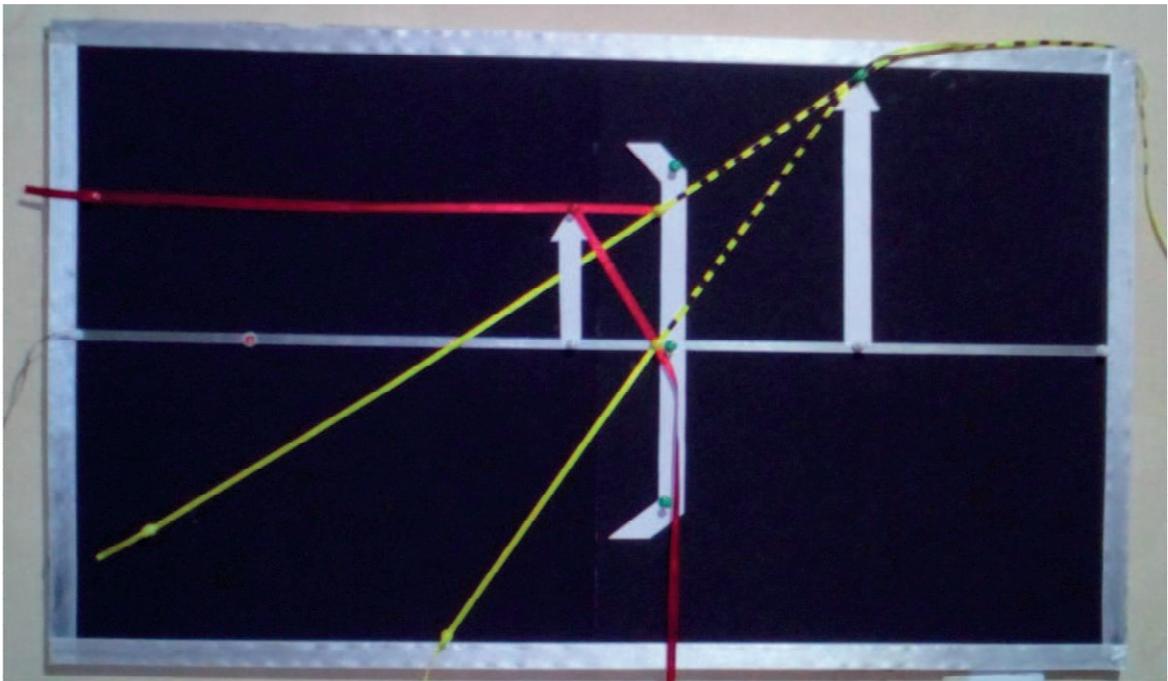
Quando traçarem os raios refletidos os alunos perceberão que nem os raios refletidos nem seus prolongamentos irão se cruzar. Já sabendo que uma imagem é formada quando os raios refletidos ou seus prolongamentos se encontram, eles perceberão que quando o objeto se posicionar exatamente neste ponto do espelho côncavo sua imagem não será formada. Assim quando o objeto se posicionar sobre o foco, sua imagem será sempre imprópria.

#### **ATIVIDADE 5: Objeto posicionado entre o foco e o vértice**

Pra finalizar as atividades em espelhos côncavos o professor posicionará o objeto entre o foco e o vértice. Outro aluno será convidado a fazer o traçado dos raios, com a ajuda dos demais colegas o aluno traçará os raios incidentes e os raios refletidos.

Para essa atividade se fará necessário usar uma fita de faixa seccionada em amarelo e preto para simular os prolongamentos dos raios refletidos, conforme a figura 10.

Figura 10: Objeto entre o foco e o vértice do espelho côncavo.



