



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



**UNIVERSIDADE FEDERAL DO PIAUÍ**  
**PRÓ-REITORIA DE ENSINO DE PÓS-GRADUAÇÃO**  
**COORDENADORIA GERAL DE PÓS-GRADUAÇÃO**  
**MESTRADO NACIONAL PROFISSIONAL EM ENSINO DE FÍSICA - MNPEF**

**SANDRO ALVARENGA PORTELA**

**SEQUÊNCIA DIDÁTICA INTERATIVA COMO ESTRATÉGIA PARA A  
APRENDIZAGEM SIGNIFICATIVA DOS CONCEITOS DA ONDULATÓRIA**

**TERESINA**

**2022**

**SANDRO ALVARENGA PORTELA**

**SEQUÊNCIA DIDÁTICA INTERATIVA COMO ESTRATÉGIA PARA A  
APRENDIZAGEM SIGNIFICATIVA DOS CONCEITOS DA ONDULATÓRIA**

Produto educacional submetido ao programa de Pós-Graduação em Ensino de Física da Universidade Federal do Piauí (UFPI) no Curso de Mestrado Nacional Profissional de Ensino de Física (MNPEF), como parte dos requisitos necessários à obtenção do título de Mestre em Ensino de Física.

Linha de pesquisa: Recursos Didáticos para o Ensino de Física.

Orientador(a): Prof.<sup>a</sup> Dr.<sup>a</sup> Hilda Mara Lopes Araújo.

**TERESINA**

**2022**

## SUMÁRIO

<b>INTRODUÇÃO</b> .....	3
<b>2 UTILIZAÇÃO DA SEQUÊNCIA DIDÁTICA INTERATIVA (SDI) PARA UMA APRENDIZAGEM SIGNIFICATIVA</b> .....	5
<b>2.1 Sequência Didática</b> .....	5
2.1.1 Sequência Didática Interativa (SDI).....	8
2.1.2 Sequência Didática Fedathi.....	9
<b>2.2 Perspectivas da aprendizagem significativa de Ausubel</b> .....	12
2.2.1 Organizadores prévios e mapas conceituais como meios facilitadores da aprendizagem significativa.....	16
<b>3 DESCRIÇÃO DAS ETAPAS DO PRODUTO EDUCACIONAL</b> .....	19
<b>3.1 Sequência Didática Interativa</b> .....	24
<b>4 DOS CONHECIMENTOS PRÉVIOS À CONSTRUÇÃO DE SUBSUNÇORES: análise e discussão dos resultados</b> .....	32
<b>REFERÊNCIAS</b> .....	34
<b>APÊNDICE A – QUESTIONÁRIO INICIAL</b> .....	42
<b>APÊNDICE B - MAPAS CONCEITUAIS PRODUZIDOS PELOS ALUNOS</b> .....	43
<b>APÊNDICE C – MAPA CONCEITUAL</b> .....	44
<b>APÊNDICE D - A IMPORTÂNCIA DA APRENDIZAGEM BASEADA EM PROBLEMAS (ABP)</b> .....	45
<b>APÊNDICE E – CURIOSIDADES</b> .....	47
<b>APÊNDICE F – JÚRI SIMULADO</b> .....	48
<b>APÊNDICE G – CONCEITOS DA ONDULATÓRIA</b> .....	49
<b>APÊNDICE H – JOGOS</b> .....	50
<b>APÊNDICE I - JOGOS PRODUZIDOS PELOS ALUNOS</b> .....	52
<b>APÊNDICE J – QUESTIONÁRIO FINAL</b> .....	53
<b>ANEXO A – TERMO DE CONSENTIMENTO LIVRE E ESCLARECIDO</b> .....	54
<b>ANEXO B – DISCUTINDO OS CONCEITOS DA ONDULATÓRIA</b> .....	56

## INTRODUÇÃO

O produto Educacional foi desenvolvido para o Mestrado Nacional Profissional em Ensino de Física (MNPEF), da Universidade Federal do Piauí (UFPI), trata-se da Sequência Didática Interativa que aborda os conceitos da Ondulatória, foi aplicado em uma turma de segunda série do Ensino Médio, da escola C. E João Lisboa, localizada em Coroatá, Maranhão e foi o resultado da dissertação desenvolvida sob a orientação da Prof.<sup>a</sup> Dr.<sup>a</sup> Hilda Mara Lopes Araújo, docente da Universidade Federal do Piauí.

Com a aplicação das etapas da SDI, o aluno se tornou protagonista no processo de construção de seu conhecimento. Sob mediação do professor, foi responsável pela sua trajetória de formação e pelos alcances dos seus objetivos, pelos quais foi capaz de auto-gerenciar e autogovernar seu processo de formação.

O objetivo desse modelo de ensino é incentivar que o aluno desenvolva a capacidade de absorção de conteúdos de maneira autônoma e participativa (MÓRAN, 2015).

Diante do exposto, para que os alunos sejam participativos no seu processo de aprender, eles precisam experimentar inúmeras novas possibilidades de mostrar sua iniciativa, assim, para avançar mais no conhecimento profundo, nas competências sociais, emocionais, cognitivas, psicomotoras e em novas práticas (MÓRAN, 2015).

Nesse sentido, através da SDI foi proporcionado novos caminhos para que os alunos aprendam ativamente a partir de problemas reais (ABP), de jogos, atividades, leituras, mapas conceituais, júri simulado como também trabalhos individuais ou trabalhos em grupo de modo que o estudo da Ondulatória não fosse tratado de forma tecnicista, em que poucos livros trazem as aplicações e relações desse conteúdo na vida das pessoas.

No que concerne ao estudo da Ondulatória, trata-se do ramo da Física onde são estudados os fenômenos que envolvem as Ondas. Segundo Feynman (2008), estes fenômenos aparecem em muitos contextos, em todas as áreas da Física, possuindo uma aplicação ampla no dia a dia das pessoas, e sendo de extrema importância para o desenvolvimento da sociedade moderna.

Dessa forma, seu estudo é fundamental para a formação dos estudantes, não apenas por ser uma das áreas mais cobradas atualmente pelo Exame Nacional do Ensino Médio (ENEM), mas, também, por possibilitar uma melhor compreensão dos estudantes quanto a fenômenos ligados a Acústica, em que são estudados os fenômenos do som, e a Óptica, que estuda o comportamento da luz, e na preparação dos mesmos como futuros cidadãos, conhecedores da natureza do meio em que estão inseridos, assim como para a formação de novos cientistas.

A iniciativa para a produção dos jogos didáticos partiu da necessidade de estimular a leitura, a produção escrita, motivação, interesse, a atenção e a difusão de conhecimento no contexto do ensino e aprendizagem da disciplina de Física no Ensino Médio.

É possível destacar a existência de vários benefícios para os alunos com a utilização desses jogos, pois os alunos podem adquirir maior autonomia, desenvolver confiança, enxergar o aprendizado como algo tranquilo, divertido tornarem-se aptos a resolver problemas e transformarem-se em protagonistas do seu aprendizado.

Assim, a aprendizagem é mais significativa quando motivamos os alunos intimamente, quando eles encontram sentido nas atividades que propomos, quando consultamos suas motivações profundas, quando se engajam em projetos em que trazem contribuições, quando há diálogo sobre as atividades e a forma de realizá-las.

## **2 UTILIZAÇÃO DA SEQUÊNCIA DIDÁTICA INTERATIVA (SDI) PARA UMA APRENDIZAGEM SIGNIFICATIVA**

Nesta seção trataremos de conceituar Sequência Didática Interativa (SDI) na perspectiva de autores como Zabala (1998), Oliveira (2013), e apresentar contribuições desta estratégia no processo de ensino e aprendizagem dos alunos, além de uma abordagem geral da Teoria da Aprendizagem Significativa formulada por David Paul Ausubel, destacando suas implicações do processo de ensino e aprendizagem para a aplicação da SDI que propiciasse a compreensão, a motivação e o interesse dos conceitos da Ondulatória pelos alunos da 2.<sup>a</sup> série do Ensino Médio.

### **2.1 Sequência Didática**

As Sequências Didáticas são um conjunto de atividades ordenadas, estruturadas e articuladas para a realização de certos objetivos educacionais, com um princípio e um fim conhecidos tanto pelos professores como pelos alunos (ZABALA,1998)

As Sequências Didáticas contribuem com a consolidação de conhecimentos que estão em fase de construção e permite que progressivamente novas aquisições sejam possíveis, pois a organização dessas atividades prevê uma progressão modular, a partir do levantamento dos conhecimentos que os alunos já possuem sobre um determinado assunto.

Conforme preceitua Brasil (2012), as sequências são uma ferramenta muito importante para a construção do conhecimento, pois, ao organizar a sequência didática, o professor poderá incluir atividades diversas como leitura, pesquisa individual ou coletiva, aula dialogada, produções textuais, aulas práticas, etc., pois a sequência de atividades visa trabalhar um conteúdo específico, um tema ou um gênero textual da exploração inicial até a formação de um conceito, uma ideia, uma elaboração prática, uma produção escrita.

Assim, a SDI produzida foi composta por várias atividades encadeadas de questionamentos, atitudes, procedimentos e ações que os alunos executaram com a mediação do professor.

A sequência, módulo ou unidade didática vem sendo tema de interesse da área de Educação há bastante tempo. Inicialmente a preocupação com o tema se dava no contexto do planejamento do ensino, como podemos observar nos trabalhos de Cruz (1976), Matos (1971) e Castro (1976).

A Sequência Didática (SD) se enquadra no plano da unidade didática, que, segundo Matos (1971), seria equivalente a um curso em miniatura. Castro (1976), defende a adoção desse formato por acreditar que a aprendizagem por unidades atende às necessidades do estudante de maneira mais efetiva. Opõe-se a que ele seja uma sucessão de aulas, tarefas e provas, referentes a informações esparsas, isoladas ou estanques.

