



## LÂMINAS EM ALTO RELEVO PARA O ENSINO DE ONDAS E FENÔMENOS ONDULATÓRIOS A DEFICIENTES VISUAIS

Alexandre Chaves da Silva

Dissertação de Mestrado apresentada ao Programa de Pós-Graduação Universidade Federal Rural do Semiárido, no Curso de Mestrado Profissional em Ensino de Física (MNPEF), como parte dos requisitos necessários à obtenção do título de Mestre em Ensino de Física.

Orientador

Prof. Dr. Carlos Alberto dos Santos

Mossoró  
Março, 2018

LÂMINAS EM ALTO RELEVO PARA O ENSINO DE ONDAS E FENÔMENOS  
ONDULATÓRIOS A DEFICIENTES VISUAIS

Alexandre Chaves da Silva

Orientador

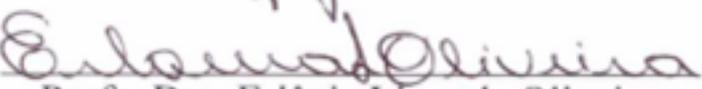
Prof. Dr. Carlos Alberto dos Santos

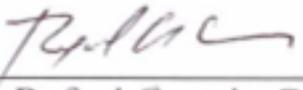
Dissertação de Mestrado submetida ao Programa de Pós-Graduação da Universidade Federal Rural do Semiárido, no Mestrado Nacional Profissional em Ensino de Física (MNPEF), como parte dos requisitos necessários à obtenção do título de Mestre em Ensino de Física

Aprovada por:

  
\_\_\_\_\_  
Prof. Dr. Carlos Alberto dos Santos

  
\_\_\_\_\_  
Prof. Dr. Melquisedec Lourenço da Silva

  
\_\_\_\_\_  
Profa. Dra. Erlânia Lima de Oliveira

  
\_\_\_\_\_  
Profa. Dr. Rafael Castelo Guedes Martins

Mossoró  
Março, 2018

Dados Internacionais de Catalogação na publicação (CIP)  
Biblioteca Central da Universidade Federal Rural do Semiárido, RN, Brasil.

S5861 Silva, Alexandre Chaves da.  
LÂMINAS EM ALTO RELEVO PARA O ENSINO DE ONDAS  
E FENÔMENOS ONDULATÓRIOS A DEFICIENTES VISUAIS /  
Alexandre Chaves da Silva. - 2018.  
134 f. : il.

Orientador: Carlos Alberto dos Santos.  
Dissertação (Mestrado) - Universidade Federal  
Rural do Semi-árido, Programa de Pós-graduação em  
Física, 2018.

1. Ensino de Física. 2. Ondas. 3. Fenômenos  
Ondulatórios. 4. Deficiente visual. 5. Método  
Braille. I. Santos, Carlos Alberto dos, orient.  
II. Título.

Dedico esta dissertação

À minha amada esposa Natali  
Alves Cardoso e à minha amada  
mãe Maria Helena Chaves da  
Silva, com todo o meu amor e  
servidão.

## **Agradecimentos**

Ao Prof. Dr Carlos Alberto dos Santos pelos ensinamentos e por possibilitar a concretização de um sonho.

Aos colegas e professores do MNPEF-UFERSA, cujo convívio e ensinamentos durante os dois anos de curso foram muito proveitosos nesta minha caminhada.

Ao estudante Levi Silva Soares pela enorme contribuição na construção do produto educacional.

Ao gestor do CEJA João da Silva Ramos pelos dados apresentados e empréstimo de materiais.

Aos professores e gestão escolar da EEEPMESS pelas informações e colaboração na pesquisa.

Ao sr. Carlos José, revisor de textos em Braille da CREAECE pela assistência e informações pertinentes à obras em Braille no contexto do estado do Ceará.

À CAPES pela bolsa concedida durante o curso.

## RESUMO

### LÂMINAS EM ALTO RELEVO PARA O ENSINO DE ONDAS E FENÔMENOS ONDULATÓRIOS A DEFICIENTES VISUAIS

Alexandre Chaves da Silva

Orientador

Prof. Dr. Carlos Alberto dos Santos

Dissertação de Mestrado submetida ao Programa de Pós-Graduação da Universidade Federal Rural do Semiárido, no Mestrado Nacional Profissional em Ensino de Física (MNPEF), como parte dos requisitos necessários à obtenção do título de Mestre em Ensino de Física

Apresenta-se nesta dissertação o planejamento, a elaboração e a testagem de um produto educacional intitulado *Lâminas em Alto Relevo para o Ensino de Ondas e Fenômenos Ondulatórios a Deficientes Visuais*. Quarenta e sete Lâminas em alto relevo foram confeccionadas em material plástico, com o uso de punções comerciais do tipo punção de centro de 5 mm (utilizada para o contorno das imagens), PZ1 (utilizada para representação de curvas) e T10 (utilizada para salientar pontos ou estruturas diferentes das anteriores). Foi abordado o conteúdo básico do que se costuma denominar ondulatória nos livros didáticos do ensino médio. O produto foi testado em dez aulas de uma hora e quarenta minutos, ministradas a um deficiente visual total, cujo conhecimento prévio no assunto foi avaliado por meio de um pré-teste com questões do Exame Nacional do Ensino Médio (ENEM). Ao final da testagem, a apropriação conceitual do aluno foi avaliada por meio de um pós-teste, com cinco questões extraídas do pré-teste e outras cinco questões também extraídas do ENEM, mas diferentes daquelas usadas no pré-teste. Pelo rendimento do estudante no pós-teste, e pela sua evidente satisfação, externada em diversos comentários, acredita-se que o produto é potencialmente útil para uso em larga escala.

Palavras-chave: Ensino de Física, Ondas, Fenômenos Ondulatórios, Deficiente Visual, Método Braille.

Mossoró  
Março, 2018

## ABSTRACT

### HIGH-RELIEF SHEETS FOR THEACHING WAVES AND ONDULATORY PHENOMENA TO VISUAL DEFICIENTS

Alexandre Chaves da Silva

Supervisor

Prof. Dr. Carlos Alberto dos Santos

Abstract of master's thesis submitted to Programa de Pós-Graduação da Universidade Federal Rural do Semiárido, no Mestrado Nacional Profissional em Ensino de Física (MNPEF), in partial fulfillment of the requirements for the degree Mestre em Ensino de Física.

This dissertation presents the planning, elaboration and testing of an educational product entitled *High-Relief Sheets for Teaching Waves and Ondulatory Phenomena to Visual Deficients*. Forty-seven high-relief sheets were made of plastic material with the use of commercial punches like center punch of 5 mm (used for the contour of the images), PZ1 (used for curves representation) and T10 (used to emphasize points or structures different from the previous ones). The basic content of what is usually called ondulatory in the textbooks of high school was covered. The product was tested in ten one-hour and forty-minute classes given to a totally visual impaired student, whose prior knowledge of the subject was evaluated through a pre-test with questions from the National High School Examination (ENEM, in Portuguese). At the end of the test, the student's conceptual appropriation was evaluated through a post-test, with five questions extracted from the pre-test and five other questions also extracted from the ENEM, but different from those used in the pre-test. From the student's post-test performance, and from his evident satisfaction, expressed in several comments, it is believed that the product is potentially useful for large-scale use.

Keywords: Physics Teaching, Waves, Ondulatory Phenomena, Visual Deficients, Braille Method.

Mossoró  
March, 2018.

## **SUMÁRIO**

<b>Lista de Abreviaturas e Siglas .....</b>	<b>10</b>
<b>Lista de Figuras .....</b>	<b>11</b>
<b>Lista de Tabelas .....</b>	<b>12</b>
<b>Capítulo 1 - Introdução.....</b>	<b>13</b>
<b>Capítulo 2 - Legislação e iniciativas anteriores.....</b>	<b>15</b>
2.1 Legislação brasileira sobre a inclusão educacional de deficientes visuais .....	16
2.2 Algumas iniciativas relatadas na literatura .....	17
<b>Capítulo 3 - Encontros com Levi: aplicando e aperfeiçoando o produto .....</b>	<b>19</b>
3.1. Contatos prévios .....	19
3.2 Primeiro encontro: Pré-teste .....	21
3.3. Segundo encontro .....	24
3.4 Terceiro encontro .....	26
3.5. Quarto encontro .....	30
3.6. Quinto encontro.....	31
3.7. Sexto encontro .....	33
3.8. Sétimo encontro .....	34
3.9. Oitavo encontro .....	36
3.10. Nono encontro .....	36
3.11. Décimo encontro.....	37
3.12. Décimo primeiro encontro.....	40
3.13. Décimo segundo encontro .....	41
<b>Capítulo 4 – Sumário e Considerações Finais .....</b>	<b>46</b>
4.1. Sumário .....	46
4.2. Resultados relevantes .....	47
4.3. Considerações Finais .....	49
<b>Referências .....</b>	<b>51</b>
<b>Apêndice A - Pré-teste.....</b>	<b>53</b>
<b>Apêndice B - Pós-teste .....</b>	<b>59</b>
<b>Apêndice C - Produto Educacional: Lâminas em Alto Relevo para o Ensino de Ondas e Fenômenos Ondulatórios a Deficientes Visuais .....</b>	<b>68</b>



## **Lista de Abreviaturas e Siglas**

CEJA – Centro de Educação de Jovens e Adultos

CESPE – Centro de Seleção e de Promoção de Eventos

CF – Constituição Federal

CONAE – Conferência Nacional de Educação

DV – Deficiente Visual

EEEP – Escola Estadual de Ensino Profissionalizante

ENEM – Exame Nacional do Ensino Médio

INEP – Instituto Nacional de Estudos e Pesquisas Educacionais Anísio Teixeira

INSE – indicador de nível socioeconômico

PZ 1 - Ponta Pozidrive TIPO 1

SEDUC – Secretaria de Educação

SRM - Sala de Recursos Multifuncionais

T10 - Ponta Trafix TIPO 10

TRI – Teoria de Resposta ao Item

## Lista de Figuras

Figura 3.1. Ilustração da ideia de que onda não transporta matéria. . . . .	26
Figura 3.2. Principais tipos de onda. . . . .	26
Figura 3.3. Levi fazendo a leitura da lâmina 2. . . . .	27
Figura 3.4. Primeira imagem usada para discutir o conceito de onda transversal. . .	28
Figura 3.5. Imagens usadas nas lâminas 4, 5 e 6, para discutir a ideia de onda transversal. . . . .	28
Figura 3.6. Levi fazendo a leitura da lâmina 4. . . . .	29
Figura 3.7. Ilustração de onda longitudinal. . . . .	30
Figura 3.8. Levi fazendo a leitura da lâmina 7. . . . .	30
Figura 3.9. Ilustração de uma onda, com seus elementos característicos. . . . .	31
Figura 3.10. Imagem utilizada para exercitar os fundamentos apresentados nas lâminas 8 a 10. . . . .	31
Figura 3.11. Pontos em oposição de fase em uma onda senoidal. . . . .	32
Figura 3.12. Imagem usada para discutir os conceitos de reflexão e eco. . . . .	33
Figura 3.13. Reflexão de pulsos em uma corda. . . . .	33
Figura 3.14. Reflexão da luz em espelho plano. . . . .	34
Figura 3.15. Reflexão de uma bola elástica. . . . .	34
Figura 3.16. Espectro da luz visível ao olho humano. . . . .	35
Figura 3.17. Questão do ENEM sobre absorção de luz. . . . .	36
Figura 3.18. Ilustração do experimento da dupla fenda de Thomas Young. . . . .	38
Figura 3.19. Superposição de dois pulsos. . . . .	39
Figura 3.20. Ilustração do fenômeno da polarização de uma onda tridimensional. .	40
Figura 3.21. Simulando o efeito de uma grade polarizadora, com uma onda senoidal plástica. . . . .	40
Figura 3.22. Ilustração do efeito Doppler. . . . .	41
Figura 3.23: Questão do ENEM 2011. . . . .	42
Figura 3.24. Imagem transcrita na lâmina 47. . . . .	42
Figura 3.25. Registro do início da aplicação do pós-teste. . . . .	43
Figura 4.1. Tempo de resolução (em segundos) das questões comuns aos dois testes. . . . .	50

## Lista de Tabelas

Tabela 3.1. Resumo dos conteúdos abordados nos encontros com Levi. . . . .	21
Tabela 3.2. tempo de leitura, resolução e tipo de resposta das questões do pré-teste. . . . .	23
Tabela 3.3. tempos de leitura e resolução e tipo de resposta das questões do pós-teste. . . . .	43
Tabela 4.1. Resultados obtidos no pré-teste. Células sombreadas em amarelo correspondem a questões sem imagem no enunciado. . . . .	48
Tabela 4.2. Resultados obtidos no pós-teste. Células sombreadas em amarelo correspondem a questões sem imagem no enunciado. . . . .	49

## Capítulo 1 - Introdução

A necessidade de um produto educacional como o que se apresenta nesta dissertação ficou evidente quando fui professor de Levi Silva (LS), deficiente visual possuidor de rara capacidade intelectual. Fui seu professor de física em 2016, período em que lhe ensinei termologia e ondas, com os recursos disponíveis na escola, e com a sistemática improvisada usualmente utilizada em muitas escolas. Ou seja, usávamos palitos e fazíamos colagem de barbante em papel. Usávamos também o multiplano, um recurso didático utilizado com alguma frequência (FONTES; CARDOSO; RAMOS, 2012; SILVA, 2015).

Após a realização da edição 2016 do Exame Nacional do Ensino Médio (ENEM), o interroguei sobre seu desempenho na prova de conhecimentos de Ciências da Natureza, e mais especificamente sobre as questões de Física. Afirmou que respondeu mais de 20 questões sem a devida análise por causa da insuficiência do tempo e pela inexperiência do leitor que o auxiliara. No detalhamento de seu relato, explicou que seu leitor apresentava muita dificuldade para ler e interpretar as questões envolvendo gráficos, tabelas e outros tipos de imagens.

Aquela conversa com LS me instigou a buscar alternativas mais eficazes para o ensino de física a pessoas com deficiência visual.

No levantamento bibliográfico que fiz, tomei conhecimento dos trabalhos publicados pelo Prof. Eder Camargo (CAMARGO, 2000, 2012; CAMARGO; SILVA; BARROS FILHO, 2008), que perdeu sua visão ainda jovem, e que confeccionou várias maquetes para o ensino de diferentes tópicos de física. Todavia, são dispositivos de grande volume que dificultam sua mobilidade e não resolvem o problema referente a exames como o ENEM. Excetuando a considerável produção do Prof. Eder Camargo, são raras as iniciativas nacionais no sentido de prover o sistema educacional de recursos didáticos para deficientes visuais na área da física (AZEVEDO; SANTOS, 2014; COSTA; QUEIROZ; FURTADO, 2011; SONZA, 2004).

A alternativa que me pareceu mais natural, em termos de reprodutibilidade e acessibilidade foi inspirada no método criado em 1829 pelo francês Louis Braille, e desde então conhecido como código alfanumérico Braille, ou simplesmente Método Braille (MB). Trata-se de um método de grafia tátil mundialmente utilizado.

Com instrumentos típicos da grafia manual Braille e com instrumentos especialmente desenvolvidos para a confecção de desenhos em alto relevo, elaborei uma

série de lâminas para o ensino de ondas e fenômenos ondulatórios. As lâminas foram confeccionadas em folhas plásticas transparentes, utilizadas em encadernação, um material de fácil obtenção, baixo custo, boa visibilidade ao transcritor, longa durabilidade, pequeno volume e peso, de fácil marcação com punção e com os instrumentos especialmente fabricados e ótima leitura por parte do deficiente visual (DV). Daqui por diante utilizarei a sigla DV indistintamente com o significado de deficiente visual ou deficiência visual. O significado será definido pelo contexto da redação.

Conforme relatado ao longo da dissertação, tive que enfrentar muitas dificuldades para confeccionar as lâminas, desde a aprendizagem do código Braille até a produção de figuras típicas do assunto (ondas e fenômenos ondulatórios), passando pela necessidade de fabricar ferramentas especiais.

O produto educacional a ser aqui apresentado, intitulado **Lâminas em Alto Relevo para o Ensino de Ondas e Fenômenos Ondulatórios a Deficientes Visuais**, consiste em 47 lâminas que foram apresentadas e discutidas em 10 sessões de 1h40. Para orientar outros professores no uso das lâminas, elaborei um guia, que está em anexo e também está disponível em separata juntamente com a transcrição das lâminas.

O tema, ondas e fenômenos ondulatórios, foi escolhido em primeiro lugar pela minha vivência no assunto. Depois, é um tema recorrente no ENEM e, finalmente, é um tema que exige muitas ilustrações gráficas, o que dificulta a aprendizagem por parte de deficientes visuais.

Na sequência, uma revisão da legislação pertinente à inclusão de deficientes visuais no nosso sistema educacional e uma revisão da literatura referente às iniciativas facilitadoras dessa inclusão serão apresentadas no Capítulo 2. Os encontros com o aluno Levi Silva, que serviram ao mesmo tempo de teste inicial da eficácia das lâminas quando manuseadas por um cego, e de aperfeiçoamento das lâminas em consequência dos excelentes comentários do aluno serão relatados no Capítulo 3. Comentários finais e algumas recomendações para potenciais utilizadores das lâminas são apresentados no Capítulo 4.

## Capítulo 2 - Legislação e iniciativas anteriores

O presente trabalho insere-se no contexto genericamente conhecido como inclusão escolar de alunos com necessidades educacionais especiais. Entre esses alunos destacamos aqueles com deficiência visual (DV)<sup>1</sup> parcial ou total, aos quais destina-se o produto educacional aqui apresentado.

A ferramenta mais importante para a inclusão sócio-cultural dos deficientes visuais talvez seja o Método Braille (MB), criado na França por Louis Braille, em 1829, e adotado no Brasil desde 1856 (RODRIGUES, 2010). O MB é um sistema universalmente reconhecido como excelente para o acesso a textos, mas não permite o acesso a elementos gráficos. Ao longo do tempo essa limitação tem sido enfrentada de diversas maneiras. Em 1999, pesquisadores do Departamento de Física da Universidade Purdue usaram a curva francesa e massas de modelar para produzir recursos didáticos táteis, com os quais ensinaram a uma aluna cega conceitos físicos relacionados com a reta, a parábola, a elipse e o círculo (PARRY; BRAZIER; FISCHBACH, 1997). Alguns anos depois, Eder Pires de Camargo elaborou uma série de materiais táteis para o ensino de diversos tópicos de física (CAMARGO, 2012), e mais recentemente A.C. Azevedo e A.C.F. Santos apresentaram uma abordagem pedagógica para o ensino de óptica geométrica (AZEVEDO; SANTOS, 2014). Embora sejam contribuições relevantes no contexto do ensino de Física no Brasil, os materiais desenvolvidos por Camargo (2012) apresentam restrições de mobilidade, e a proposta de Azevedo e Santos (2014) refere-se mais a uma abordagem pedagógica do que à fabricação de recursos táteis.

Material educacional tátil é importante para deficientes visuais não apenas no processo de ensino-aprendizagem, como também nos momentos de avaliação como o Exame Nacional do Ensino Médio (ENEM). Mesmo que o texto do exame seja em Braille, há dificuldades em relação às figuras e gráficos, tão abundantes nas questões das ciências da natureza e Matemática. Nesses casos, o deficiente visual conta com o auxílio de um leitor. Geralmente essa pessoa é um fiscal indicado pela coordenação do exame, e nem sempre está apto para a função de leitor.

A elaboração do produto que aqui se apresenta foi motivada pelas reclamações que ouvi de um aluno cego com notável capacidade intelectual, depois de se sentir

---

<sup>1</sup> A sigla DV será usada indistintamente para deficiência visual e para deficiente visual. O contexto é que indicará qual significado estará em uso.

prejudicado na realização do ENEM, pela incapacidade do leitor em lhe transmitir os elementos gráficos das provas de ciências da natureza.

Neste capítulo relato a busca que empreendi e os achados que obtive na literatura pertinente ao tema. Em outro capítulo detalharei o planejamento e a elaboração do produto educacional.

## ***2.1 Legislação brasileira sobre a inclusão educacional de deficientes visuais***

O instrumento legal mais recente adotado pelo governo federal é a Lei Brasileira de Inclusão da Pessoa com Deficiência (Lei 13.146, de 6 de julho de 2015). No artigo 30, contido no capítulo IV (Do direito à educação), a lei estabelece (BRASIL, 2015):

“Art. 30. Nos processos seletivos para ingresso e permanência nos cursos oferecidos pelas instituições de ensino superior e de educação profissional e tecnológica, públicas e privadas, devem ser adotadas as seguintes medidas:

I - atendimento preferencial à pessoa com deficiência nas dependências das Instituições de Ensino Superior (IES) e nos serviços;

II - disponibilização de formulário de inscrição de exames com campos específicos para que o candidato com deficiência informe os recursos de acessibilidade e de tecnologia assistiva necessários para sua participação;

III - disponibilização de provas em formatos acessíveis para atendimento às necessidades específicas do candidato com deficiência;

IV - disponibilização de recursos de acessibilidade e de tecnologia assistiva adequados, previamente solicitados e escolhidos pelo candidato com deficiência;

V - dilação de tempo, conforme demanda apresentada pelo candidato com deficiência, tanto na realização de exame para seleção quanto nas atividades acadêmicas, mediante prévia solicitação e comprovação da necessidade;

VI - adoção de critérios de avaliação das provas escritas, discursivas ou de redação que considerem a singularidade linguística da pessoa com deficiência, no domínio da modalidade escrita da língua portuguesa;

VII - tradução completa do edital e de suas retificações em Libras.”

A lei supracitada representa a convergência de uma ampla legislação anterior, para o caso específico de portadores de necessidades especiais, conforme especifica o INEP em uma nota publicada em 2012 (BRASIL, 2012):

“O atendimento diferenciado no âmbito dos exames e das avaliações realizados pelo Inpe se ampara em vários dispositivos legais: a Constituição Federal (1988), a Declaração de Salamanca:

Princípios, Política e Prática em Educação Especial (1994), a Lei de Diretrizes e Bases da Educação Nacional Brasileira (1996), o Decreto nº 3.298/1999, a Lei nº 10.098/2000, o Decreto nº 3.956/2001, a Lei nº 10.436/2002, a Lei nº 10.741/2003 (Estatuto do Idoso), o Decreto nº 5.296/2004, o Decreto nº 5.626/2005, as Diretrizes da Política Nacional de Educação Especial na Perspectiva da Educação Inclusiva (2007), o Decreto Legislativo nº 186/2008, o Decreto nº 6.949/2009, a Lei nº 12.319/2010, a Recomendação nº 001/2010 do Conselho Nacional dos Direitos da Pessoa com Deficiência (Conade), o Decreto nº 7.644/2011, a Resolução nº 4/2009 do Conselho Nacional de Educação, entre outros instrumentos normativos.”

Mesmo esse aparato legal, não evita que portadores de DV reclamem das condições às quais são submetidos no ENEM, conforme relato que ouvi de meu aluno, e notícias divulgadas na mídia. Apenas como ilustração destaco duas matérias veiculadas em 2014, uma no portal Terra, dando conta que candidatos cegos criticavam qualidade dos ledores no ENEM (TERRA, 2014), e outra no jornal O Globo, que relatava o medo demonstrado por alunos cegos quanto à qualificação dos ledores no Enem (O GLOBO, 2014).

## **2.2 Algumas iniciativas relatadas na literatura**

É bem sabido que na falta da visão, os cegos desenvolvem os outros sentidos mais do que os videntes. Para sua sobrevivência eles desenvolvem notavelmente o tato. Não é por outra razão a permanência bem sucedida e aparente imortalidade do MB. Todavia, o MB como hoje o conhecemos não tem resolvido o problema de transcrição de imagens, razão pela qual inúmeros profissionais têm investido na busca de soluções táteis para a representação de imagens relevantes para o processo de ensino-aprendizagem de pessoas com DV.

A literatura sobre a educação de deficientes visuais é razoavelmente extensa(COSTA; QUEIROZ; FURTADO, 2011; RODRIGUES, 2010; SÁ; CAMPOS; SILVA, 2007; SANTOS, 2007; SONZA, 2004), mas restringirei aqui apenas àquela pertinente ao uso de recursos táteis para o ensino de física.

Algumas das primeiras iniciativas no Brasil para a elaboração de recursos táteis para o ensino de física talvez tenham sido aquelas apresentadas por Éder Pires de Camargo (CAMARGO, 2012; CAMARGO; SILVA; BARROS FILHO, 2008). Na sequência, outras alternativas surgiram, tais como a proposta de Azevedo e Santos

(AZEVEDO; SANTOS, 2014), referente ao uso de ciclos de aprendizagem no ensino de física para DV. Para esses autores:

“(…) o ensino de conceitos para alunos cegos não difere daquele utilizado para alunos videntes. A especificidade situa-se na elaboração de materiais e métodos auxiliares para a formação dos conceitos. Assim, o tato constitui um recurso importante, bem como a ideia de representação dos conceitos no processo de aprendizagem.

(…) Uma aula típica de física geralmente exige o uso de diagramas e gráficos. Mas como devemos fazer o desenho para que o aluno deficiente visual possa sentir de forma tátil? Alguns critérios devem ser seguidos: o material deverá ser obtido facilmente (...), as linhas, diagramas e desenhos devem ser facilmente apagados ou removidos, e permitir a sua duplicação rápida por parte do aluno.”

Martins e colaboradores (MARTINS; DICKMAN; FERREIRA, 2013), elaboraram um glossário de símbolos em alto relevo referentes ao conteúdo de um livro didático de física para o ensino médio. Conforme relatam os autores:

Os símbolos do glossário representam objetos comumente usados nos exercícios de Mecânica, ou mais especificamente, as Leis de Newton, tais como: cordas, roldanas, objetos móveis, plano inclinado, vetores, etc. Os símbolos foram construídos de forma simples, por meio de pontos semelhantes aos utilizados na escrita do Braille, visando uma boa percepção tátil para os estudantes com deficiência visual.

## **Capítulo 3 - Encontros com Levi: aplicando e aperfeiçoando o produto**

O produto foi aplicado ao aluno Levi Silva (LS), da Escola Estadual de Educação Profissionalizante Monsenhor Expedito da Silveira de Sousa - EEEPMESS, inscrita no INEP sob o número 23002590, que tem Indicador de Nível Socioeconômico (INSE) médio baixo, conforme definição do INEP<sup>2</sup>. LS é um aluno que possui rara capacidade intelectual, capaz de realizar cálculos mentais com grande facilidade. Obteve as seguintes notas no ENEM 2017, com apenas os recursos de Ledor e tempo extra de 1h:

1. Ciências da Natureza e suas Tecnologias: 554,1;
2. Matemática e suas Tecnologias: 641,9;
3. Linguagens, Códigos e suas Tecnologias: 482,5;
4. Ciências Humanas e suas Tecnologias: 589,7, e
5. Redação: 640.

Além disso, ele foi aprovado em 2018 para os seguintes cursos superiores:

1. Direito (assinou termo de desistência da vaga) na Uninta – Instituto Superior de Teologia Aplicada;
2. Direito (assinou termo de desistência da vaga) Uninassau - Faculdade Maurício de Nassau;
3. Direito (Cursando) na Faculdade Luciano Feijão;
4. Engenharia da computação, 2º lugar (assinou termo de desistência da vaga) na Universidade Federal do Ceará.

### **3.1. Contatos prévios**

Antes de iniciar o desenvolvimento e aplicação do produto, mantive contato em três ocasiões com o estudante e sua mãe para definir o contexto em que meu trabalho deveria ser inserido, e planejar as ações didático-pedagógicas necessárias.

---

<sup>2</sup>[http://download.inep.gov.br/informacoes\\_estatisticas/indicadores\\_educacionais/2011\\_2013/nivel\\_socioeconomico/nota\\_tecnica\\_indicador\\_nivel\\_socioeconomico.pdf](http://download.inep.gov.br/informacoes_estatisticas/indicadores_educacionais/2011_2013/nivel_socioeconomico/nota_tecnica_indicador_nivel_socioeconomico.pdf)

Como eu não era mais seu professor na escola, decidimos realizar encontros extra-classe para testar as lâminas. Ao mesmo tempo em que ele tinha nova oportunidade de apropriação do conteúdo visto no ano anterior, ele contribuiria com meu trabalho avaliando a utilidade e as limitações do produto. Foi uma parceria benéfica a ambos. De minha parte contei com um avaliador criterioso, e ele contou com um professor de física particular com vistas à sua preparação para o ENEM em tópicos referentes aos fenômenos ondulatórios.

Definimos que o trabalho seria realizado em 12 encontros, sendo o primeiro e último para aplicação de um pré-teste e de um pós-teste, respectivamente. Os outros dez encontros seriam usados exclusivamente para a aplicação do produto.

Do conteúdo pertinente aos fenômenos ondulatórios, foram selecionados:

1. conceituação, classificação e elementos de ondas;
2. reflexão e refração;
3. absorção;
4. difração e interferência;
5. polarização, e
6. efeito Doppler.

Uma síntese dos assuntos abordados em cada encontro é apresentada na Tabela 3.1, com a indicação das lâminas utilizadas.

<b>Encontro</b>	<b>Lâminas utilizadas</b>	<b>Conteúdo por lâmina</b>
1	1, 2 e 3	(1) Esclarecimento dos mitos e verdades sobre o transporte de matéria através de ondas. (2) Apresentação das formas de ondas mais cobradas em concursos e vestibulares, inseridas no plano cartesiano. (3) Apresentação do número de ondas a partir da repetição periódicas das revoluções.
2	4, 5, 6, e 7	(4, 5 e 6) Exemplificação da onda transversal por meio da Ola, onda espanhola, trabalhada no ENEM. (7) Exemplificação da onda longitudinal representada por pulso em mola.
3	8, 9, 10, 11, 12 e 13	(8, 9 e 10) Apresentação dos elementos de uma onda. (11) Resolução de questões com um bom nível de dificuldade, a fim de treinar a resolução de questões deste assunto num tempo não superior a 3,0 minutos. (12 e 13) Apresentação de pontos e pulsos em fase e fora de fase.
4	14, 15, 16 e 17	(14) Estabelecer a condição para ocorrer o eco. (16 e 17) Mostrar que através da 2ª Lei da Reflexão

		podemos demonstrar a simetria existente entre um objeto e sua imagem. <b>(15)</b> Evidenciar a mudança de fase ocorrida por conta da reflexão, lembrando que no pulso em corda com extremidade livre o mesmo não ocorre.
5	18, 19, 20 e 21	<b>(18 e 21)</b> Definição de espelho como uma superfície polida capaz de refletir todos os raios luminosos sobre ele incididos, obedecendo a 1ª e 2ª lei da reflexão. <b>(19)</b> Através do ângulo complementar ao de reflexão descobrir qual o ângulo de incidência. <b>(18, 19 e 20)</b> Construir imagens seguindo a 2ª lei da reflexão, ponto a ponto das imagens. <b>(18 e 19)</b> Fazer analogia entre a reflexão da luz com a reflexão mecânica ocorrida pós colisão elástica.
6	22 e 23	<b>(22)</b> Definir os limites de cada radiação eletromagnética, frisando a ordem das mais cobradas em concursos. <b>(23)</b> Concluir que as cores observadas são resultantes do fenômeno da reflexão e/ou absorção.
7	24, 25, 26, 27, 28 e 29	<b>(24 e 25)</b> Familiarizar-se com os elementos de refração. <b>(26 e 27)</b> Relacionar a mudança de meio com o índice de refração e a velocidade de propagação da onda. <b>(28 e 29)</b> Refração no prisma e sua dupla refração.
8	30, 31, 32 e 33	<b>(30 e 31)</b> Apresentar a difração como um fenômeno no qual a onda contorna obstáculo(s) sem a necessidade de mudar de meio, logo a velocidade, comprimento de onda e frequência permanecem inalteradas. <b>(31)</b> Salientar que há mudança na forma de onda. <b>(32 e 33)</b> Demonstração do experimento de Young, dupla fenda, com a construção da figura de interferência, e esta será a deixa para o próximo assunto.
9	34, 35, 36, 37, 38, 39, 40, 41 e 42	<b>(34, 35, 36, 37, 38 e 39)</b> Diferenciar a interferência construtiva da destrutiva pela sua fase inicial, final e durante a superposição. <b>(40, 41 e 42)</b> Citar exemplos de polarizadores e mostrar o processo através das lâminas.
10	43, 44, 45, 46 e 47	<b>(43 e 44)</b> Conceituar o Efeito Doppler pela condição de existência de movimento relativo entre fonte-receptor. <b>(45, 46 e 47)</b> Aproveitamento do tempo com resolução de questões de revisão a partir das lâminas.
Tabela 3.1. Resumo dos conteúdos abordados nos encontros com Levi.		

### 3.2 Primeiro encontro: Pré-teste

O primeiro encontro foi destinado à aplicação do pré-teste (Apêndice A), composto por 10 questões de edições de 2011 a 2016 do ENEM que abordam o assunto tratado no produto, e uma questão subjetiva a respeito do conceito de luz e de como se pode definir a cor de um corpo.

O estudante ficou sabendo que o propósito do pré-teste era avaliar qual o nível de conhecimento prévio dele sobre o assunto. Assim, para garantir a validade do teste, eu não poderia ajuda-lo, nem interpretando, nem ensinando-o a respondê-las.

Para garantir a fidelidade no relato daqueles encontros, pedi permissão ao estudante e a seus responsáveis para realizar gravações, que foram cronometradas. Durante os dois testes, cronometrei e registrei o tempo gasto para leitura das questões e imagens, e resolução de cada questão. A Tabela 3.2 exibe esses resultados para o pré-teste. No relato do último encontro serão exibidos os resultados do pós-teste. O tempo de releitura foi computado como tempo de raciocínio, uma vez que durante essas releituras o estudante aproveitava para eliminação de algumas alternativas.

QUESTÃO	TEMPO DE LEITURA	TEMPO DE RESOLUÇÃO	ACERTOU?
01	1min e 45s	12min e 08s	NÃO
02	2min e 30s	1min e 22s	NÃO
03	3min e 09s	9min e 13s	SIM
04	1min e 33s	3min e 35s	NÃO
05	2min e 29s	8min e 42s	NÃO
06	1min e 17s	4min e 02s	NÃO
07	0min e 54s	3min e 58s	SIM
08	1min e 25s	5min e 36s	SIM
09	0min e 39s	1min e 30s	NÃO
10	2min e 43s	5min e 35s	NÃO
11	0min e 14s	1min e 59s	NÃO

Tabela 3.2. tempo de leitura, resolução e tipo de resposta das questões do pré-teste.

Os resultados apresentados na Tabela 3.2 sugerem que o tempo estimado para leitura e resolução de questões do ENEM, de aproximadamente 3min40s, é insuficiente para um candidato cego, nas condições que lhes são usualmente oferecidas. Embora a observação de apenas um aluno, em um único teste não nos autorize fazer essa inferência, vale ressaltar que esse resultado foi obtido com um aluno cego excepcionalmente bem dotado em suas capacidades intelectuais, tendo sido por três vezes aluno destaque da série e até da escola.

A seguir são apresentados comentários sobre o desempenho do aluno na resolução do pré-teste.

**1ª Questão:** Diferença de frequência entre Dó central e Dó maior.

LS errou essa questão porque pensou que deveria encontrar a razão entre as duas frequências, e porque teve a preocupação de contar a quantidade de elevações e depressões de cada nota musical. Deveria deter-se na quantidade de repetições, que fornece o número de ondas e conseqüentemente permite calcular a frequência.

**2ª Questão:** Tipo de sinal captado pelo sonar.

O aluno errou a questão porque apresentou dificuldade em:

1. diferenciar os fenômenos ondulatórios cobrados no item;
2. identificar a mudança de grandeza da velocidade do som e da luz dentro da água;

**3ª Questão:** Absorção da luz e cores dos objetos.

Mesmo com grande tempo empregado foi percebido que não teve muita dificuldade para compreender o enunciado. Conforme comentário do aluno, o grau de dificuldade deveu-se à interpretação das imagens.