Fonte: Fotografia do autor

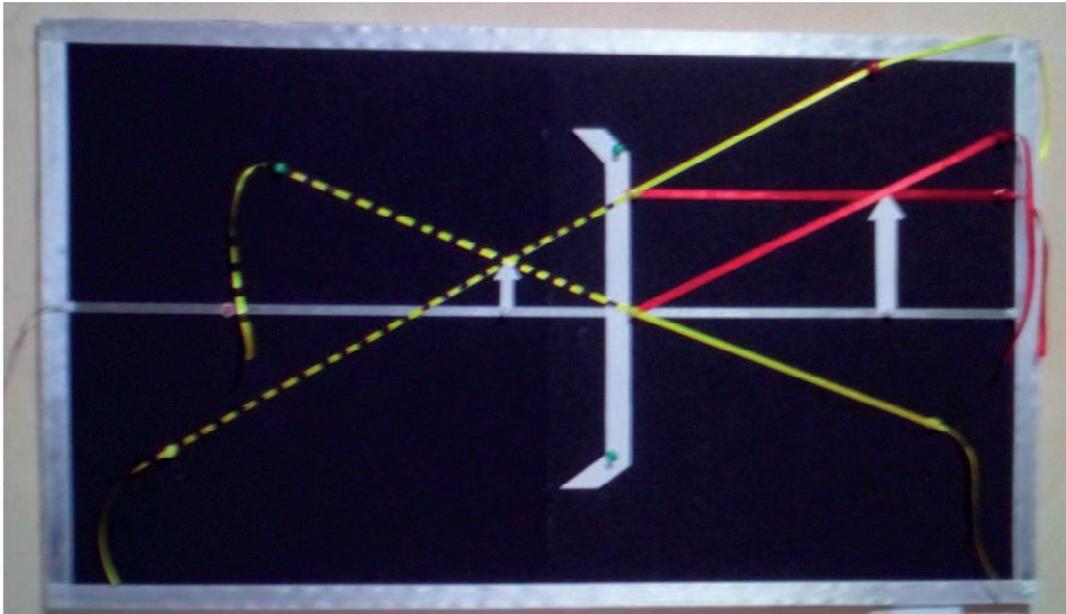
Após os alunos traçarem os raios incidentes e refletidos e seus prolongamentos, eles localizarão a imagem do objeto. Por fim são definidas as características da imagem formada quando o objeto é posicionado entre o foco e vértice do espelho côncavo.

Para o objeto posicionado entre o foco e o vértice do espelho côncavo, a imagem formada será virtual, pois é formada pela união dos prolongamentos dos raios refletidos, é direita e maior que o objeto.

### **ATIVIDADE 6: Objeto localizado distante do espelho convexo**

Usando agora no painel de traçado de raios um “espelho de face convexa” o professor irá posicionar o objeto a uma certa distância do espelho. Em seguida com a ajuda dos alunos serão traçados os raios de luz incidentes simulados por uma fina fita vermelha e presa por percevejos, para simular a propagação dos raios de luz refletidos será usada uma fina fita amarela, para simular o prolongamento dos raios refletidos será usada uma fina fita seccionada, colorida de amarela e preta. Com a ajuda dos alunos e obedecendo as leis da reflexão para espelhos convexos serão traçados os raios incidentes, refletidos e seus prolongamentos, como mostra na figura 11.

Figura 11: Objeto localizado distante do espelho convexo.



Fonte: Fotografia do autor

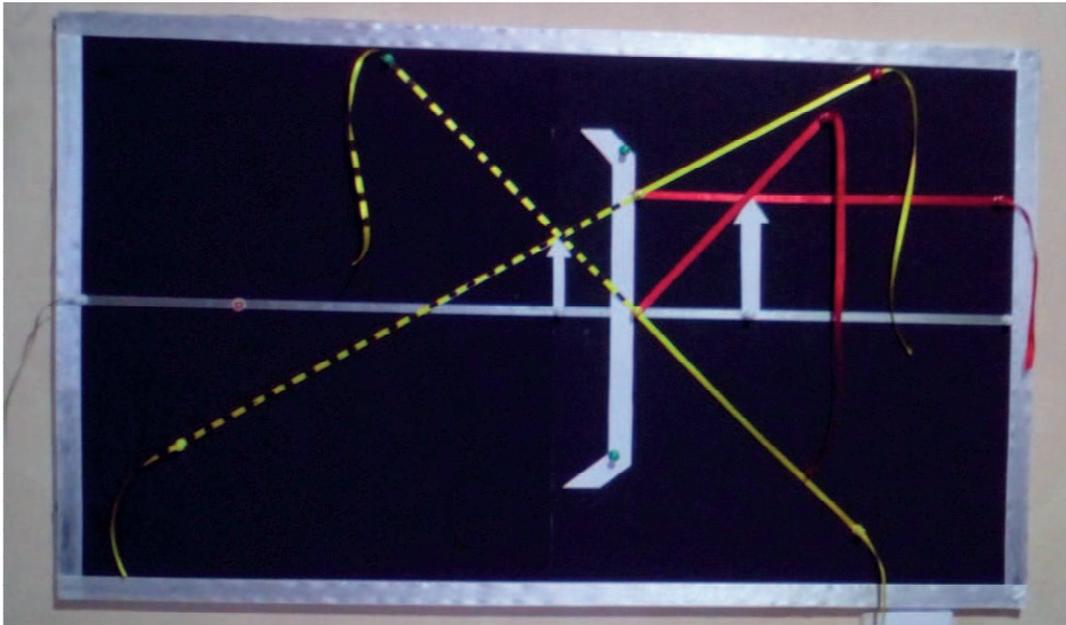
Após serem traçados os raios incidentes, refletidos e seus prolongamentos os alunos localizarão a imagem do objeto.