Autores mais recentes ainda se preocupam com o tema no contexto do planejamento e avaliação do ensino. Zabala (1998) conceitua a Sequência Didática, como um conjunto de atividades ordenadas, estruturadas e articuladas para a realização de certos objetivos educacionais com um princípio e um fim conhecidos tanto pelo professor como pelos alunos.

Zabala (1998), defende que a identificação das fases, atividades e relações estabelecidas em uma SD devem servir para a compreensão de seu valor educacional, bem como das mudanças e inserção de atividades que melhorem a SD.

Segundo Oliveira (2013), Sequência Didática começa a ser utilizada na França na década de 1980 com o objetivo de melhorar o ensino da língua materna, como proposta inovadora para implantar um ensino integrado e interconectado. No início teve resistência, mas depois muitos estudiosos da didática do ensino começaram a analisar tal procedimento e implementar pesquisas sobre os resultados produzidos com a utilização de Sequências Didáticas no ensino da língua francesa.

Para Oliveira (2013), Sequencia Didática é um procedimento simples que compreende um conjunto de atividades conectadas entre si, e prescinde de um planejamento para delimitação de cada etapa e/ou atividade para trabalhar os conteúdos disciplinares de forma integrada para uma melhor dinâmica no processo ensino e aprendizagem.

Ainda segundo Oliveira (2013), a elaboração da Sequência Didática prescinde dos seguintes passos básicos: escolha do tema a ser trabalhado; questionamentos para a escolha do tema a ser trabalhado; planejamento dos conteúdos; objetivos a serem atingidos no processo ensino e aprendizagem; delimitação da sequência de atividades, levando-se em consideração a organização dos estudantes, material didático, cronograma, integração entre cada atividade e etapas e avaliação dos resultados. Afirmamos que, em nosso Produto Educacional, inspira-mo-nos nesta perspectiva de SD organizada pelo autor com o objetivo de promover a interação, a reflexão, os questionamentos para se obter evidências de uma aprendizagem significativa.

A Sequência Didática é um procedimento para a sistematização do processo ensino e aprendizagem, sendo de fundamental importância a efetiva participação dos alunos. Essa participação vai desde o planejamento inicial informando aos alunos o real objetivo da

Sequência Didática no contexto da sala de aula, até o final da sequência para avaliar e informar os resultados.

Kobashigawa (2008), defende que Sequência Didática é o conjunto de atividades, intervenções e estratégias planejadas pelo professor afim de que o entendimento do conteúdo proposto seja alcançado pelos estudantes.

Na visão de Zabala (1998), das diferentes variáveis que configuram as propostas metodológicas, a Sequência Didática é aquela que é determinada pela série ordenada e articulada de atividades. Não só pelas atividades, mas também sua maneira de se articular são traços diferenciais que determinam a especificidade de uma proposta didática.

Para Zabala (1998), os diferentes conteúdos que apresentamos aos estudantes exigem esforços e ajudas específicas. Nem tudo se aprende do mesmo modo, no mesmo tempo nem com o mesmo tipo de situação. É necessário aos professores o discernimento entre o que pode ser apenas mais uma unidade didática a ser trabalhada normalmente e aquela que merece uma atenção especial e de forma prioritária, ou seja, o professor deve dispor de critérios que nos permitem considerar o que é mais conveniente em um dado momento para determinarmos objetivos a partir da convicção de que nem tudo tem o mesmo valor, nem vale para satisfazer as mesmas finalidades. Utilizar estes critérios para analisar a prática pedagógica e, se convém, para orientá-la em algum sentido, pode representar, em princípio, um esforço adicional, mas pode evitar perplexidades e confusões posteriores.

As Sequências Didáticas permitem uma série de oportunidades comunicativas. As relações que são estabelecidas a partir das atividades definem os diferentes papéis dos professores e estudantes. Para Zabala (1998), a participação dos alunos no processo de ensino e aprendizagem é algo que discutimos desde os princípios do século XX. A perspectiva chamada “tradicional” atribui aos professores o papel de transmissores únicos de conhecimentos, enquanto os alunos devem interiorizar o conhecimento tal como lhe é apresentado.

Nesse sentido, Zabala (1998) afirma que ensinar envolve estabelecer uma série de relações que devem conduzir à elaboração, por parte do estudante, de representações pessoais sobre o conteúdo objeto de aprendizagem. Nessa perspectiva, parece mais adequada uma relação que favoreça as interações nos diferentes níveis: em relação ao grupo-classe; em relação aos grupos de alunos; interações individuais. Salientamos que toda proposta de ensino é carregada de intencionalidade e esta deve estar clara para o professor desde a elaboração das tarefas/atividades até a devolutiva junto aos estudantes dos seus resultados. Essas intenções educativas abrangem três dimensões: dimensão conceitual - o que se deve saber?; dimensão

procedimental - o que se deve saber fazer?; dimensão atitudinal - como se deve ser? (Zabala, 1998).

Zabala (1998) reconhece que existem os diferentes tipos de Sequências Didáticas. Não fornece uma receita pronta para a sua construção e afirma que não é possível definir se uma é melhor ou pior que a outra, mas é importante reconhecer as possibilidades e carências de cada uma, dependendo do tipo de conteúdo a ser desenvolvido (conceitual, procedimental ou atitudinal).

### 2.1.1 Sequência Didática Interativa (SDI)

Oliveira (2013) também se posiciona em relação as metodologias que têm foco no desenvolvimento de sequências didáticas ao trabalhar com a Sequência Didática Interativa (SDI), a conceituando da seguinte maneira: A sequência didática interativa é uma proposta didático-metodológica que desenvolve uma série de atividades, tendo como ponto de partida a aplicação do círculo hermenêutico-dialético para identificação de conceitos/definições, que subsidiam os componentes curriculares (temas), e, que são associados de forma interativa com teoria (s) de aprendizagem e/ou propostas pedagógicas e metodologias, visando à construção de novos conhecimentos e saberes.

Nesse sentido, Oliveira (2013) sugere que a aplicação da SDI considere os seguintes passos: 1. Primeiro momento: sequência de atividades. Nessa etapa será necessário definir o tema a ser trabalhado; solicitar aos estudantes que escrevam o que entendem sobre ele; formar grupos e solicitar que os alunos façam uma síntese dos conceitos, formando uma só frase ou definição e, por fim, escolher um representante de cada grupo para que apresente sua definição e, a partir de cada uma delas, construir uma definição geral, dada pelo grupo. 2. Segundo bloco de atividades. Aqui será o momento do embasamento teórico do tema, que se dará por uma exposição oral do professor, apoiado em livros e textos, tendo a liberdade de escolher a teoria de aprendizagem, metodologias de ensino e os recursos didáticos necessários.

Após essa fase o professor poderá escolher uma determinada atividade para o fechamento do tema, sendo sugerida a construção de um novo conhecimento e saber. A sondagem inicial é muito importante, uma vez que é nesse momento que é possível notar o que o estudante já possui de conhecimento ao longo de suas experiências e usar isso para a sistematização dos saberes pré-estabelecidos e a construção de um novo olhar a respeito do assunto, além de possibilitar uma interação maior entre todos os envolvidos no processo.

O aporte teórico da SDI é a Teoria das Situações Didáticas, desenvolvida por Guy Brousseau (1996), em que, o objeto de estudo da didática da Física, que implica em um processo de aprendizagem no qual se encontra envolvido professor e estudante, é chamado de situação didática.

Para que de fato exista uma situação didática é necessário que o professor seja criativo e, a partir de uma situação real, procure trabalhar um conhecimento e/ou saber físico por meio da realização de um jogo educativo, e/ou utilização de diversos objetos que auxiliam na construção de novos conhecimentos.

Uma “situação” é um modelo de interação de um sujeito com um meio determinado. O recurso de que esse sujeito dispõe para alcançar ou conservar um estado favorável nesse meio é um leque de decisões que dependem do emprego de um conhecimento preciso. Consideramos o “meio” como subsistema autônomo, antagônico ao sujeito (BROSSEAU,2008).

Nota-se que a proposição de uma SDI está alicerçada em teorias da aprendizagem que colocam o estudante como protagonista de sua aprendizagem. Nesse sentido, ele tende a ser a parte mais importante do processo de ensino e aprendizagem. É o estudante que fará descobertas, análises e chegará a uma conceituação a respeito do saber estudado.

### 2.1.2 Sequência Didática Fedathi

Para exemplificar outra Sequência Didática passível de ser desenvolvida no ambiente escolar, podemos citar a Sequência Fedathi, apresentada em 1996, no trabalho de Pós-Doutorado do Prof. Dr. Hermínio Borges Neto, da UFC, na Universidade de Paris.

Borges Neto (2001), ressalta que uma das características importantes na aplicação da Sequência Fedathi é a realização, de forma sequencial, de todas as suas etapas, destacando que só assim se podem produzir os resultados esperados na aprendizagem.

Assim como Zabala (1998) e Oliveira (2013), a Sequência Didática (Sequência Fedathi) proposta por Borges Neto (2001) coloca o estudante como protagonista ativo na construção do saber.

A Sequência Fedathi é composta por quatro etapas sequenciais e interdependentes, assim denominadas: Tomada de Posição, Maturação, Solução e Prova. Para Borges Neto (2001), o estudante reproduz ativamente os estádios que a humanidade percorreu para compreender os ensinamentos físicos, sem que, para isso, necessite dos mesmos milênios que a história consumiu para chegar ao momento atual.

Apresentaremos, a seguir, a forma com que Souza (2010) detalhou as etapas da Sequência Fedathi, onde é possível perceber as particularidades de cada uma. 1) Tomada de

posição: apresentação do problema Souza (2010), afirma que nessa etapa o professor exibe o problema para o aluno, partindo de uma situação generalizável, ou seja, de uma circunstância possível de ser abstraída de seu contexto particular, para um modelo físico genérico.