**4ª Questão:** Velocidade de propagação de ondas.

Apesar de já ter resolvido este item anteriormente em estudos na sala de aula, LS errou por confiar de mais em sua lembrança, conforme seu relato. Deveria ter solicitado mais uma releitura da questão, mas estava preocupado com o tempo empregado na resolução dos itens anteriores. Ele não se deu conta que a velocidade deveria permanecer a mesma, uma vez que o meio de propagação não havia mudado.

**5ª Questão:** Difração da luz.

Relatou que a descrição da imagem não o ajudou. É necessário que ele possa identificar o que é relevante nas imagens para que a descrição desta tenha significado. Sabia que o item selecionado tratava-se do efeito Doppler, mas não conseguiu associar ao seu entendimento da imagem.

**6ª Questão:** Refração da luz.

Desconhece a Lei de Snell e suas conseqüências, conteúdo nunca visto por ele.

**7ª Questão:** Superposição de ondas eletromagnéticas.

Conteúdo visto recentemente, mas mesmo assim confundiu-se. Pensou se tratar de interferência destrutiva, mas o enunciado menciona apenas interferência.

**8ª Questão:** Filtros para absorção da luz.

O texto explica como se resolver, bastava ter atenção às informações contidas no mesmo. Com o tempo de 5min36s extrapolou o limite por questão. No entanto, isso ocorreu pela complexidade do texto.

**9ª Questão:** Ressonância de ondas eletromagnéticas.

Desconhecia o fenômeno da ressonância, conteúdo nunca estudado por ele.

**10ª Questão:** Efeito Doppler.

A descrição das imagens não o ajudou. Muitas imagens para interpretar e pouco recurso para que ele por si só faça a análise. As várias releituras completas da imagem não o ajudam. Precisa que seja lido apenas o que interessa para a questão. Como o Ledor não pode atuar dessa forma para não haver indução/favorecimento perde-se muito tempo analisando o todo até que possa enfim separar as informações úteis. Sem falar que a linguagem adotada pelo Ledor nem sempre corresponde àquela que o aluno ouviu do(s) professor(es).

**11ª Questão:** O que você entende por luz? Como podemos definir a cor de um corpo? (Questão discursiva).

O aluno mostra um grande potencial de memorização do que lhe é dito, porém não consegue relacionar conceitos com a prática, uma vez que esta não fez parte do seu processo de aprendizagem anterior.

### **3.3. Segundo encontro**

Os trabalhos começaram com o conceito de onda, exemplificando-as e reforçando a ideia de que onda não transporta matéria. Para demonstrar o conceito usei a lâmina apresentada na Figura 3.1, com imagem em alto relevo contendo informações

apropriadas a um vidente, mas em excesso e complexas para um cego. Então, já no início foi importante a contribuição de LS ao apontar a impropriedade daquela lâmina.

Era perceptível sua dificuldade em compreender aquela imagem. No diálogo que se seguiu tomei conhecimento de que ele jamais tivera contato com a ilustração tátil de uma onda. Essa informação definiu a etapa seguinte do processo ensino-aprendizagem, no qual o objetivo principal passara a ser o detalhamento dos principais tipos de onda e seus elementos definidores.

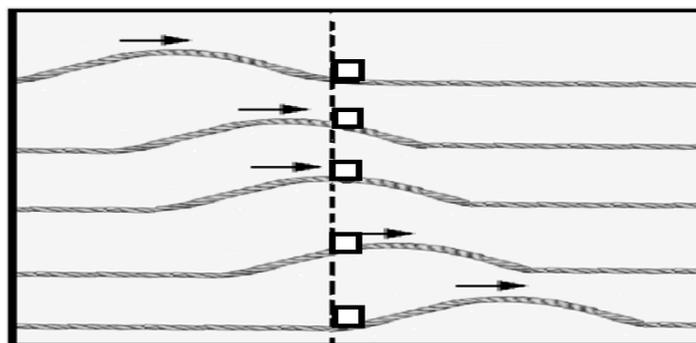


Figura 3.1. Ilustração da ideia de que onda não transporta matéria.

Levi tomou conhecimento tátil das três principais formas de onda por meio da lâmina 2, cujas ilustrações são apresentadas na Figura 3.2.

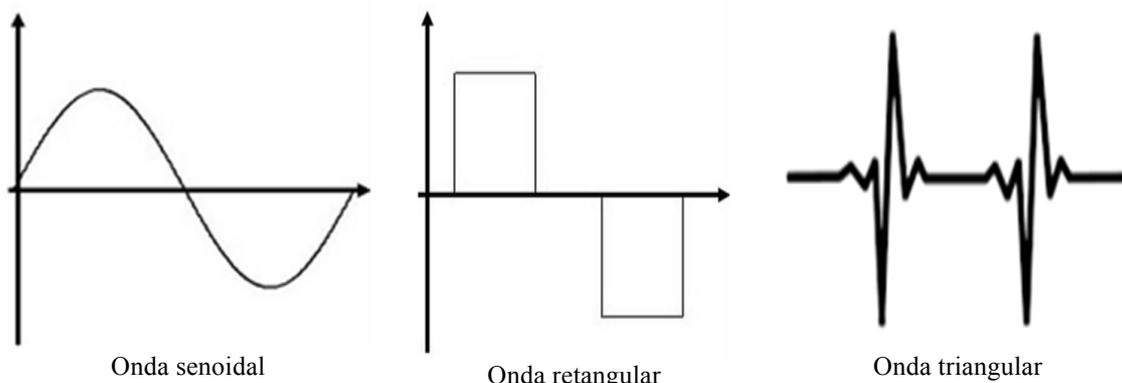


Figura 3.2. Principais tipos de onda.

Ao tocar nas formas de onda, sobretudo na senoidal, o entusiasmo de LS foi notável (Figura 3.3). Foi grande a emoção por conseguir “visualizar” aquela imagem até então inédita. Imediatamente ele quis saber a respeito do material que lhe possibilitou aquele conhecimento. Sua reação era equivalente à de uma criança feliz com um brinquedo novo. Todavia, ele apresentou dificuldade em compreender a onda triangular. Ficou claro que a dificuldade resultava do tamanho dos traços, muito pequenos, e do

contorno das curvas, onde os pontos eram mais espaçados do que o necessário para uma boa percepção tátil da continuidade da curva.

Outro problema que nos deparamos foi quanto à compreensão de seno e cosseno e isto requereu a confecção de lâminas para explicar-lhe a função seno no círculo trigonométrico. Decidimos então encerrar aquele encontro e retomar o trabalho no encontro seguinte fazendo uma revisão de trigonometria.

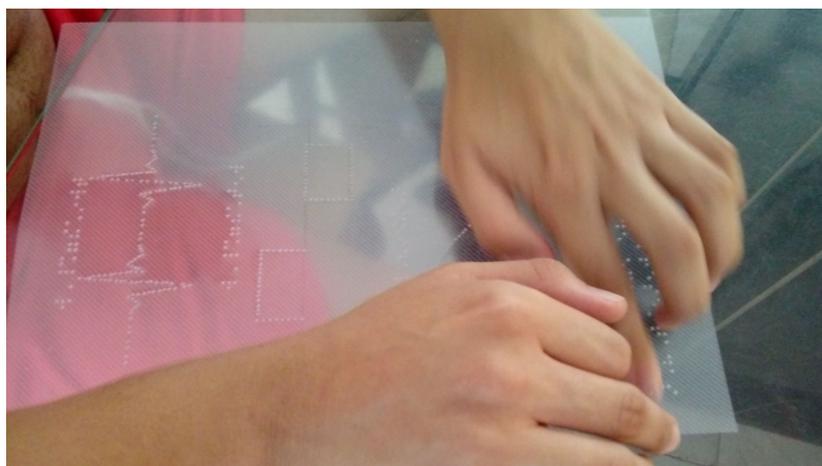


Figura 3.3. Levi fazendo a leitura da lâmina 2.

### **3.4 Terceiro encontro**

Iniciou-se este encontro com a explicação de seno e cosseno como representações das projeções de um vetor sobre os eixos das coordenadas e das abscissas, ou simplesmente é o “tamanho da sombra” formada sobre o eixo  $x$  e  $y$  do plano cartesiano. O problema é que um cego não sabe o que é sombra, nem projeção e tampouco a representação vetorial, logo tive que apresentar passo a passo todos os componentes do círculo trigonométrico.

Decidimos então criar uma ordem como se eu estivesse desenhando o círculo trigonométrico e apresentando um a um os elementos ali inseridos:

1. Começando pelo vetor raio;
2. Passando pelos eixos ortogonais que formam o plano cartesiano;
3. Depois, o círculo e seus ângulos;
4. As componentes de um vetor com projeção sobre os eixos  $x$  e  $y$ ;
5. Finalmente, os valores decimais do seno e do cosseno.

Tudo isso por meio de lâminas preparadas para esta aula e que foram doadas ao estudante, razão pela qual elas não compõem o produto.

Essa parte do processo dialógico serviu para a apropriação de subsunçores importantes para abordar fenômenos ondulatórios, cujas descrições se iniciaram com a classificação das ondas quanto à sua natureza e direção de propagação, assim como quanto à direção de vibração das partículas.

Quanto à natureza, as ondas podem ser mecânicas ou eletromagnéticas e elas podem ser diferenciadas em termos da velocidade de propagação em diferentes meios. Considerei este momento adequado para explicar-lhe a ideia de sombra e discutir a questão da opacidade dos materiais em relação à absorção das ondas eletromagnéticas.

O conceito de direção de propagação foi discutido a partir de uma questão do ENEM que aborda a ola, onda espanhola, como exemplo de onda transversal. Para discutir esse conceito de onda transversal, cometi o equívoco de utilizar a lâmina apresentada na Figura 3.4. Sua complexidade e grande quantidade de informação confundiu o aluno. A solução veio imediatamente, qual seja, dividir a imagem em partes, cada uma discutindo um aspecto específico do cenário conceitual, como ilustrado na Figura 3.5.

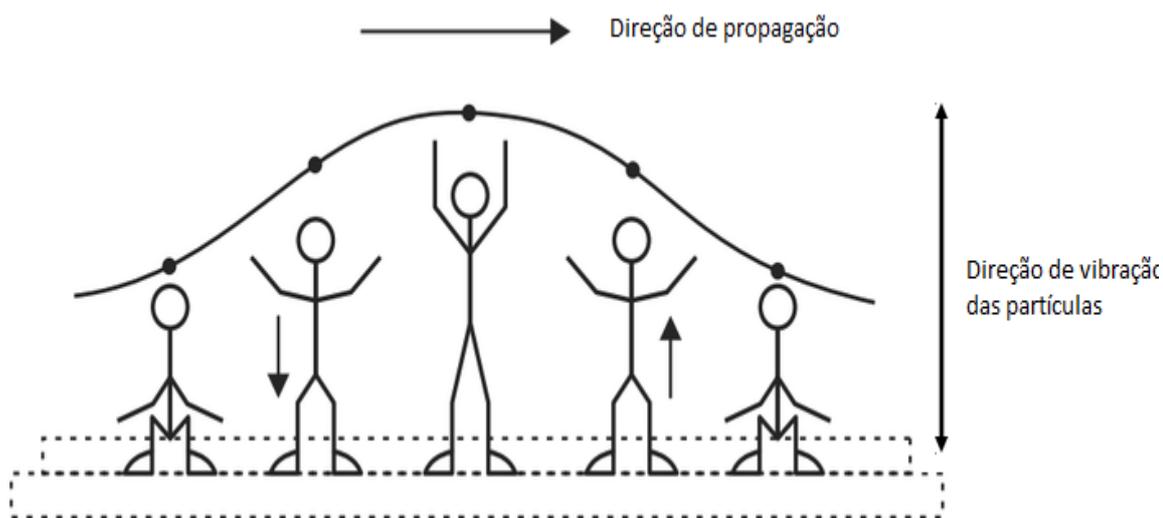


Figura 3.4. Primeira imagem usada para discutir o conceito de onda transversal

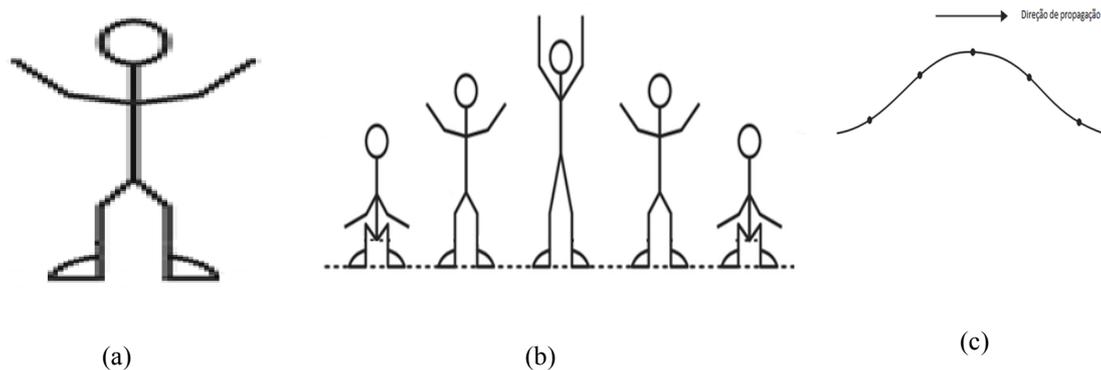


Figura 3.5. Imagens usadas nas lâminas 4, 5 e 6, para discutir a ideia de onda transversal.

A Figura 3.5a foi usada na lâmina 4 (ver o produto em anexo) com a explicação de que na Ola as pessoas, representadas pelos bonecos, representam partículas que vibram na direção vertical, subindo e descendo. A Figura 3.5b foi usada na lâmina 5, com a explicação de que na Ola as pessoas realizam o movimento subindo e descendo em sincronia, de modo que para uma onda cuja direção de propagação é da esquerda para a direita (essa direção é indicada na lâmina por uma seta), uma pessoa levanta-se quando a que está à sua direita inicia seu movimento para baixo.

Na lâmina 6 as pessoas são substituídas por pontos e a imagem da onda contínua exibida na Figura 3.5c é apresentada, ao lado de setas na vertical, indicativas da direção de movimento das partículas, e na horizontal, indicativas do movimento de propagação da onda.

A Figura 3.6 registra um momento em que Levi está fazendo a leitura da lâmina 4.

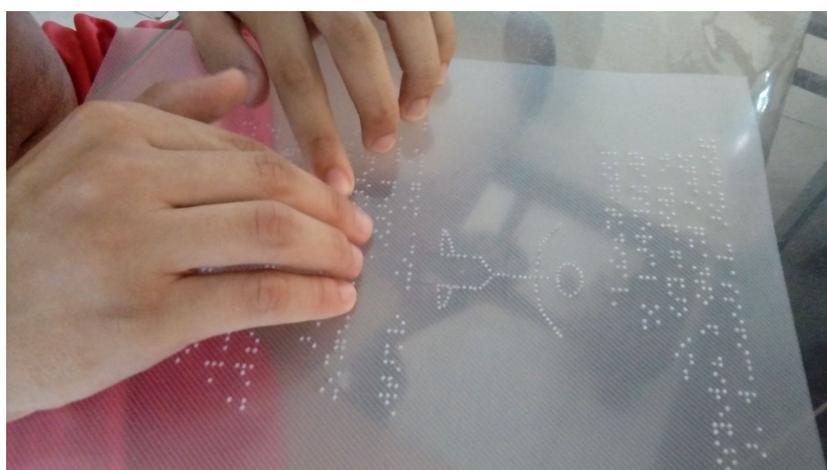


Figura 3.6. Levi fazendo a leitura da lâmina 4.

Para o caso de onda longitudinal, foi usado, na lâmina 7, o exemplo clássico da onda em uma mola (Figura 3.7), com a explicação neste caso, a direção de propagação é paralela à direção de vibração das partículas. Esse movimento de partículas é representado pelas zonas de compressão e depressão na mola.

Além da lâmina 7, cuja leitura por parte de Levi é ilustrada na Figura 3.8, usamos o brinquedo mola maluca para ilustrar o conceito de onda longitudinal.

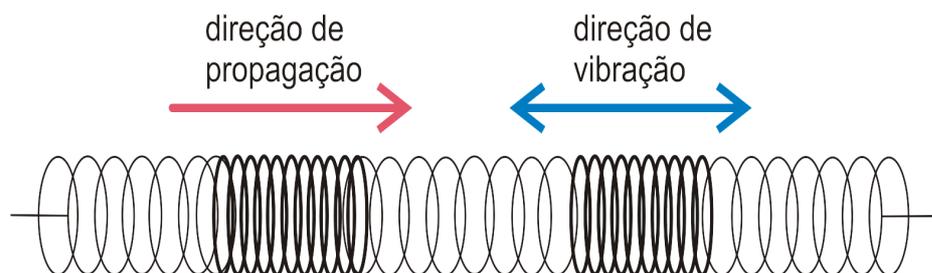


Figura 3.7. Ilustração de onda longitudinal.

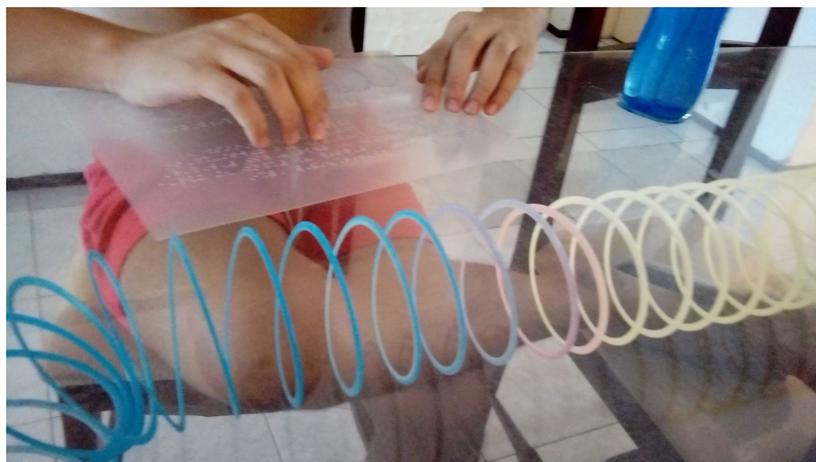


Figura 3.8. Levi fazendo a leitura da lâmina 7. À sua frente, o brinquedo mola maluca.

O encontro foi finalizado com as seguintes questões, às quais Levi respondeu corretamente:

1. Quais são os valores de seno e cosseno dos ângulos de  $0^\circ$ ,  $30^\circ$ ,  $45^\circ$ ,  $60^\circ$ ,  $90^\circ$ ,  $180^\circ$ ,  $270^\circ$ , e de  $360^\circ$ , na forma fracionária e em radianos?
2. Diferenciar onda mecânica de onda eletromagnética.
3. Exemplificar ondas longitudinais e ondas transversais.

### 3.5. Quarto encontro

Este encontro teve como objetivos:

1. conceituar os elementos que constituem uma onda;
2. tecer comentários de como este tópico tem sido cobrado em concursos.

A primeira alternativa foi usar uma imagem como esta apresentada na Figura 3.9, que contém todos os elementos característicos de uma onda. Trata-se de uma imagem de fácil interpretação por parte de um cego, mas pela sua complexidade achamos conveniente separa-la em partes. No produto, essa imagem foi transformada em três (lâminas 8 a 10) e deu origem a outras três (lâminas 11 a 13). A lâmina 8 foi utilizada para discutir os conceitos de crista e vale (ou depressão). Na lâmina 9 foram apresentadas as definições de eixo principal e amplitude. As definições de nó e comprimento de onda são apresentadas na lâmina 10.

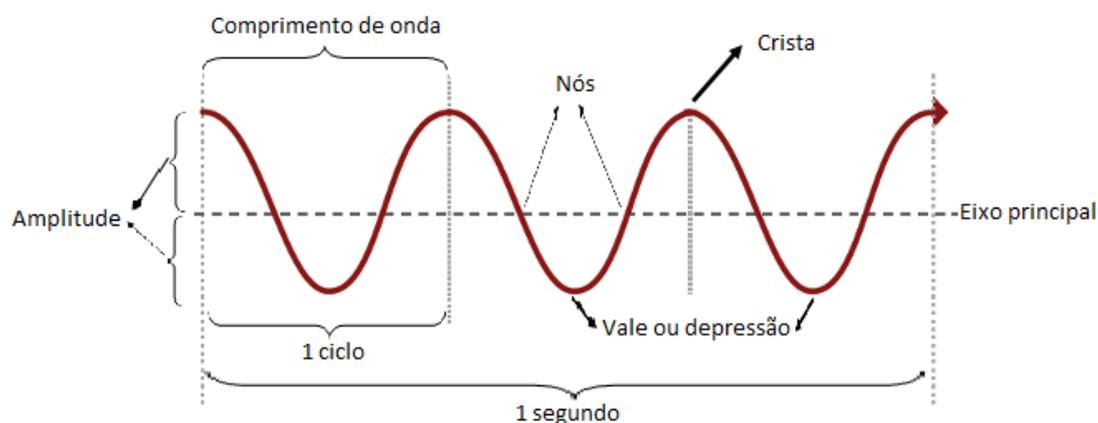


Figura 3.9. Ilustração de uma onda, com seus elementos característicos.

Os fundamentos apresentados nas lâminas 8 a 10, foram exercitados na lâmina 11, a partir da exploração da imagem apresentada na Figura 3.10. Sabendo que cada pulso se propaga em 1s, e que as unidades de comprimento estão dadas em centímetro, foi solicitada ao aluno a determinação das seguintes propriedades: amplitude, comprimento e frequência da onda.

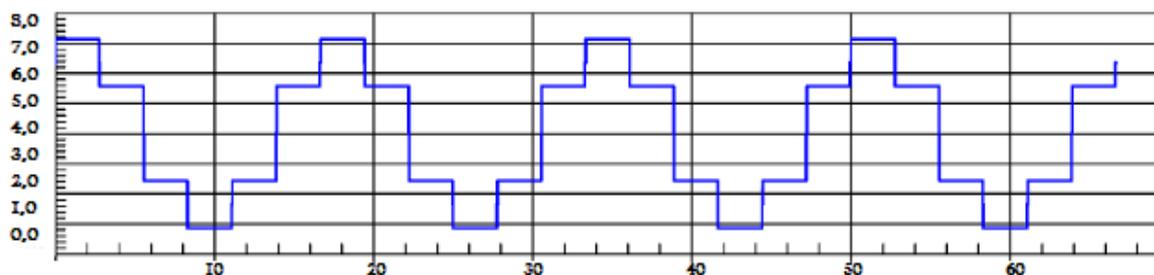


Figura 3.10. Imagem utilizada para exercitar os fundamentos apresentados nas lâminas 8 a 10.

Após esse exercício de fixação, passamos a discutir uma questão importante para a interpretação de alguns fenômenos ondulatórios. Estou me referindo ao conceito de oposição de fase, que foi abordado nas lâminas 12 (ilustração de dois tipos de pulsos) e 13. Nesta última, destacamos alguns pontos em oposição de fase no desenho de uma onda (Figura 3.11). Na lâmina 13 chama-se a atenção para o fato de que os pares de pontos BD, DF e FH estão em oposição de fase mesmo pertencendo à mesma onda.

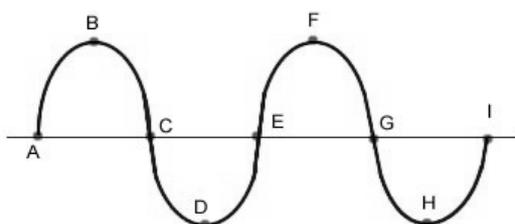


Figura 3.11. Pontos em oposição de fase em uma onda senoidal.

### 3.6. Quinto encontro

Até o encontro anterior, tínhamos abordado as propriedades características de uma onda ou de um pulso ondulatório. A partir deste encontro passamos a abordar os fenômenos apresentados por diferentes tipos de ondas:

1. reflexão;
2. absorção;
3. refração;
4. difração;
5. interferência;
6. polarização;
7. efeito Doppler.

Iniciamos essa discussão com a imagem exibida na Figura 3.12, que apresenta alguma dificuldade, mas nada que atrapalhe a compreensão do fenômeno. Utilizamos um muro como anteparo porque essa imagem é muito utilizada em concursos. Como abordamos a questão do eco de ondas sonoras, a compreensão dessa imagem e do fenômeno não é um problema para portadores de DV. Na lâmina 14, onde encontra-se a imagem da Figura 3.12, é esclarecido que para se perceber o eco, é necessário que a distância fonte-obstáculo-receptor seja maior ou igual a 34 metros.

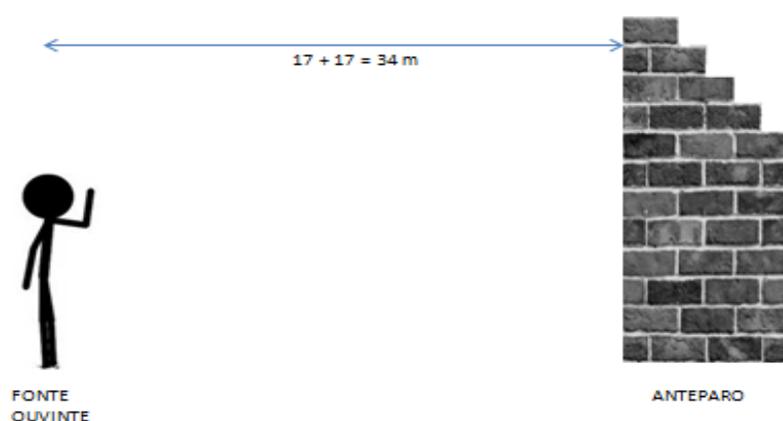


Figura 3.12. Imagem usada para discutir os conceitos de reflexão e eco.

Para a reflexão de um pulso em uma corda, utilizamos as imagens apresentadas na Figura 3.13.

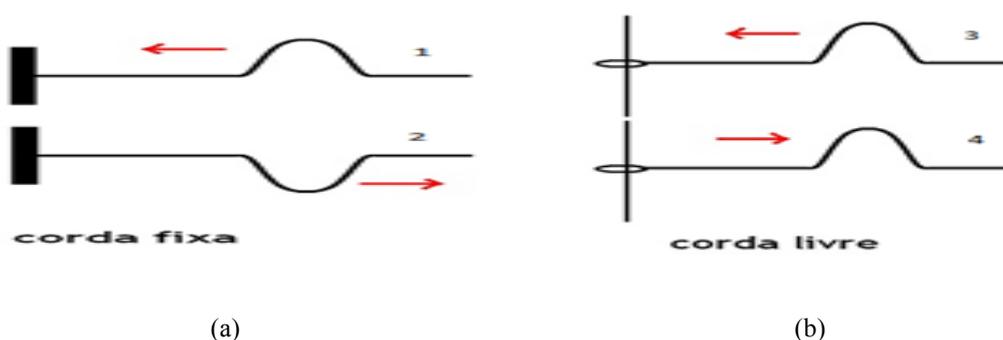


Figura 3.13. Reflexão de pulsos em uma corda (lâmina 15): (a) na extremidade fixa; (b) na extremidade móvel.

Com extremidade fixa, o pulso reflete invertendo a fase. Essa situação foi facilmente compreendida por Levi, uma vez que os conceitos envolvidos haviam sido discutidos pouco antes. Por outro lado, o caso em que a extremidade da corda é presa a

uma argola que pode deslizar numa haste, foi necessária a utilização de imagens reais. A haste foi comparada a um lápis, a argola a uma aliança e a corda ao braço do estudante, que fazia a argola deslizar ao longo do lápis.

No caso da reflexão da luz, apelamos para as imagens apresentadas na Figura 3.14. A imagem 3.14a foi usada na lâmina 16 com o seguinte texto explicativo: segue abaixo a ilustração de um objeto com forma de R, cuja altura é 5 cm e está 3 cm à frente de um espelho plano. A imagem 3.14b foi usada na lâmina 17, com o seguinte texto explicativo: constatamos a formação de uma imagem virtual, direita e simétrica ao objeto, também distando 3 cm do espelho.

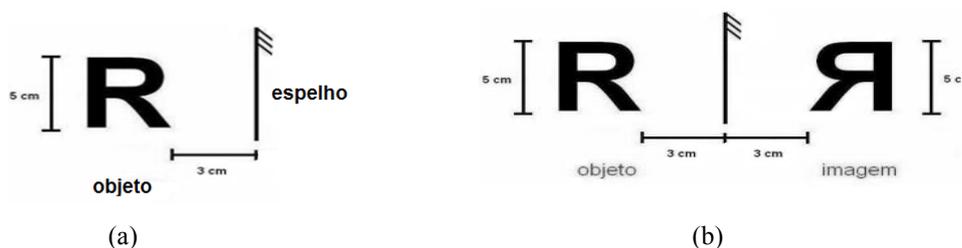


Figura 3.14. Reflexão em espelho plano: (a) Apresentação dos elementos em um experimento de reflexão da luz. (b) Descrição de uma imagem virtual na reflexão em espelho plano.

### 3.7. Sexto encontro

Neste encontro abordamos a reflexão da luz em superfície espelhada. Utilizamos quatro lâminas (18 a 21) para tratar o assunto. Na lâmina 18, que tem a Figura 3.15 como ilustração, é esclarecido que a reflexão da luz em superfície espelhada segue o mesmo princípio de uma colisão elástica. A figura representa uma bola que é arremessada frontalmente contra uma superfície plana, retornando ao ponto de onde foi arremessada, desprezando a ação da gravidade. Uma ilustração similar é usada na lâmina 19 para representar uma colisão oblíqua, na qual o ângulo de reflexão é igual ao de incidência.

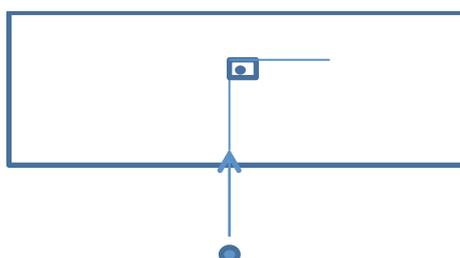


Figura 3.15. Reflexão de uma bola elástica.

A lâmina 20 contém as duas leis da reflexão:

1. 1ª Lei: O raio incidente, o raio refletido e a normal são coplanares.
2. 2ª Lei: O ângulo de incidência, compreendido entre o raio incidente e a normal, é igual ao ângulo de reflexão, compreendido entre o raio refletido e a normal.

Do mesmo modo como procedemos até aqui, depois de separar imagens complexas em partes mais simples, apresentamos, na lâmina 21, a imagem tridimensional muito comum em livros didáticos e em concursos, resumindo a questão da reflexão.

### 3.8. Sétimo encontro

Abordamos neste encontro as cores dos corpos, certamente o tema que exigiu o maior grau de abstração. Como para um deficiente visual total desde o nascimento é impossível reconhecer as cores, elas tiveram que ser associadas aos seus respectivos comprimentos de onda. Aliás, essa é uma ideia cientificamente bem interessante. Na lâmina 22 foram apresentadas as sete cores do arco-íris, como exibidas na Figura 3.16. Duas setas indicam a ordem de crescimento das frequências e dos comprimentos de onda. Além disso, os valores médios do comprimento de onda da cada cor também são apresentados. É dito ao aluno que a composição de todas essas cores resulta no que se denomina de luz branca. E pelo fato de ser a composição de todas as cores, a cor branca também é conhecida como luz policromática.

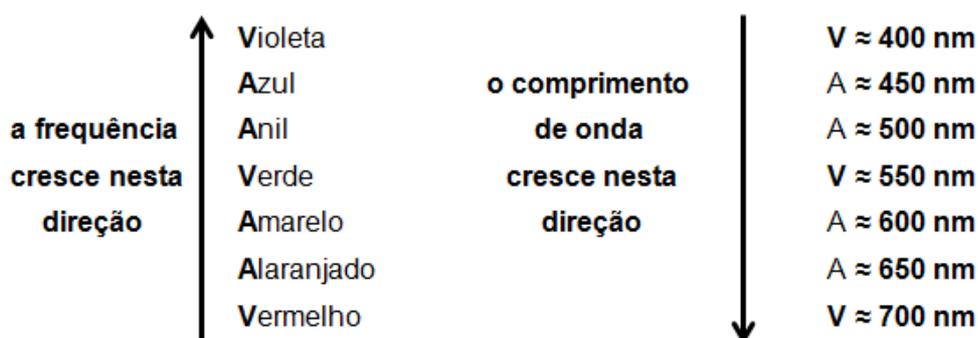


Figura 3.16. Espectro da luz visível ao olho humano.

No detalhamento desse espectro da luz visível, é esclarecido que a luz violeta é a de maior energia, por ter maior frequência, e que luz com frequência superior à da luz violeta não é visível ao olho humano. Essa luz, com frequência superior à da luz violeta é denominada luz ultravioleta. Na outra ponta, a luz vermelha é a que apresenta a menor energia, exatamente por ter a menor frequência. A radiação abaixo da luz vermelha, com frequência menor, também não é visível ao olho humano e se manifesta sob a forma de calor. Essa radiação é popularmente conhecida como raios infravermelhos.

Levi apenas reconhece se está claro ou se está escuro. Ele também sabe que roupa escura lhe causa sensação de calor maior do que roupa clara. Então, lhe apresentei a noção de absorção da radiação, e de como as cores dos objetos são percebidas pelos videntes. Por exemplo, por que um corpo amarelo é visto como preto, quando sobre ele incide luz monocromática azul. A cor preta foi associada ao escuro (sem luz), e o claro foi associado à presença de luz.

Encerramos este encontro com a um exercício (Figura 3.17) que havia sido utilizado no pré-teste, a respeito da absorção da luz.

Para que uma substância seja colorida ela deve absorver luz na região do visível. Quando uma amostra absorve luz visível, a cor que percebemos é a soma das cores restantes que são refletidas ou transmitidas pelo objeto. A Figura 1 mostra o espectro de absorção para uma substância e é possível observar que há um comprimento de onda em que a intensidade de absorção é máxima. Um observador pode prever a cor dessa substância pelo uso da roda de cores (Figura 2): o comprimento de onda correspondente à cor do objeto é encontrado no lado oposto ao comprimento de onda da absorção máxima.

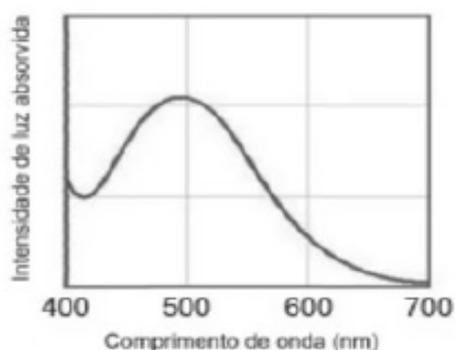
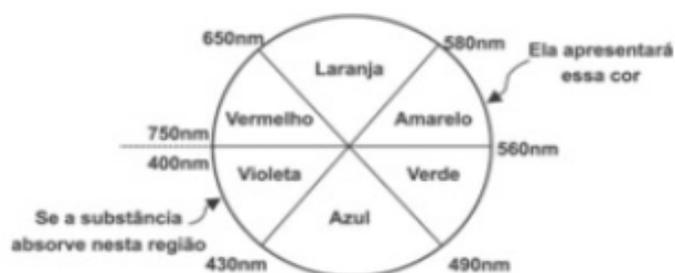


Figura 1



Brown, T. Química a Ciência Central 2005 (adaptado).

Figura 2

Qual a cor da substância que deu origem ao espectro da Figura 1?

- (A) Azul      (B) Verde      (C) Violeta      (D) Laranja      (E) Vermelho

Figura 3.17. Reprodução da lâmina 23, com uma questão do ENEM sobre absorção de luz.

Desta vez, Levi resolveu a questão em um tempo cinco vezes menor do que aquele utilizado no pré-teste.