Para o objeto posicionado distantes do vértice do espelho convexo, a imagem formada será virtual, pois é formada pela união dos prolongamentos dos raios refletidos, é direita e menor que o objeto.

### **ATIVIDADE 7: Objeto localizado próximo ao espelho convexo**

O professor posicionará o objeto próximo à superfície do espelho convexo e convidará um aluno para fazer o traçado dos raios com a ajuda de seus colegas. Obedecendo as leis da reflexão em espelhos convexos, o aluno com a ajuda de seus colegas irão traçar os raios incidentes, refletidos e seus prolongamentos, como mostra na figura 12.

Figura 12: Objeto localizado próximo ao espelho convexo.



.Fonte: Fotografia do autor.

Após serem traçados os raios incidentes, refletidos e seus prolongamentos os alunos localizarão a imagem do objeto.

Para o objeto posicionado próximos do vértice do espelho convexo, a imagem formada será virtual, pois é formada pela união dos prolongamentos dos raios refletidos, é direita e menor que o objeto.

Por meio de dinamicidade da atividade os alunos irão ter maior facilidade para identificarem as características das imagens dos espelhos esféricos e perceberem que nos espelhos côncavos as imagens variam quanto a sua característica quando o objeto é posicionado em diferentes distâncias do vértice do espelho, já nos espelhos convexos as características permanecem quase as mesmas quando deslocamos o objeto em frente ao espelho variando apenas o tamanho da imagem, pois quando o objeto se aproxima da superfície do espelho a imagem aumenta.

## 5- CONSIDERAÇÕES FINAIS

Neste trabalho apresenta-se o detalhamento de uma proposta didática para os conceitos relacionados à formação de imagens em espelhos esféricos, estruturada numa abordagem problematizadora, usando os três momentos pedagógicos, com o objetivo de superar parte das dificuldades apresentadas na abordagem tradicional.

Assim, entendemos que utilizando a experimentação inserida em três momentos pedagógicos, proporciona-se uma postura problematizadora que modifica o ambiente de ensino e aprendizagem através da contextualização dos conhecimentos científicos, tanto para o aluno como para o professor.

A proposta apresentada se mostra uma estratégia de ensino viável para o conteúdo de ótica geométrica, especificamente de formação de imagens em espelhos esféricos. A abordagem problematizadora constitui-se em uma excelente forma de pensar e modificar as metodologias de ensino, quebrando com a concepção de uma abordagem tradicional em que o estudante detinha um papel de espectador no processo educativo.

Nessa perspectiva permite-se uma participação ativa dos alunos, tornando-os sujeitos ativos, de modo que, com a existência de conceitos espontâneos os alunos são incentivados por momentos de reflexão e aprofundamento de discussões acerca do conteúdo trabalhado criado pelo professor durante os três momentos pedagógicos.

O planejamento da atividade será essencial para a realização das discussões conduzidas pelo professor, pois se aproveitará os momentos certos nos diálogos para se fazer questionamentos aos alunos a respeito dos termos utilizados, tais como incidência e reflexão.

Espera-se que a proposta apresentada seja uma estratégia de ensino viável para o conteúdo da óptica, mais precisamente a formação e características de imagens em espelhos esféricos, pois nela a motivação dos alunos na participação da atividade aumenta.

Por fim espera-se que a proposta desenvolvida sirva de base para ser aplicada em escolas de ensino médio, aproximando assim a teoria da prática a partir dos momentos pedagógicos inseridos na mesma e busque melhorar cada vez mais a abordagem dos temas em sala de aula.

## REFERÊNCIAS

ARAUJO, Mauro Sérgio Teixeira; ABIB, Maria Lucia Vital dos Santos. Atividades experimentais no ensino de física: Diferentes enfoques, diferentes finalidades. **Revista Brasileira de ensino de física**, vol. 25, nº 02, junho de 2003.

ALBUQUERQUE, Kleber Riz; SANTOS, Paulo José Sena dos; FERREIRA, Gabriela Kaiana. os três momentos Pedagógicos para o ensino de óptica no ensino médio: O que é necessário para enxergarmos?, **Caderno Brasileiro de ensino de física**, v.32, n.2, p. 461-482, ago. 2015.

DELIZOICOV, Demétrio, ANGOTTI, José André. **Metodologia do Ensino de Ciências**. Cortez, São Paulo, 1994.