Segundo Souza (2010), para uma melhor compreensão e acessibilidade aos estudantes, inicialmente o professor deve deixar de lado as especificidades da comunicação física, ou seja, as manipulações algébricas e os algoritmos são trabalhados após a apresentação de uma situação problema e a tentativa de resolução pelos estudantes.

Além disso, o professor deve preparar o ambiente, conquistar, orientar e preparar os estudantes. Assim, reforça ainda mais a importância do planejamento como um grande aliado para conduzir a gestão das aulas. 2) Maturação: compreensão e identificação das variáveis envolvidas no problema.

Para Souza (2010), esta etapa é destinada à discussão entre o professor e os estudantes a respeito da situação-problema apresentada; os estudantes devem buscar a compreensão do problema e tentar identificar os possíveis caminhos que possam levá-lo a uma solução. Feito isso, deverão identificar quais os dados contidos no problema, qual a relação entre eles e o que está sendo solicitado pela atividade.

Nessa etapa a interação entre o professor e os estudantes é de suma importância. Nela, em decorrência das tentativas e solução e das abordagens tentadas pelos estudantes, surgem as dúvidas e os questionamentos por parte dos estudantes, o que é absolutamente normal e esperado.

As dúvidas surgem inicialmente por parte dos estudantes, geralmente logo no início da resolução de problema, quando eles se debruçam sobre ele tentando encontrar um caminho que os conduzam à solução.

As reflexões surgem, geralmente, depois que os estudantes chegam à solução, quando se perguntam, por exemplo, se a solução de fato é aquela. As hipóteses aparecem quando os estudantes buscam os caminhos para constatar ou testar se suas respostas estão realmente corretas.

Ao professor cabe as perguntas esclarecedoras, que são aquelas que têm o objetivo de verificar o que e como os estudantes estão entendendo sobre o que está sendo apresentado. O professor também faz perguntas estimuladoras. Estas levam o estudante a fazer descobertas.

Em seguida faz perguntas orientadoras, que são aquelas em que o professor leva o estudante a tentar estabelecer compreensões e relações entre o problema e o caminho a seguir para chegar à solução (SOUZA, 2010). 3) Solução: representação e organização de esquemas/modelos que visem à solução do problema Souza (2010) afirma que nessa etapa os

estudantes deverão organizar e apresentar modelos que possam conduzi-los a encontrar o que está sendo solicitado pelo problema.

Nessa construção de conhecimentos, o professor tem o papel de mediador, pois discutirá com o grupo as soluções encontradas e, juntos, decidirão qual delas é a mais adequada para resolver o problema proposto.

Para que tudo isso ocorra, é necessário que o professor detenha um bom domínio acerca dos conceitos que está ali trabalhando, ao passo que saiba usar elementos da didática geral e didática da matemática. 4) Prova: apresentação a formulação do modelo físico a ser ensinado Souza (2010), afirma que é nessa etapa que o novo saber deverá ser compreendido e assimilado pelo estudante, levando-o a perceber que, com base nele, será possível deduzir outros modelos simples e específicos. Além de manter a atenção e a motivação dos estudantes, terá que fazer uma conexão entre o modelo apresentado e o modelo matemático científico a ser aprendido.

A quarta etapa constitui a finalização do processo, que levará o estudante a elaborar um modelo geral do conhecimento em questão. É nessa fase do desenvolvimento da sequência que é feita a avaliação, podendo ser feita por vários meios, desde que permita ao professor a verificação da apreensão de modo geral feita pelos estudantes. A Sequência Fedathi propicia uma interação proveitosa do ponto de vista científico para estudantes e professores.

Notamos que Zabala (1998), ao defender o uso de Sequências Didáticas e Oliveira (2013) ao propor trabalhos com SDI e Borges Neto (2001), com as experimentações da Sequência Fedathi não negam as ideias uns dos outros.

Pelo contrário, é possível perceber que há uma conexão entre os três autores, uma vez que em todas elas o estudante possui papel ativo e o professor é o organizador e o articulador das atividades.

Zabala (1998) também defende a ideia de que o professor poderá se utilizar de uma vasta diversidade de estratégias na estruturação de suas intenções educacionais. A posição do professor poderá ser de alguém que desafia; às vezes dirige; outras vezes propõe e compara, uma vez que os estudantes e as situações que têm que aprender são diferentes.

As atividades que fazem parte dessa sequência foram ordenadas de maneira a aprofundar o tema que foi estudado e variadas em termos de estratégia: leituras, escrita, mapas conceituais (vide apêndice B), aula dialogada, vídeos, roda de conversa, Aprendizagem Baseada em Problemas (ABP) (vide apêndice G), júri simulado (vide apêndice D), jogos (vide apêndice H). Assim o tema foi tratado durante um conjunto de aulas de modo que o aluno se aprofundasse e se apropriasse dos temas desenvolvidos.

No contexto desta pesquisa, inspiramo-nos no modelo de Sequência Didática Interativa (OLIVEIRA, 2013) porquanto essa perspectiva ancora-se na aplicação do círculo hermenêutico-dialético pelo qual é possível identificar conceitos que subsidiam os temas, no caso particular deste estudo, o conceito Ondulatória desenvolvido sob a perspectiva de David Ausubel como estratégia para mediar o processo de ensino e aprendizagem dos alunos do segundo ano do Ensino Médio.

## **2.2 Perspectivas da aprendizagem significativa de Ausubel**

A teoria de Ausubel focaliza na aprendizagem humana, sobretudo que ocorre no contexto escolar. Desse modo, a designação Teoria da Aprendizagem Significativa identifica as proposições sobre o ensino e aprendizagem escolar formulada por esse psicólogo norte-americano e crítica à aplicação mecânica dos resultados obtidos. Assim, o uso da SDI incentivaram os alunos em um aprendizado crítico, reflexivo, motivacional e cheio de significados.

As formulações de Ausubel inserem-se entre as primeiras propostas psicoeducativas, que adotam a perspectiva cognitiva como marco de referência. Como um fiel cognitivista propõe um modelo teórico que compreende e explica a aprendizagem considerando a estrutura cognitiva como principal fator que influencia a aprendizagem e no reconhecimento da relevância que os processos mentais têm nesse desenvolvimento baseando-se na premissa que a mente humana apesar de bastante complexa apresenta uma organização cognitiva interna e uma hierarquia de conhecimentos de caráter conceitual.

O movimento cognitivista surge nos anos de 1950 em reação as ideias do Behaviorismo norte-americano e o Mentalismo europeu propondo que além do estímulo e a emissão de uma resposta tem que considerar os processos mentais que ocorrem no organismo tornando assim o ser humano um ser ativo no seu processo de aprendizagem. Portanto, de acordo com Moreira (1999, p. 15), “[...] o foco deveria estar nas chamadas variáveis intervenientes entre estímulos e respostas, nas cognições, nos processos mentais superiores [...]”.

Diante do exposto, Ausubel propõe um modelo teórico que compreende e explica a aprendizagem humana como um processo que ocorre a modificação do conhecimento em um sentido externo e observável, reconhecendo assim a importância que os processos mentais têm nesse desenvolvimento (SALVADOR, et al. 2000). Ele considera que a estrutura cognitiva existente é o principal fator que influencia a aprendizagem.

Nessa perspectiva, para Moreira (2006), existem três tipos gerais de aprendizagem: a cognitiva, a afetiva e a psicomotora. Dentre as três, para Ausubel a mais importante é a cognitiva, pois segundo ele a aprendizagem cognitiva é aquela que resulta no armazenamento organizado de informações na mente do ser que aprende, e esse complexo organizado é conhecido como estrutura cognitiva.

Portanto, a aplicação da SDI aos alunos valorizou a estrutura cognitiva do aprendiz, com conceitos físicos que tiveram relação e significado relevante com aquilo que o aprendiz detém de conhecimento prévio, para tal deve-se estudar com mais profundidade o que Ausubel chama de aprendizagem significativa.

Conforme Ausubel (1980), toda a psicologia educacional poderia ser reduzida a um só princípio, aquilo que o aprendiz já conhece. Descubra isto e ensine-o de acordo. Fica claro, sendo extremamente necessário para ocorrer a aprendizagem significativa a articulação entre o material a ser aprendido e os conhecimentos previamente adquiridos pelo aluno que existem na sua estrutura cognitiva e, para isso, foi utilizado um questionário inicial para identificar os conhecimentos prévios dos alunos acerca do tema Ondulatória. De acordo com Moreira (2006):

A aprendizagem significativa é um processo pelo qual a informação se relaciona, de maneira substantiva (não literal) e não arbitrária, a um aspecto relevante da estrutura cognitiva do indivíduo. Neste processo a nova informação interage com uma estrutura de conhecimento específica, a qual Ausubel chama de 'conceito subsunçor' ou, simplesmente 'subsunçor', existente na estrutura cognitiva de quem aprende.

O conceito central da teoria de Ausubel é a aprendizagem significativa, entendida como um processo em que as novas informações ou novos conhecimentos interagem com um aspecto relevante existente na estrutura cognitiva do aluno, sendo o fator mais importante da aprendizagem o conhecimento prévio do aluno.

Neste processo, a nova informação interage com uma estrutura de conhecimento específica, a qual Ausubel chama de 'conceito subsunçor' ou, simplesmente 'subsunçor', existente na estrutura cognitiva de quem aprende.

Face o exposto, o "subsunçor" é um conceito, uma ideia, uma proposição já existente na estrutura cognitiva, capaz de servir de "âncora" a uma nova informação de modo que esta adquira, assim, significado para o indivíduo (MOREIRA, 2009).