### **3.9. Oitavo encontro**

Para abordar o fenômeno da refração, objeto desse encontro, foram necessárias seis lâminas (24 a 29), tratando separadamente cada um dos seguintes aspectos referentes a um experimento de refração:

1. dioptra e reta normal;
2. raio e ângulo de incidência;
3. raio e ângulo de refração quando  $v_1 < v_2$ ,  $n_1 > n_2$ ;
4. raio e ângulo de refração quando  $v_1 > v_2$ ,  $n_1 < n_2$ ;
5. prisma de dupla refração;
6. decomposição da luz por dupla refração em um prisma.

É explicada qualitativamente a lei de Snell e a razão da luz branca, policromática, se decompor nas sete diferentes cores que compõem o arco-íris, por meio da dupla refração. Ao se refratar a luz muda sua velocidade e seu comprimento de onda, portanto, mudando de cor.

### **3.10. Nono encontro**

Nesse encontro, cujo objetivo era abordar a difração, foram usadas duas lâminas (30 a 31). A lâmina 30 serviu para definir uma circunstância para a ocorrência de difração, qual seja a passagem de um raio de luz através de um orifício ou uma fenda. É apresentada a imagem clássica de um feixe de luz e o orifício, através do qual o feixe passará. O texto ao lado da imagem informa que a difração de ondas pode ocorrer ao contornar obstáculos ou ao transpor um orifício cujas dimensões sejam da ordem de grandeza do comprimento de onda da radiação. Na lâmina seguinte, é apresentada a imagem clássica da frente de onda plana se transformando em ondas circulares após a difração. Mais uma vez, é dito que o orifício tem dimensões menores ou da ordem de grandeza do comprimento de onda da radiação.

### 3.11. Décimo encontro

Os temas desse encontro, interferência e polarização, estão entre os mais complexos entre os fenômenos ondulatórios tratados no ensino médio. Essa complexidade é potencializada em função da condição visual do aluno. Em função dessa complexidade, foram necessárias oito lâminas (32 a 39), iniciando pela figura clássica do experimento de Thomas Young (lâmina 32), conforme ilustração na Figura 3.18. No texto que acompanha a imagem, é dito que a partir do experimento da dupla fenda de Thomas Young podemos mostrar uma figura de interferência com padrões bem definidos de amplitudes máximas e mínimas.

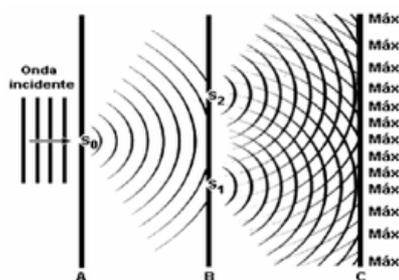


Figura 3.18. Ilustração do experimento da dupla fenda de Thomas Young.

A lâmina 33 contém um texto descrevendo a Figura 3.18:

A imagem ilustra uma onda plana que incide sobre um anteparo com orifício pelo qual a onda sofre difração, esta nova frente de onda formada propaga-se até um outro anteparo que têm dois orifícios pelo qual sofrerá nova difração, formando assim duas frentes de ondas que se sobrepõem e constroem a figura de interferência.

Para compreender com a devida profundidade a Figura 3.18, se faz necessária a apropriação de vários conceitos, começando pela superposição de duas ondas, que pode ser construtiva ou destrutiva.

Na lâmina 34 iniciamos a abordagem da superposição, dizendo que a interferência tem sua análise realizada a partir da amplitude resultante no instante da superposição das ondas. Nesta lâmina é apresentada a Figura 3.19a, que representa dois pulsos antes da superposição construtiva. O resultado dessa superposição (Figura 3.19c) é apresentado e discutido na lâmina 35, mostrando que a amplitude do novo pulso é a soma dos pulsos antes da superposição. A lâmina 36 mostra os dois pulsos após a superposição, mas essa questão não é relevante para analisar a experiência de Young.

A interferência destrutiva é discutida nas lâminas 37 (Figura 3.19b) e 38 (Figura 3.19d). Na lâmina 38 é dito que na interferência destrutiva a amplitude é a subtração das amplitudes iniciais dos pulsos.

Então, no experimento de Young são observados pontos de interferência construtiva separados por pontos de interferência destrutiva. São os famosos máximos e mínimos da figura de interferência do experimento de Young.

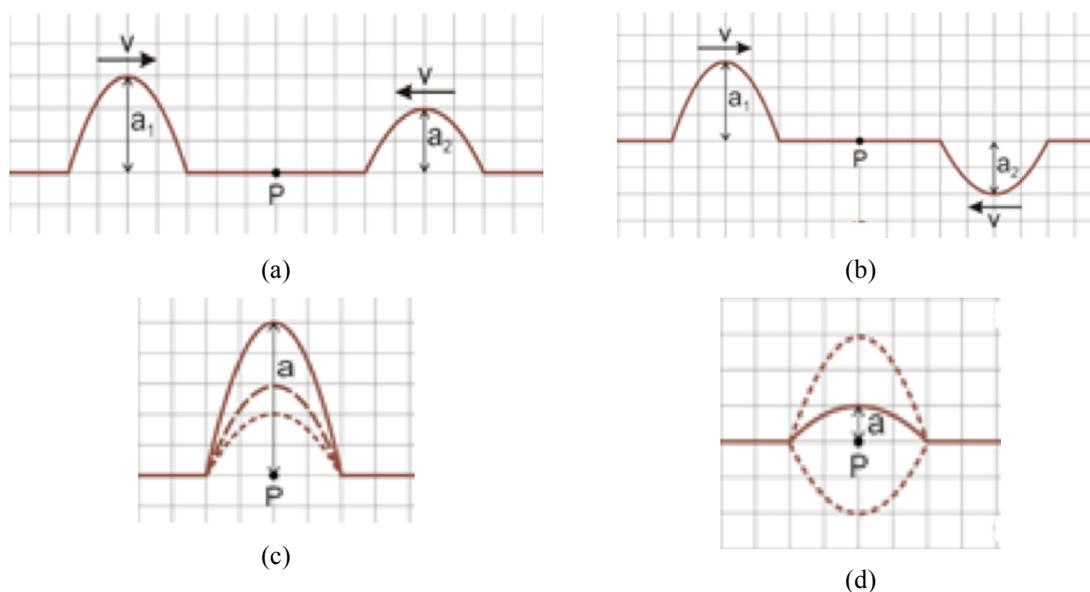


Figura 3.19. Superposição de dois pulsos. (a) Momentos antes da superposição construtiva; (b) Momentos antes da superposição destrutiva; (c) No instante da superposição construtiva; (d) No instante da superposição destrutiva.

Encerramos esse encontro discutindo os fundamentos da polarização, assunto complexo para alguém com deficiência visual, uma vez que há necessidade de imagens tridimensionais. Iniciamos na lâmina 40, apresentando a imagem de uma grade para simbolizar um polarizador. No texto ao lado da imagem é dito que quando desejamos filtrar uma onda que vibra em todas as direções, de modo que ela passe a vibrar em uma única direção utilizamos um dispositivo denominado polarizador. Ao interceptar uma parte da onda, resulta que a onda que passa pelo polarizador tem intensidade menor. É assim que funcionam os filtros polarizadores.

Uma tentativa de ilustrar o fenômeno é apresentada nas lâminas 41 e 42. Na primeira é apresentada apenas uma onda tridimensional que vibra em todas as direções. Na segunda lâmina é apresentada a imagem exibida na Figura 3.20, na qual a onda

apresentada na lâmina 41 ultrapassa o polarizador (ou polaróide), e passa a vibrar apenas na direção definida pelo polarizador.

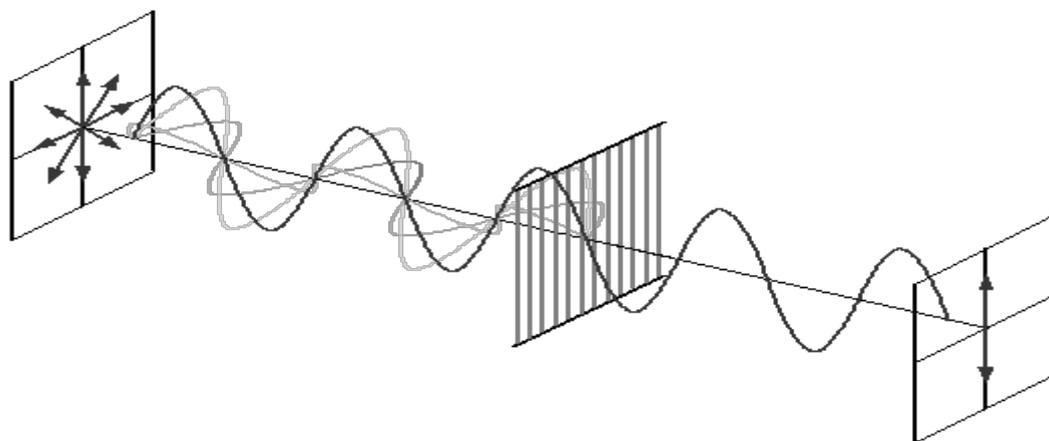


Figura 3.20. Ilustração do fenômeno da polarização de uma onda tridimensional.

Não deve causar qualquer surpresa a afirmativa de que foi perceptível a dificuldade de Levi em compreender o fenômeno da polarização. Para auxiliar a compreensão de Levi, cortei um plástico em formato de onda senoidal e o fiz passar entre os dedos, para simular a ação de uma grade polarizadora (Figura 3.21).

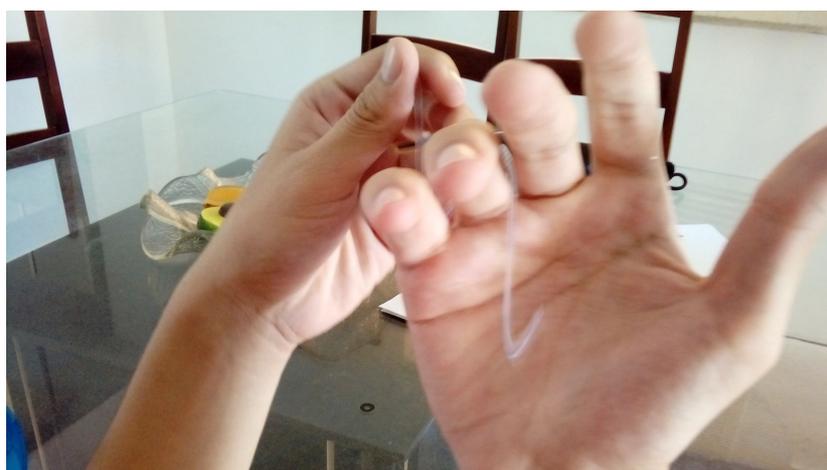


Figura 3.21. Simulando o efeito de uma grade polarizadora, com uma onda senoidal plástica.

### 3.12. Décimo primeiro encontro

Em nosso penúltimo encontro optamos por encerrar o estudo dos fenômenos ondulatórios com o efeito Doppler e sua contribuição para a análise de frequências e velocidades alteradas quando existe velocidade relativa entre fonte e receptor. Na lâmina 43 há o seguinte texto:

O efeito Doppler é definido como alteração da frequência aparente devido ao movimento de uma fonte em relação a um receptor. Este movimento aproxima as frentes de onda diminuindo assim o comprimento de onda e aumentando a frequência. No caso do som, ele fica mais agudo na aproximação, e mais grave no afastamento da fonte em relação ao receptor, pois neste caso as frentes de onda se distanciam aumentando o comprimento de onda e diminuindo a frequência.

Na lâmina 44 ilustramos o fenômeno com uma imagem bastante tradicional e recorrente em concursos (Figura 3.22).

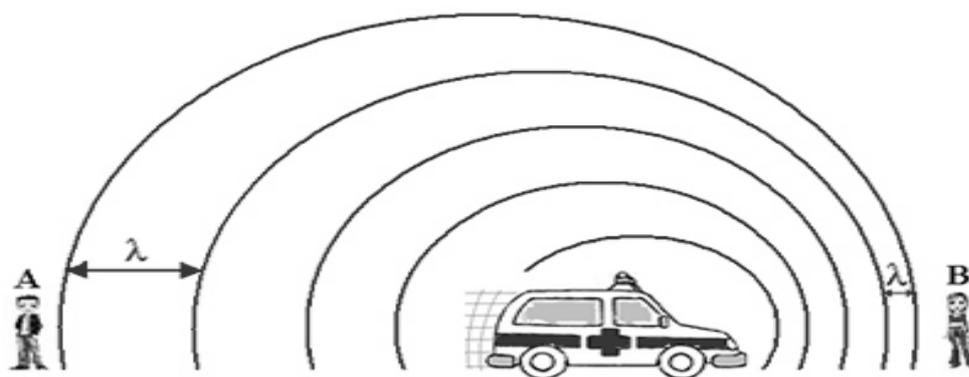


Figura 3.22. Ilustração do efeito Doppler.

Para esse fenômeno Levi não apresentou dificuldade, pois o mesmo já o tinha estudado e compreendido bem. No entanto, ele avaliou como muito eficaz a ilustração utilizada, facilitando até mesmo a compreensão da leitura de um leitor vidente.

Aproveitamos o tempo restante da aula para fixar o conteúdo resolvendo duas questões. Nas lâminas 45 e 46 são apresentadas imagens de uma questão do ENEM 2011, reproduzidas na Figura 3.23.

Na lâmina 47, a última do produto, apresentamos a seguinte questão: Use a figura abaixo (reproduzida na Figura 3.24) para descobrir qual a forma da onda após 6 segundos e 8 segundos, sabendo que as velocidades de propagação dos pulsos são iguais a 1 m/s.

Levi respondeu corretamente ambas as questões!

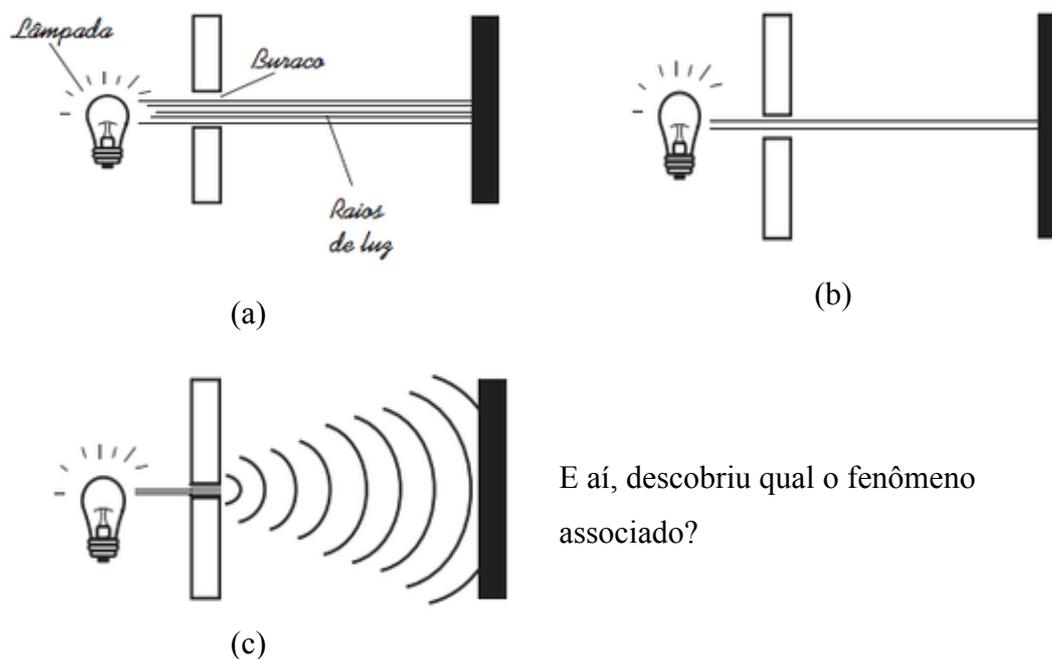


Figura 3.23: Questão do ENEM 2011. (a) Raio de luz atravessando um buraco com certa dimensão; (b) Idem para um buraco mais estreito; (c) Idem para um buraco mais estreito que o anterior.

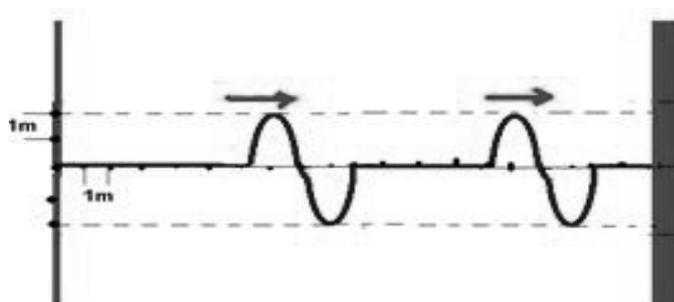


Figura 3.24. Imagem transcrita na lâmina 47.

### 3.13. Décimo segundo encontro

Esse encontro foi usado para a realização do pós-teste (Apêndice B). Na Tabela 3.3 são apresentados os tempos de leitura e resolução das questões, bem como o tipo de resposta (certa ou errada).

QUESTÃO	TEMPO DE LEITURA	TEMPO DE RESOLUÇÃO	ACERTOU?
01	1min11s	1min48s	NÃO
02	4min9s	1min34s	SIM
03	1min11s	3min42s	NÃO
04	3min23s	26s	SIM
05	1min22s	1min56s	NÃO
06	48s	6min57s	NÃO
07	1min26s	2min52s	SIM
08	2min	7min46s	SIM
09	1min2s	5min7s	SIM
10	57s	9min2s	NÃO

Tabela 3.3. tempos de leitura e resolução e tipo de resposta das questões do pós-teste.

A seguir são apresentados comentários a respeito do desempenho de LS na solução do pós-teste, cujo início é registrado na Figura 3.25.

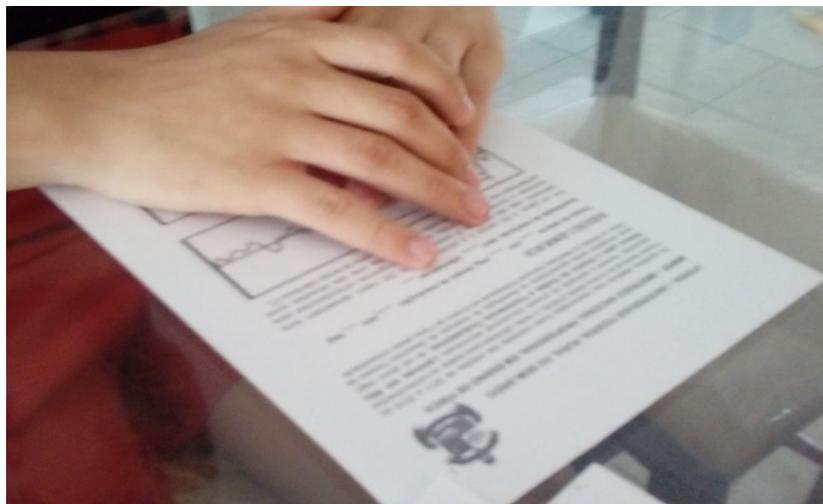


Figura 3.25. Registro do início da aplicação do pós-teste.

**1ª Questão:** Diferença de frequência entre Dó central e Dó maior.

O aluno continuou apresentando insegurança e dificuldade para encontrar a frequência das ondas a partir da leitura das imagens. Tive que auxiliá-lo a identificar o eixo que demarca o tempo, assim como as cristas e vales. Esse problema decorreu da

falha na figura, que não continha o eixo principal, nem a demarcação horizontal de amplitude.

LS demonstrou conhecimento a respeito de:

1. o que o item pedia, bem como quais operações deveria realizar;
2. a definição de comprimento de onda, número de ondas e frequência.

Mesmo de posse desses conhecimentos ele não conseguiu resolver esta questão corretamente por causa das falhas supra mencionadas. Sugeri que esse tipo de figura:

1. Contivesse as seguintes informações: demarcação do eixo principal e outras linhas horizontais, de modo a permitirem a localização das elevações e depressões para a devida distinção entre os picos e outras elevações intermediárias;
2. Fosse ampliada, uma vez que imagem apresentada foi construída conforme as dimensões apresentadas no exame.

#### **2ª Questão:** Absorção da luz e cores dos objetos.

Assim como no pré-teste, essa questão foi respondida corretamente. Ele lembrou da questão, o que deve ter facilitado sua resposta, que foi dada com notável independência. Precisou de minha ajuda como leitor apenas para o enunciado da questão. Gravamos um vídeo onde LS explica seu raciocínio para responder a questão.

LS sugeriu colocar a descrição das imagens e os enunciados acima da figura.

#### **3ª Questão:** Refração da luz.

Foi notória a sua preocupação com o tempo gasto para a resolução do item, o que deve contribuído para sua escolha errada! Depois que informei que havia parado o cronômetro e que sua marcação do item apontava uma resposta absurda, ele pediu para que antes de eu dar a resposta, lesse a questão e as alternativas. Achou graça de ter marcado uma alternativa absurda (...os raios de luz emitidos pelos olhos...), e em seguida escolheu a resposta correta.

#### **4ª Questão:** Difração da luz.

Relatou que facilmente identificou nas imagens qual era o fenômeno tratado neste item. Lembrou que essa questão também estava no pré-teste e que dessa vez não

erraria, o que de fato aconteceu. Salientou que seu entendimento devia-se ao contato que teve com as lâminas do presente produto. Demonstrou notável proficiência ao resolver este item, quando identificou corretamente todos os outros fenômenos tratados nas demais alternativas.

**5ª Questão:** Refração da luz.

Fez excelente relação de proporcionalidade entre os ângulos de incidência e de refração com o índice de refração. Respondendo de forma correta e com convicção.

**6ª Questão:** Efeito Doppler.

Não soube relacionar a mudança de frequência detectada por um observador. Errou a questão porque usou o referencial da fonte e não do observador em repouso. Depois de uma breve explicação ele voltou às alternativas e respondeu de forma correta, analisando tatilmente cada item sem a minha interferência, comprovando a eficiência das imagens produzidas para esta questão.

**7ª Questão:** Difusão da luz.

Mostrou insegurança para responder este item, mas escolheu a opção correta pelo trecho do enunciado que diz “a luz refletida pela água fria pode ser desviada por uma camada incomum de ar quente acima, chegando até o observador, vinda de muitos ângulos diferentes”. Foi essa informação “vinda de muitos ângulos diferentes” que o levou a optar pela difusão.

**8ª Questão:** Eco do som.

Embora tenha levado muito tempo de raciocínio, respondeu corretamente a este item.

Interessante ressaltar que logo na primeira leitura ele conseguiu eliminar os itens C, D e E, por interpretar corretamente que a frequência percebida seria diminuída confirmando a ideia do referencial no efeito Doppler relatada na 6ª questão.

Precisou de várias releituras para conseguir entender o experimento proposto, mas o fez e explicou-me de maneira notável.

Depois de paralisar o cronômetro comecei a colocar a ideia da relação de proporcionalidade existente entre a frequência percebida e o tempo de retorno, quando

me tomou a palavra entusiasmado por entender o pensamento incompleto e respondeu-me explicando de outra forma também correta.

**9ª Questão:** Superposição de ondas eletromagnéticas.

Respondeu a este item de forma correta, porém percebi e ele me confirmou que não usou de física. Usou um artifício de exclusão por causa da simetria da imagem e a consistência, ou falta de consistência com as alternativas.

Ao paralisar o cronômetro lhe expliquei o desenho, após o que me respondeu corretamente, dessa vez fazendo uso dos conceitos pertinentes.

**10ª Questão:**

Apesar de ter calculado corretamente o tempo entre os pulsos, ele esqueceu de transformar o tempo de segundos para minutos. Este foi o único motivo para ter “chutado” e errado a questão!

Sua leitura da imagem foi simplesmente espetacular. Trata-se de uma imagem complexa, que pôde ser bem discriminada pelo aluno graças à técnica desenvolvida ao longo da confecção das lâminas. Ou seja, o uso de ferramentas adequadas para o tipo de imagem a ser transcrita, conforme descrição apresentada no Apêndice C.

Paralisado o cronômetro, chamei a atenção para o esquecimento da transformação da unidade de tempo, e em menos de 30 segundos me deu a resposta com precisão de centésimos.

**11ª Questão:** O que você entende por luz? Como podemos definir a cor de um corpo? (Questão discursiva).

Definiu como sendo uma onda Eletromagnética que se propaga a velocidade constante de 300 km/s. Descreveu ainda como sendo possível polariza-la por ser transversal (2 dimensões).

Embora sua percepção de luz seja de apenas claro e escuro, tem consciência que a luz branca é policromática e composta de sete cores: Violeta, Azul, Anil, Verde, Amarelo, Alaranjado e Vermelho, sendo esta a ordem decrescente da frequência e crescente do comprimento de onda.

## Capítulo 4 – Sumário e Considerações Finais

### 4.1. Sumário

O objetivo central deste trabalho foi o desenvolvimento de recursos táteis para o ensino de física a deficientes visuais. O objetivo materializou-se na elaboração de um produto educacional, cujo título *Lâminas em Alto Relevo para o Ensino de Ondas e Fenômenos Ondulatórios a Deficientes Visuais*, também foi usado para intitular a presente dissertação. Como sugere o título, o conteúdo do produto versa sobre o que geralmente é denominado *ondulatória* nos livros didáticos do ensino médio.

Para embasar a abordagem pedagógica e a confecção do produto, foi realizada uma exaustiva revisão bibliográfica, apresentada no *Capítulo 2 - Legislação e iniciativas anteriores*.

O produto, anexado à dissertação no *Apêndice C*, contém 47 lâminas confeccionadas artesanalmente em material plástico (capas transparentes usadas em encadernações). Os textos em Braille e as figuras foram confeccionados com o uso de uma reglete e de punções comerciais, dos tipos punção de centro de 5 mm (utilizada para o contorno das imagens), PZ1 (utilizada para representação de curvas) e T10 (utilizada para salientar pontos ou estruturas diferentes das anteriores).

Para testar e aperfeiçoar o produto, contamos com a colaboração de Levi Silva (LS), um aluno com deficiência visual total de nascença. Acredita-se que o sucesso da testagem em muito se deve à notável capacidade intelectual de LS. Para abordar todo o conteúdo planejado e contido nas 47 lâminas, foram necessários 10 encontros com duração de uma hora e quarenta minutos, todos relatados no *Capítulo 3 – Encontros com Levi: aplicando e aperfeiçoando o produto*.

A proficiência do aluno, no assunto pertinente ao produto, foi avaliada por meio de um pré-teste (*Apêndice A*) com dez questões de múltipla escolha extraídas do Exame Nacional do Ensino Médio (ENEM) e da questão discursiva: *O que você entende por luz? Como podemos definir a cor de um corpo?*

Após a apresentação do produto, a apropriação conceitual por parte do aluno foi avaliada com um pós-teste (*Apêndice B*), contendo 5 questões do pré-teste, 5 questões do ENEM diferentes daquelas usadas no pré-teste e a mesma questão dissertativa.

## 4.2. Resultados relevantes

Os resultados obtidos nesses dois testes são apresentadas nas tabelas 4.1 (pré-teste) e 4.2 (pós-teste), sendo que o tempo de resolução é a soma dos tempos necessários para leitura, releitura, interpretação, raciocínio e marcação da resposta.

QUESTÃO	TEMPO DE RESOLUÇÃO (S)	ACERTOU?
1	728	NÃO
2	82	NÃO
3	553	SIM
4	215	NÃO
5	522	NÃO
6	242	NÃO
7	238	SIM
8	336	SIM
9	90	NÃO
10	335	NÃO

Tabela 4.1. Resultados obtidos no pré-teste. Células sombreadas em amarelo correspondem a questões sem imagem no enunciado.

As três questões do pré-teste que necessitaram de mais tempo para a resolução (1, 3 e 5) foram aquelas que contêm imagens. É provável que isso tenha a ver com a dependência do DV na eficácia do ledor para interpretar as figuras. Portanto, supõe-se que figuras táteis como essas aqui propostas auxiliem o DV mais do que o ledor.

Por outro lado, as questões que exigem mais releituras são aquelas que não contêm imagens, excetuando a questão 10 do pós-teste, que exige o cálculo da frequência cardíaca a partir de um eletrocardiograma. Uma questão complexa para videntes e com dificuldade potencializada pela complexa figura a ser interpretada.

Na Figura 4.1 são apresentadas comparações entre os tempos de resolução das questões comuns aos dois testes. A única questão para a qual o tempo de resolução no pós-teste é superior ao pré-teste é aquela referente ao efeito Doppler (questão 10 no pré e 6 no pós-teste).

É bem plausível que esse resultado se deva ao enunciado e às alternativas dessa questão. Além de tratar de um assunto complexo, essa questão apresenta figuras no enunciado e nas alternativas. Durante o pré-teste, a descrição das imagens não o ajudou.

Muitas imagens para interpretar e pouco recurso para que ele por si só faça a análise. As várias releituras completas da imagem não o ajudam. Precisa que seja lido apenas o que interessa para a questão, mas o leitor não pode fazer isso. Outro fator de provável confusão para o aluno é que a linguagem adotada pelo leitor nem sempre corresponde àquela que o aluno ouviu de seu(s) professor(es).

Durante o pós-teste, com o uso das imagens em alto relevo, o aluno não soube relacionar a mudança de frequência detectada por um observador. Errou a questão porque usou o referencial da fonte e não do observador em repouso. Ou seja, não foi a interpretação das imagens que provocaram o erro. Depois de uma breve explicação ele voltou às alternativas e respondeu de forma correta, analisando tatilmente cada item sem a minha interferência, comprovando a eficácia das imagens produzidas para esta questão.

QUESTÃO NO PÓS-TESTE	QUESTÃO NO PRÉ-TESTE	LEMBROU-SE DE SUA APLICAÇÃO NO PRÉ-TESTE? SIM OU NÃO	TEMPO DE RESOLUÇÃO (S)	QUANT. DE RELEITURAS NO PÓS-TESTE Enunciado /alternativas	ACERTOU?	UTILIZOU-SE O RECURSO DAS LÂMINAS, NO PÓS-TESTE?
1	1	NÃO	179	2/2	NÃO	SIM
2	3	SIM	343	2/2	SIM	SIM
3	---	SIM	293	3/3	NÃO	NÃO
4	5	SIM	229	1/2	SIM	SIM
5	6	NÃO	198	2/1	NÃO	SIM
6	10	NÃO	465	2/1	NÃO	SIM
7	---	NÃO	258	3/3	SIM	NÃO
8	---	NÃO	586	5/4	SIM	NÃO
9	---	NÃO	369	3/3	SIM	SIM
10	---	NÃO	599	4/4	NÃO	SIM

Tabela 4.2. Resultados obtidos no pós-teste. Células sombreadas em amarelo correspondem a questões sem imagem no enunciado.

O fato de o aluno já ter visto um item anteriormente parece ter tido pouca influência nos resultados. Em alguns casos ele necessitou de releituras e em outros ele cometeu os mesmos erros.

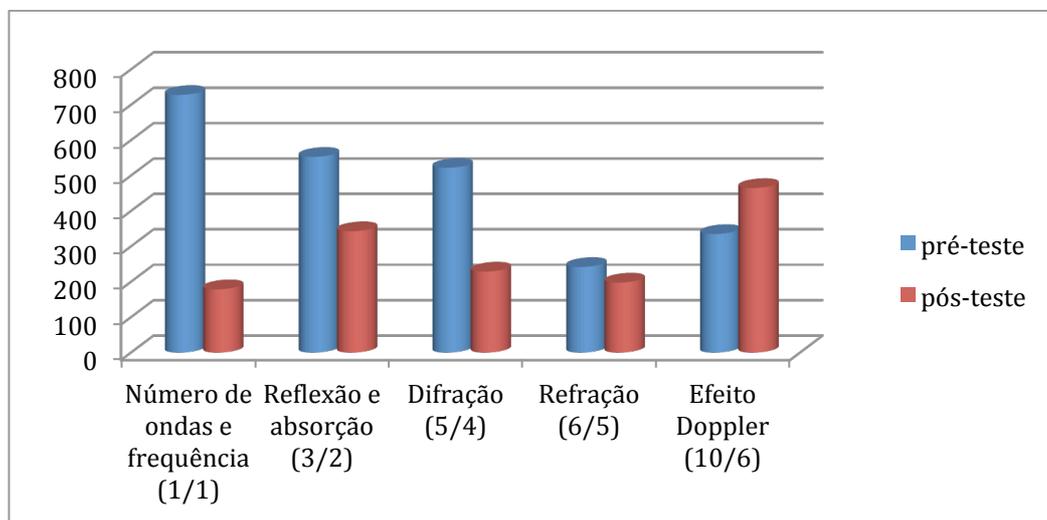


Figura 4.1. Tempo de resolução (em segundos) das questões comuns aos dois testes. Os números entre parênteses correspondem às questões no pré e no pós-teste, respectivamente.

### 4.3. Considerações Finais

Pelos resultados relatados até aqui, estamos convencidos de que este produto é potencialmente útil para o ensino de ondas e fenômenos ondulatórios, bem como pode inspirar a confecção de produto similar em outras áreas, sobretudo aquelas pertinentes às ciências da natureza.

Acreditamos que a forma artesanal como foi construído esse material, com recursos que desenvolvemos, embora trabalhosa, pode ser facilmente reproduzida por quem se interessar. Por outro lado, ainda não temos uma solução definitiva para produção em série desse material, mas quando estávamos testando o produto, tomamos conhecimento da existência do Monet, um aplicativo para desenhar gráficos com uma impressora Braille. Usar o aplicativo para a produção em série de nosso produto será nosso próximo desafio.

Para professores que desejem usar o produto como aqui apresentado, elaboramos um guia que acompanha as lâminas e está aqui disponível no *Apêndice C*.

Sentimos a falta no mercado de uma reglete que facilite a confecção de imagens em alto-relevo de traços, retas, círculos, retângulos, a partir de punções parecidas com as Goivas para xilogravuras.

Finalmente, estamos convencidos de que as técnicas de transcrição de imagens em alto relevo desenvolvidas ao longo deste trabalho representam um avanço na autonomia de aprendizagem de alunos com deficiência visual. Destacamos o ganho de resolução na interpretação de imagens em função da demarcação dos seus limites e de seu entorno, como outros objetos e eixos direcionais.

## Referências

- AZEVEDO, A. C.; SANTOS, A. C. F. Ciclos de aprendizagem no ensino de física para deficientes visuais. *Revista Brasileira de Ensino de Física*, v. 36, n. 4, p. 4402–6, 2014.
- BRASIL. *Lei 13.146, de 6 de julho de 2015*. [S.l: s.n.], 2015
- BRASIL. *O atendimento diferenciado no ENEM*.
- CAMARGO, E. P. *Saberes docentes para a inclusão do aluno com deficiência visual em aulas de física*. São Paulo: Editora UNESP, 2012.
- CAMARGO, E. P. *Um estudo das concepções alternativas sobre repouso e movimento de pessoas cegas*. 2000. 145 f. UNESP, 2000.
- CAMARGO, E. P.; SILVA, D.; BARROS FILHO, J. Ensino de Física e Deficiência Visual: Atividades que abordam o conceito de aceleração da gravidade. *Investigações em Ensino de Ciências*, v. 11, n. 3, p. 1–12, 2008.
- COSTA, J. J. L.; QUEIROZ, J. R. O.; FURTADO, W. W. *Ensino de física para deficientes visuais: métodos e materiais utilizados na mudança de referencial observacional*. Disponível em: <<http://www.nutes.ufrj.br/abrapec/viiienpec/resumos/R0086-2.pdf>>. Acesso em: 10 dez. 2017.
- FONTES, A. S.; CARDOSO, F. A. R.; RAMOS, F. V. Como trabalhar gráficos com aluno deficiente visual - Relato de experiência. *Revista Thema*, v. 9, n. 1, p. 1–13, 2012.
- GLOBO, O. “Tenho medo da qualificação de quem lerá a prova do Enem para mim”, *diz deficiente visual*.
- MARTINS, A. O.; DICKMAN, A. G.; FERREIRA, A. C. Representação de diagramas do livro didático de física: Uma proposta para a melhoria da autonomia de estudantes com deficiência visual. 2013, Águas de Lindóia: [s.n.], 2013. p. 1–8.
- PARRY, M.; BRAZIER, M.; FISCHBACH, E. Teaching college physics to a blind student. *The Physics Teacher*, v. 35, p. 470–474, 1997.
- RODRIGUES, E. S. *Inclusão escolar de pessoas com deficiência visual no município de Ipatinga (MG): A perspectiva dos alunos e professores*. 2010. 150 f. UFMG, 2010.
- SÁ, E. D.; CAMPOS, I. M.; SILVA, M. B. C. *Atendimento Educacional Especializado. Deficiência Visual*. Brasília: SEESP-SEED-MEC, 2007.
- SANTOS, M. J. *A escolarização do aluno com deficiência visual e sua experiência educacional*. 2007. 115 f. UFBA, 2007.
- SILVA, H. B. *A utilização do multiplano no ensino de geometria para alunos do ensino*

*fundamental com deficiência visual*. 2015. UFG, 2015.