FRANCISCO JR, Wilmo E.; FERREIRA, Luiz Henrique; HARTWIG, Dácio Rodney. Experimentação problematizadora: fundamentos teóricos e práticos para a aplicação em salas de aula de ciências. **Química Nova na Escola**, v. 30, n. 4, p. 34-41, 2008

MUENCHEN, C.; DELIZOICOV, D. Os três momentos pedagógicos: um olhar histórico-epistemológico. **Atas do XII Encontro de Pesquisa em Ensino de Física–XII EPEF. Águas de Lindóia SP: SBF**, 2010.

PENA, Fábio Luís Alves. Por que, apesar do grande avanço da pesquisa acadêmica sobre ensino de física no Brasil, ainda há pouca aplicação dos resultados em sala de aula?, **Revista Brasileira de ensino de Física**, v. 26, n.4, p.293-295, 2004.

PIMENTEL, Jorge Roberto; BRINATTI, André Mauricio. Painel de traçado de raios. **Caderno Catarinense de Ensino de Física**, Florianópolis, p. 248-252, dez. 1989.

ROBERTO, Edson Valentin. **Aprendizagem ativa em ótica geométrica: experimentos e demonstrações investigativas**, Tese de Doutorado. Universidade de São Paulo. instituto de física de São Carlos, São Carlos, 2009.

SCALVI, Rosa Maria Fernandes; LACHEL, Gustavo; BACHA; Marcelo Gomes; ANDRIATTO, Anderson Alexandre. **Construção e utilização de lunetas no ensino de astronomia**, Cultura Acadêmica, São Paulo 2012.

XAVIER, Claudio; BENIGNO, Barreto. **Física aula por aula**, 1. ed. V.2, São Paulo, 2010.

VIOLIN, A. G. Atividades experimentais no ensino de física de 1º e 2º graus. *Revista Brasileira de Ensino de Física*, v. 1, n. 2, p. 13–24, 1979.

**APÊNDICE**

## REFLEXÃO EM SUPERFÍCIES ESFÉRICAS

Denominam-se espelhos esféricos “calotas esféricas” polidas e de grande poder refletor. O espelho esférico é **côncavo** quando a superfície refletora da calota é a interna, se a superfície refletora da calota é a externa, o espelho é **convexo**.

*Identifique em nosso cotidiano superfícies que podem ser consideradas espelhos esféricos.*

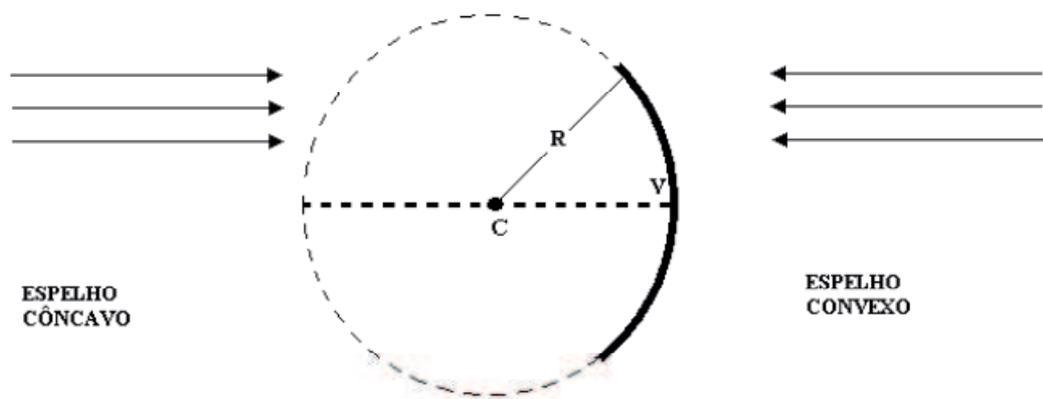
## REFLEXÃO EM ESPELHOS ESFÉRICOS

Os espelhos esféricos por serem superfícies lisas, refletem especularmente a luz, obedecendo às leis da reflexão.

### Elementos Geométricos

Identificar elementos geométricos relacionados aos espelhos esféricos facilita a especificação dos mesmos assim como a aplicação da formação das imagens (ver a figura 1).

Figura 1: elementos geométricos de um espelho esférico



Fonte: Construção do autor

- O ponto V (centro da superfície refletora), denominado de vértice do espelho.
- O ponto C (centro de curvatura da esfera que contém o espelho), denominado centro do espelho.
- A reta CV denomina o eixo principal do espelho
- O raio R, do espelho (Raio de curvatura da esfera que contém o espelho).