Essa nova informação torna-se um subsunçor para gerar novos significados para estrutura cognitiva do ser que aprende. Aqui, Ausubel vê uma hierarquia conceitual em que elementos de conceitos mais específicos estão ligados a conceitos mais gerais.

Assim, a nova informação ‘ancora-se’ em conceitos relevantes (subsunçores) preexistentes na estrutura cognitiva do indivíduo e funcionam, dessa forma, como ponto de ancoragem às primeiras. Entretanto, a experiência cognitiva não se restringe à influência direta dos conceitos já aprendidos significativamente sobre componentes da nova aprendizagem, mas abrange também modificações significativas em atributos relevantes da estrutura cognitiva pela influência do novo material (MOREIRA, 2006).

Há um processo de interação através do qual conceitos mais relevantes e inclusivos interagem com o novo material servindo de ancoradouro, incorporando-o e assimilando-o, porém, em simultâneo, modificando-se em função dessa ancoragem (MOREIRA, 2009).

O conhecimento significativo é o produto de um processo psicológico cognitivo (“saber”) que envolve a interação entre ideias “logicamente” (culturalmente) significativas, ideias anteriores (“ancoradas”) relevantes da estrutura cognitiva particular do aprendiz (ou estrutura dos conhecimentos deste) e o “mecanismo” mental do mesmo para aprender de forma significativa ou para adquirir e reter conhecimentos (AUSUBEL, 1980).

No tema Ondulatória, por exemplo, se o conceito de comprimento de onda já existir na estrutura cognitiva do aprendiz, ele serve de subsunçor para novas informações referentes a esses conceitos, assim como o conceito de frequência e período, que leva a outro conceito, o da velocidade de propagação de uma onda.

O processo de “ancoragem” da nova informação resulta em modificação do subsunçor anterior, que dependendo da frequência com que ocorre a aprendizagem significativa, pode ter subsunçores desenvolvidos ou pouco abrangentes. A aprendizagem significativa envolve a construção de novos significados e para Ausubel segundo Tavares (2016) são necessárias três condições:

- a) O material instrucional com conteúdo estruturado de maneira lógica;
- b) A existência na estrutura cognitiva do aprendiz conhecimento relacionável com o novo conteúdo;
- c) A vontade e disposição do aprendiz de relacionar o novo com aquilo que ele já sabe.

A Sequência Didática, visou atingir as três principais necessidades apontadas por Ausubel para se adquirir uma aprendizagem realmente significativa, assim a utilização dessa metodologia tendeu a facilitar o aprendizado dos conceitos da Ondulatória por meio do entretenimento, diversão, motivação considerando o que o aprendiz tem de conhecimento prévio a respeito desses conceitos, despertando no aluno interesse pela Física.

Nesse ínterim, Ausubel, Novak e Hanesian (1980) ressaltam que não é possível classificar tipos diferentes de aprendizagem sob um único modelo explicativo e propõem dois eixos da aprendizagem escolar: aprendizagem receptiva, aprendizagem por descoberta, aprendizagem mecânica e a aprendizagem significativa.

Na aprendizagem por recepção, os conteúdos são apresentados na forma final, sem envolver descoberta por parte do aluno, enquanto na aprendizagem por descoberta os conteúdos a serem aprendidos devem ser descobertos pelo aprendiz antes de serem incorporados à sua estrutura cognitiva.

No segundo eixo, a aprendizagem mecânica ou automática, as novas informações contêm pouca conexão com os conceitos existentes na estrutura cognitiva, assim não há interação entre o novo e o já armazenado e o que se aprende é adquirido de maneira literal e arbitrária. Um exemplo disso em Física é a simples memorização de fórmulas, leis e conceitos, sem estabelecer relações entre eles.

Para Ausubel, a Aprendizagem Significativa e Aprendizagem Mecânica não são dicotômicas, e sim contínuas. A aprendizagem mecânica no contexto do ambiente escolar é considerada apenas como memorização de fórmulas e conceitos, não havendo retenção de ideias e conteúdos, mas a mera transferência de conhecimento pouco valorizado, pois fica na mente do aprendiz apenas por um curto período.

Logo, na aprendizagem mecânica não há retenção de conhecimento, mas apenas a transferência deste. Além disso, embora a aprendizagem significativa deva ser preferida à mecânica por facilitar a aquisição de significados, a retenção e a transferência de aprendizagem, pode ocorrer e, de acordo com Moreira (2009), em certas situações, a aprendizagem mecânica seja desejável ou necessária: por exemplo, em uma fase inicial da aquisição de um novo corpo de conhecimento.

Portanto, certo de que a aprendizagem mecânica ocorre desde a infância com a aquisição de formas de conhecimento que servirão mais tarde como esteio para posterior aprendizagem significativa, é importante a sua utilização no tema Ondulatória, já que alguns conceitos, ideias, proposições, teorias e outras formas de conhecimento podem ser novos para o aprendiz. Por outro lado, ideias estabelecidas na estrutura cognitiva podem, no curso de novas aprendizagens, serem reconhecidas como relacionadas.

Novak (1980, p.61) destaca quatro vantagens da aprendizagem significativa sobre a aprendizagem mecânica:

- a) Os conhecimentos adquiridos ficam retidos por um período maior de tempo;

b) As informações assimiladas resultam num aumento da diferenciação de ideias que serviram de âncoras, aumentando, assim a capacidade de uma maior facilitação da subsequente aprendizagem de materiais relacionados;

c) As informações esquecidas após a assimilação ainda deixam um efeito residual no conceito assimilado e, na verdade, em todo o quadro de conceitos relacionados;

d) As informações apreendidas significativamente podem ser aplicadas numa enorme variedade de novos problemas e conceitos.

A aprendizagem significativa ocorre quando um novo conteúdo se relaciona com aquele adquirido. De acordo com Ausubel, Novak e Hanesian (1980), o resultado dessa interação, que ocorre entre o novo material e a estrutura cognitiva existente, é a assimilação dos significados velhos e novos, dando origem a uma estrutura mais altamente diferenciada.

Uma vez explicitado o significado da aprendizagem significativa as suas características básicas, Ausubel evidencia três categorias de aprendizagem significativa: representacional, de conceitos e proposicional.

A aprendizagem representacional, refere-se ao significado de palavras ou símbolos unitários. Esse é o tipo de aprendizagem significativa mais básico ao qual os demais aprendizados significativos estão subordinados. Por exemplo, quando o aluno aprender o significado de uma palavra isolada “onda”, implica aprender o que ela representa.

Face o exposto, na aprendizagem de conceitos tem como ponto de partida a aprendizagem representacional, pois os conceitos são também representados por símbolos particulares. No caso do exemplo anterior, diz-se que o sujeito aprendeu o conceito de onda quando ele pode fazer duas operações de pensamento, a abstração e a generalização.

A aprendizagem proposicional consiste em aprender o significado de ideias em forma de proposição e não o que palavras isoladas ou combinadas representam. Assim, a aprendizagem significativa proposicional é mais complexa do que as aprendizagens representacional e conceitual, haja vista que as representações e conceitos podem servir como subsunçores na aprendizagem de proposições.

### 2.2.1 Organizadores prévios e mapas conceituais como meios facilitadores da aprendizagem significativa

Os organizadores prévios são materiais introdutórios de maior nível de abstração, generalidade e inclusividade do que o novo material que vai ser aprendido, sendo, portanto,

introduzidos antes do próprio material de aprendizagem e distintos de sumários apresentados no mesmo nível de generalidade (AUSUBEL; NOVAK; HANESIAN, 1980).

Assim, a SDI fez uso desses organizadores prévios para preencher o espaço entre aquilo que o aprendiz conhece e o que precisa conhecer, preparando-o para aprender significativamente o tema Ondulatória.

Os organizadores prévios podem ser de dois tipos: expositivo e comparativo. O organizador expositivo tem uma relação de superordenação com o novo conteúdo a ser aprendido e oferece âncoras em termos familiares ao aprendiz, no que lhe concerne; o organizador comparativo ressalta as semelhanças e diferenças entre o conteúdo a ser aprendido e aquele já disponível na estrutura cognitiva do aluno.

Para favorecer a aprendizagem do aluno, o professor pode utilizar instrumentos didáticos como os mapas conceituais, pois, de acordo com Moreira e Buchweitz (1987, p. 9), “[...] mapas conceituais são diagramas hierárquicos indicando os conceitos e as relações entre os conceitos [...]” e podem ser utilizados como instrumentos de ensino e/ou aprendizagem.

De acordo com Moreira e Buchweitz (1987) e Moreira (2006), os mapas conceituais oferecem várias vantagens, destacam a estrutura conceitual de uma disciplina e o papel dos sistemas conceituais no seu desenvolvimento, evidenciam que os conceitos de uma dada disciplina diferem quanto ao grau de inclusividade e generalidade apresentando esses conceitos em uma ordem hierárquica de inclusividade que facilita a sua aprendizagem e retenção promovendo uma visão integrada do assunto.

**Figura 1 – Mapa conceitual sobre Ondas**



**Fonte:** Dia a Dia Educação. Disponível em:

<http://www.fisica.seed.pr.gov.br/modules/conteudo/conteudo.php?conteudo=78>

A utilização desse mapa conceitual em sala de aula favoreceu a aprendizagem significativa à medida que enfatizou o sentido de unidade, a articulação, a hierarquização dos conhecimentos sobre o conceito Ondas e explicitaram as relações de subordinação e superordenação que afetaram a aprendizagem conceitual.

Diante do exposto, mesmo com todo cuidado por parte do professor, é necessário considerar que além da influência substantiva de conceitos unificados e programática de métodos adequados, podemos ter a influência de fatores externos que não podem ser controlados, tais como o meio social, ambiental, o poder econômico e a política educacional, nas palavras de Lemos (2011), não se pode negligenciar que existem influências que delimitam ou limitam o poder de decisão e atuação do docente.