SONZA, A. P. *Acessibilidade de deficientes visuais aos ambientes digitais/virtuais*. 2004. 214 f. UFRGS, 2004.

TERRA. *Enem: candidatos cegos criticam qualidade dos ledores*. Disponível em: <<https://www.terra.com.br/noticias/educacao/enem/enem-candidatos-cegos-criticam-qualidade-dos-ledores,b9999f7e8a957410VgnVCM3000009af154d0RCRD.html>>. Acesso em: 5 fev. 2018.

## Apêndice A - Pré-teste



**UFERSA – UNIVERSIDADE FEDERAL RURAL DO SEMI-ÁRIDO**

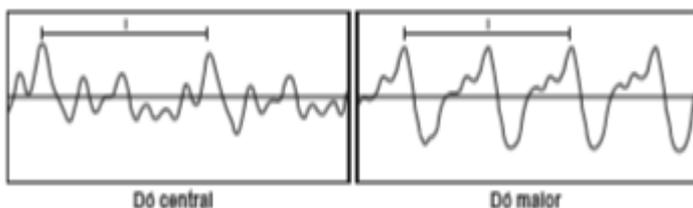
**MNPEF – MESTRADO NACIONAL PROFISSIONAL EM ENSINO DE FÍSICA**

As questões objetivas aqui relacionadas foram extraídas das edições de 2011 a 2016 do Exame Nacional do Ensino Médio (ENEM), e serão utilizadas para avaliar conhecimentos prévios na área de ondulatória de um aluno cego, seus resultados serão apresentados na dissertação de mestrado de Alexandre Chaves da Silva, no âmbito do Mestrado Nacional Profissional em Ensino de Física desta Universidade.

### QUESTÃO 1 (ENEM 2013)

**Tempo de leitura: \_\_\_ min \_\_\_ seg, tempo de resolução: \_\_\_ min \_\_\_ seg**

Em um piano, o Dó central e a próxima nota Dó (Dó maior) apresentam sons parecidos, mas não idênticos. É possível utilizar programas computacionais para expressar o formato dessas ondas sonoras em cada uma das situações como apresentado nas figuras, em que estão indicados intervalos de tempo idênticos (T).



A razão entre as frequências do Dó central e do Dó maior é de:

- (A)  $\frac{1}{2}$       (B) 2      (C) 1      (D)  $\frac{1}{4}$       (E) 4

### QUESTÃO 2 (ENEM 2011)

**Tempo de leitura: \_\_\_ min \_\_\_ seg, tempo de resolução: \_\_\_ min \_\_\_ seg**

Uma equipe de cientistas lançará uma expedição ao Titanic para criar um detalhado mapa 3D que “vai tirar, virtualmente, o Titanic do fundo do mar para o público”. A expedição ao local, a 4 quilômetros de profundidade no Oceano Atlântico, está sendo apresentada como a mais sofisticada expedição científica ao Titanic. Ela utilizará tecnologias de imagem e sonar que nunca tinham sido aplicadas ao navio, para obter o

mais completo inventário de seu conteúdo. Esta complementação é necessária em razão das condições do navio, naufragado há um século.

O Estado de São Paulo. Disponível em: <http://www.estadao.com.br>.

Acesso em: 27 jul. 2010 (adaptado).

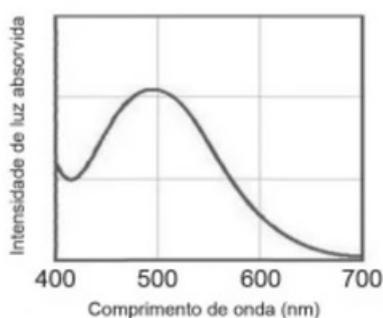
No problema apresentado para gerar imagens através de camadas de sedimentos depositados no navio, o sonar é mais adequado, pois a:

- (A) propagação da luz na água ocorre a uma velocidade maior que a do som neste meio.
- (B) absorção da luz ao longo de uma camada de água é facilitada enquanto a absorção do som não.
- (C) refração da luz a uma grande profundidade acontece com uma intensidade menor que a do som.
- (D) atenuação da luz nos materiais analisados é distinta da atenuação de som nestes mesmos materiais.
- (E) reflexão da luz nas camadas de sedimentos é menos intensa do que a reflexão do som neste material.

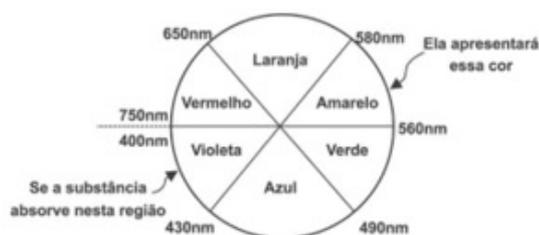
### **QUESTÃO 3 (ENEM 2011)**

**Tempo de leitura: \_\_\_ min \_\_\_ seg, tempo de resolução: \_\_\_ min \_\_\_ seg**

Para que uma substância seja colorida ela deve absorver luz na região do visível. Quando uma amostra absorve luz visível, a cor que percebemos é a soma das cores restantes que são refletidas ou transmitidas pelo objeto. A Figura 1 mostra o espectro de absorção para uma substância e é possível observar que há um comprimento de onda em que a intensidade de absorção é máxima. Um observador pode prever a cor dessa substância pelo uso da roda de cores (Figura 2): o comprimento de onda correspondente à cor do objeto é encontrado no lado oposto ao comprimento de onda da absorção máxima.



**Figura 1**



Brown, I. Química a Ciência Central. 2005 (adaptado).

**Figura 2**

Qual a cor da substância que deu origem ao espectro da Figura 1?

(A) Azul (B) Verde (C) Violeta (D) Laranja (E) Vermelho

#### **QUESTÃO 4 (ENEM 2012)**

**Tempo de leitura:** \_\_\_\_ min \_\_\_\_ seg, **tempo de resolução:** \_\_\_\_ min \_\_\_\_ seg

Em um dia de chuva muito forte, constatou-se uma goteira sobre o centro de uma piscina coberta, formando um padrão de ondas circulares. Nessa situação, observou-se que caíam duas gotas a cada segundo. A distância entre duas cristas consecutivas era de 25 cm e cada uma delas se aproximava da borda da piscina com velocidade de 1,0 m/s. Após algum tempo a chuva diminuiu e a goteira passou a cair uma vez por segundo.

Com a diminuição da chuva, a distância entre as cristas e a velocidade de propagação da onda se tornaram, respectivamente,

(A) maior que 25 cm e maior que 1,0 m/s.

(B) maior que 25 cm e igual a 1,0 m/s.

(C) menor que 25 cm e menor que 1,0 m/s.

(D) menor que 25 cm e igual a 1,0 m/s.

(E) igual a 25 cm e igual a 1,0 m/s.

#### **QUESTÃO 5 (ENEM 2011)**

**Tempo de leitura:** \_\_\_\_ min \_\_\_\_ seg, **tempo de resolução:** \_\_\_\_ min \_\_\_\_ seg

Ao diminuir o tamanho de um orifício atravessado por um feixe de luz, passa menos luz por intervalo de tempo, e próximo da situação de completo fechamento do orifício, verifica-se que a luz apresenta um comportamento como o ilustrado nas figuras. Sabe-se que o som, dentro de suas particularidades, também pode se comportar dessa forma.



Em qual das situações a seguir está representado o fenômeno descrito no texto?

(A) Ao se esconder atrás de um muro, um menino ouve a conversa de seus colegas.

- (B) Ao gritar diante de um desfiladeiro, uma pessoa ouve a repetição do seu próprio grito.
- (C) Ao encostar o ouvido no chão, um homem percebe o som de uma locomotiva antes de ouvi-lo pelo ar.
- (D) Ao ouvir uma ambulância se aproximando, uma pessoa percebe o som mais agudo do que quando aquela se afasta.
- (E) Ao emitir uma nota musical muito aguda, uma cantora de ópera faz com que uma taça de cristal se despedace.

### **QUESTÃO 6 (ENEM 2014)**

**Tempo de leitura: \_\_\_ min \_\_\_ seg, tempo de resolução: \_\_\_ min \_\_\_ seg**

Uma proposta de dispositivo capaz de indicar a qualidade da gasolina vendida em postos e, conseqüentemente, evitar fraudes, poderia utilizar o conceito de refração luminosa. Nesse sentido, a gasolina não adulterada, na temperatura ambiente, apresenta razão entre os senos dos raios incidente e refratado igual a 1,4. Desse modo, fazendo incidir o feixe de luz proveniente do ar com um ângulo fixo e maior que zero, qualquer modificação no ângulo do feixe indicará adulteração no combustível.

Em uma fiscalização rotineira, o teste apresentou o valor de 1,9. Qual foi o comportamento do raio refratado?

- (A) Mudou de sentido.
- (B) Sofreu reflexão total.
- (C) Atingiu o valor do ângulo limite.
- (D) Direcionou-se para a superfície de separação.
- (E) Aproximou-se da normal à superfície de separação.

### **QUESTÃO 7 (ENEM 2013)**

**Tempo de leitura: \_\_\_ min \_\_\_ seg, tempo de resolução: \_\_\_ min \_\_\_ seg**

Em viagens de avião, é solicitado aos passageiros o desligamento de todos os aparelhos cujo funcionamento envolva a emissão ou a recepção de ondas eletromagnéticas. O procedimento é utilizado para eliminar fontes de radiação que possam interferir nas comunicações via rádio dos pilotos com a torre de controle.

A propriedade das ondas emitidas que justifica o procedimento adotado é o fato de

- (A) terem fases opostas.

- (B) serem ambas audíveis.
- (C) terem intensidades inversas.
- (D) serem de mesma amplitude.
- (E) terem frequências próximas.

### **QUESTÃO 8 (ENEM 2014)**

**Tempo de leitura:** \_\_\_\_ min \_\_\_\_ seg, **tempo de resolução:** \_\_\_\_ min \_\_\_\_ seg

É comum aos fotógrafos tirar fotos coloridas em ambientes iluminados por lâmpadas fluorescentes, que contêm uma forte composição de luz verde. A consequência desse fato na fotografia é que todos os objetos claros, principalmente os brancos, aparecerão esverdeados. Para equilibrar as cores, deve-se usar um filtro adequado para diminuir a intensidade da luz verde que chega aos sensores da câmara fotográfica. Na escolha desse filtro, utiliza-se o conhecimento da composição das cores-luz primárias: vermelho, verde e azul; e das cores-luz secundárias: amarelo = vermelho + verde, ciano = verde + azul e magenta = vermelho + azul.

Disponível em: <http://nautilus.fis.uc.pt>. Acesso em: 20 de maio de 2014 (adaptado)

Na situação descrita, qual deve ser o filtro utilizado para que a fotografia apresente as cores naturais dos objetos?

- (A) Ciano. (B) Verde. (C) Amarelo. (D) Magenta. (E) Vermelho.

### **QUESTÃO 9 (ENEM 2014)**

**Tempo de leitura:** \_\_\_\_ min \_\_\_\_ seg, **tempo de resolução:** \_\_\_\_ min \_\_\_\_ seg

Ao sintonizarmos uma estação de rádio ou um canal de TV em um aparelho, estamos alterando algumas características elétricas de seu circuito receptor. Das inúmeras ondas eletromagnéticas que chegam simultaneamente ao receptor, somente aquelas que oscilam com determinada frequência resultarão em máxima absorção de energia.

O fenômeno descrito é a

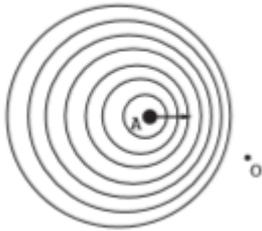
- (A) difração. (B) refração. (C) polarização. (D) interferência. (E) ressonância.

### **QUESTÃO 10 (ENEM 2016-1ª aplicação)**

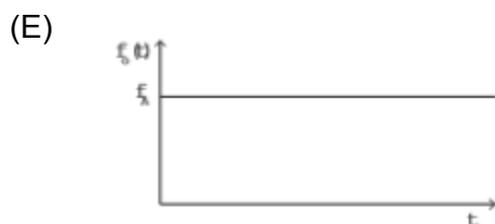
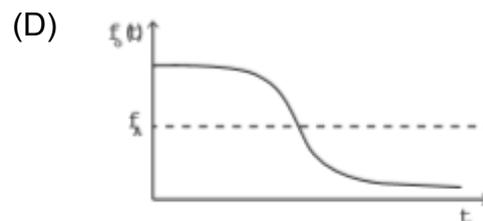
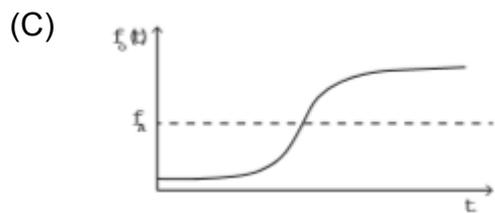
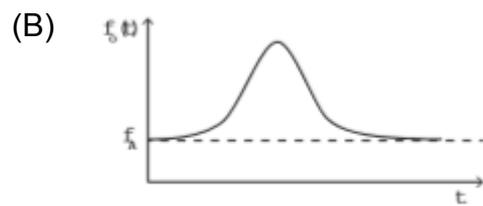
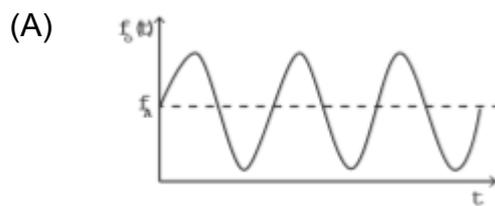
**Tempo de leitura:** \_\_\_\_ min \_\_\_\_ seg, **tempo de resolução:** \_\_\_\_ min \_\_\_\_ seg

Uma ambulância A em movimento retilíneo e uniforme aproxima-se de um observador O, em repouso. A sirene emite um som de frequência constante  $f_A$ . O desenho ilustra as frentes de onda do som emitido pela ambulância. O observador possui um detector que

consegue registrar, no esboço de um gráfico, a frequência da onda sonora detectada em função do tempo  $f_0(t)$ , antes e depois da passagem da ambulância por ele.



Qual esboço representa a frequência  $f_0(t)$  detectada pelo observador?



### QUESTÃO 11 (Silva, A.C.)

Tempo de leitura: \_\_\_ min \_\_\_ seg, tempo de resolução: \_\_\_ min \_\_\_ seg

O que você entende por luz? Como podemos definir a cor de um corpo?

1. \_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

2. \_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

## Apêndice B - Pós-teste



**UFERSA – UNIVERSIDADE FEDERAL RURAL DO SEMI-ÁRIDO**

**MNPEF – MESTRADO NACIONAL PROFISSIONAL EM ENSINO DE FÍSICA**

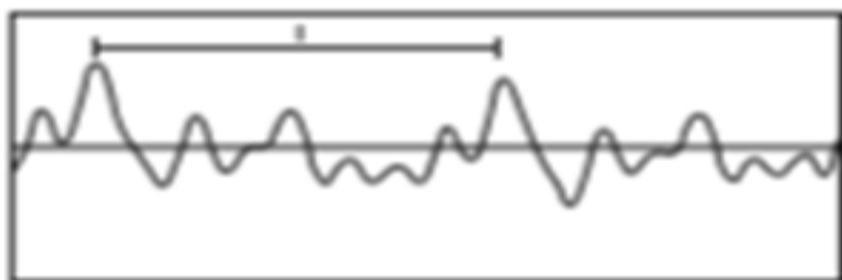
As questões objetivas aqui relacionadas foram extraídas das edições de 2011 a 2016 do Exame Nacional do Ensino Médio (ENEM), e serão utilizadas para avaliar os conhecimentos adquiridos, durante a aplicação do produto educacional denominado **Lâminas em Alto Relevo para o Ensino de Ondas e Fenômenos Ondulatórios**, de um aluno cego, seus resultados serão apresentados na dissertação de mestrado de Alexandre Chaves da Silva, no âmbito do Mestrado Nacional Profissional em Ensino de Física desta Universidade.

### QUESTÃO 1 (ENEM 2013)

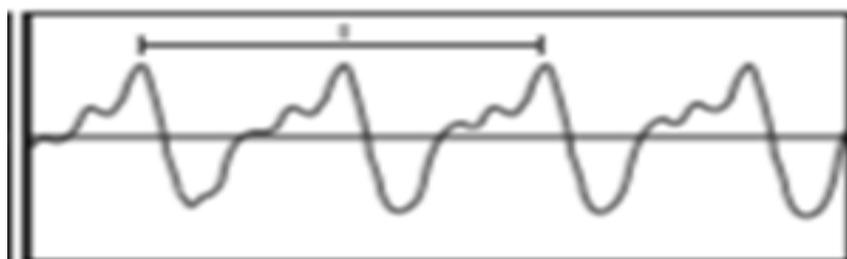
**Tempo de leitura:** \_\_\_ min \_\_\_ seg, **tempo de resolução:** \_\_\_ min \_\_\_ seg

**Quantidade de releituras:** item \_\_\_ alternativas \_\_\_

Em um piano, o Dó central e a próxima nota Dó (Dó maior) apresentam sons parecidos, mas não idênticos. É possível utilizar programas computacionais para expressar o formato dessas ondas sonoras em cada uma das situações como apresentado nas figuras, em que estão indicados intervalos de tempo idênticos (T).



Dó central



Dó maior

A razão entre as frequências do Dó central e do Dó maior é de:

- (A)  $\frac{1}{2}$       (B) 2      (C) 1      (D)  $\frac{1}{4}$       (E) 4

**QUESTÃO 2 (ENEM 2011) Utilizada a lâmina do produto!**

**Tempo de leitura:** \_\_\_\_ min \_\_\_\_ seg, **tempo de resolução:** \_\_\_\_ min \_\_\_\_ seg

**Quantidade de releituras:** item \_\_\_\_ alternativas \_\_\_\_

Para que uma substância seja colorida ela deve absorver luz na região do visível. Quando uma amostra absorve luz visível, a cor que percebemos é a soma das cores restantes que são refletidas ou transmitidas pelo objeto. A Figura 1 mostra o espectro de absorção para uma substância e é possível observar que há um comprimento de onda em que a intensidade de absorção é máxima. Um observador pode prever a cor dessa substância pelo uso da roda de cores (Figura 2): o comprimento de onda correspondente à cor do objeto é encontrado no lado oposto ao comprimento de onda da absorção máxima.

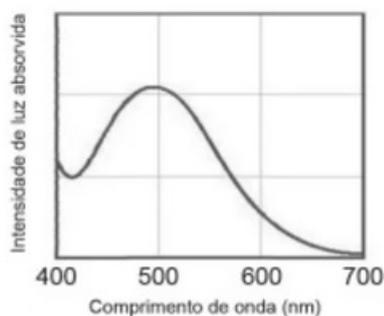


Figura 1

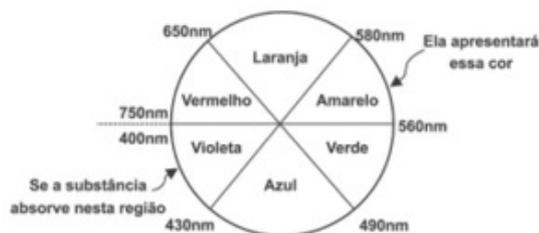


Figura 2

Qual a cor da substância que deu origem ao espectro da Figura 1?

- (A) Azul      (B) Verde      (C) Violeta      (D) Laranja      (E) Vermelho

**QUESTÃO 3 (ENEM 2012)**

**Tempo de leitura:** \_\_\_\_ min \_\_\_\_ seg, **tempo de resolução:** \_\_\_\_ min \_\_\_\_ seg

**Quantidade de releituras:** item \_\_\_\_ alternativas \_\_\_\_

Alguns povos indígenas ainda preservam suas tradições realizando a pesca com lanças, demonstrando uma notável habilidade. Para fisgar um peixe em um lago com águas tranquilas o índio deve mirar abaixo da posição em que enxerga o peixe.

Ele deve proceder dessa forma porque os raios de luz

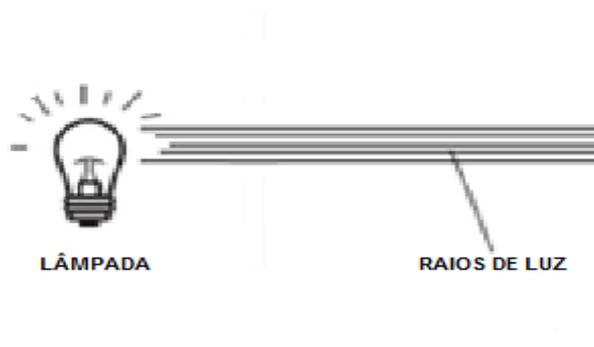
- (A) refletidos pelo peixe não descrevem uma trajetória retilínea no interior da água.
- (B) emitidos pelos olhos do índio desviam sua trajetória quando passam do ar para a água.
- (C) espalhados pelo peixe são refletidos pela superfície da água.
- (D) emitidos pelos olhos do índio são espalhados pela superfície da água.
- (E) refletidos pelo peixe desviam sua trajetória quando passam da água para o ar.

#### **QUESTÃO 4 (ENEM 2011)**

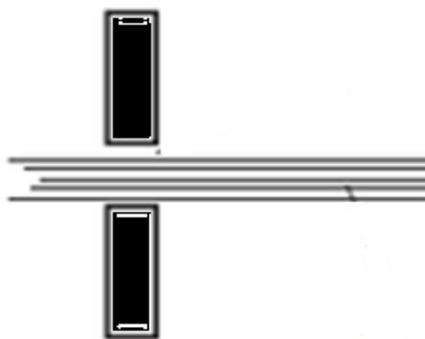
**Tempo de leitura:** \_\_\_\_ min \_\_\_\_ seg, **tempo de resolução:** \_\_\_\_ min \_\_\_\_ seg

**Quantidade de releituras:** item \_\_\_\_ alternativas \_\_\_\_

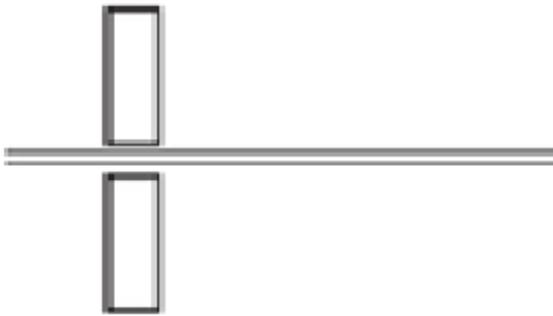
Ao diminuir o tamanho de um orifício atravessado por um feixe de luz, passa menos luz por intervalo de tempo, e próximo da situação de completo fechamento do orifício, verifica-se que a luz apresenta um comportamento como o ilustrado nas figuras. Sabe-se que o som, dentro de suas particularidades, também pode se comportar dessa forma.



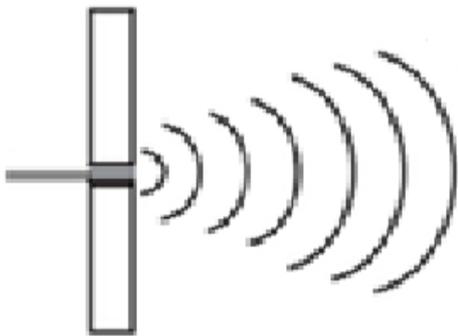
FAZ-SE PASSAR OS RAIOS DE LUZ POR UM ORIFÍCIO



ESTREITANDO O BURACO



ESTREITANDO MAIS AINDA O BURACO



Em qual das situações a seguir está representado o fenômeno descrito no texto?

- (A) Ao se esconder atrás de um muro, um menino ouve a conversa de seus colegas.
- (B) Ao gritar diante de um desfiladeiro, uma pessoa ouve a repetição do seu próprio grito.
- (C) Ao encostar o ouvido no chão, um homem percebe o som de uma locomotiva antes de ouvi-lo pelo ar.
- (D) Ao ouvir uma ambulância se aproximando, uma pessoa percebe o som mais agudo do que quando aquela se afasta.
- (E) Ao emitir uma nota musical muito aguda, uma cantora de ópera faz com que uma taça de cristal se despedace.

**QUESTÃO 5 (ENEM 2014) Utilizada a lâmina do produto!**

Tempo de leitura: \_\_\_ min \_\_\_ seg, tempo de resolução: \_\_\_ min \_\_\_ seg

Quantidade de releituras: item \_\_\_ alternativas \_\_\_

Uma proposta de dispositivo capaz de indicar a qualidade da gasolina vendida em postos e, conseqüentemente, evitar fraudes, poderia utilizar o conceito de refração luminosa. Nesse sentido, a gasolina não adulterada, na temperatura ambiente, apresenta razão entre os senos dos raios incidente e refratado igual a 1,4. Desse modo, fazendo incidir o feixe de luz proveniente do ar com um ângulo fixo e maior que zero, qualquer modificação no ângulo do feixe indicará adulteração no combustível.

Em uma fiscalização rotineira, o teste apresentou o valor de 1,9. Qual foi o comportamento do raio refratado?

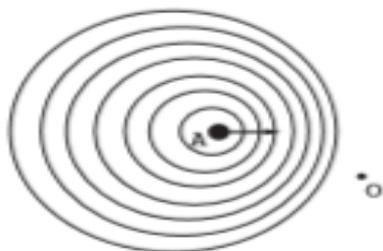
- (A) Mudou de sentido.
- (B) Sofreu reflexão total.
- (C) Atingiu o valor do ângulo limite.
- (D) Direcionou-se para a superfície de separação.
- (E) Aproximou-se da normal à superfície de separação.

#### **QUESTÃO 6 (ENEM 2016-1ª aplicação)**

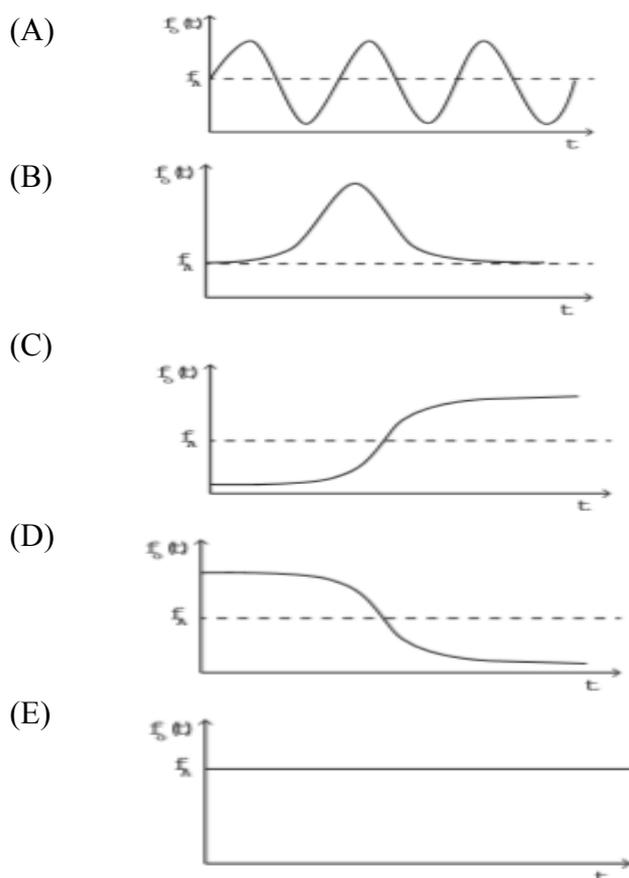
**Tempo de leitura:** \_\_\_ min \_\_\_ seg, **tempo de resolução:** \_\_\_ min \_\_\_ seg

**Quantidade de releituras:** item \_\_\_ alternativas \_\_\_

Uma ambulância A em movimento retilíneo e uniforme aproxima-se de um observador O, em repouso. A sirene emite um som de frequência constante  $f_A$ . O desenho ilustra as frentes de onda do som emitido pela ambulância. O observador possui um detector que consegue registrar, no esboço de um gráfico, a frequência da onda sonora detectada em função do tempo  $f_0(t)$ , antes e depois da passagem da ambulância por ele.



Qual esboço representa a frequência  $f_0(t)$  detectada pelo observador?



### QUESTÃO 7 (ENEM 2015)

**Tempo de leitura:** \_\_\_ min \_\_\_ seg, **tempo de resolução:** \_\_\_ min \_\_\_ seg

**Quantidade de releituras:** item \_\_\_ alternativas \_\_\_

Será que uma miragem ajudou a afundar o Titanic? O fenômeno ótico conhecido como Fata Morgana pode fazer com que uma falsa parede de água apareça sobre o horizonte molhado. Quando as condições são favoráveis, a luz refletida pela água fria pode ser desviada por uma camada incomum de ar quente acima, chegando até o observador, vinda de muitos ângulos diferentes. De acordo com estudos de pesquisadores da Universidade de San Diego, uma Fata Morgana pode ter obscurecido os icebergs da visão da tripulação que estava a bordo do Titanic. Dessa forma, a certa distância, o horizonte verdadeiro fica encoberto por uma névoa escurecida, que se parece muito com águas calmas no escuro.

Disponível em: <http://apod.nasa.gov>. Acesso em: 6 set. 2012 (adaptado).

O fenômeno ótico que, segundo os pesquisadores, provoca a Fata Morgana é a

(A) ressonância. (B) refração. (C) difração. (D) reflexão. (E) difusão.

**QUESTÃO 8 (ENEM 2016-1ª aplicação) Utilizada a lâmina do produto!**

**Tempo de leitura:** \_\_\_ min \_\_\_ seg, **tempo de resolução:** \_\_\_ min \_\_\_ seg

**Quantidade de releituras:** item \_\_\_ alternativas \_\_\_

O morcego emite pulsos de curta duração de ondas ultrassônicas, os quais voltam na forma de ecos após atingirem objetos no ambiente, trazendo informações a respeito das suas dimensões, suas localizações e dos seus possíveis movimentos. Isso se dá em razão da sensibilidade do morcego em detectar o tempo gasto para os ecos voltarem, bem como das pequenas variações nas frequências e nas intensidades dos pulsos ultrassônicos. Essas características lhe permitem caçar pequenas presas mesmo quando estão em movimento em relação a si. Considere uma situação unidimensional em que uma mariposa se afasta, em movimento retilíneo e uniforme, de um morcego em repouso.

A distância e velocidade da mariposa, na situação descrita, seriam detectadas pelo sistema de um morcego por quais alterações nas características dos pulsos ultrassônicos?

- (A) Intensidade diminuída, o tempo de retorno aumentado e a frequência percebida diminuída.
- (B) Intensidade aumentada, o tempo de retorno diminuído e a frequência percebida diminuída.
- (C) Intensidade diminuída, o tempo de retorno diminuído e a frequência percebida aumentada.
- (D) Intensidade diminuída, o tempo de retorno aumentado e a frequência percebida aumentada.
- (E) Intensidade aumentada, o tempo de retorno aumentado e a frequência percebida aumentada.

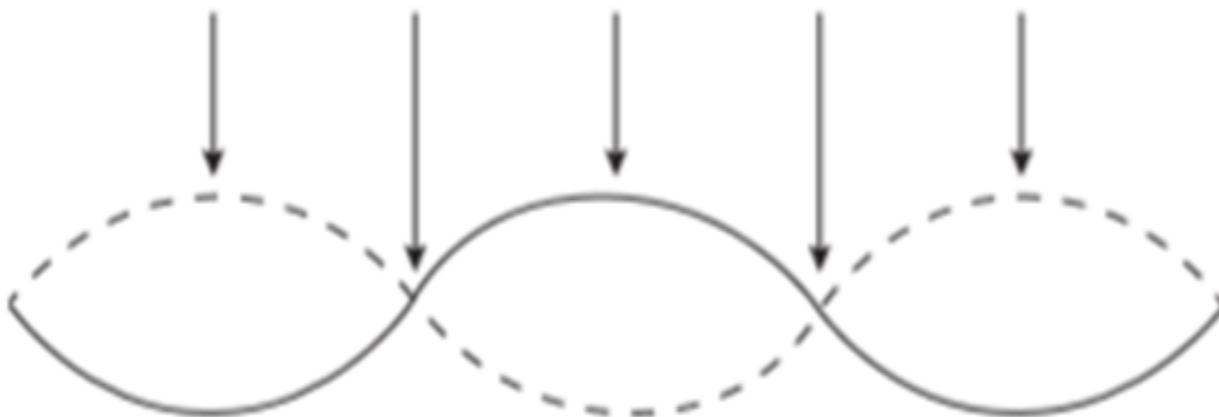
**QUESTÃO 9 (ENEM 2016-1ª aplicação)**

**Tempo de leitura:** \_\_\_ min \_\_\_ seg, **tempo de resolução:** \_\_\_ min \_\_\_ seg

**Quantidade de releituras:** item \_\_\_ alternativas \_\_\_

Um experimento para comprovar a natureza ondulatória da radiação de micro-ondas foi realizado da seguinte forma: anotou-se a frequência de operação de um forno de micro-

ondas e, em seguida, retirou-se sua plataforma giratória. No seu lugar, colocou-se uma travessa refratária com uma camada grossa de manteiga. Depois disso, o forno foi ligado por alguns segundos. Ao se retirar a travessa refratária do forno, observou-se que havia três pontos de manteiga derretida alinhados sobre toda a travessa. Parte da onda estacionária gerada no interior do forno é ilustrado na figura.



De acordo com a figura, que posições correspondem a dois pontos consecutivos da manteiga derretida?

- (A) I e III
- (B) I e V
- (C) II e III
- (D) II e IV
- (E) II e V

#### **QUESTÃO 10 (ENEM 2016-2ª aplicação)**

**Tempo de leitura:** \_\_\_ min \_\_\_ seg, **tempo de resolução:** \_\_\_ min \_\_\_ seg

**Quantidade de releituras:** item \_\_\_ alternativas \_\_\_

O eletrocardiograma, exame utilizado para avaliar o estado do coração de um paciente, trata-se do registro da atividade elétrica do coração ao longo de um certo intervalo de tempo. A figura representa o eletrocardiograma de um paciente adulto, descansado, não fumante, em um ambiente com temperatura agradável. Nessas condições, é considerado normal um ritmo cardíaco entre 60 e 100 batimentos por minuto.

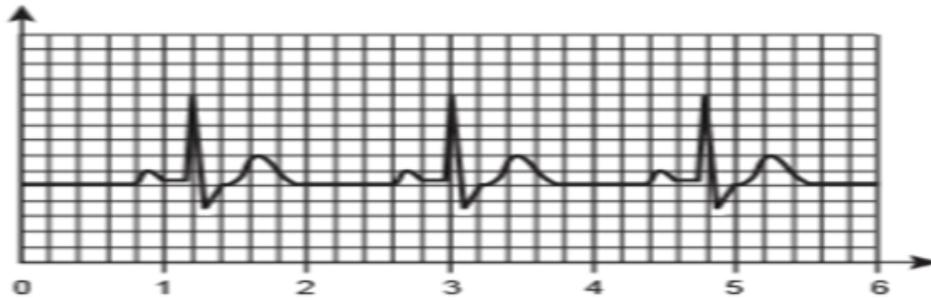


Gráfico da tensão em mV pelo tempo em segundos.