### Raios Principais

Denominam-se raios principais aqueles de comportamento altamente significativo para o traçado das imagens obtidas nos espelhos esféricos.

- Raio de luz incidindo na direção paralela ao eixo principal reflete na direção que passa pelo foco.
- Raio de luz incidindo na direção que passa pelo foco reflete paralelo ao eixo principal.
- Raio de luz incidindo na direção que passa pelo centro de curvatura reflete na mesma direção em sentido contrário.

*Construa espelhos esféricos côncavos e convexos e identifique em cada um deles eixo principal, centro de curvatura e foco, usando os procedimentos a seguir.*

### PROCEDIMENTO PARA DETERMINAR O CENTRO DE CURVATURA DE UM ESPELHO ESFÉRICO

Um elemento importante na especificação de espelhos esféricos é o centro de curvatura (centro da esfera onde está contido o espelho). Esse será o ponto sobre o eixo principal onde os feixes de raios quando refletidos sobre o incidente se cruzam.

*Siga as instruções abaixo para localizar corretamente o centro de curvatura do espelho côncavo*

- O procedimento a seguir usa a lei da reflexão para determinar os elementos geométricos propostos.
- Apoie o espelho sobre o papel abaixo e desenhe o contorno do mesmo.
- Retire o espelho e trace dois segmentos perpendiculares ao contorno considerando-os como raios incidentes.
- Recoloque o espelho na mesma posição e utilizando a fonte de fixe estreito, obtenha os raios refletidos.
- A direção normal ao espelho, no ponto de incidência, é a bissetriz do ângulo entre os raios incidente e refletido.
- Tome os raios incidentes e os respectivos raios refletidos e ache a normal a cada ponto de incidência, usando a observação feita acima.
- Como as normais se encontram no centro de curvatura nos espelhos esféricos, determinando as duas normais, o ponto onde elas se cruzam é o centro de curvatura.

**OBS.:** Verifique utilizando o compasso que este ponto corresponde ao centro de curvatura do espelho.

*Localize o centro de curvatura e descreva o que acontece com os raios de luz observados*

Todo raio incidente ao formar um ângulo de  $90^\circ$  com a superfície do espelho esférico quando se refletem se cruzam sempre no mesmo ponto. O ponto onde eles se cruzam é chamado de **centro de curvatura**.

### **DETERMINAÇÃO DO EIXO FOCAL DO ESPELHO ESFÉRICO**

O eixo principal do espelho esférico pode ser qualquer segmento de reta formado pelo feixe de luz que emerge da fonte e une o centro de curvatura ao vértice (superfície).

Como nessa atividade estamos utilizando apenas de um segmento da esfera especular (pequeno espelho esférico). Assim para facilitar as observações seguintes, adota-se a reta formada pelo feixe de luz emergente da fonte que passa pelo centro de curvatura e atinge o ponto médio do segmento da esfera especular (espelho).

*Descreva as características do eixo principal*

### **FOCO DO ESPELHO ESFÉRICO**

Outro elemento importante na especificação de espelhos deste tipo é o ponto “F” (ponto focal ou foco do espelho). Esse será o ponto sobre o eixo principal para onde convergem os raios de luz emergentes quando sobre o espelho incide raios de luz paralelos ao eixo principal. No caso dos espelhos côncavos este ponto é **real** e nos convexos é **virtual**.

O foco pode ser considerado como a imagem puntiforme de um objeto puntiforme situado sobre o eixo a uma distância infinita do espelho (espelho côncavo). Ou como um objeto puntiforme de uma imagem puntiforme infinita distante (espelho convexo)

*Identificar o foco dos espelhos construídos e relacioná-lo com o raio de curvatura na atividade anterior.*

### **PROCEDIMENTOS PARA LOCALIZAR O FOCO DOS ESPELHOS ESFÉRICOS.**

- Desenhe o contorno do espelho na folha de papel abaixo e trace um feixe paralelo ao eixo principal.
- Faça com que a fonte de feixe estreito de luz coincida com cada raio do feixe paralelo ao eixo principal do espelho, e usando um lápis e régua, trace na figura, a direção do raio de luz refletido no espelho.
- Na intersecção dos raios refletidos teremos ponto focal.

*Localize o ponto focal e descreva o que acontece com os raios refletidos*

- Justifique Porque o espelho côncavo também é denominado CONVERGENTE e o convexo DIVERGENTE.

**Observação:** No caso dos espelhos côncavos o ponto focal é real, pois todos os raios refletidos incididos paralelos ao eixo principal passam por esse ponto. Logo para os espelhos convexos o ponto focal é virtual, pois apenas os prolongamentos dos raios de luz refletidos se cruzam nesse ponto.