Tal fato nos leva a questionar até onde vai a autonomia do professor e, a considerar que a natureza (política, econômica, social e ambiental) do contexto poderia ser tomada como uma terceira condição a influenciar a organização do material potencialmente significativo. Um professor, por melhor preparado que seja dificilmente conseguirá desenvolver um bom trabalho se os fatores macroestruturais não contribuírem para isso.

Em suma, objetivamos nessa seção mostrar a relevância da Sequência Didática Interativa para a aprendizagem significativa e os pressupostos teóricos desta, na perspectiva de David Paul Ausubel e como a SDI é uma alternativa que desperta o interesse, a motivação do aluno pela leitura e como o uso dessa ferramenta pode facilitar o aprendizado do mesmo. Na seção seguinte discorreremos acerca dos conceitos da Ondulatória e a importância desses temas para a formação crítica e reflexiva do alunado.

### 3 DESCRIÇÃO DAS ETAPAS DO PRODUTO EDUCACIONAL

O produto educacional, a SDI foi aplicada na 2.<sup>a</sup> série do Ensino Médio composta por 23 alunos. A SDI foi dividida em 7 (sete) etapas e cada etapa correspondia a duas aulas, em um total de 90 (noventa) minutos, esses encontros ocorrerão às quartas-feiras, nos dois primeiros horários, iniciando no dia 6 (seis) de outubro até o dia 17 (dezesete) de novembro de 2021. Antes do início da pesquisa os alunos assinaram o Termo de consentimento livre e esclarecido (vide anexo A).

Após a aplicação das etapas propostas da SDI e a coleta de resultados, o produto educacional foi avaliado e feito as devidas melhoras para que realmente seja uma alternativa para uma aprendizagem potencialmente significativa dos alunos. Segue abaixo o detalhamento das etapas.

#### QUADRO RESUMO DA SEQUÊNCIA DIDÁTICA INTERATIVA (SDI)

<b>SDI</b>	<b>OBJETIVOS ESPECÍFICOS</b>	<b>CONTEÚDOS</b>	<b>ESTRATÉGIAS</b>	<b>AValiação</b>
<b>ETAPA 1</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Identificar os conhecimentos prévios dos alunos por meio de questionários;</li> <li>- Discutir os conhecimentos prévios e o conceito de onda por meio de roda de conversa.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Introdução sobre o estudo de Ondas;</li> <li>- Partes de uma onda;</li> <li>- Período e frequência;</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Aplicação do questionário inicial</li> <li>- Roda de Conversa</li> </ul>	Ocorreu por meio de roda de conversa para apreensão dos conhecimentos prévios dos alunos sobre o conceito de Onda.
<b>ETAPA 2</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Construir mapas conceituais sobre Ondas, mediado pelo professor;</li> <li>- Compreender o conceito científico de Onda, considerando a Aprendizagem Significativa em David Ausubel.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Equação Fundamental da Ondulatória;</li> <li>- Classificação de uma onda quanto à direção de propagação:               <ul style="list-style-type: none"> <li>- Ondas unidimensionais, bidimensionais e tridimensionais;</li> </ul> </li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Construção de mapas conceituais</li> </ul>	Ocorreu por meio da produção dos mapas conceituais e da discussão sobre o tema Ondas na perspectiva da aprendizagem significativa em Ausubel.

		- A natureza da onda.		
<b>ETAPA 3</b>	- Implementar a ABP; - Apresentar as curiosidades e problemas do cotidiano dos alunos sobre Ondas.	- Fenômenos ondulatórios: Reflexão; Refração; Difração, Interferência, Polarização.	- Curiosidades do cotidiano dos alunos; - Discussão sobre os problemas apresentados.	Através da participação dos alunos e da discussão sobre os problemas apresentados.
<b>ETAPA 4</b>	- Aplicar o júri simulado;	- Luz; - Ondas; - Fenômenos ondulatórios.	- Júri simulado.	Através da participação dos alunos, da discussão das ideias, da argumentação e reflexão acerca do tema proposto para o júri simulado.
<b>ETAPA 5</b>	- Produzir jogos didáticos; - Estimular a criatividade;	- Conceitos da Ondulatória.	- Produção dos jogos didáticos.	Através da confecção dos jogos didáticos, da interação entre os alunos.
<b>ETAPA 6</b>	- Jogar os jogos produzidos pelos grupos; - Discutir as vantagens e desvantagens dos jogos para aprendizagem significativa dos conceitos da Ondulatória.	- Conceitos da Ondulatória.	- Jogos didáticos.	- Através da participação dos alunos, domínio de conteúdo e interação entre eles.
<b>ETAPA 7</b>	- Aplicar o questionário final.	-----	- Questionário final.	- Através das respostas ao questionário final.

**PRIMEIRA ETAPA:** Introdução a Ondulatória e aplicação do questionário inicial para identificar os conhecimentos prévios dos alunos

Introdução à unidade Ondulatória e aplicação do questionário inicial (vide apêndice A), foi realizado no dia 06/10/2021, para identificar os conhecimentos prévios dos alunos. Nesse encontro tínhamos 22 (vinte e dois) alunos presentes.

As perguntas do questionário inicial foram respondidas pelos alunos e depois discutidas em uma Roda de Conversa em sala de aula sob a mediação do professor com a intenção de ouvir a opinião dos alunos, estimular a curiosidade sobre o assunto, sem a necessidade de chegar a uma resposta final. Após a discussão sobre o questionário inicial na Roda de Conversa, procedemos a exposição sobre o tema.

### **SEGUNDA ETAPA: Construção dos mapas conceituais**

Inicialmente foi explicado aos alunos como construir um mapa conceitual (vide apêndice C), sua função e importância para a assimilação do tema Ondas, em seguida, a turma foi dividida em cinco grupos de 4 (quatro) alunos e 1 (um) grupo de 3 (três) alunos para produzirem o mapa conceitual sobre Ondas e foi realizado no dia 13/10/2021.

Através dos mapas conceituais produzidos (vide apêndice B), foram discutidos com os alunos o tema Ondas como a Equação Fundamental da Ondulatória, classificação de uma onda quanto à direção de propagação, ondas unidimensionais, bidimensionais e tridimensionais e a natureza da onda. Os alunos deram sugestões como melhorar os mapas conceituais e ao final foram expostos em sala de aula.

### **TERCEIRA ETAPA: Implementação da Aprendizagem Baseada em Problemas (ABP)**

Nessa etapa foi explicado aos estudantes o conceito da ABP (vide apêndice D), o professor atuou como um guia que conduziu os estudantes e caminhou lado a lado a eles na busca pelo conhecimento.

Foram apresentados problemas cotidianos e curiosidades (vide apêndice E), a partir deles, a Ondulatória foi ensinada simultaneamente. Por exemplo: Porque a água do mar não fica azul quando colocada em uma garrafa pet? Conchas soam como o oceano? Porque o mar tem ondas e o rio não? Porque não podemos ver as ondas eletromagnéticas? Aconteceu no dia 20/10/2021, pela plataforma google meet, com 22 (vinte e dois) alunos presentes.

Com as curiosidades os alunos se sentiram desafiados a comprometer-se na busca pelo conhecimento, por questionamentos e investigação, para dar respostas aos problemas

identificados. Em seguida, colocamos um vídeo sobre ondas, <https://youtu.be/jx44j8QFq4E>, com duração de 8min16s.

**QUARTA ETAPA:** Aplicação do júri simulado com o tema luz: partícula ou onda?

Na aula anterior foi explicado aos alunos que o júri simulado consiste numa dinâmica de grupo a ser utilizada, preferencialmente, quando se pretende abordar temas potencialmente geradores de polémicas. Etapa realizada no dia 27/10/2021.

Os alunos foram divididos em três grupos: dois grupos de 10 alunos de debatedores e uma equipe responsável pelo veredito (o júri popular) composta por 3 alunos escolhidos por sorteio. O papel do professor foi o de coordenar a prática e apenas controlar o tempo para cada grupo defender sua tese e atacar a tese defendida pelo grupo oponente. Ao final da prática as questões lançadas pelos alunos foram problematizadas pelo professor esclarecendo-as.

Roteiro de desenvolvimento do júri simulado

ETAPAS	TEMPO
Socializar as ideias nos grupos	10 min
Defesa da tese inicial	10 min (5 min para cada grupo)
Debate entre grupos	20 min
Considerações finais	10 min (5 min para cada grupo)
Veredito	5 min

Cada grupo teve 5 minutos para a réplica e 20 minutos para o debate entre grupos e 5 minutos para as considerações finais. Para consolidar este momento, os conceitos de Ondulatória foram discutidos.

**QUINTA ETAPA:** Produção de jogos pelos alunos

Os alunos foram divididos em três grupos de cinco alunos e dois grupos de 4 alunos escolhidos entre eles, aconteceu no dia 03/11/2021. Cada grupo produziu um jogo didático (vide apêndice I) utilizando os conceitos da Ondulatória (vide apêndice G), sorteados na aula anterior. Nos jogos foram especificados os objetivos, as regras, o prêmio e a legenda. Coube ao professor apenas orientar aos alunos.

A aprendizagem é dita significativa quando a tarefa potencialmente significativa, dada por recepção ou descoberta, relaciona-se significativamente com os conhecimentos que os alunos já traziam ao longo desses meses estudando os assuntos tratados na SDI como uma forma de ancoragem.

De acordo com Moreira (2011), a aprendizagem significativa acontece por meio da interação entre as novas informações apreendidas e os conhecimentos prévios do aprendiz, a partir de uma relação não-arbitrária e substantiva.

#### **SEXTA ETAPA:** Apresentação dos jogos pelos alunos

A rodada dos jogos, realizada no dia 10/11. Cada grupo jogou o jogo confeccionado pelos colegas e ao final da aula foram discutidos as vantagens e desvantagens desses jogos para a aprendizagem significativa dos alunos.