Com base no eletrocardiograma apresentado, identifica-se que a frequência cardíaca do paciente é

- (A) normal.
- (B) acima do valor ideal.
- (C) abaixo do valor ideal.
- (D) próxima do limite inferior.
- (E) próxima do limite superior.

**QUESTÃO 11 (Silva, A.C./2017)**

**Tempo de leitura: \_\_\_\_ min \_\_\_\_ seg, tempo de resolução: \_\_\_\_ min \_\_\_\_ seg**

O que você entende por luz? Como podemos definir a cor de um corpo?

1. \_\_\_\_\_  
\_\_\_\_\_

2. \_\_\_\_\_  
\_\_\_\_\_

**Apêndice C - Produto Educacional: Lâminas em Alto Relevo  
para o Ensino de Ondas e Fenômenos Ondulatórios a  
Deficientes Visuais**

**MNPEF** Mestrado Nacional  
Profissional em  
Ensino de Física



UNIVERSIDADE FEDERAL  
**UFERSA**  
RURAL DO SEMI-ÁRIDO



# Lâminas em Alto Relevo para o Ensino de Ondas e Fenômenos Ondulatórios a Deficientes Visuais

Alexandre Chaves da Silva  
Autor

Carlos Alberto dos Santos  
Orientador

2018

<b>Sumário</b>	
<b>Introdução</b> .....	<b>4</b>
<b>Informações básicas sobre a produção das lâminas</b> .....	<b>4</b>
<b>Sobre o método braille</b> .....	<b>4</b>
<b>Ferramentas e materiais para a confecção das lâminas</b> .....	<b>6</b>
<b>Glossário</b> .....	<b>8</b>
<b>Lâminas</b> .....	<b>8</b>
<b>Guia do professor - AULA 1</b> .....	<b>9</b>
<b>LÂMINA 1</b> .....	<b>10</b>
<b>LÂMINA 2</b> .....	<b>11</b>
<b>LÂMINA 3</b> .....	<b>12</b>
<b>Guia do professor - AULA 2</b> .....	<b>13</b>
<b>LÂMINA 4</b> .....	<b>14</b>
<b>LÂMINA 5</b> .....	<b>15</b>
<b>LÂMINA 6</b> .....	<b>16</b>
<b>LÂMINA 7</b> .....	<b>17</b>
<b>Guia do professor - AULA 3</b> .....	<b>18</b>
<b>LÂMINA 8</b> .....	<b>19</b>
<b>LÂMINA 9</b> .....	<b>20</b>
<b>LÂMINA 10</b> .....	<b>21</b>
<b>LÂMINA 11</b> .....	<b>22</b>
<b>LÂMINA 12</b> .....	<b>23</b>
<b>LÂMINA 13</b> .....	<b>24</b>
<b>Guia do professor - AULA 4</b> .....	<b>25</b>
<b>LÂMINA 14</b> .....	<b>26</b>
<b>LÂMINA 15</b> .....	<b>27</b>
<b>LÂMINA 16</b> .....	<b>28</b>
<b>LÂMINA 17</b> .....	<b>29</b>
<b>Guia do professor - AULA 5</b> .....	<b>30</b>
<b>LÂMINA 18</b> .....	<b>31</b>
<b>LÂMINA 19</b> .....	<b>32</b>
<b>LÂMINA 20</b> .....	<b>33</b>

LÂMINA 21 .....	34
<b>Guia do professor - AULA 6</b> .....	<b>35</b>
LÂMINA 22 .....	36
LÂMINA 23 .....	37
<b>Guia do professor - AULA 7</b> .....	<b>38</b>
LÂMINA 24 .....	39
LÂMINA 25 .....	40
LÂMINA 26 .....	41
LÂMINA 27 .....	42
LÂMINA 28 .....	43
LÂMINA 29 .....	44
<b>Guia do professor - AULA 8</b> .....	<b>45</b>
LÂMINA 30 .....	46
LÂMINA 31 .....	47
LÂMINA 32 .....	48
LÂMINA 33 .....	49
<b>Guia do professor - AULA 9</b> .....	<b>50</b>
LÂMINA 34 .....	51
LÂMINA 35 .....	52
LÂMINA 36 .....	53
LÂMINA 37 .....	54
LÂMINA 38 .....	55
LÂMINA 39 .....	56
LÂMINA 40 .....	57
LÂMINA 41 .....	58
LÂMINA 42 .....	59
<b>Guia do professor - AULA 10</b> .....	<b>60</b>
LÂMINA 43 .....	61
LÂMINA 44 .....	62
LÂMINA 45 .....	63
LÂMINA 46 .....	64
LÂMINA 47 .....	65
<b>Referências</b> .....	<b>66</b>

## Introdução

Este produto educacional é constituído de lâminas produzidas em alto relevo para uso de estudantes de física da educação básica com deficiência visual, e de um guia de utilização das lâminas por parte do professor. Para esta versão impressa, as lâminas em alto relevo foram transcritas em português.

As lâminas apresentam textos e imagens elaboradas para a descrição conceitual e a compreensão de fenômenos ondulatórios, sem vinculação específica a qualquer teoria de aprendizagem. Trata-se de um produto elaborado ao estilo dos livros-textos usuais, de modo que pode ser usado com diferentes abordagens pedagógicas. No caso de seu uso vinculado a uma determinada teoria de aprendizagem, caberá ao professor estabelecer o cenário pedagógico apropriado. Por exemplo, se o texto for usado de acordo com a teoria de aprendizagem significativa de Ausubel(MOREIRA; MASSONI, 2015), o professor pode dedicar um período inicial para averiguar a apropriação por parte dos alunos, de subconres pertinentes ao conteúdo, ou seja ondas e fenômenos ondulatórios. A partir dessa averiguação o professor definirá a forma de trabalhar com as lâminas. Procedimentos similares poderão ser adotados se Paulo Freire(FREIRE, 2008) ou Vygotsky(IVIC, 2010) forem usados como referenciais teóricos.

Conforme será detalhado a seguir, as lâminas foram produzidas por meio de recursos absolutamente artesanais, desenvolvidos pelo autor. Embora trabalhosos tais recursos podem ser facilmente reproduzidos. Ainda não temos uma solução definitiva para produção em série desse material, mas quando estávamos testando o produto, tomamos conhecimento da existência do Monet, um aplicativo para desenhar gráficos em uma impressora Braille. Usar o aplicativo para a produção em série de nosso produto será nosso próximo desafio.

## Informações básicas sobre a produção das lâminas

### **Sobre o método Braille**

Apenas por uma questão de completeza apresentaremos aqui noções do método Braille, uma vez que seu domínio foi indispensável para a elaboração do produto em pauta. Para uma leitura mais detalhada recomenda-se o livro editado pela Secretaria de Educação Especial do MEC(Brasil, 2006).

A unidade básica do método Braille, conhecida como célula Braille é composta de duas colunas, cada uma com três pontos (Figura 1a). A combinação desses pontos forma os símbolos alfanuméricos que conhecemos: as letras do alfabeto, os números e os sinais ortográficos. Por exemplo, a letra A equivale ao ponto 1, mas o “ponto 1” de quem escreve não é o mesmo “ponto 1” de quem lê. Para quem escreve, o “ponto 1” é o número 4 na célula Braille. Ou seja, para que a letra A seja lida através do Método Braille, o número 4 deve ser marcado com alguma ferramenta (geralmente uma máquina Braille), de modo que seja produzida uma protuberância para ser percebida pelo tato. Então, ao marcar o ponto 4 (Figura 1b), uma protuberância é produzida no verso da folha. Ao se inverter esta folha, a marcação aparecerá na posição do ponto 1 (Figura 1c). Seguindo essa mesma lógica, para quem escreve, a letra B é representada pela marcação dos pontos 4 e 5, que corresponderá aos pontos 1 e 2 para quem lê. O código completo pode ser visto no livro supra mencionado (Brasil, 2006) ou na Wikipedia<sup>1</sup>.

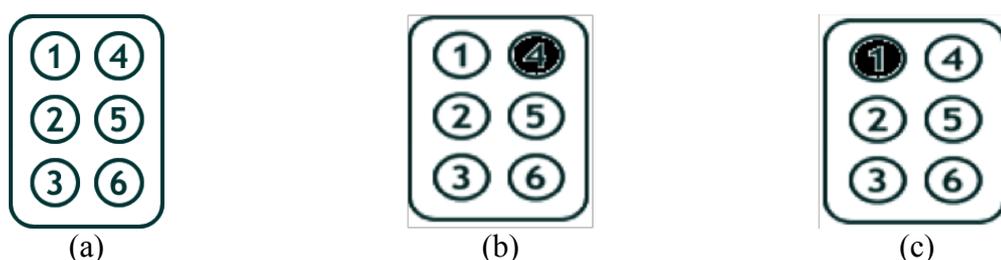


Figura 1 – (a) Célula Braille; (b) Marcação da letra A; (c) Leitura da letra A. Extraída e adaptada de <http://www.aaica.pt/sservicos/braille.php>. Acesso em 5/1/2018.

Essas ilustrações foram apresentadas para destacar o fato de que qualquer elemento gráfico (código de letras ou desenho) para ser acessado pela via do tato deve ser produzido no sentido inverso. É por isso que (4,5) transforma-se em (1,2). Além disso, na redação os textos devem ser escritos da direita para a esquerda, de modo que ao se inverter o meio em que foi produzido a escrita apareça na forma habitual, da esquerda para a direita.

Eventualmente, alunos cegos no ensino médio têm domínio limitado do código Braille. Geralmente dominam bem o alfabeto, mas muitos desconhecem alguns códigos especiais, que têm significados diferentes quando usados em vocabulários numéricos e alfabéticos, bem como em indicação de direção. Por exemplo, no vocabulário de operações numéricas, o sinal de soma (+) é representado pelo código (2-3-5), mas no alfabeto esse

<sup>1</sup> <https://pt.wikipedia.org/wiki/Braille>. Acesso em 5/1/2018.

mesmo código representa o sinal de exclamação (!). Para indicar direção à esquerda, usa-se o código (2-4-6)(2-5), que representa a união dos códigos (õ) e (:) do alfabeto Braille, respectivamente. Portanto, convém apresentar ao aluno os códigos especiais relacionados na Tabela 1.

	<b>SINAL</b>	<b>CÓDIGO</b>	<b>EQUIVALENTE ALFABÉTICO</b>
<b>NUMÉRICO</b>	=	2-3-5-6	não há
	+	2-3-5	!
	-	3-6	-
	x	2-3-6	“
	÷	2-5-6	/
	(	1-2-6	ê
	)	3-4-5	ã
<b>DIREÇÃO</b>	direita	(2-5)(1-3-5)	:o
	esquerda	(2-4-6)(2-5)	õ:
	esquerda e direita ↔	(2-4-6)(2-5)(1-3-5)	õ:o
	para dentro	1-3-4-6	x
	para fora	3	•
	para cima	não há	⋮
	para baixo	não há	⋮
Tabela 1. Códigos Braille especiais, e seus equivalentes alfabéticos.			

## Ferramentas e materiais para a confecção das lâminas

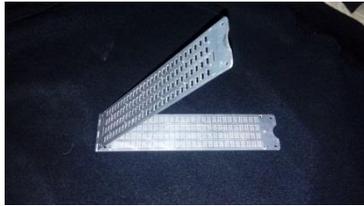
Pela opção que fizemos de confeccionar lâminas no formato paisagem, tivemos que trabalhar com a reglete, uma vez que as máquinas de escrever códigos Braille só o fazem no formato retrato. Todos os símbolos (letras e gráficos) foram produzidos com punções comerciais: punção de centro de 5 mm (utilizada para o contorno das imagens), PZ1 (utilizada

para representação de curvas) e T10 (utilizada para salientar pontos ou estruturas diferentes das anteriores).

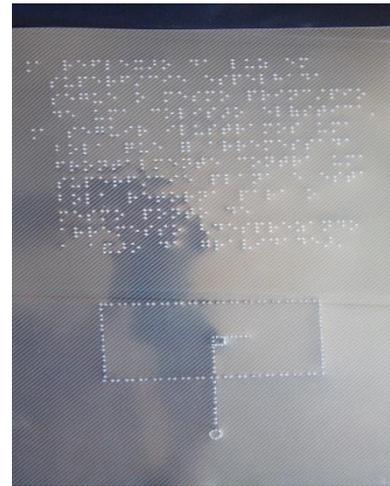
As lâminas foram confeccionadas com o plástico transparente utilizado em encadernação, por ser de fácil obtenção, baixo custo, boa visibilidade ao transcritor, longa durabilidade, pequeno volume e peso, fácil perfuração pela punção e ótima leitura ao deficiente visual. A Figura 2 ilustra os materiais utilizados.



(a)



(b)



(c)

Figura 2 – (a) Punções PZ1 (esquerda), P5 (centro) e T10 (direita); (b) Reglete; (c) Lâmina com texto em braile e imagem produzida por um dos autores.

## Glossário

É próprio do conteúdo tratado neste produto, o uso de terminologia não usual no cotidiano, de modo que convém apresentar aos alunos um glossário de termos importantes utilizados no material, como este apresentado na Tabela 2.

<b>Termo importantes</b>	<b>Significado</b>
<b>Adjacente</b>	Situado junto a outro.
<b>Consecutivos</b>	Que se segue imediatamente.
<b>Espectro</b>	Registro da dispersão ou distribuição de energia ou radiação.
<b>Longitudinal</b>	Colocado ao comprimento ou no sentido do eixo principal.
<b>Paralelas</b>	Linha ou superfície equidistante de outra em toda a sua extensão.
<b>Perpendicular</b>	Linha ou plano que no encontro com outra linha ou plano formam ângulo de 90°.
<b>Prisma</b>	Cristal que decompõe a luz.
<b>Pulso</b>	Mover com um impulso.
<b>Senóide</b>	Função trigonométrica que têm como pontos críticos 0, 1, 0 e -1.
<b>Simetria</b>	Relação de tamanho ou de disposição que entre si devem ter as coisas ou as partes de um todo em relação a um ponto, eixo ou plano.
<b>Sincronia</b>	Ocorrência ou realização em simultâneo.

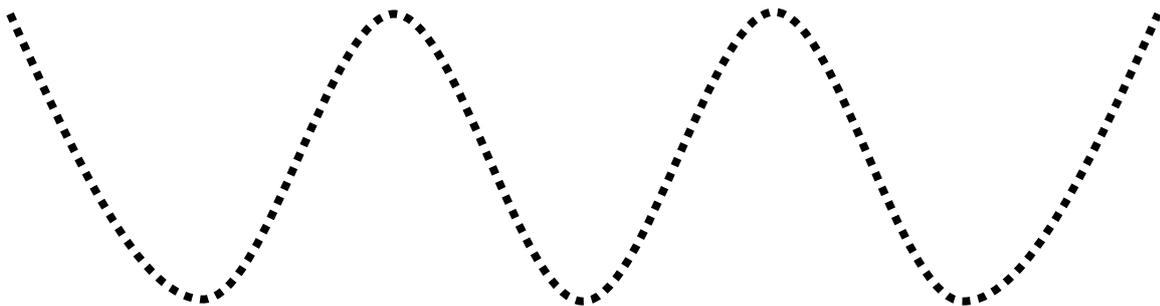
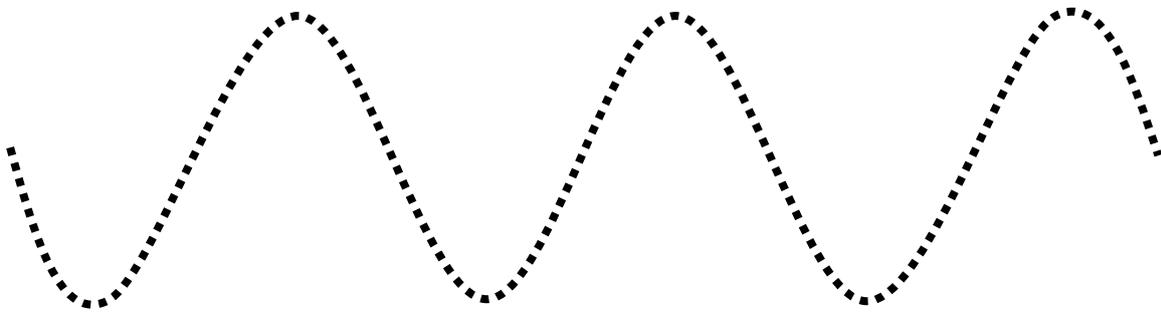
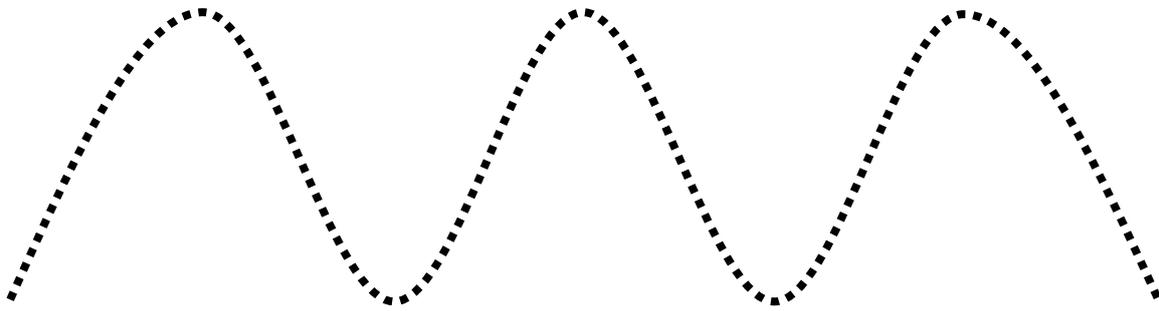
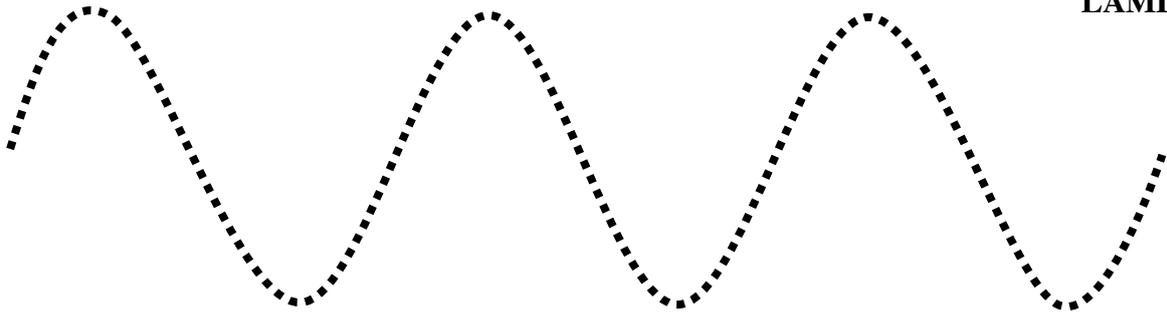
**Tabel 2. Significados adaptados pelo autor a partir do dicionário Aurélio da língua portuguesa(FERREIRA, 2010).**

## Lâminas

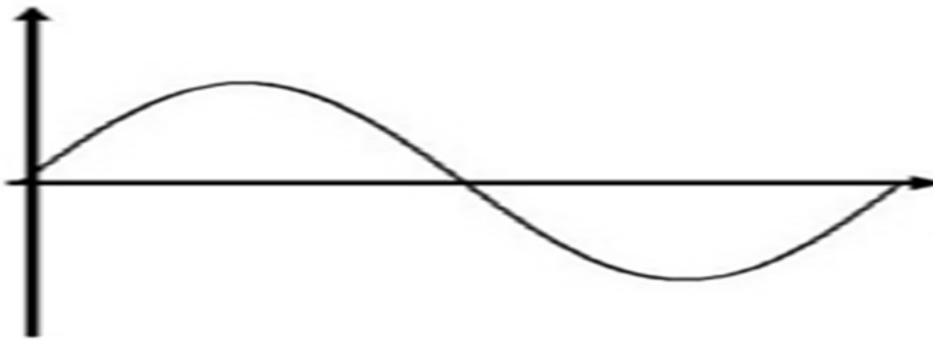
No canto inferior direito de cada lâmina há uma seta. Se ela estiver desenhada para a esquerda significa que o texto e as figuras estão dispostos na orientação paisagem. Se a disposição do conteúdo for na orientação retrato, a seta indicativa é desenhada para cima. Essas setas não foram reproduzidas nas transcrições apresentadas a seguir.

Lâminas em Alto Relevo para o Ensino de Ondas e Fenômenos Ondulatórios Guia do Professor	
<b>AULA 1</b>	<b>TEMPO ESTIMADO: 1h40</b>
<b>CONTEÚDO</b>	
Ondas: <ol style="list-style-type: none"> <li>1. Definição e exemplificação;</li> <li>2. Classificação das ondas, quanto à natureza, em: mecânica ou eletromagnética.</li> </ol>	
<b>OBJETIVOS</b>	
<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Definir os limites para propagação de uma onda de acordo com o meio de propagação.</li> <li>2. Materializar os conceitos para que a captação da informação seja por meio tátil.</li> <li>3. Analisar e interpretar imagens e comunicações de física veiculadas por diferentes meios.</li> <li>4. Identificar em dada situação-problema as informações ou variáveis relevantes extraídas das imagens/gráficos e a partir destes, traçar possíveis estratégias para resolvê-la.</li> </ol>	
<b>METODOLOGIA</b>	
<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Introdução do conteúdo de ondas perguntando aos estudantes quais os exemplos de ondas conhecidos por eles, como uma forma de checar quais os conhecimentos prévios que eles já trazem sobre o assunto. Aproveite os exemplos citados para separá-los de acordo com a sua classificação.</li> <li>2. Como as ondas se apresentam em nosso meio: visível ou invisível, audível ou inaudível, ou até sensibilizadoras.</li> <li>3. Esclarecimento dos mitos e verdades sobre o transporte de matéria através de ondas. (LÂMINA 1)</li> <li>4. Apresentação das formas de ondas mais cobradas em concursos e vestibulares, inseridas no plano cartesiano. (LÂMINA 2)</li> <li>5. Apresentação do número de ondas a partir da repetição periódicas das revoluções. (LÂMINA 3)</li> </ol>	
<b>LÂMINAS 1 a 3</b>	
<b>AVALIAÇÃO</b>	
<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Neste processo recomenda-se apresentar diversas formas de revoluções periódicas e não periódicas para identificação do número de ondas.</li> <li>2. Após a realização do que fora planejado é necessário avaliação para traçarmos nova rota de acordo com a necessidade apresentada pelo grupo no qual foi aplicado o material.</li> </ol>	
<b>OBSERVAÇÃO</b>	
Devido à forma de onda mais utilizada em materiais didáticos e avaliativos ser a senóide, se faz necessário a revisão trigonométrica da função seno.	

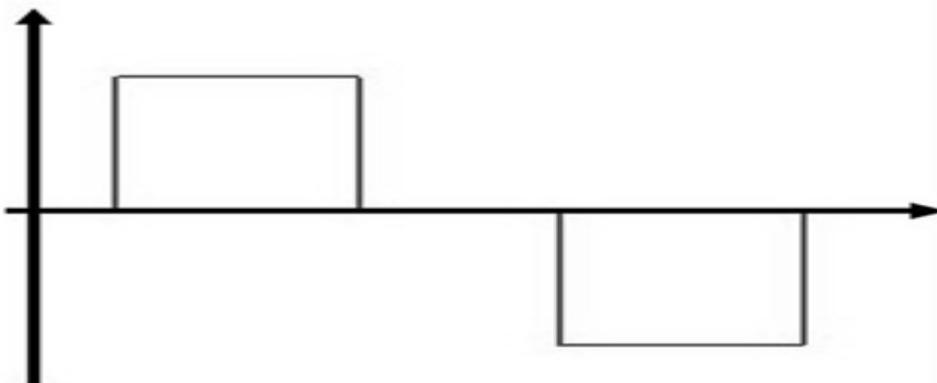
LÂMINA 1



Aqui estão representadas  
as formas de ondas mais  
cobradas em concursos e  
vestibulares.



SENOIDAL



RETÂNGULAR



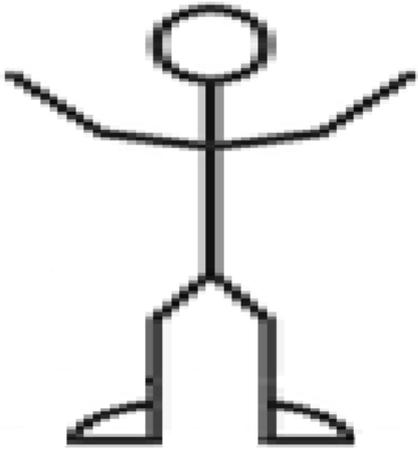
TRIÂNGULAR



<b>AULA 2</b>	<b>TEMPO ESTIMADO: 1h40</b>
<b>CONTEÚDO</b>	
Classificação das ondas quanto à direção de propagação, em: longitudinais e transversais.	
<b>OBJETIVO(S)</b>	
<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Identificar qual a classificação correta das ondas, a partir da análise geométrica das direções de vibração das partículas e da direção de propagação da onda.</li> <li>2. Materializar os conceitos para que a captação da informação seja por meio tátil.</li> <li>3. Ensinar que complexidade não pode se tornar dificuldade de acessibilidade ao conhecimento.</li> <li>4. Por meio de imagens do ENEM, mostrar que este exame pode estar ao alcance de qualquer candidato resolvê-lo independente de sua limitação, para isto basta ter recursos apropriados.</li> <li>5. Analisar e interpretar imagens e comunicações de física veiculadas por diferentes meios.</li> <li>6. Identificar em dada situação-problema as informações ou variáveis relevantes extraídas das imagens/gráficos e a partir destes, traçar possíveis estratégias para resolvê-la.</li> </ol>	
<b>METODOLOGIA</b>	
<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Explicação das funções seno e cosseno no círculo trigonométrico.</li> <li>2. Simplificação de imagens complexas, separando os referenciais e componentes ilustrativos.</li> <li>3. Exemplificação da onda transversal por meio da ola, onda espanhola, trabalhada no ENEM. (LÂMINAS 4 a 6)</li> <li>4. Exemplificação da onda longitudinal representada por pulso em mola. (LÂMINA 7)</li> </ol>	
<b>LÂMINAS 4 a 7</b>	
<b>AValiação</b>	
<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Neste processo recomenda-se apresentar diversas ondas e pedir que classifique-as quanto a direção de propagação.</li> <li>2. Após a realização do que fora planejado é necessário avaliação para traçarmos nova rota de acordo com a necessidade apresentada pelo grupo no qual se foi aplicado o material.</li> </ol>	
<b>OBSERVAÇÃO</b>	
Mesmo o conteúdo de funções trigonométricas fazendo parte da grade de matemática e não de física, recomenda-se que antes do início do conteúdo programado para esta aula, seja realizada uma revisão desse conteúdo para que quando necessário o uso desta ferramenta, isto não seja motivo para quebra de raciocínio ou mesmo a interrupção do conteúdo de ondas senoidais.	

**LÂMINA 4**

Podemos classificar as  
ondas quanto à direção  
de propagação em:  
transversal ou  
longitudinal.



A imagem acima ilustra  
uma pessoa.

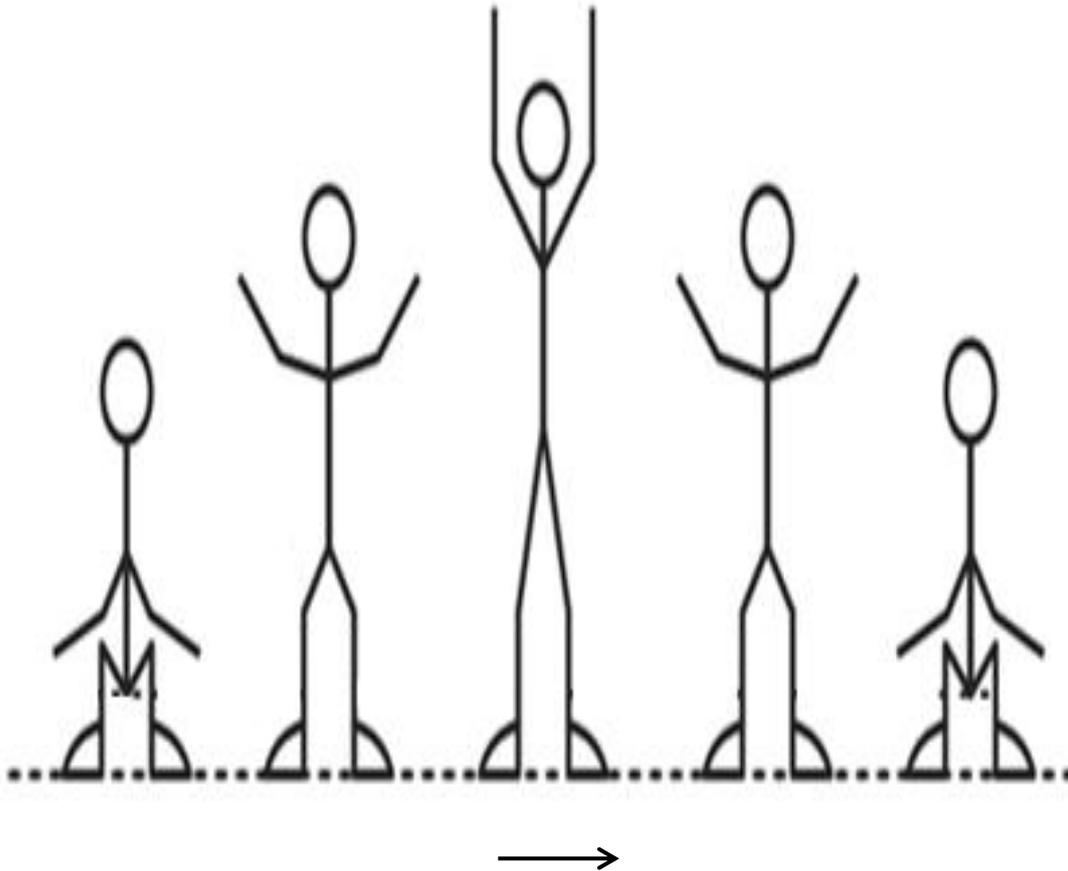
As pessoas que seguem  
ilustradas  
representam as  
partículas que vibram  
na direção vertical,  
subindo e descendo.



No caso da ola, onda

LÂMINA 5

espanhola, as pessoas  
realizam este movimento  
em sincronia, de modo  
que o adjacente  
posterior levanta-se  
enquanto o anterior já  
está a se baixar.

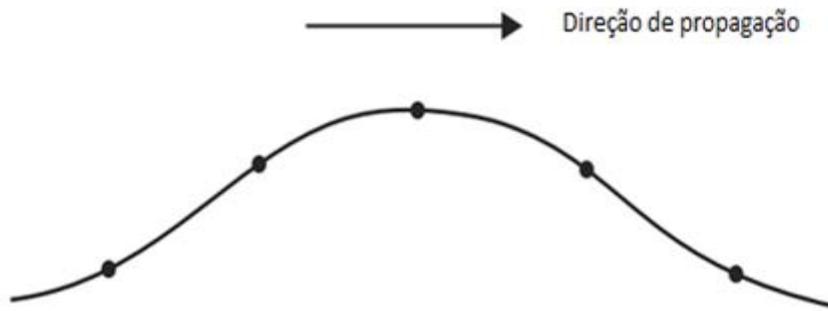


Direção de propagação da  
ola.

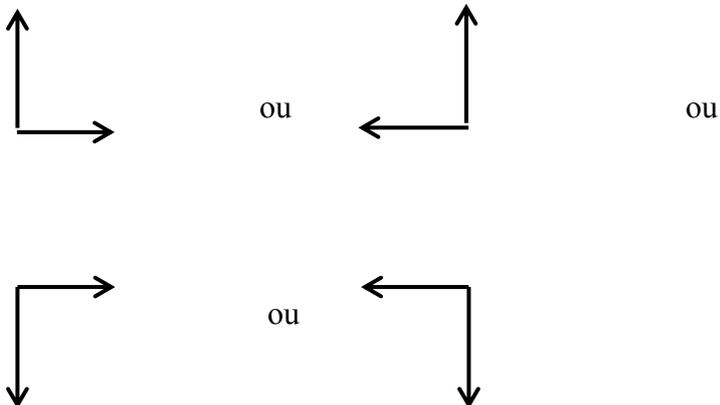


**LÂMINA 6**

Substituiremos as posições  
das pessoas pelos  
pontos e os  
interligaremos de modo a  
formar uma curva.



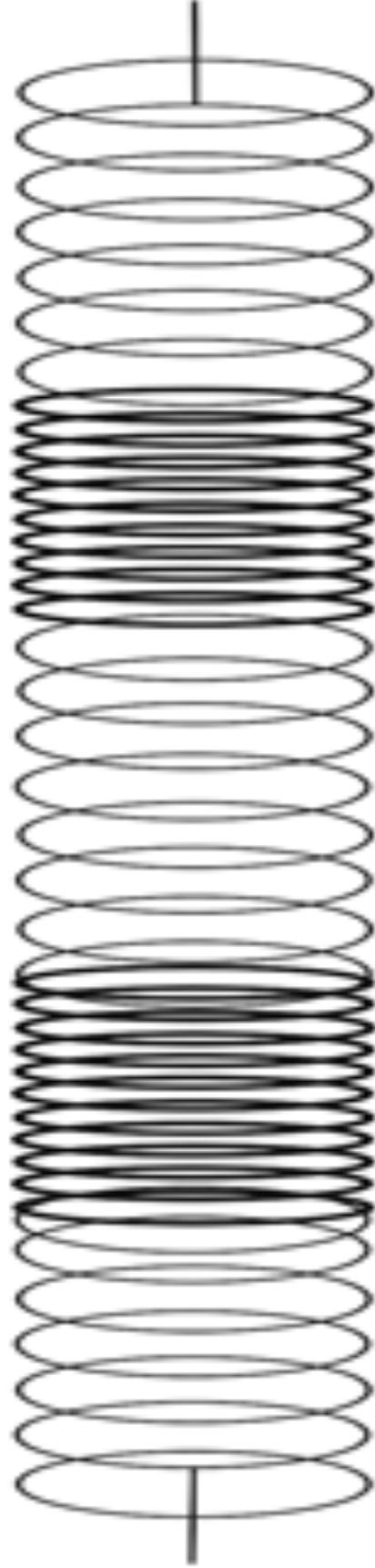
A onda transversal é  
aquela cuja direção de  
propagação da onda é  
perpendicular à direção  
de vibração das  
partículas, como  
ilustrado abaixo.



Quando à onda longitudinal aqui

representada a partir do pulso em mola,  
tem sua direção de propagação paralela  
à direção de vibração das partículas,  
notada pelas zonas de compressão e  
depressão na mola.

Direção de: propagação → vibração ↔



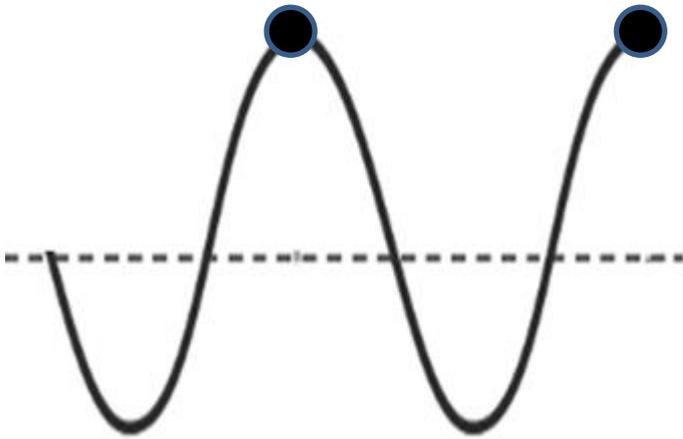
<b>AULA 3</b>	<b>TEMPO ESTIMADO: 1h40</b>
<b>CONTEÚDO</b>	
<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Elementos de ondas</li> <li>2. Fase e oposição de fase</li> </ol>	
<b>OBJETIVO(S)</b>	
<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Materializar os conceitos para que a captação da informação seja por meio tátil.</li> <li>2. Analisar e interpretar imagens e comunicações de física veiculadas por diferentes meios.</li> <li>3. Identificar em dada situação-problema as informações ou variáveis relevantes extraídas das imagens/gráficos e a partir destes, traçar possíveis estratégias para resolvê-la.</li> </ol>	
<b>METODOLOGIA</b>	
<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Apresentação dos elementos de uma onda. (LÂMINAS 8 a 10)</li> <li>2. Resolução de questões com um bom nível de dificuldade, a fim de treinar a resolução de questões deste assunto num tempo não superior a 3,0 minutos. (LÂMINA 11)</li> <li>3. Apresentação de pontos e pulsos em fase e fora de fase. (LÂMINAS 12 e 13)</li> </ol>	
<b>LÂMINAS 8 a 13</b>	
<b>AVALIAÇÃO</b>	
<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Para fixação de conteúdo e avaliação do mesmo recomenda-se que seja resolvido o maior número de questões possíveis sobre este conteúdo.</li> <li>2. Após a realização do que fora planejado é necessário avaliação para traçarmos nova rota de acordo com a necessidade apresentada pelo grupo no qual se foi aplicado o material.</li> </ol>	
<b>OBSERVAÇÃO</b>	
<p>Por se tratar de um tópico bastante cobrado nos concursos, o ideal é que o conteúdo seja bastante saturado com resoluções de questões de níveis e contextualizações diferentes. Alguns livros não dão relevância ao estudo da fase de uma onda, porém a utilizam quando tratam dos fenômenos ondulatórios, por este motivo recomendamos atenção à este tópico.</p>	

## LÂMINA 8

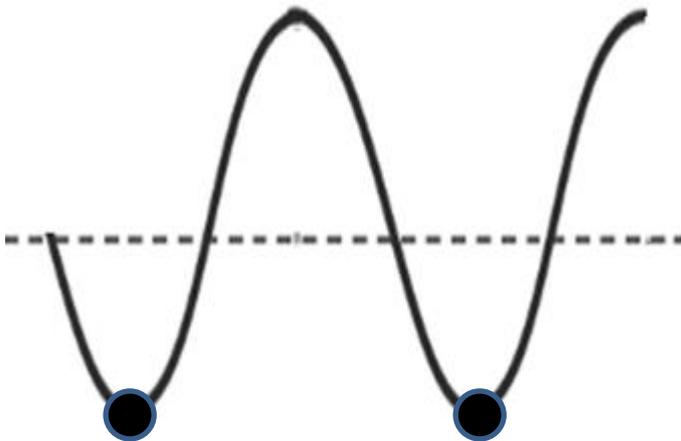
Vamos agora conhecer os  
elementos de uma onda:

Observação: onde tiver

este símbolo  será a  
localização do elemento  
conceituado.



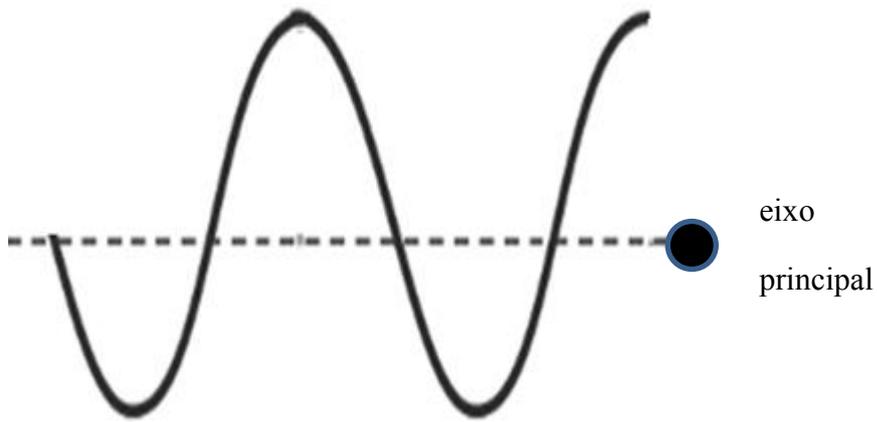
Crista, parte mais alta da onda.



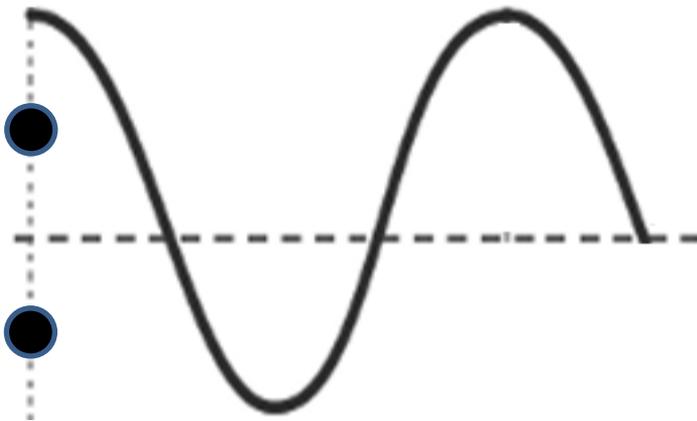
Vale ou depressão, parte  
mais baixa da onda.



## LÂMINA 9



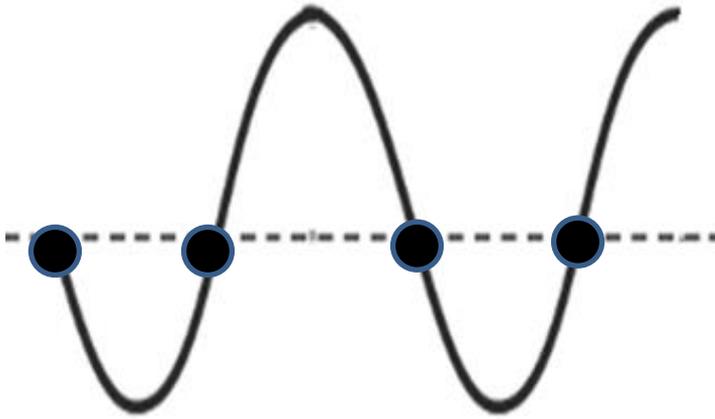
Este elemento demarca o  
meio longitudinal da  
onda.



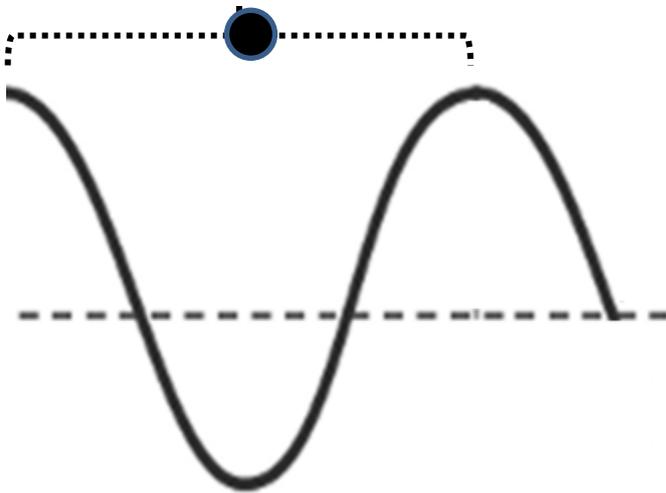
A amplitude é a distância  
compreendida entre o  
eixo principal e o vale  
ou entre o eixo  
principal e a crista.



## LÂMINA 10



Nós são os pontos que  
representam o encontro  
da onda com o eixo  
principal.



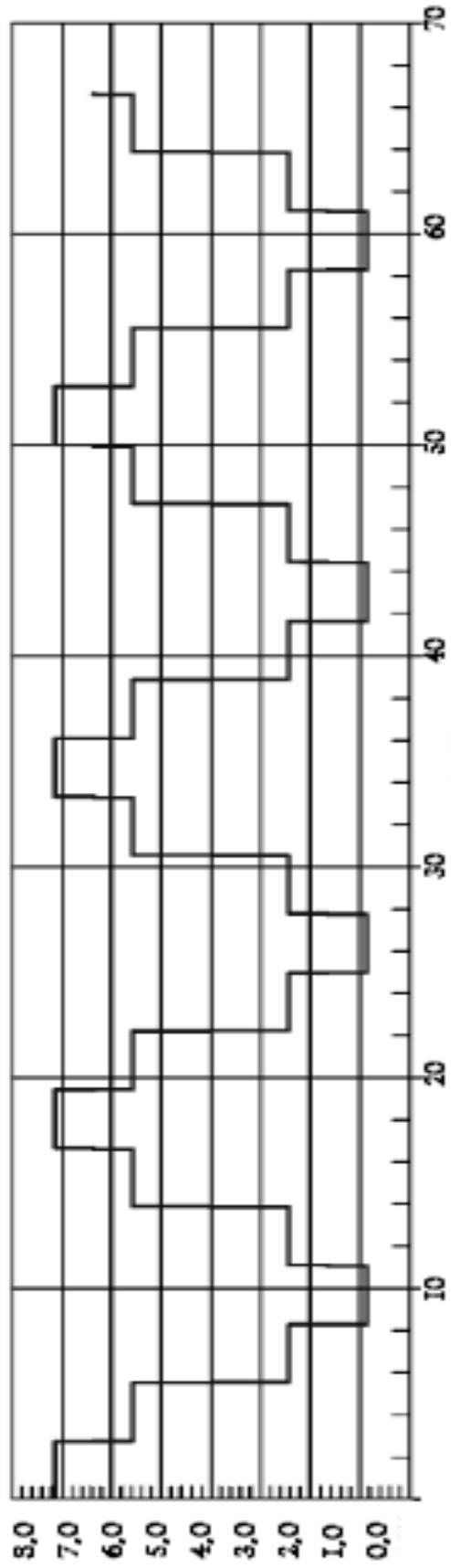
Comprimento de onda é a  
medida compreendida  
entre: duas cristas, ou  
dois vales, ou dois nós  
não consecutivos.



## LÂMINA 11

Vamos exercitar para melhor fixar!

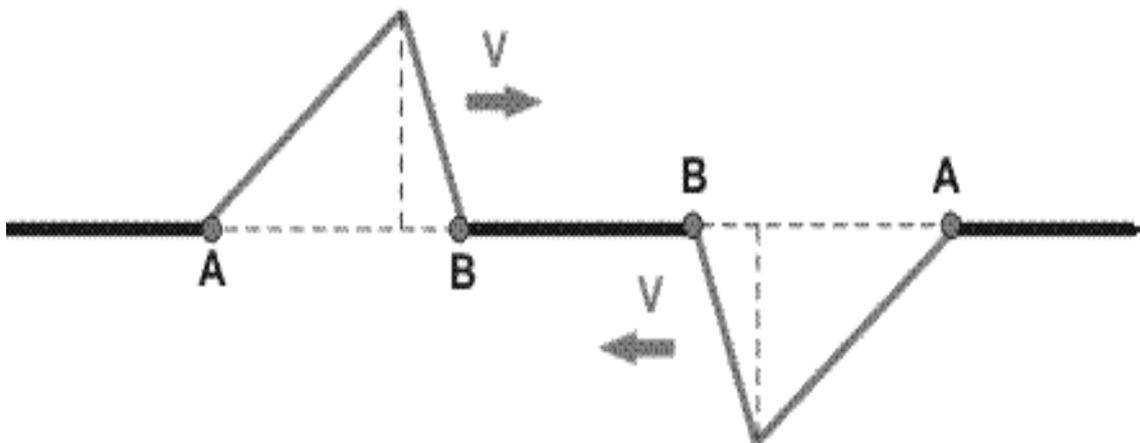
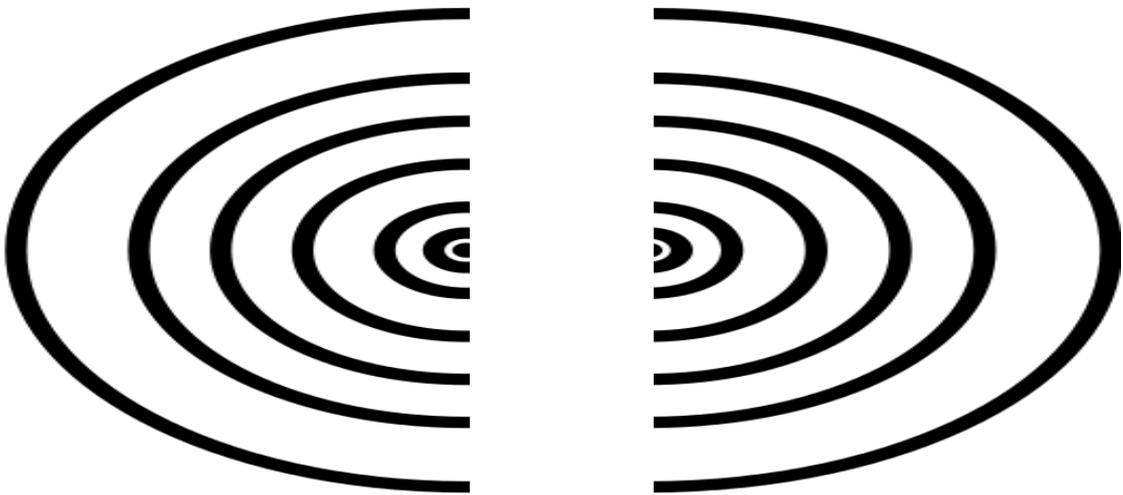
Encontre o valor da amplitude, do comprimento de onda, da frequência e do período da onda ilustrada abaixo, sabendo que representa o pulso que se propaga em um segundo. As unidades de comprimento estão expressas em centímetros.



Segue abaixo duas

## LÂMINA 12

ilustrações de pulsos  
de ondas em oposição  
de fase, ou seja,  
seguem a mesma direção,  
porém com sentidos  
opostos.



Quanto aos pares de

pontos BD, DF e FH,

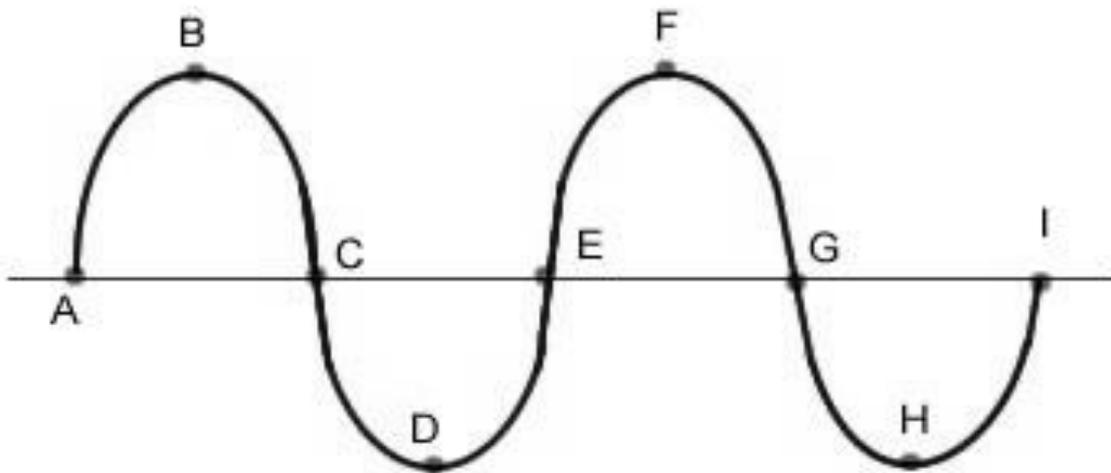
note que estão em

oposição de fase mesmo

pertencendo à mesma

onda.

### LÂMINA 13



<b>AULA 4</b>	<b>TEMPO ESTIMADO: 1h40</b>
<b>CONTEÚDO</b>	
Fenômeno ondulatório: Reflexão	
<b>OBJETIVO(S)</b>	
<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Identificar o eco como um exemplo de reflexão de som.</li> <li>2. Ressaltar a simetria existente entre o objeto e sua imagem refletida num espelho plano, quando necessário identificar a imagem formada em um espelho plano conhecendo-se a forma do objeto.</li> <li>3. Associar a reflexão de pulso em corda como uma onda qualquer refletida, e que pode sofrer mudança de fase.</li> <li>4. Materializar os conceitos para que a captação da informação seja por meio tátil.</li> <li>5. Analisar e interpretar imagens e comunicações de física veiculadas por diferentes meios.</li> <li>6. Identificar em dada situação-problema as informações ou variáveis relevantes extraídas das imagens/gráficos e a partir destes, traçar possíveis estratégias para resolvê-la.</li> </ol>	
<b>METODOLOGIA</b>	
<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Estabelecer a condição para ocorrer o eco. (LÂMINA 14)</li> <li>2. Evidenciar que não é necessário ocorrer o eco para que haja reflexão.</li> <li>3. Mostrar que através da 2ª Lei da Reflexão podemos demonstrar a simetria existente entre um objeto e sua imagem. (LÂMINAS 16 e 17)</li> <li>4. Para não redesenhar várias vezes a situação do eco, represente a fonte e receptor por dois pontos e construa situações onde ocorre reflexão do som, mas não necessariamente o eco.</li> <li>5. Evidenciar a mudança de fase ocorrida por conta da reflexão, lembrando que no pulso em corda com extremidade livre o mesmo não ocorre. (LÂMINA 15)</li> </ol>	
<b>LÂMINAS 14 a 17</b>	
<b>AVALIAÇÃO</b>	
<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Neste processo recomenda-se: apresentar diversas formas frente a um espelho plano e pedir que desenhem a imagem formada, e trabalhar com distância fonte-receptor diferente de zero para que ocorra o eco.</li> <li>2. Após a realização do que fora planejado é necessário avaliação para traçarmos nova rota de acordo com a necessidade apresentada pelo grupo no qual se foi aplicado o material.</li> </ol>	
<b>OBSERVAÇÃO</b>	
Devido à reflexão da luz ser um fenômeno puramente visual, logo não há outro sentido que o substitua, temos que fazer analogias para que a compreensão deste fenômeno possa ser atingida.	

**LÂMINA 14**

Iniciaremos agora os

fenômenos ondulatórios  
com a reflexão do som  
com formação do eco,  
ocorrido quando o som  
bate num obstáculo e  
retorna para o mesmo  
meio, porém para  
perceber a repetição do  
som a distância fonte-  
antepero-receptor deve  
ser maior ou igual a  
34m.



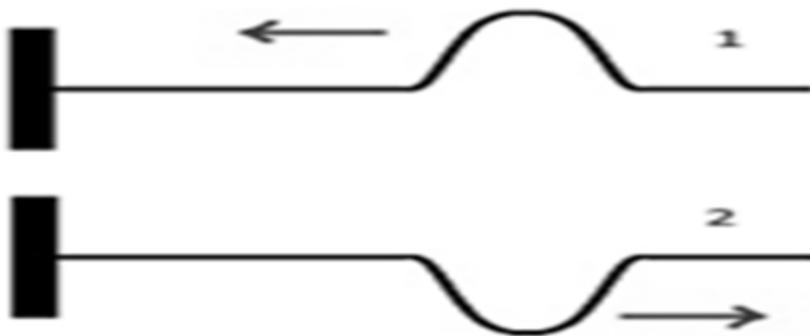
São 17m de ida e 17m  
de volta.



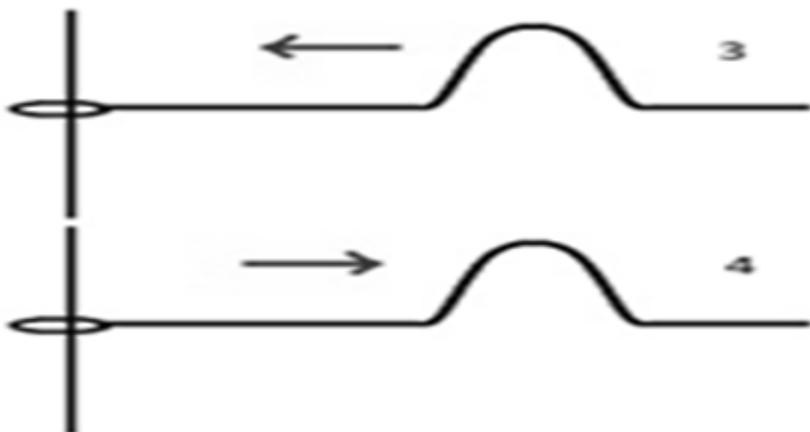
Reflexão de pulso em  
corda com:

### LÂMINA 15

Extremidade fixa, o pulso  
retorna em 2, pós a  
colisão, com inversão  
de fase;



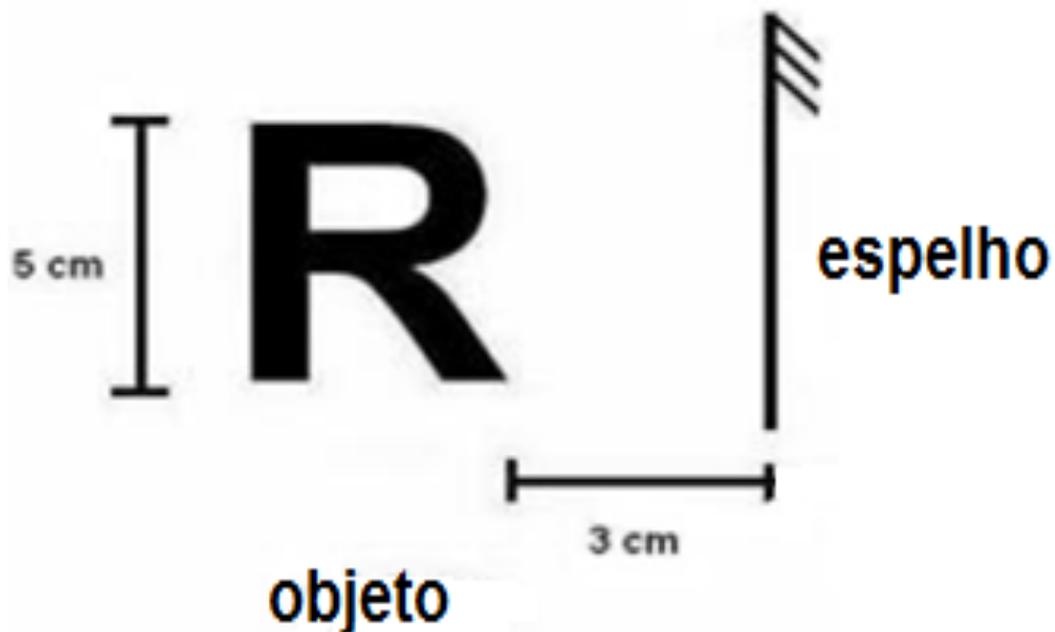
Extremidade livre o pulso  
retorna em 4, pós a  
colisão, em fase.



Segue abaixo a ilustração

### LÂMINA 16

de um objeto com forma  
de R, cuja altura é de  
5cm e está em frente  
a um espelho plano,  
distantes de 3 cm um  
do outro.

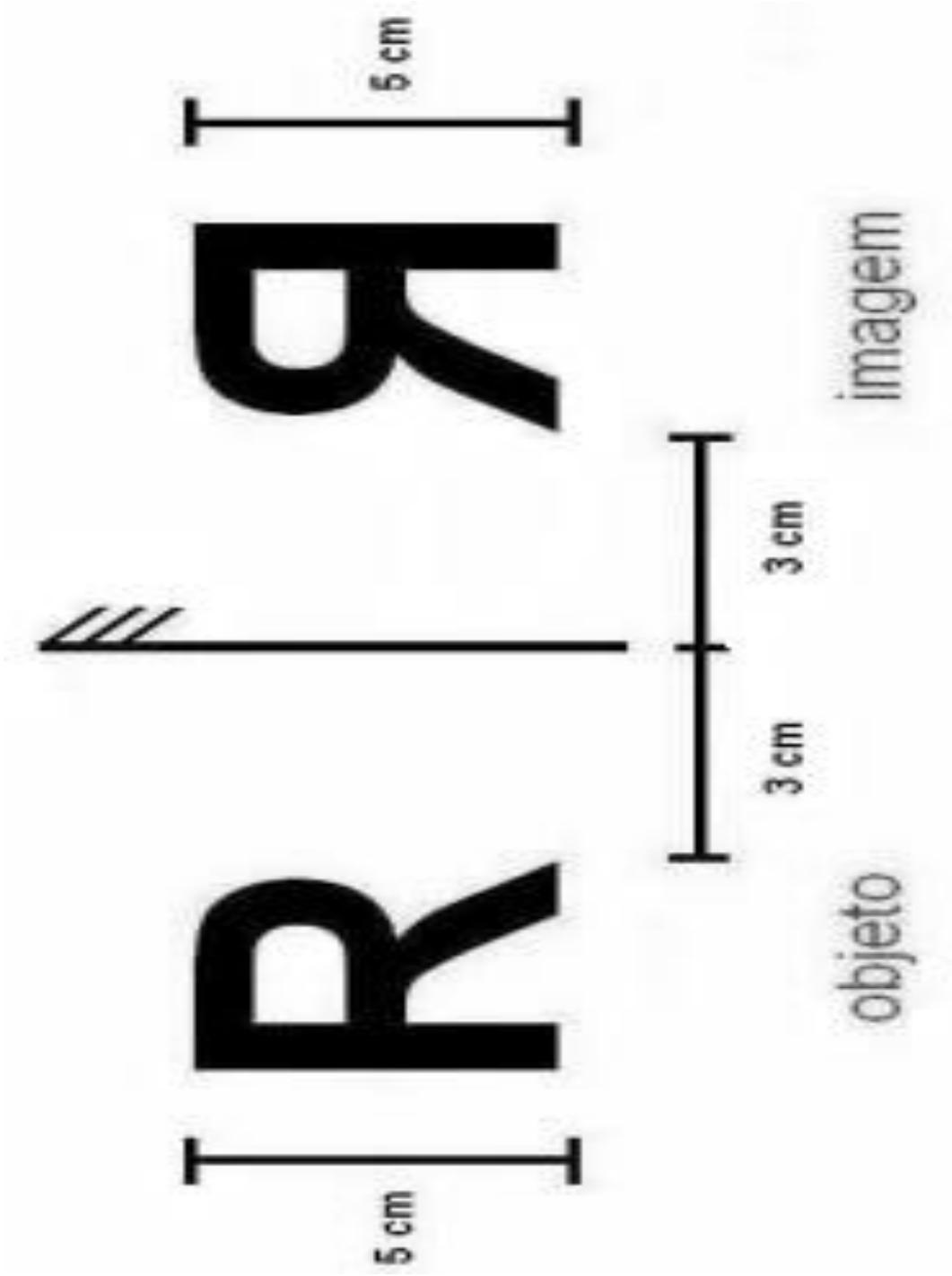


Com isso, constatamos a

formação de uma imagem  
virtual, direita e  
simétrica ao objeto que  
dista 3 cm do espelho,  
como mostra a imagem  
que segue.



LÂMINA 17

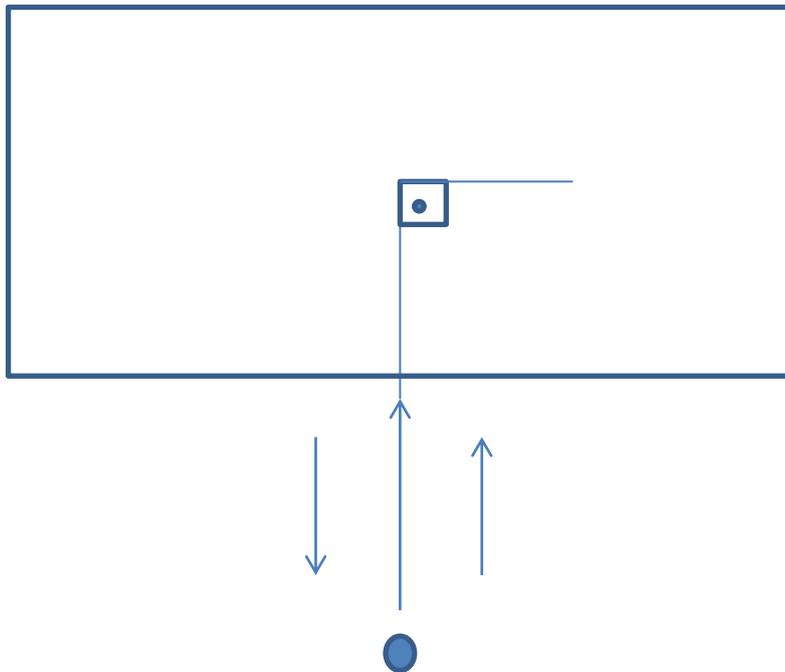


<b>AULA 5</b>	<b>TEMPO ESTIMADO: 1h40</b>
<b>CONTEÚDO</b>	
Reflexão da luz <ol style="list-style-type: none"> <li>1. 1ª da reflexão</li> <li>2. 2ª Lei da reflexão</li> </ol>	
<b>OBJETIVO(S)</b>	
<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Definir superfície refletora/espelho.</li> <li>2. Compreender o raio e ângulo incidente, e o raio e ângulo refletido.</li> <li>3. Compreender a 1ª e a 2ª Lei da Reflexão.</li> <li>4. Materializar os conceitos para que a captação da informação seja por meio tátil.</li> <li>5. Analisar e interpretar imagens e comunicações de física veiculadas por diferentes meios.</li> <li>6. Identificar em dada situação-problema as informações ou variáveis relevantes extraídas das imagens/gráficos e a partir destes, traçar possíveis estratégias para resolvê-la.</li> </ol>	
<b>METODOLOGIA</b>	
<p>Definição de espelho como uma superfície polida capaz de refletir todos os raios luminosos sobre ele incididos, obedecendo a 1ª e 2ª lei da reflexão. (LÂMINAS 18 e 21)</p> <p>Através do ângulo complementar ao de reflexão descobrir qual o ângulo de incidência. (LÂMINA 19)</p> <p>Interpretação de imagens de objeto ou de palavras após dupla reflexão, como ocorrida no periscópio.</p> <p>Construir imagens seguindo a 2ª lei da reflexão, ponto a ponto das imagens. (LÂMINAS 18 a 20)</p> <p>Fazer analogia entre a reflexão da luz com a reflexão mecânica ocorrida pós colisão elástica. (LÂMINAS 18 e 19)</p>	
<b>RECURSOS</b>	
<b>LÂMINAS</b> 18 a 21 Régua com marcação em alto relevo Folha de papel A4 - 40 kg (preferencialmente)	
<b>AVALIAÇÃO</b>	
<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Requerer dos alunos a construção de imagens por um espelho plano, ponto a ponto, seguindo a 2ª lei da reflexão. (destinar tempo suficiente para desenvolvimento da habilidade motora)</li> <li>2. Após a realização do que fora planejado é necessário avaliação para traçarmos nova rota de acordo com a necessidade apresentada pelo grupo no qual se foi aplicado o material.</li> </ol>	
<b>OBSERVAÇÃO</b>	
Para realização desta atividade avaliativa os estudantes podem requerer ajuda inicial para traçarem o plano cartesiano. Caso necessário elabore mais de uma LÂMINA.	

**LÂMINA 18**

A reflexão da luz em  
superfície espelhada  
segue o mesmo princípio  
de uma colisão elástica.

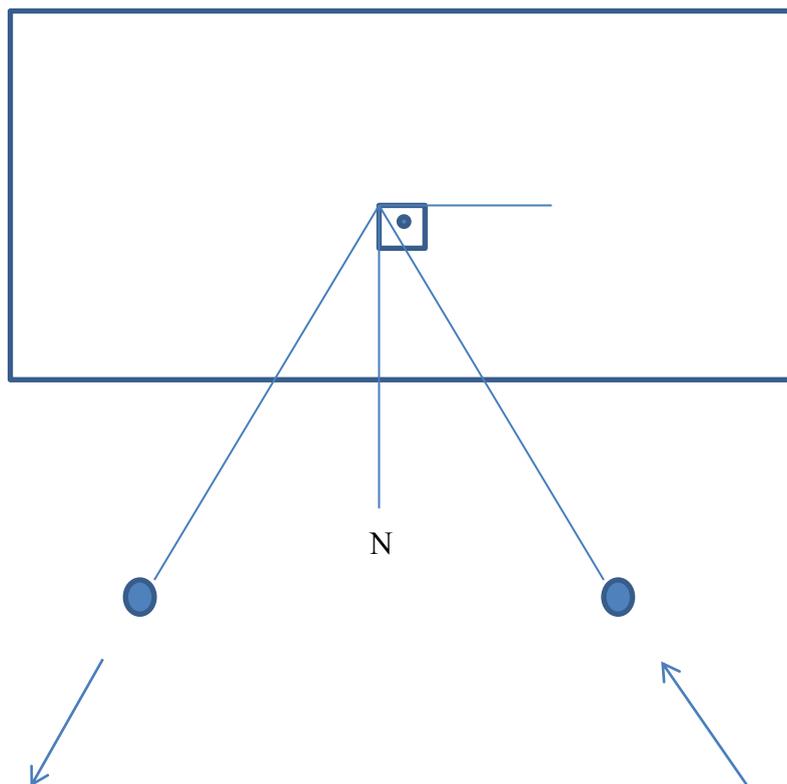
A seguir ilustramos uma  
bola que é arremessada  
frontalmente contra uma  
superfície plana e esta  
bola retorna para o  
mesmo ponto de  
arremesso (desprezando  
a ação da gravidade).



Abaixo a ilustração

### LÂMINA 19

representa a colisão  
obliqua onde pós  
colisão elástica a bola  
retorna para o mesmo  
meio formando um ângulo  
de reflexão igual ao  
ângulo de incidência.



A reflexão tem duas leis.

## LÂMINA 20

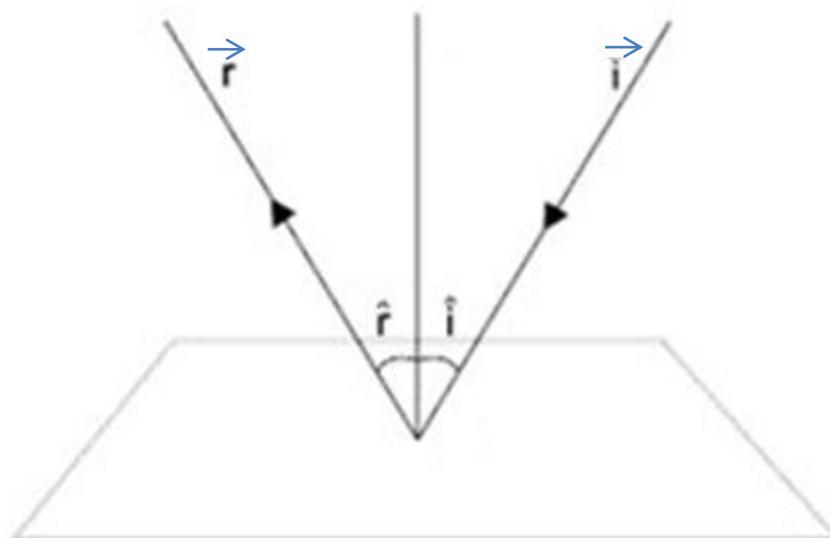
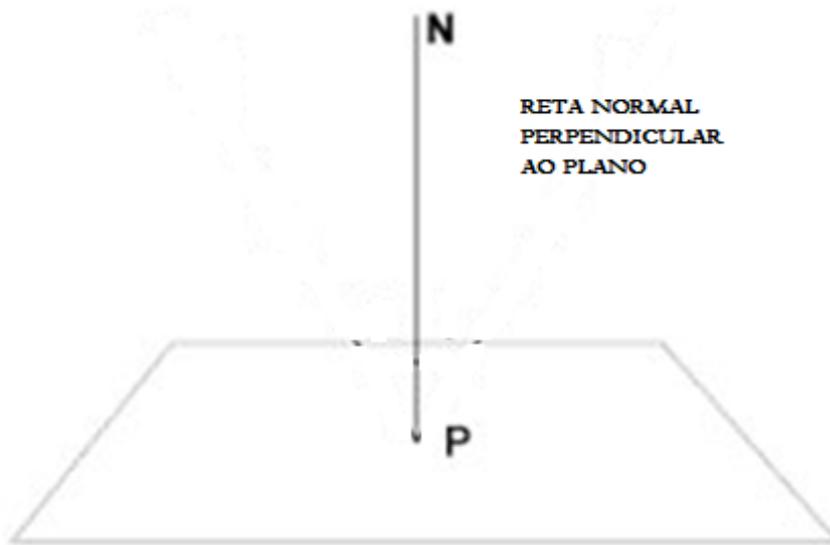
A primeira diz que o raio incidente, o raio refletido e a normal são coplanares, ou seja, estão contidas no mesmo plano. a segunda lei diz que o ângulo de incidência é igual ao ângulo de reflexão, onde:

O ângulo de incidência é compreendido entre o raio incidente e a normal;

E o ângulo de reflexão é compreendido entre o raio refletido e a normal.