A vantagem na produção de jogos pelos alunos é a tendência em motivá-los a participar espontaneamente na aula (PEDROSO, 2009). Acrescenta-se a isso, o auxílio do caráter lúdico no desenvolvimento da cooperação, da socialização e das relações afetivas, e a possibilidade de utilizar jogos didáticos, de modo a auxiliar os alunos na construção do conhecimento em qualquer área.

Em análise aos estudos realizados, entendemos que a partir dessa relação não-arbitrária e não-litera, tanto a nova informação sobre os conceitos da Ondulatória como as que serviram de ancoradouro, ou seja, de subsunçores, modificaram-se e os novos significados na mente dos alunos adquiriram maior estabilidade, assim os mesmos tinham facilidade ao entender e responder às perguntas feitas nos jogos.

#### **SÉTIMA ETAPA:** Avaliação da Metodologia

A avaliação da metodologia, realizada no dia 17/11/2021, foi aplicado um questionário (vide apêndice J), composto por 8 (oito) perguntas fechadas sobre o uso dessa metodologia,

solicitando que os estudantes atribuíssem nota de 1 (um) a 5 (cinco) pontos a cada pergunta, conforme seu grau de concordância, assim os participantes da pesquisa puderam avaliar a utilização da SDI como recurso metodológico. As respostas às sentenças, fornecidas pelos participantes da pesquisa, foram discutidas na seção 5 (cinco), nesse dia havia 23 alunos.

### 3.1 Sequência Didática Interativa

<b>Escola:</b> CENTRO DE ENSINO JOÃO LISBOA			
<b>Professor:</b> SANDRO ALVARENGA PORTELA			
<b>Disciplina:</b> FÍSICA	<b>Série/Turma</b> 2ª SÉRIE	<b>Data:</b> 06/10/2021 a 17/11/2021	<b>Duração:</b> 14 AULAS
<b>Unidade didática:</b> ONDULATÓRIA			
<p><b>Objetivos específicos:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>✓ Identificar os conhecimentos prévios dos alunos em relação aos conceitos da Ondulatória;</li> <li>✓ Aprofundar o estudo sobre Ondas a partir das compreensões/significados iniciais produzidos pelos estudantes;</li> <li>✓ Caracterizar uma onda;</li> <li>✓ Apresentar as partes de uma onda;</li> <li>✓ Reconhecer Período e Frequência de uma determinada onda;</li> <li>✓ Apropriar-se da Equação Fundamental da Ondulatória a partir da contextualização e desenvolvimento de situações-problema;</li> <li>✓ Explicar os tipos de onda;</li> <li>✓ Caracterizar as principais ondas que formam o Espectro Eletromagnético;</li> <li>✓ Estudar os fenômenos da Ondulatória: reflexão, refração, difração, interferência e polarização;</li> <li>✓ Construir mapas conceituais sobre Ondas;</li> <li>✓ Entender a natureza da luz;</li> <li>✓ Aplicar o júri simulado;</li> <li>✓ Produzir jogos didáticos;</li> <li>✓ Aplicar o questionário final.</li> </ul>			

**Conteúdos:** Introdução sobre o estudo de Ondas; Partes de uma onda; Período e frequência; Equação Fundamental da Ondulatória; Classificação de uma onda quanto à direção de propagação: Ondas unidimensionais, bidimensionais e tridimensionais; A natureza da onda; Espectro eletromagnético; Fenômenos ondulatórios: Reflexão; Refração; Difração, Interferência, Polarização.

**Desenvolvimento metodológico:** A sequência didática sobre os conceitos da Ondulatória foi dividida em 6 etapas, sendo que 1 aula corresponde a 45 minutos.

**1ª ETAPA: Introdução à unidade e aplicação do questionário inicial para identificar os conhecimentos prévios dos alunos.** (2 aulas)

Nesta etapa, objetiva-se averiguar os conhecimentos prévios dos discentes a respeito dos conceitos da Ondulatória. Para isso, será entregue aos alunos um questionário inicial (vide apêndice A) e o professor deverá apenas orientá-los a responder, individualmente e sem qualquer tipo de consulta. O questionário deverá ser recolhido pelo professor e analisado minuciosamente para extrair os conhecimentos prévios dos alunos e as possíveis dificuldades.

Em seguida, o professor discutirá com os alunos numa roda de conversa a respeito das respostas, nesse momento o professor terá a intenção de ouvir a opinião dos discentes, estimular a curiosidade sobre o assunto, sem a necessidade de chegar a uma resposta final.

Após receber os questionários respondidos pelos alunos o professor iniciará o assunto sobre os conceitos da Ondulatória. O professor pode dividir a turma em grupos para produzirem um mapa conceitual sobre Ondas, mas antes tem que ser feita uma exposição inicial sobre como construir um mapa conceitual (vide apêndice C).

**2ª ETAPA: Construção dos mapas conceituais.** (2 aulas)

Essa etapa tem como objetivo demonstrar as relações hierárquicas entre os conteúdos que estão sendo ensinados utilizando mapas conceituais. O professor iniciará a aula explicando aos alunos como construir um mapa conceitual e qual a importância do mesmo para a aprendizagem do conteúdo.

Em seguida, a turma será dividida em grupos para a produção dos mapas conceituais e depois será socializado o conteúdo de Ondas através da análise e discussão dos mapas conceituais para uma aprendizagem significativa do alunado.

**3ª ETAPA: Implementação da Aprendizagem Baseada em Problemas (ABP).** (2 aulas)

Nessa etapa, o professor iniciará aula com a explicação sobre a ABP (vide apêndice D), atuando como um guia que conduzirá os alunos e caminhará lado a lado a eles na busca pelo conhecimento. Essa etapa tem como objetivo desenvolver situações-problemas que despertem a curiosidade, motivação e interação entre os alunos na busca por soluções relacionadas aos conceitos da Ondulatória.

Depois, o professor apresentará problemas cotidianos e curiosidades, a partir deles, a Ondulatória será ensinada simultaneamente, por exemplo: Porque a água do mar não fica azul quando colocada em uma garrafa pet? Conchas soam como o oceano? Porque o mar tem ondas E o Rio não? Porque não podemos ver as ondas eletromagnéticas? Com as curiosidades (vide apêndice E) os alunos se sentiram desafiados a comprometer-se na busca pelo conhecimento, por questionamentos e investigação, para dar respostas aos problemas identificados.

Em seguida, será colocado um vídeo sobre ondas, <https://youtu.be/jx44j8QFq4E>, com duração de 8min16s. Ao final o professor apresentará o tema do júri simulado, bem como a divisão dos grupos.

**4ª ETAPA: Aplicação do júri simulado com o tema luz: partícula ou onda?** (2 aulas)

Essa etapa tem como objetivo estimular a reflexão por meio do diálogo através do júri simulado, proporcionando aos participantes a oportunidade de desenvolver um olhar crítico sobre o tema em debate, partindo do pressuposto de que é imprescindível preservar o respeito às distintas opiniões e conduzir as tomadas de posição.

O júri simulado (vide apêndice F) consiste numa dinâmica de grupo a ser utilizada, preferencialmente, quando se pretende abordar temas potencialmente geradores de polêmicas.

A turma será dividida em três grupos: dois grupos de 10 alunos de debatedores e uma equipe responsável pelo veredito (o júri popular) composta por 3 alunos escolhidos por sorteio. O papel do professor será o de coordenar a prática e apenas controlar o tempo para cada grupo defender sua tese e atacar a tese defendida pelo grupo oponente. Ao final da prática as questões lançadas pelos alunos serão problematizadas pelo professor esclarecendo-as.

## Roteiro de desenvolvimento do júri simulado

ETAPAS	TEMPO
Socializar as ideias nos grupos	10 min
Defesa da tese inicial	10 min (5 min para cada grupo)
Debate entre grupos	20 min
Considerações finais	10 min (5 min para cada grupo)
Veredito	5 min

Cada grupo terá 5 minutos para a réplica e 20 minutos para o debate entre grupos e 5 minutos para as considerações finais. Para consolidar este momento, os conceitos de Ondulatória serão discutidos. Ao final da aula a turma será dividida em grupos e serão sorteados os temas da Ondulatória para a produção de jogos na próxima aula.

### 5ª ETAPA: Produção de jogos. (2 aulas)

Nessa etapa objetiva-se estimular a criatividade, ajudar no entendimento da importância de regras e limites, contribuir para o desenvolvimento de laços afetivos e promover a interação e o compartilhamento entre os estudantes.

Os alunos serão divididos em grupos e cada grupo produzirá um jogo didático utilizando os conceitos da Ondulatória (vide apêndice G), sorteados na aula anterior. Nos jogos serão especificados os objetivos, as regras, o prêmio e a legenda. Caberá ao professor apenas orientar aos alunos e a escolha do tipo de jogo fica a critério de cada grupo.

A aprendizagem é dita significativa quando a tarefa potencialmente significativa, dada por recepção ou descoberta, relaciona-se significativamente com os conhecimentos que os alunos já traziam ao longo desses meses estudando os assuntos tratados na SDI como uma forma de ancoragem.

De acordo com Moreira (2011), a aprendizagem significativa acontece por meio da interação entre as novas informações apreendidas e os conhecimentos prévios do aprendiz, a partir de uma relação não-arbitrária e substantiva.

#### **6ª ETAPA: Apresentação dos jogos pelos alunos.** (2 aulas)

A rodada dos jogos objetiva avaliar o domínio de conteúdo e a interação dos alunos. Cada grupo jogará o jogo confeccionado pelos colegas e ao final serão discutidos as vantagens e desvantagens desses jogos para a aprendizagem significativa dos alunos.