## LÂMINA 21



Sendo que I corresponde  
a incidência e R a  
reflexão.



<b>AULA 6</b>	<b>TEMPO ESTIMADO: 1h40</b>
<b>CONTEÚDO</b>	
As cores dos corpos e a cor que enxergamos.	
<b>OBJETIVO(S)</b>	
<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Apresentar o espectro da onda eletromagnética.</li> <li>2. Estabelecer os limites de luz visível.</li> <li>3. Dar ciência ao estudante que tudo que enxergamos se deve aos fenômenos da reflexão e da absorção da luz.</li> <li>4. Materializar os conceitos para que a captação da informação seja por meio tátil.</li> <li>5. Analisar e interpretar imagens e comunicações de física veiculadas por diferentes meios.</li> <li>6. Identificar em dada situação-problema as informações ou variáveis relevantes extraídas das imagens/gráficos e a partir destes, traçar possíveis estratégias para resolvê-la.</li> </ol>	
<b>METODOLOGIA</b>	
<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Para esta aula, que com certeza é a que exige maior abstração, devemos usar analogias e subsunçores essenciais, como: velocidade de propagação das ondas eletromagnéticas, frequência, comprimento de onda e limites de propagação da onda eletromagnética. Estes subsunçores devem ser utilizados para relacionar as diferentes radiações e seus efeitos, como: alcance, penetração, ionização...</li> <li>2. Princípio de independência dos raios luminosos.</li> <li>3. Formação de cores dicromáticas (magenta, ciano e amarelo) e policromática branca. Para tanto se faz necessário a associação de claro como a incidência de energia luminosa e de escuro como a não incidência ou baixa incidência da radiação.</li> <li>4. Definir os limites de cada radiação eletromagnética, frisando a ordem das mais cobradas em concursos. (22)</li> <li>5. Concluir que as cores observadas são resultantes do fenômeno da reflexão e/ou absorção. (23)</li> <li>6. Identificar as radiações ionizantes e seus comprimentos de onda.</li> </ol>	
<b>LÂMINAS 22 e 23</b>	
<b>AVALIAÇÃO</b>	
<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Por se tratar de muitos conceitos sugerimos fazer uma avaliação oral e contextualizada.</li> <li>2. Após a realização do que fora planejado é necessário avaliação para traçarmos nova rota de acordo com a necessidade apresentada pelo grupo no qual se foi aplicado o material.</li> </ol>	
<b>OBSERVAÇÃO</b>	
<p>Reconhecemos que para esta aula a materialização dos conceitos não é acessível, mesmo que fazendo analogias. No entanto, concretizamos o saber a partir das LÂMINAS 22 e 23 (a exemplo) quando materializamos (LÂMINA 22) o conhecimento do espectro da luz visível e quando trabalhamos a questão do ENEM de forma tátil (LÂMINA 23), e sugerimos que o mesmo seja realizado com outras questões do exame.</p> <p>A questão do ENEM de 2011, tratada na LÂMINA 23 é um perfeito exemplo de material essencial para resolução de questão interpretativa.</p>	

**LÂMINA 22**

Entendamos o espectro da  
luz visível ao olho  
humano.

Observação: os valores  
abaixo são apenas  
aproximados.

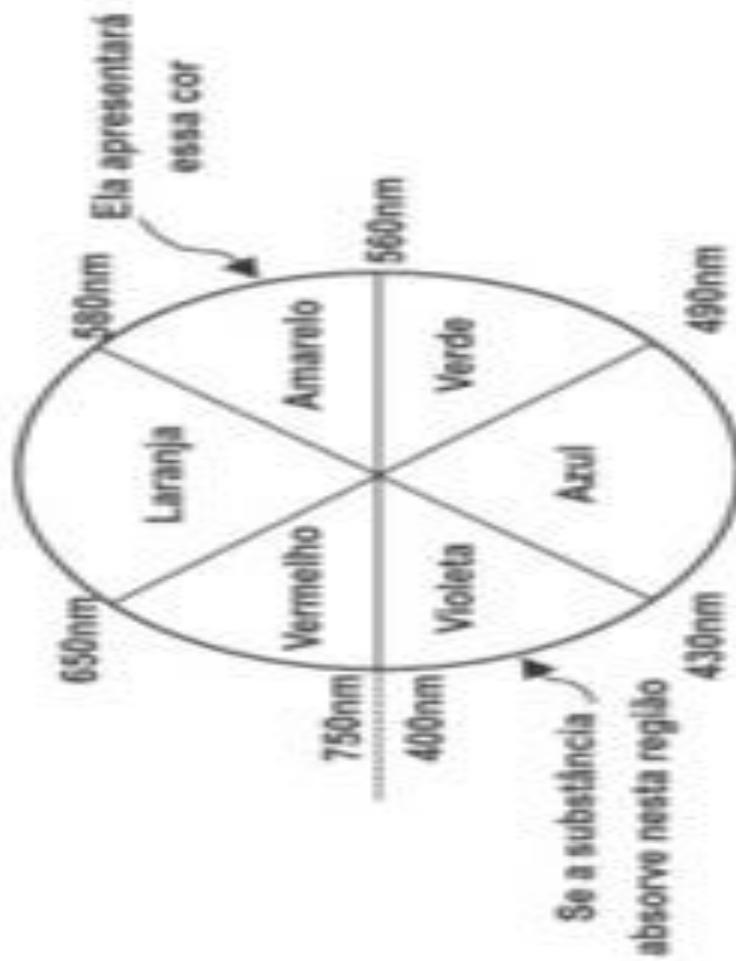
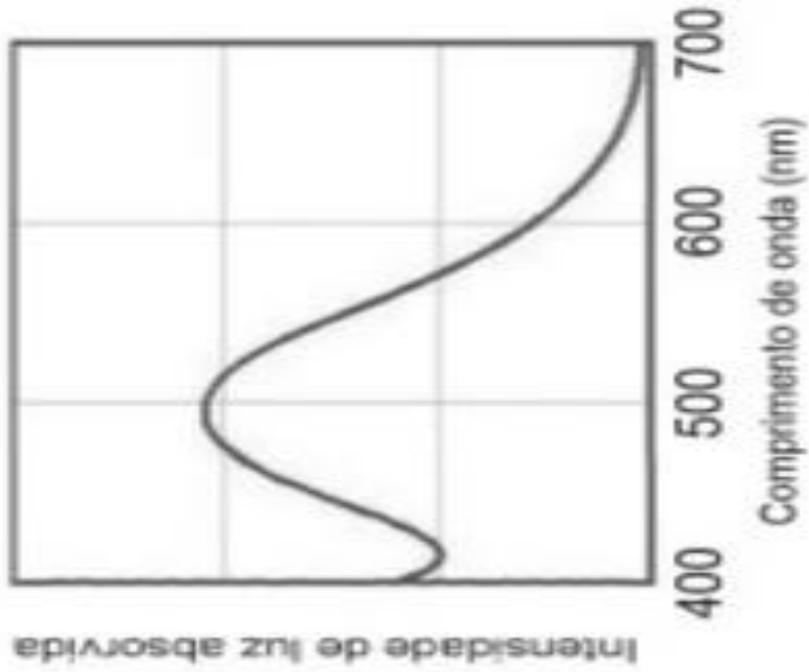
V	=	400	nm	Violeta
A	=	450	nm	Azul
A	=	500	nm	Anil
V	=	550	nm	Verde
A	=	600	nm	Amarelo
A	=	650	nm	Alaranjado
V	=	700	nm	Vermelho

Do vermelho ao violeta a  
frequência cresce e na  
sequência inversa se dá  
o crescimento do  
comprimento de onda.



LÂMINA 23

PARA O FENÔMENO DA ABSORÇÃO UTILIZAREMOS UMA QUESTÃO DO ENEM



<b>AULA 7</b>	<b>TEMPO ESTIMADO: 1h40</b>
<b>CONTEÚDO</b>	
Refração	
<b>OBJETIVO(S)</b>	
<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Apresentar e reconhecer os elementos que compõem a refração: dioptra e reta normal; raio e ângulo de incidência; raio e ângulo de refração; posição real do objeto e direção do raio refratado, e a dupla refração no prisma.</li> <li>2. Materializar os conceitos para que a captação da informação seja por meio tátil.</li> <li>3. Analisar e interpretar imagens e comunicações de física veiculadas por diferentes meios.</li> <li>4. Identificar em dada situação-problema as informações ou variáveis relevantes extraídas das imagens/gráficos e a partir destes, traçar possíveis estratégias para resolvê-la.</li> </ol>	
<b>METODOLOGIA</b>	
<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Iniciar diferenciando o fenômeno da refração do fenômeno da reflexão, pela mudança de meio e real necessidade de mudança do comprimento de onda.</li> <li>2. Familiarizar-se com os elementos de refração citando exemplos do cotidiano (arco-íris, ilusão de profundidade na piscina, cor do céu e do mar...). (LÂMINAS 24 e 25)</li> <li>3. Relacionar a mudança de meio com o índice de refração e a velocidade de propagação da onda. (LÂMINAS 26 e 27)</li> <li>4. Esclarecer que ao mudar de meio a direção de propagação dos raios devem ser alteradas a menos que o raio incidente esteja sobre a normal.</li> <li>5. Enunciar a Lei de Snell e exercitá-la aplicando nas questões propostas.</li> <li>6. Refração no prisma e sua dupla refração. (LÂMINAS 28 e 29)</li> </ol>	
<b>LÂMINAS 24 a 29</b>	
<b>AValiação</b>	
<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Resolver questões de exames diversos.</li> <li>2. Após a realização do que fora planejado é necessário avaliação para traçarmos nova rota de acordo com a necessidade apresentada pelo grupo no qual se foi aplicado o material.</li> </ol>	
<b>OBSERVAÇÃO</b>	
<p>Por se tratar de assunto bastante abordado nos exames, recomenda-se a resolução de um maior número de questões com o propósito de treino e fixação.</p> <p>As lâminas proporcionarão entendimento do fenômeno, mas deverá produzir suas próprias lâminas para reprodução das ilustrações das questões escolhidas.</p>	

Vamos tratar agora de

outro fenômeno

ondulatório importante,

a refração, e a

enunciaremos como sendo

a passagem da onda de

um meio para outro e

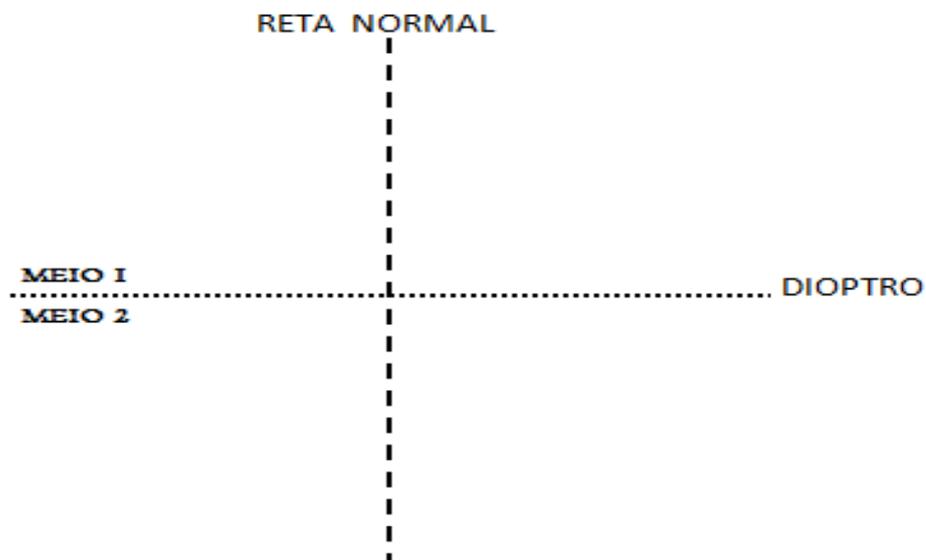
quando ocorre têm-se

sua velocidade, direção

e comprimento de onda

alterados.

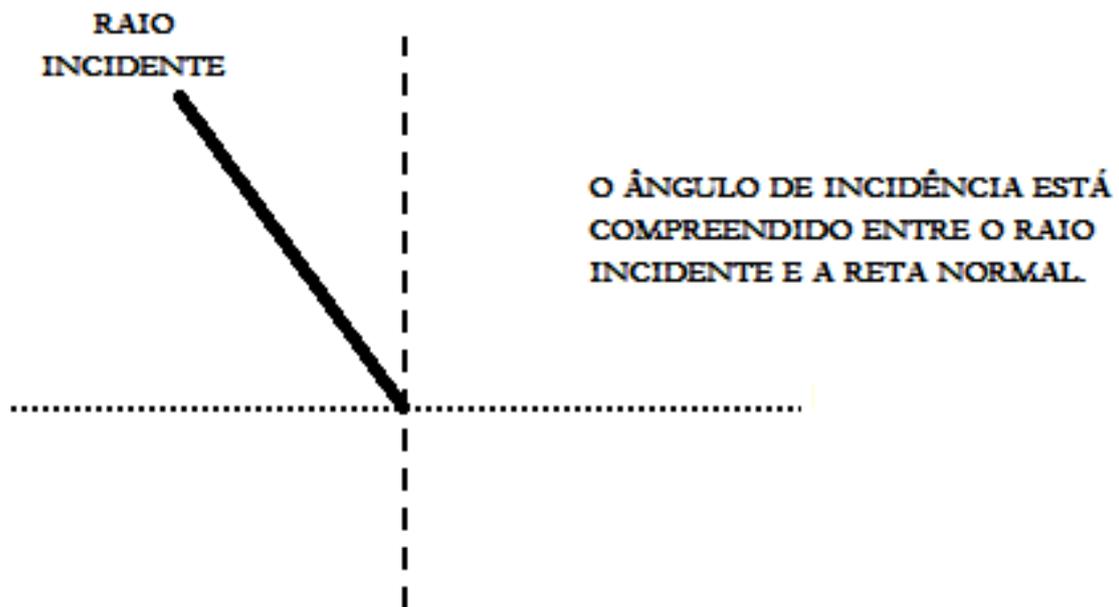
## LÂMINA 24



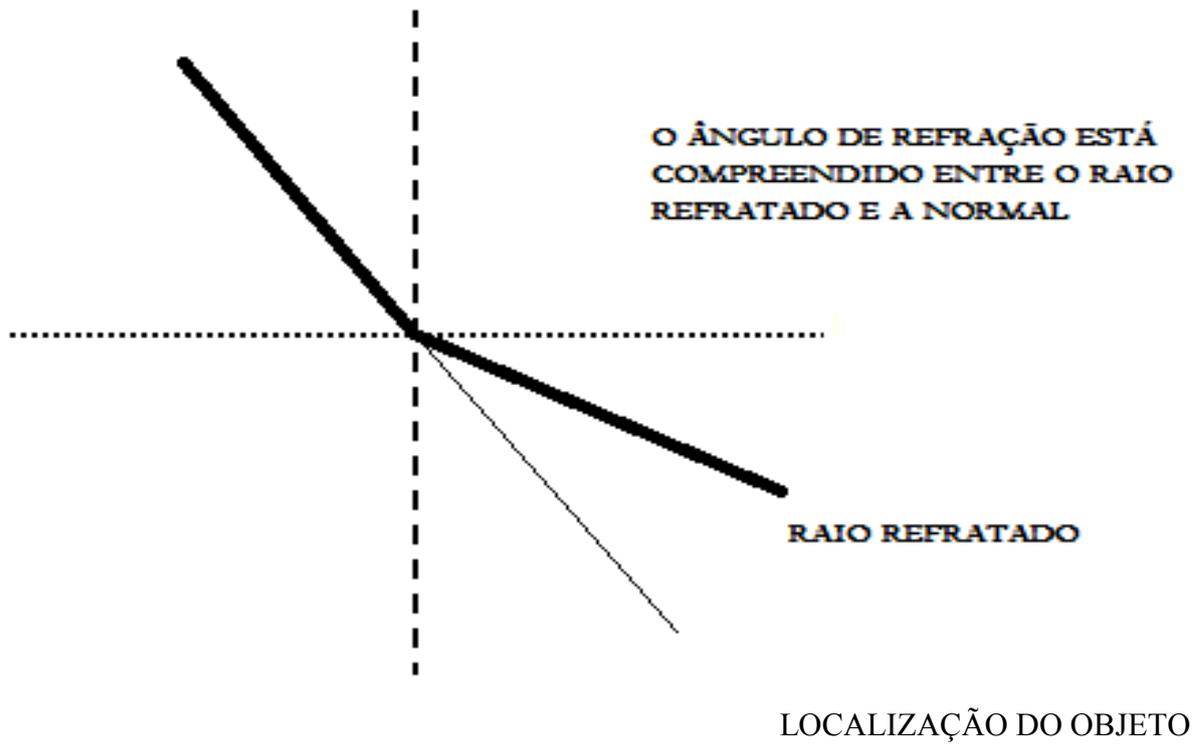
O dioptró é a

LÂMINA 25

denominação para a  
superfície de separação  
entre os meios. A reta  
normal nós já a  
conhecemos como sendo  
perpendicular ao plano.



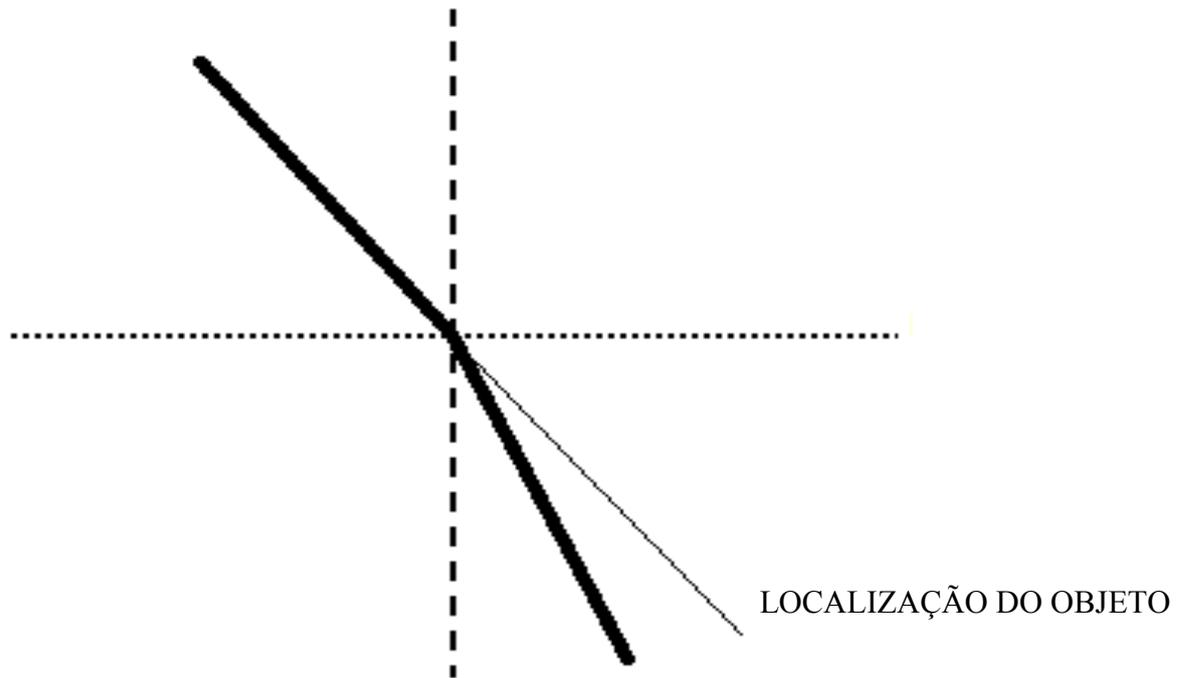
## LÂMINA 26



**QUANDO  $i < r$ ,  $v_1 < v_2$  E  $n_1 > n_2$  O RAIOS REFRACTADO AFASTA-SE DA NORMAL, SITUANDO-SE ACIMA DA LOCALIZAÇÃO DO OBJETO**

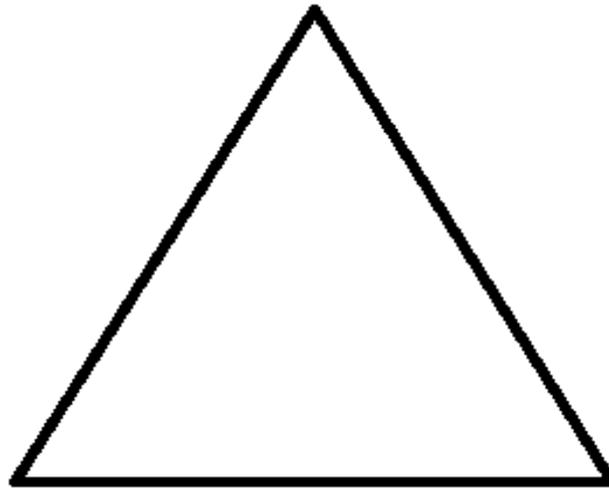


## LÂMINA 27



**QUANDO  $i > r$ ,  $v_1 > v_2$  E  $n_1 < n_2$  O RAIOS REFRACTADO APROXIMA-SE DA NORMAL, SITUANDO-SE ABAIXO DA LOCALIZAÇÃO DO OBJETO.**

Dispondo de corpo cuja  
geometria permita dupla  
refração como em um

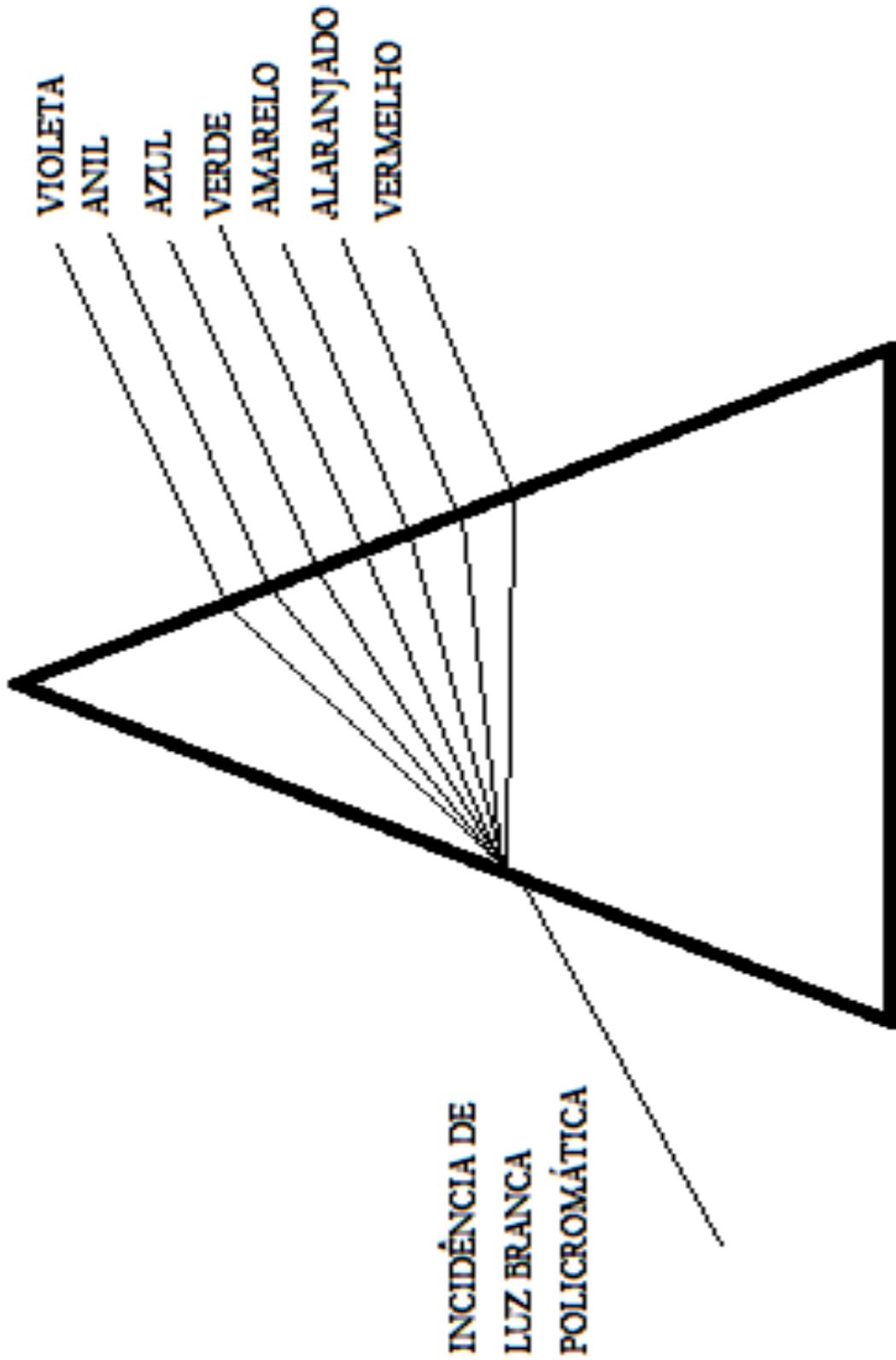
**LÂMINA 28**

**PRISMA DE VIDRO**

A luz policromática  
branca se refrata  
mudando então a  
velocidade e o  
comprimento de onda,  
motivo pelo qual a luz  
se espalha de acordo  
com o comprimento de  
onda, visível ao vidente  
como as sete cores que  
formam o arco-íris.



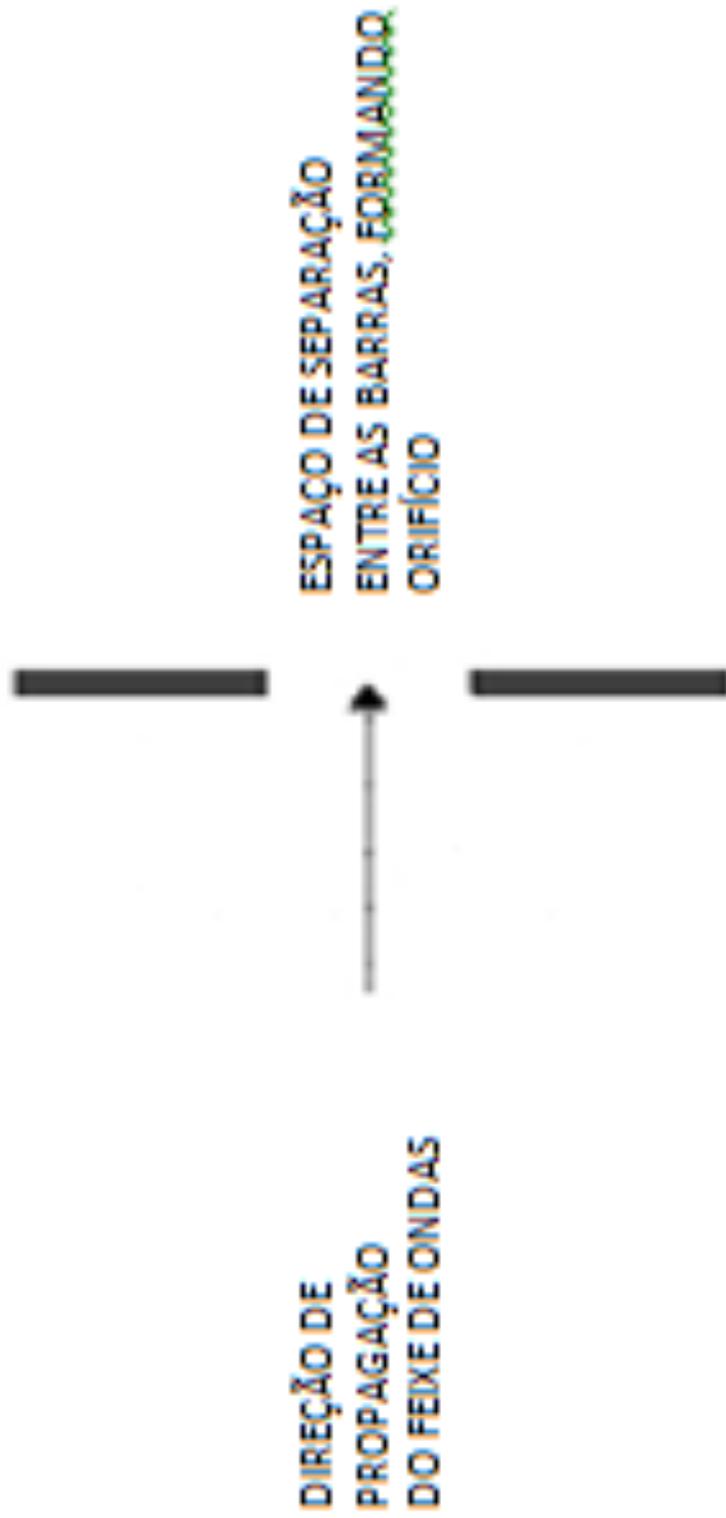
LÂMINA 29



<b>AULA 8</b>	<b>TEMPO ESTIMADO: 1h40</b>
<b>CONTEÚDO</b>	
Difração	
<b>OBJETIVO(S)</b>	
<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Ser capaz de diferenciar a difração dos demais fenômenos estudados.</li> <li>2. Ter ciência de que a difração ocorre ao transpor obstáculo e quando este for uma fenda existe limite para ocorrer.</li> <li>3. Reconhecer a condição para que ocorra a difração numa fenda.</li> <li>4. Identificar a finalidade do experimento de Thomas Young e sua contribuição na acústica.</li> <li>5. Materializar os conceitos para que a captação da informação seja por meio tátil.</li> <li>6. Analisar e interpretar imagens e comunicações de física veiculadas por diferentes meios.</li> <li>7. Identificar em dada situação-problema as informações ou variáveis relevantes extraídas das imagens/gráficos e a partir destes, traçar possíveis estratégias para resolvê-la.</li> </ol>	
<b>METODOLOGIA</b>	
<p>Apresentar a difração como um fenômeno no qual a onda contorna obstáculo(s) sem a necessidade de mudar de meio, logo a velocidade, comprimento de onda e frequência permanecem inalteradas. (LÂMINAS 30 e 31)</p> <p>Salientar que há mudança na forma de onda. (LÂMINA 31)</p> <p>Demonstração do experimento de Young, dupla fenda, com a construção da figura de interferência, e esta será a deixa para o próximo assunto. (LÂMINAS 32 e 33)</p>	
<b>LÂMINAS 30 a 33</b>	
<b>AVALIAÇÃO</b>	
<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Tratando de comprimento de onda, frequência, velocidade de propagação e formato da onda, pedir aos estudantes que criem um quadro comparativo entre os três fenômenos já estudados.</li> <li>2. Verificar se os estudantes são capazes de identificar os pontos de máximos e mínimos na figura de interferência do experimento de Thomas Young.</li> <li>3. Após a realização do que fora planejado é necessária avaliação para traçarmos nova rota de acordo com a necessidade apresentada pelo grupo no qual se foi aplicado o material.</li> </ol>	
<b>OBSERVAÇÃO</b>	
<p>As lâminas desta unidade são suficientes para que o estudante cego consiga compreender o fenômeno da difração, logo não há necessidade de materialização de outros conceitos. Ressalto ainda que pelo tipo de abordagem deste conteúdo nos exames a sugestão é de trabalhar questões conceituais e um maior número de exemplos deste fenômeno.</p>	

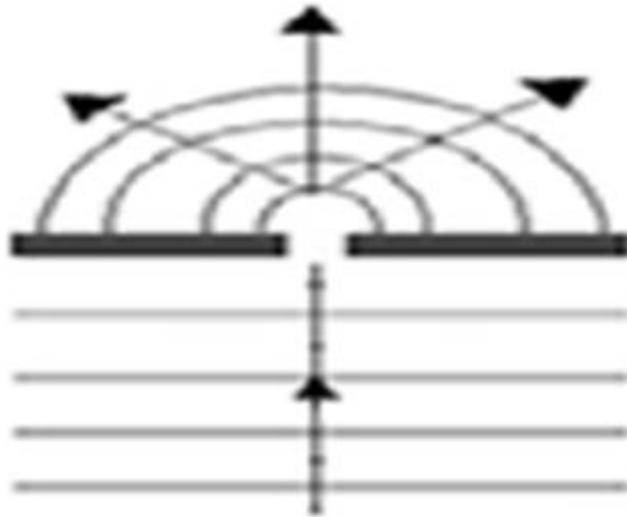
## LÂMINA 30

A difração de ondas pode ocorrer ao  
contornar obstáculos ou ao transpor  
um orifício como o demonstrado abaixo



**LÂMINA 31**

Espalhamento das frentes  
de onda pós difração no  
orifício, ocorrida quando  
o orifício tem dimensões  
menores que o comprimento  
de onda.



A partir do experimento

LÂMINA 32

da dupla fenda de

Thomas Young podemos

mostrar uma figura de

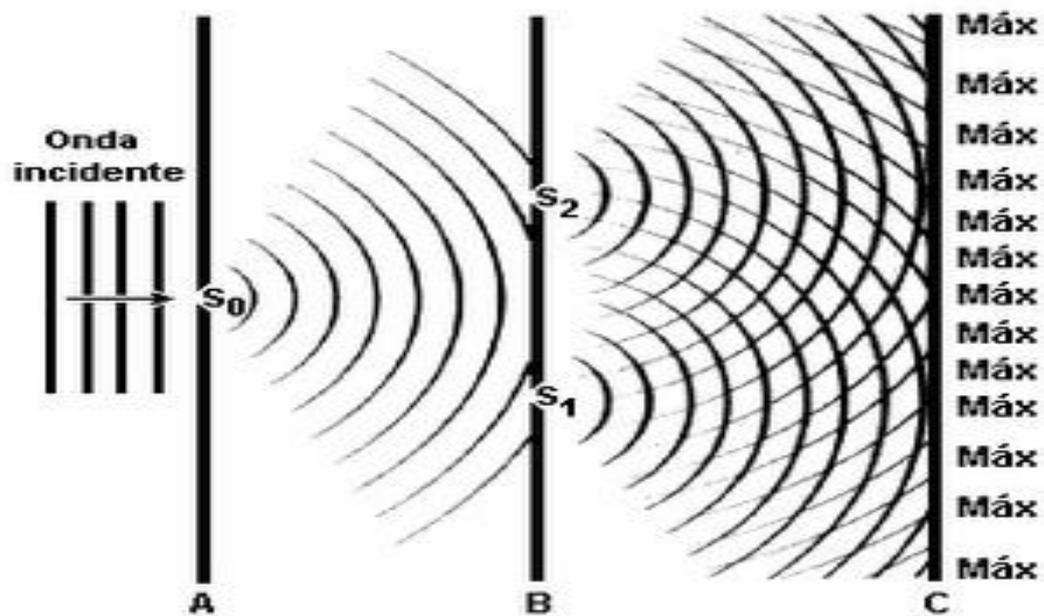
interferência com

padrões bem definidos

de amplitudes máximas e

mínimas, como

representado abaixo.