Através dos jogos e dessa relação não-arbitrária e não-literal, tanto a nova informação sobre os conceitos da Ondulatória como as que serviram de ancoradouro, ou seja, de subsunçores, modificaram-se e os novos significados na mente dos alunos adquirirão maior estabilidade (AUSUBEL, 1980).

#### **7ª ETAPA: Avaliação da Metodologia.** (2 aulas)

Nessa etapa será avaliada a metodologia, através de um questionário (vide apêndice J), composto por 8 (oito) perguntas fechadas, solicitando que os estudantes atribuam nota de 1 (um) a 5 (cinco) pontos a cada pergunta, conforme seu grau de concordância, assim os participantes da pesquisa poderão avaliar a utilização da SDI como recurso metodológico.

**Recursos Didáticos:** Livro didático; pincel; apagador; quadro branco; Smartphone; vídeo; Datashow; notebook; Microsoft PowerPoint (qualquer outro programa que realize a exibição de apresentações gráficas pode ser utilizado), materiais para a produção dos jogos.

**Avaliação:** Na avaliação serão considerados os aspectos qualitativos, observações acerca da participação, interação, disciplina, assiduidade dos alunos no desenvolvimento das atividades propostas na Sequência Didática e acontecerá ao final de cada etapa. **Na primeira etapa** serão analisadas e discutidas as respostas ao questionário inicial. **Na segunda etapa** serão avaliadas as respostas dos estudantes as curiosidades propostas. **Na terceira etapa** a exposição dos mapas conceituais e a participação no júri simulado. **Na quarta etapa** a produção dos jogos didáticos, assim como a organização, a criatividade, os recursos utilizados e o tipo de jogo. **Na quinta etapa** os jogos didáticos produzidos pelos alunos para testar os conhecimentos adquiridos ao longo dessa sequência didática de uma

maneira divertida e prazerosa. **Na sexta etapa** as respostas ao questionário final.

### Referências:

AUSUBEL, D. P., “**The aquisition and retention of Knowledge: a cognitive view.** Dordrecht, Kluwer Academic Pubishers, 2000.

AUSUBEL, D. P.; NOVAK, J. D.; HANESIAN, H. **Psicologia educacional.** Tradução Eva Nick et al. 2. ed. Rio de Janeiro: Interamericana, 1980. p. 625.

FALKEMBACH, G. A. M. O lúdico e os jogos educacionais. In: **Mídias na Educação.** CINTED, UFRGS. 2007. Disponível em: [http://penta3.ufrgs.br/midiasedu/modulo13/etapa1/leituras/arquivos/Leitura\\_1.pdf](http://penta3.ufrgs.br/midiasedu/modulo13/etapa1/leituras/arquivos/Leitura_1.pdf). Acesso em: 04 mar. 2020.

FERNANDES, A. **A Inteligência Aprisionada:** abordagem psicopedagógica clínica da criança e sua família. Porto Alegre: Artes Médicas, 1991.

FEYNMAN, R. P.; LEIGHTON, R. B.; SANDS, M. **Lições de Física de Feynman.** Porto Alegre: Bookman, 2008.

FEYNMAN, Richard P. **Física em seis lições.** 8. ed. Rio de Janeiro: Ediouro, 2004.

FIORENTINI, Dario; LORENZATO, Sergio. **Investigação em Educação Matemática:** percursos teóricos metodológicos. Campinas, SP: Autores Associados, 2012.

FRIEDMAN, Adriana. **Brincar, crescer e aprender:** o resgate do jogo infantil. São Paulo: Editora Moderna, 1996. KAMII, Constance; JOSE

GIL, Antônio Carlos. **Métodos e técnicas de pesquisa social.** 6 ed. São Paulo: Atlas, 2008

GIL, Antônio Carlos. **Como elaborar projetos de pesquisa.** São Paulo: Atlas, 2010.

HALLIDAY, David; RESNICK, Robert; KRANE, Kenneth S. **Física 2.** v. 3. 4. ed. Rio de Janeiro: Livros Técnicos e Científicos, 2006.

LAMBROS. **Problem-Based Learning in Middle and High School Classrooms – A Teacher’s Guide to Implementation.** Thousand Oaks: Corwin Press, Inc. 2004.

LEITE, L.; ESTEVES, E. **Ensino orientado para a Aprendizagem Baseada na Resolução de Problemas na Licenciatura em Ensino da Física e Química.** In Bento Silva e Leandro Almeida (Eds.). Comunicação apresentada no VIII Congresso Galaico-Português de Psicopedagogia. Braga: CIED - Universidade do Minho, p. 1751-1768, 2005.

LIBÂNEO, José Carlos. **Didática.** São Paulo: Cortez, 1991.

LIBÂNEO, José Carlos. **Pedagogia e pedagogos, para quê?** 9 ed. São Paulo: Cortez, 2007.

LIBÂNEO, José Carlos et. al. **Educação Escolar: políticas, estrutura e organização.** Coleção Docência em Formação. 5. ed. São Paulo: Cortez, 2007.

LIBÂNEO, José Carlos. **Adeus professor, adeus professora?** novas exigências educacionais e profissão docente. 12.ed. São Paulo: Cortez, 2010.

LIBÂNEO, José Carlos. Adeus professor, adeus professora? **novas exigências educacionais e profissão docente.** 12.ed. São Paulo: Cortez, 2010.

LOPES, M. da G. **Jogos na Educação: criar, fazer e jogar.** São Paulo: Cortez, 2001.

MARCONI, M. A. e LAKATOS, E. M. **Metodologia do Trabalho Científico.** 6ª ed. São Paulo: Atlas, 2001.

MARCONI, M. A. e LAKATOS, E. M. **Fundamentos de metodologia científica.** 8 ed. São Paulo: Atlas, 2017.

MATTOS, M.G; ROSSETTO JÚNIOR, A.J; BLECHER, S. **Teoria e prática da metodologia da pesquisa em educação física: construindo sua monografia, artigo científico e projeto de ação.** São Paulo: Phorte, 2003.

MORAES, Maria Cândida. **O paradigma educacional emergente.** Campinas, SP: Papyrus, 1997.

MORAN, J. M. Mudando a educação com metodologias ativas. In **Convergências Midiáticas, Educação e Cidadania: aproximações jovens.** Coleção Mídias Contemporâneas. 2015. Disponível em: [http://www2.eca.usp.br/moran/wpcontent/uploads/2013/12/mudando\\_moran.pdf](http://www2.eca.usp.br/moran/wpcontent/uploads/2013/12/mudando_moran.pdf). Acesso em: 08 fev. 2020.

MORIN, E. **Ciência com consciência.** Rio de Janeiro: Bertrand, 1996.

MORIN. **A cabeça bem-feita. Repensar a reforma, reformar o pensamento.** Rio de Janeiro: Bertrand, 2000.

MORIN, E; CIURANA, E; MOTTA, R. D. **Educar na era planetária. O pensamento complexo como método de aprendizagem pelo erro e incerteza humana.** 2. ed. São Paulo: Cortez; Brasília: UNESCO, 2007.

NOVAK, J. D.; GOWIN, D. B. **Aprender a aprender.** 2. ed. Lisboa: Plátano Edições Técnicas.1999.

MOREIRA, M. A. **“A teoria da aprendizagem significativa e sua implementação em sala de aula”.** Brasília: Editora da UNB. 2006.

MOREIRA, M. A.; MASINI, E. F. S. **Aprendizagem significativa: a teoria de David Ausubel.** São Paulo: Centauro, 2001.

PAIXÃO, M. S. S. L; FERRO, M. G. D. A teoria da aprendizagem significativa de David Ausubel. In: CARVALHO, M. V. C; MATOS, K. S. L. (org.). **Psicologia da Educação: Teorias do desenvolvimento e da aprendizagem em discussão.** Fortaleza: 2015. p. 91-130.

PEDROSO, C.V. (2009). Jogos didáticos no ensino de biologia: uma proposta metodológica baseada em módulo didático. **Anais do IX Congresso Nacional de Educação. Curitiba, Brasil. Disponível em: [http://www.pucpr.br/eventos/educere/educere2009/anais/pdf/2944\\_1408.pdf](http://www.pucpr.br/eventos/educere/educere2009/anais/pdf/2944_1408.pdf)** . Acesso em: jan. 2021.

PEREIRA, R. F; FUSINATO, P. A; NEVES, M. C. D. **Desenvolvendo um jogo de tabuleiro para o ensino de física.** In: VII ENPEC, Anais... 2009. p. 1-12.

RABELO, Edmar Henrique. Avaliação: **novos tempos, novas práticas.** Petrópolis: Vozes, 1998.

SILVA, B.V.C. Júri simulado: o uso da história e filosofia da ciência no ensino da óptica. **Física na Escola.** Natal-RN, v. 10, n. 1, 2009.

TAVARES, Romero. **Aprendizagem Significativa e o Ensino de Física,** UFPB, João Pessoa, 2016.

Teixeira, C. E. J. **A ludicidade na escola.** São Paulo: Loyola. Togni, A.C.; Bersch, 1995.

TRUJILLO, F. Alfonso. **Metodologia da pesquisa científica.** São Paulo: McGraw-Hill do Brasil, 1982.

VIANNA, D. M.; ARAÚJO, R. S. **Buscando Elementos na Internet para uma Nova Proposta Pedagógica.** In Ensino de Ciências: Unindo a Pesquisa e a Prática. CARVALHO, A. M. P. (Org.). São Paulo: Cengage Learning, 2009.

VOLPATO, G. Jogo e brinquedo: reflexões a partir da teoria crítica. **Educação e Sociedade.** vol.23, n.81, p. 217- 226, 2002.

#### 4 DOS CONHECIMENTOS PRÉVIOS À CONSTRUÇÃO DE SUBSUNÇORES

A fase da análise de dados e informações constituiu-se um momento de grande importância para o pesquisador especialmente numa pesquisa de natureza qualitativa. A análise textual discursiva (ATD) é uma abordagem de análise de dados que transita entre duas formas consagradas de análise na pesquisa qualitativa que são a análise de conteúdo e a análise de discurso.