**LÂMINA 33**

A imagem ilustra uma

onda plana que incide  
sobre um anteparo com  
orifício pelo qual a  
onda sofre difração,  
esta nova frente de  
onda formada propaga-se  
até um outro anteparo  
que têm dois orifícios  
pelo qual sofrerá nova  
difração, formando  
assim duas frentes de  
ondas que se sobrepõem  
e constroem a figura de  
interferência.

Esta interferência

mencionada será  
explicada nas próximas  
lâminas.

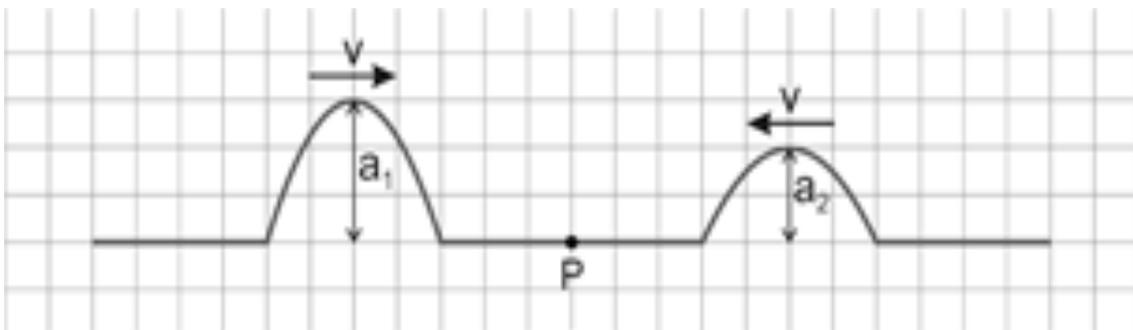


<b>AULA 9</b>	<b>TEMPO ESTIMADO: 1h40</b>
<b>CONTEÚDO</b>	
<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Interferência</li> <li>2. Polarização</li> </ol>	
<b>OBJETIVO(S)</b>	
<p>Entender que a interferência é um fenômeno natural entre duas ondas de frequências próximas como explicado na aula 06 (princípio de independência dos raios de luz). Ser capaz de estabelecer claramente que a interferência é pontual ao instante de superposição. Ter ciência da função dos polarizadores e suas aplicações. Materializar os conceitos para que a captação da informação seja por meio tátil. Analisar e interpretar imagens e comunicações de física veiculadas por diferentes meios. Identificar em dada situação-problema as informações ou variáveis relevantes extraídas das imagens/gráficos e a partir destes, traçar possíveis estratégias para resolvê-la.</p>	
<b>METODOLOGIA</b>	
<p>Explicar a interferência como o resultado da soma das amplitudes que ocorre quando duas ou mais ondas de comprimentos de ondas da mesma ordem de grandeza se encontram num mesmo ponto do espaço. Diferenciar a interferência construtiva da destrutiva pela sua fase inicial, final e durante a superposição. (LÂMINAS 34 a 39) Citar exemplos de polarizadores e mostrar o processo através das LÂMINAS 40 a 42 Estabelecer a condição de polarização de uma onda a partir da função de filtrar uma direção ou parte dela, logo não pode ser uma onda unidimensional.</p>	
<b>LÂMINAS 34 a 42</b>	
<b>AVALIAÇÃO</b>	
<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Trabalhar situações incluindo o fenômeno da reflexão para avaliar a compreensão dos estudantes, bem como a capacidade deles em relacionar numa só questão dois fenômenos.</li> <li>2. Após a realização do que fora planejado é necessário avaliação para traçarmos nova rota de acordo com a necessidade apresentada pelo grupo no qual se foi aplicado o material.</li> </ol>	
<b>OBSERVAÇÃO</b>	
<p>Por uma questão de simplificação das imagens, se fez necessário informar diretamente quanto vale as amplitudes e comprimentos de onda, ao invés de seguir a ilustração contendo os quadros de escala.</p>	

A interferência tem sua análise realizada a partir da amplitude resultante no instante de sobreposição das ondas.

### LÂMINA 34

Façamos juntos a análise da interferência construtiva ocorrida entre dois pulsos viajando com mesma velocidade, em módulo, que se encontrarão no ponto P equidistantes das frentes de ondas A e B.



**LÂMINA 35**

Note como ficará a nova

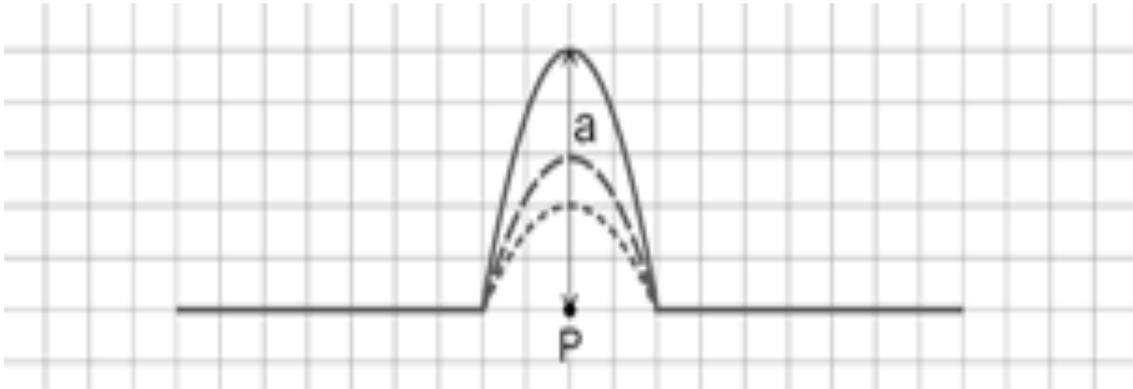
amplitude, devido a

adição das amplitudes

iniciais, no momento de

sobreposição das ondas

em P.



Sendo de 3U.C a

amplitude da onda A e

de 2U.C. a amplitude da

onda B, antes e depois

da sobreposição,

teremos em P uma

amplitude de 5U.C..

Lembrar que U.C.

significa unidade de

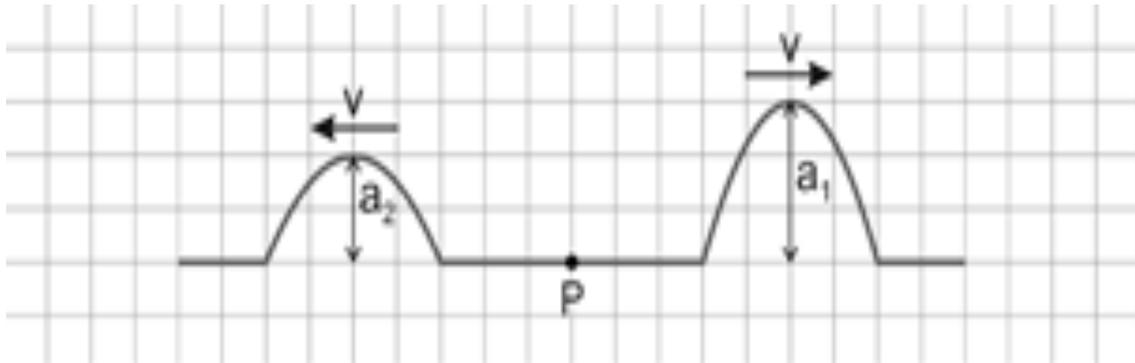
comprimento.



Depois da sobreposição

**LÂMINA 36**

os pulsos continuam a  
propagar-se seguindo o  
sentido inicial.



Com amplitude também

inalteradas, como se  
nada tivesse ocorrido.



Agora façamos a análise

da interferência

destrutiva ocorrida

entre dois pulsos

viajando com mesma

velocidade, em módulo,

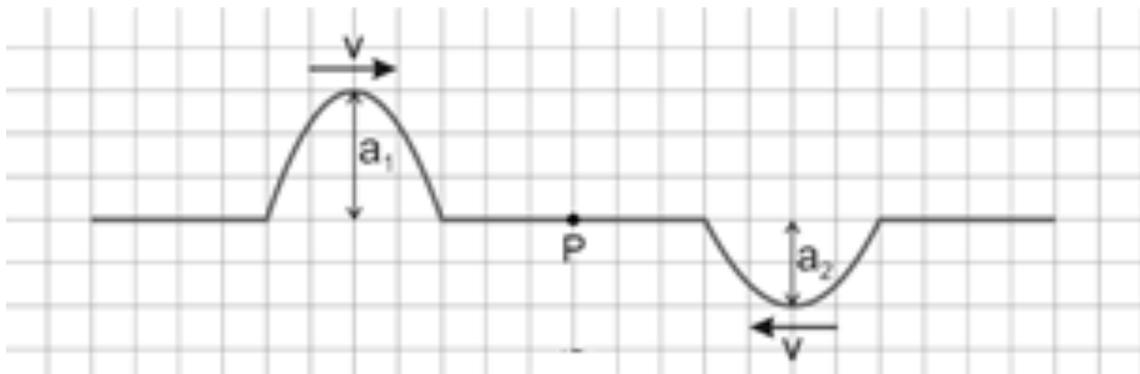
que se encontrarão no

ponto P equidistante

das frentes de ondas

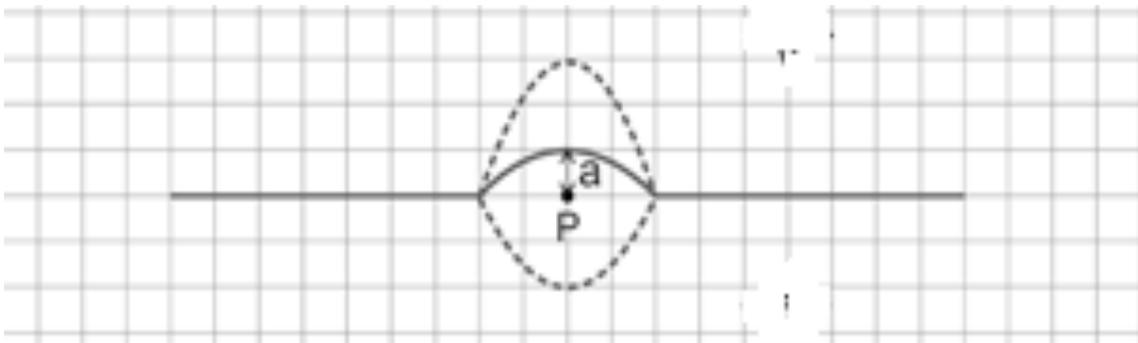
A e B.

### LÂMINA 37



**LÂMINA 38**

Note como ficará a nova  
amplitude, devido a  
subtração das  
amplitudes iniciais, no  
momento de sobreposição  
das ondas



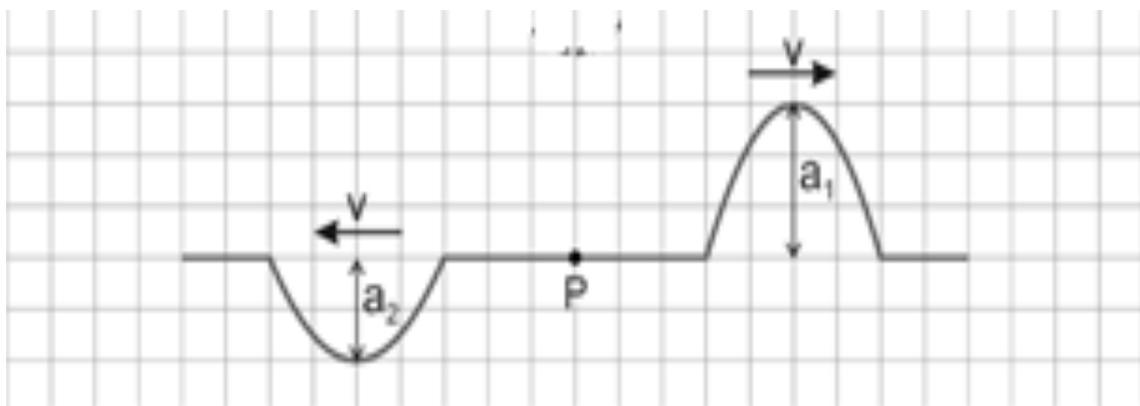
Sendo de 3U.C a  
amplitude da onda A e  
de 2U.C. a amplitude da  
onda B, antes da  
sobreposição, teremos  
em P uma amplitude de  
1U.C.



Agora note que pós

### LÂMINA 39

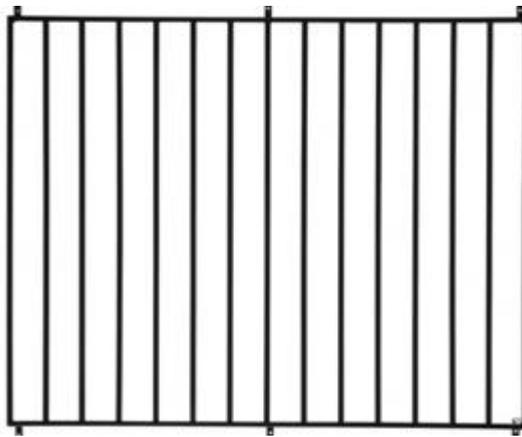
sobreposição os pulsos  
continuam a propagar-se  
seguindo o sentido e  
amplitudes iniciais.



Quando desejamos filtrar  
uma onda de modo a  
unidimensioná-la ou  
mesmo diminuir sua  
intensidade em uma  
direção, devemos  
utilizar os  
polarizadores.

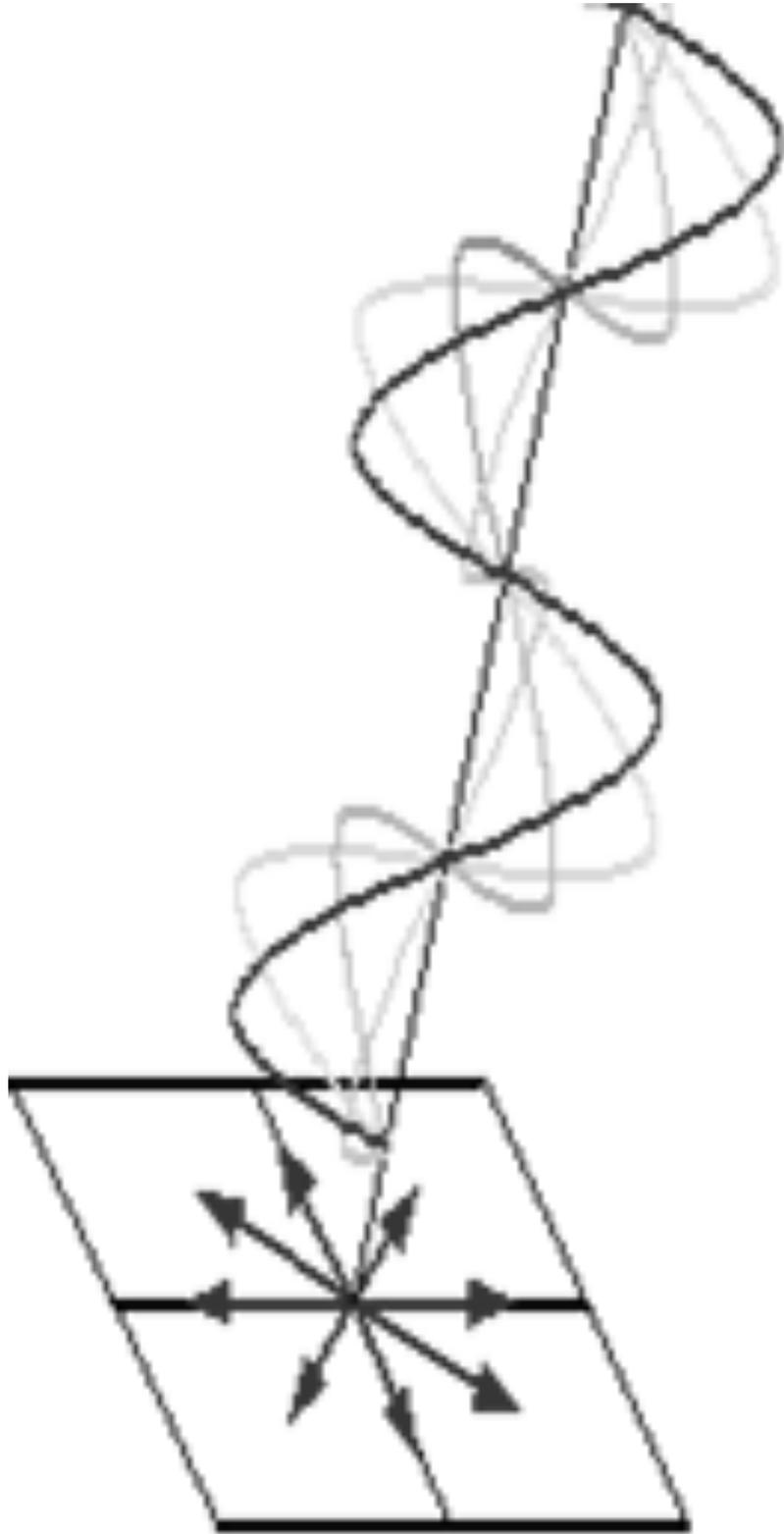
## LÂMINA 40

Podemos fazer a analogia  
de um polarizador com  
a grade na vertical  
logo abaixo.



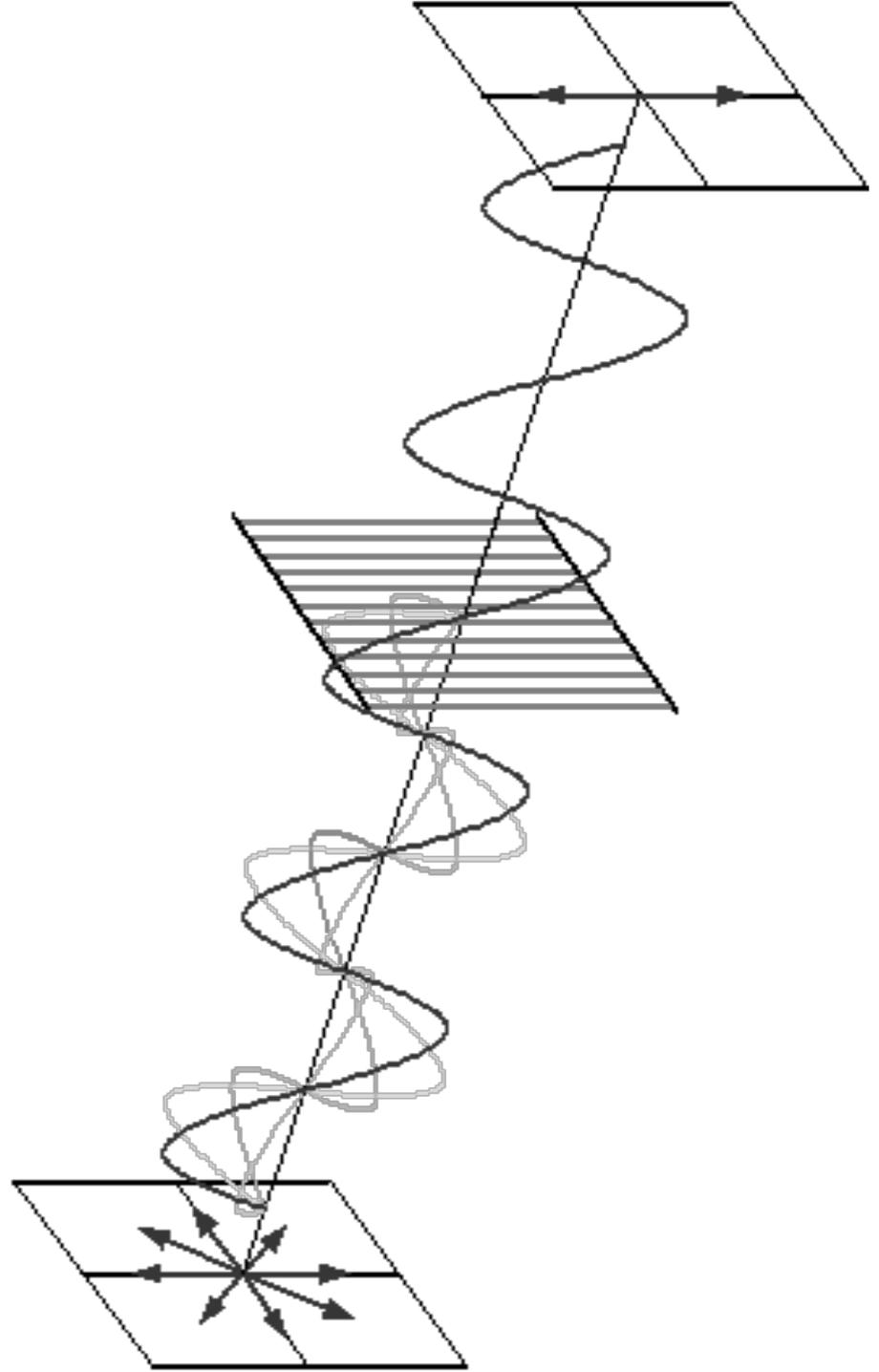
LÂMINA 41

Se fizermos uma onda transversal ...



## LÂMINA 42

passar por esse polaróide vertical, perceberemos que somente a componente vertical da onda irá passar por ele, enquanto que a componente horizontal será filtrada/barrada.



<b>AULA 10</b>	<b>TEMPO ESTIMADO: 1h40</b>
<b>CONTEÚDO</b>	
Efeito Doppler	
<b>OBJETIVO(S)</b>	
<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Entender e ser capaz de inferir sobre a alteração de frequência que ocorre no efeito Doppler.</li> <li>2. Capacitar o estudante para extrair, da situação problema, os dados e aplica-los na equação.</li> <li>3. Materializar os conceitos para que a captação da informação seja por meio tátil.</li> <li>4. Analisar e interpretar imagens e comunicações de física veiculadas por diferentes meios.</li> <li>5. Identificar em dada situação-problema as informações ou variáveis relevantes extraídas das imagens/gráficos e a partir destes, traçar possíveis estratégias para resolvê-la.</li> </ol>	
<b>METODOLOGIA</b>	
<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Conceituar o Efeito Doppler pela condição de existência de movimento relativo entre fonte-receptor. (LÂMINAS 43 e 44)</li> <li>2. A partir da alteração de frequência ocorrida no efeito Doppler explicar som agudo e grave.</li> <li>3. Apresentação da equação.</li> <li>4. Aproveitamento do tempo com resolução de questões de revisão a partir das LÂMINAS. ( 45 a 47)</li> </ol>	
<b>LÂMINAS 43 a 47</b>	
<b>AVALIAÇÃO</b>	
<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Solicitar resolução de questões teóricas e de raciocínio matemático como os transcritos no produto.</li> <li>2. Após a realização do que fora planejado é necessário avaliação para traçarmos nova rota de acordo com a necessidade apresentada pelo grupo no qual se foi aplicado o material.</li> </ol>	
<b>OBSERVAÇÃO</b>	
<p>Não limite-se às lâminas deste kit. Aproveite o máximo do material e produza mais para ampliar os recursos disponíveis aos nossos estudantes. As lâminas são suficientes para entender o fenômeno, mas exercícios nunca são demais.</p>	

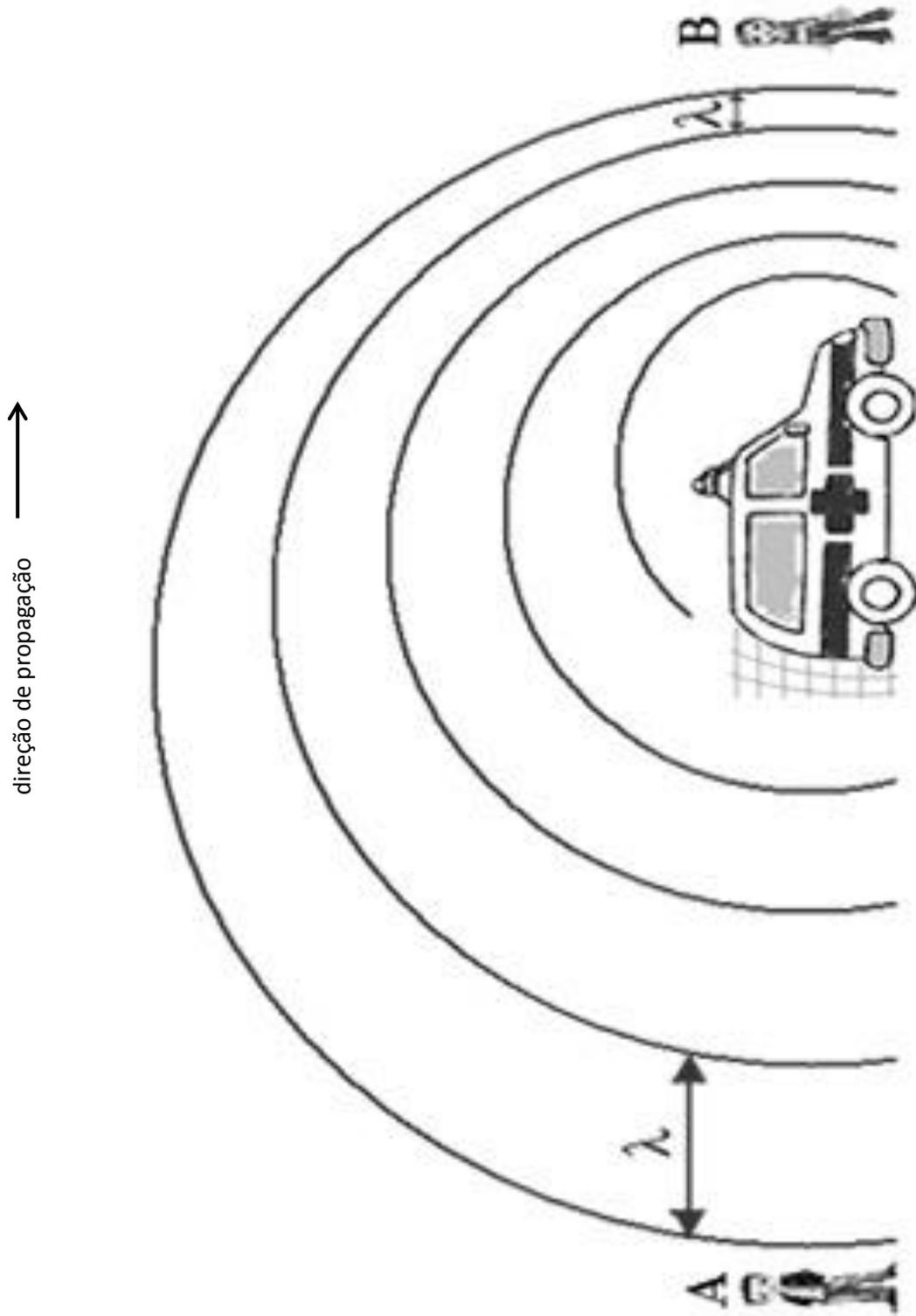
Encerraremos o estudo

**LÂMINA 43**

dos fenômenos  
ondulatórios com o  
efeito Doppler,  
definido como alteração  
da frequência aparente  
devido ao movimento  
relativo da fonte-  
receptor. Este  
movimento aproxima as  
frentes de onda  
diminuindo assim o  
comprimento de onda e  
aumentando a frequência  
que para o exemplo do  
som torná-o mais agudo,  
e quando o movimento é  
de afastamento as  
frentes de onda se  
distanciam aumentando o  
comprimento de onda e  
diminuindo a frequência  
que para o som torná-o  
mais grave.



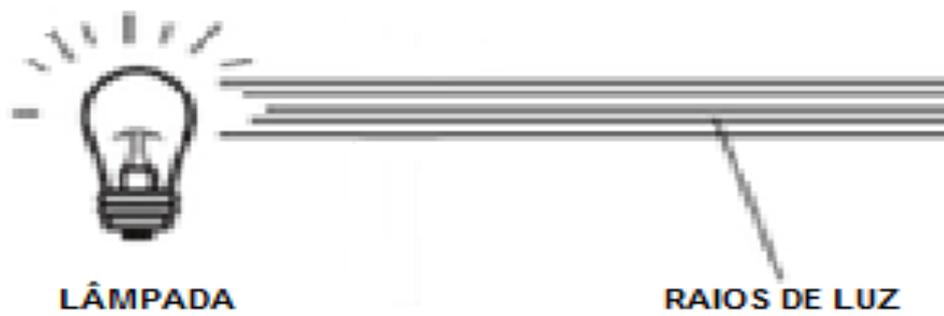
LÂMINA 44



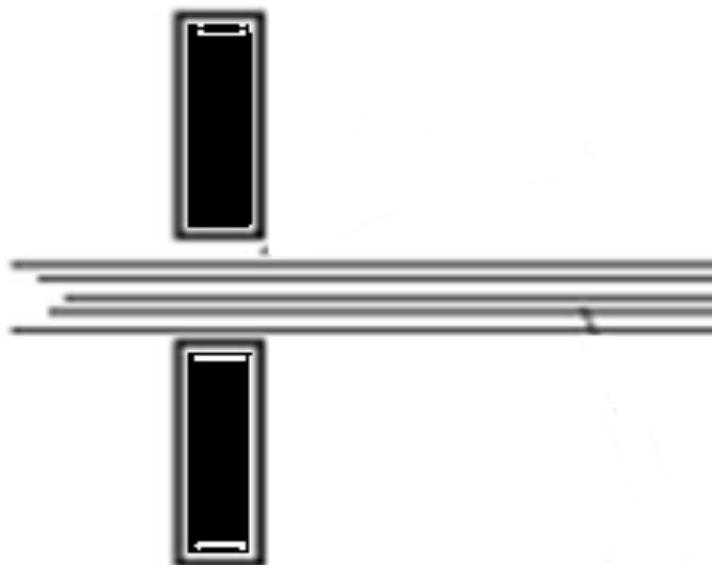
Vamos fixar resolvendo  
duas questões aqui  
propostas!

**LÂMINA 45**

1- questão do ENEM  
2011



faz-se passar os raios de  
luz por um orifício

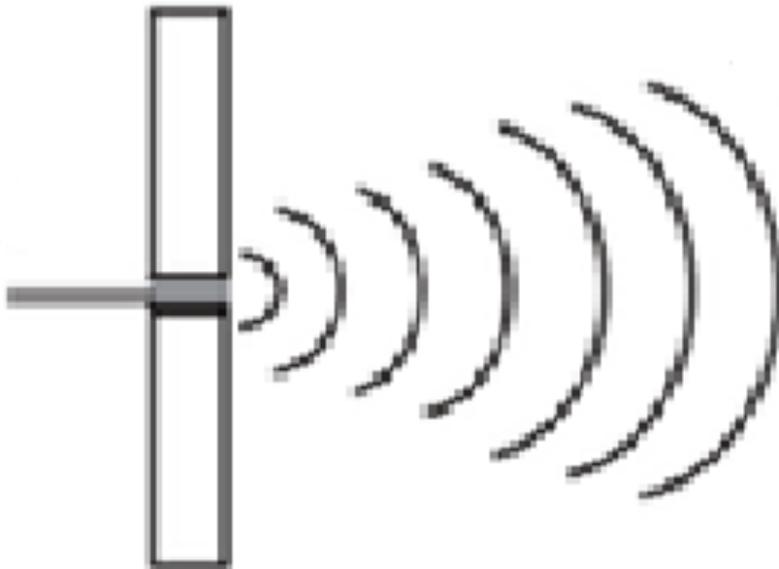


estreitando o buraco

LÂMINA 46



estreitando mais ainda o  
buraco

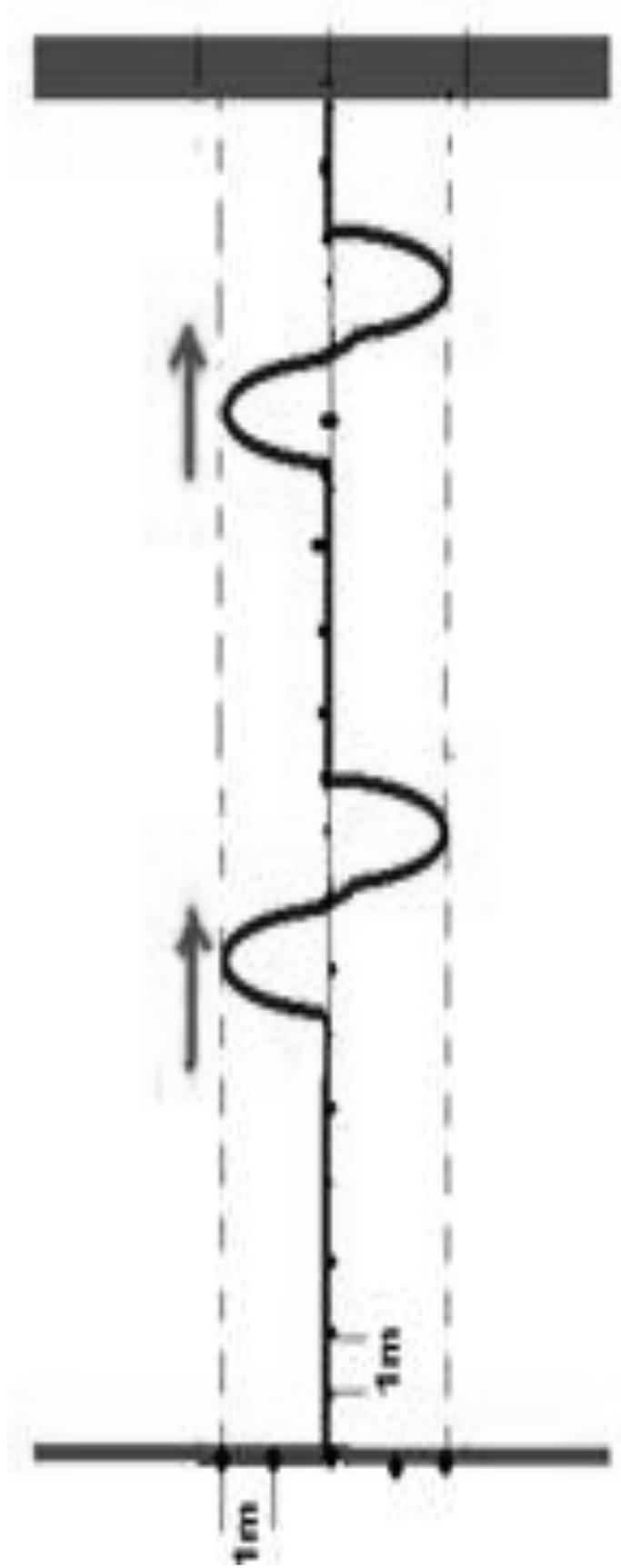


E AÍ, DESCOBRIU QUAL O  
FENÔMENO ASSOCIADO?



## LÂMINA 47

2 - para exercitar um pouco a reflexão e a interferência, vamos descobrir qual a forma de onda após 6 segundos e após 8 segundos. sabendo que a velocidade de propagação dos pulsos são iguais a 1m/s.



## Referências

BRASIL MEC. *Grafia Braille para a língua portuguesa*. Brasília: [s.n.], 2006.

FERREIRA, A. B. H. *Dicionário Aurélio da língua portuguesa*. Curitiba: Editora Positivo, 2010.

FREIRE, P. *Educação e mudança*. 31. ed. São Paulo: Paz e Terra, 2008.

IVIC, I. *Lev Semionovich Vygotsky*. Recife: Editora Massangana, 2010.

MOREIRA, M. A.; MASSONI, T. N. *Interfaces entre teorias de aprendizagem e Ensino de Ciências*. Porto Alegre: [s.n.], 2015. Disponível em: <[http://www.if.ufrgs.br/public/tapf/tapf\\_v26\\_n6.pdf](http://www.if.ufrgs.br/public/tapf/tapf_v26_n6.pdf)>.