A análise textual discursiva segundo Moraes (2003), é descrita como um processo que se inicia com uma unitarização em que os textos são separados em unidades de significado. Estas unidades por si mesmas podem gerar outros conjuntos de unidades oriundas da interlocução empírica, da interlocução teórica e das interpretações feitas pelo pesquisador.

Neste movimento de interpretação do significado atribuído pelo autor exercita-se a apropriação das palavras de outras vozes para compreender melhor o texto. Depois da realização desta unitarização, que precisa ser feita com intensidade e profundidade, passa-se a fazer a articulação de significados semelhantes em um processo denominado de categorização.

Neste processo reúnem-se as unidades de significado semelhantes, podendo gerar vários níveis de categorias de análise, ATD tem no exercício da escrita seu fundamento enquanto ferramenta mediadora na produção de significados por isso, em processos recursivos, a análise se desloca do empírico para a abstração teórica, que só pode ser alcançada se o pesquisador fizer um movimento intenso de interpretação e produção de argumentos.

As observações cujos achados são descritos nas subseções precedentes tiveram como objetivo a aquisição de uma visão compreensiva acerca de como o ensino de Física tem se desenvolvido, tomando o espaço de observação como recorte da realidade em que este ensino se insere: a sala de aula, determinada por múltiplas variantes, cognitivas, sociais, afetivas e teóricas.

Os resultados obtidos na presente pesquisa em sala de aula, utilizando a SDI além de mobilizá-los a participarem das atividades propostas contribuíram para promover evidências de uma aprendizagem significativa.

Desse modo, neste percurso, percebemos que a diversificação das atividades utilizadas na SDI oportunizou um ambiente de aprendizagem em que os estudantes puderam praticar a leitura, a escrita, a argumentação, a interação das ideias, a participação em grupo, o desenvolvimento da autonomia, a motivação, o interesse e a atenção pela Física, tudo isso a partir de uma abordagem crítica, que aconteceu de várias maneiras como o uso da produção de textos, mapas conceituais, rodas de conversas, ilustrações, imagens animadas, vídeos, jogos,

ABP e júri simulado como consequência de um processo de pesquisa e estudo da realidade presente a que pertenciam, a escola e seus lares, pautado no trabalho individual e em equipe.

## REFERÊNCIAS

- ALARCÃO, Isabel. (Org.) **Escola reflexiva e nova racionalidade**. Porto Alegre: Artmed editora, 2001.
- ALMEIDA, M. E. B. Narrativas digitais e o estudo de contextos de aprendizagem. **Revista Em Rede**. v. 1, n. 1, 2014. Disponível em: Acesso em: agosto de 2021.
- ANDRADE, K.; HAERTEL, B. U. S. **Metodologias ativas e os jogos no ensino e aprendizagem da matemática**. 2018. Disponível em: Acesso em: outubro de 2021.
- APERIBENSE, P. G. G. S. et al. O uso de metodologias ativas na formação do profissional enfermeiro – Tribunal do júri simulado: uma experiência de sucesso. In: Congresso Iberoamericano de Ciência, Tecnologia, Inovação e Educação, 2014, Buenos Aires. Resumo de Trabalhos. Buenos Aires, 2014.
- ARANHA, M. L. da A.; MARTINS, M. H. P. **Filosofando**: Introdução à Filosofia. 2 ed. rev. atual. São Paulo: Moderna, 1993.
- AUSUBEL, D. P.; NOVAK, J.D.; HANESIAN, H. **Psicologia Educacional**. NEW YORK: HOLT, 1978.
- AUSUBEL, D. P, “**The aquisition and retention of Knowledge**: a cognitive view. Dordrecht, Kluwer Academic Pubishers, 2000.
- AUSUBEL, D. P.; NOVAK, J. D.; HANESIAN, H. **Psicologia educacional**. Tradução Eva Nick et al. 2. ed. Rio de Janeiro: Interamericana, 1980. p. 625.
- BACHELARD, G. O novo espírito científico. In: **Os Pensadores**. São Paulo: Abril Cultural, 1978. GEBARA, M. J. F.
- BAGDONAS, A.; GURGEL, I.; ZANETIC, J. **Controvérsias sobre a natureza da ciência como enfoque curricular para o ensino da física**: o ensino de história da cosmologia por meio de um jogo didático. *Revista Brasileira de História da Ciência*, Rio de Janeiro, v. 7, n.2, p. 242-260, jul./dez. 2014
- BARDIN, L. **Análise de Conteúdo**. Lisboa, Portugal: Edições 70, 2006/2011.
- BARROWS, H.S., & Tamblyn, R. (1980). **Problem-based learning**: an approach to medical education (Vol 1). New York: Springer. Bloom, B. S. (1956). Taxonomy of educational objectives:
- BARROWS, H. S. **A Taxonomy of Problem-Based Learning methods**. *Medical Education*, v.20, p. 481-486, 1986.
- BEHRENS, Marilda Aparecida. **O paradigma emergente e a prática pedagógica**. 6 ed. Petrópolis, RJ: Vozes, 2011.
- BERBEL, N. A. N. **As metodologias ativas e a promoção da autonomia de estudantes**. *Ciências Sociais e Humanas*, Londrina, v. 32, n. 1, p. 25-40, jan./jun. 2011.

BRASIL. Ministério da Educação, Secretaria de Educação Média e Tecnológica. **Linguagens, códigos e suas tecnologias:** orientações educacionais complementares aos parâmetros curriculares nacionais – PCNS+. Brasília, 2002. Disponível em: [http://portal.mec.gov.br/index.php?option=com\\_content&view=article&id=12598%3Apublicacoes&Itemid=859](http://portal.mec.gov.br/index.php?option=com_content&view=article&id=12598%3Apublicacoes&Itemid=859). Acesso em: 3 mar. 2020.

BRASIL. Ministério da Educação. **Parâmetros Curriculares Nacionais – PCN.** Brasília, 1997. Disponível em: [http://portal.mec.gov.br/index.php?option=com\\_content&view=article&id=12598%3Apublicacoes&Itemid=859](http://portal.mec.gov.br/index.php?option=com_content&view=article&id=12598%3Apublicacoes&Itemid=859). Acesso em: 3 mar. 2020.

CABRERA, W.B.; SALVI, R.F. (2005). A ludicidade no Ensino Médio: Aspirações de Pesquisa numa perspectiva construtivista. Atas do V Encontro Nacional de Pesquisa em Educação em Ciências. Bauru, Brasil.

CAVALCANTI, K. M. P. H. GUIMARÃES, C. C. BARBOSA, E. L. C. M. & SÉRIO, S. S. **Ludo Químico: um jogo educativo para o ensino de química e física.** In Anais IX Encontro de Pesquisa em Educação em Ciências (p. 1–8). Águas de Lindóia, SP. 2013.

CHAVES, Walmer Monteiro. Dicotomia teoria e prática, variáveis intervenientes e práxis pedagógica. IV EnFEFE - Encontro Fluminense de Educação Física Escolar. *Anais...* Niterói, Jun. 2000, p. 65-68.

DELISLE, R. **Como realizar a Aprendizagem Baseada em Problemas.** Porto: ASA, 2000.

DEWEY, J. **Democracia e educação:** introdução à filosofia da educação. Tradução de Godofredo Rangel e Anísio Teixeira. 4ed. – São Paulo: Editora Nacional, 1979. FREIRE, P. *Pedagogia do Oprimido.*

ERICKSON, F. **Qualitative methods in research on teaching.** In: Wittrock, M.C. (Ed.), *Handbook of research on teaching.* 3 ed New York: Macmillan Publishing Co, 1986.

FALKEMBACH, G. A. M. O lúdico e os jogos educacionais. In: *Mídias na Educação.* CINTED, UFRGS. 2007. Disponível em: [http://penta3.ufrgs.br/midiasedu/modulo13/etapa1/leituras/arquivos/Leitura\\_1.pdf](http://penta3.ufrgs.br/midiasedu/modulo13/etapa1/leituras/arquivos/Leitura_1.pdf). Acesso em: 04 mar. 2020.

FERNANDES, A. **A Inteligência Aprisionada:** abordagem psicopedagógica clínica da criança e sua família. Porto Alegre: Artes Médicas, 1991.

FEYNMAN, R. P.; LEIGHTON, R. B.; SANDS, M. *Lições de Física de Feynman.* Porto Alegre: Bookman, 2008.

FEYNMAN, Richard P. **Física em seis lições.** 8. ed. Rio de Janeiro: Ediouro, 2004.

FIORENTINI, Dario; LORENZATO, Sergio. **Investigação em Educação Matemática:** percursos teóricos metodológicos. Campinas, SP: Autores Associados, 2012.

FORTUNA, Tânia Ramos; BITTENCOURT, Aline Durán da Silveira de. Jogo e educação: o que pensam os educadores. **Revista Psicopedagogia,** Rio Grande do sul, n. 20, v. 63, p. 234-42, 2003.

FRIEDMAN, Adriana. **Brincar, crescer e aprender: o resgate do jogo infantil**. São Paulo: Editora Moderna, 1996. KAMII, Constance; JOSE.

GADOTTI, M. **História das idéias pedagógicas**. 8. ed. São Paulo: Ática, 2001.

GEBARA, M. J. F. **O Ensino e a Aprendizagem de Física: Contribuições da História da Ciência e do Movimento das Concepções Alternativas - um estudo de caso**. 2001. Dissertação (Mestrado em Educação) - Orientador: Prof. Dr. Décio Pacheco. Universidade Estadual de Campinas, Faculdade de Educação, 2001.

GIL, Antônio Carlos. **Métodos e técnicas de pesquisa social**. 6 ed. São Paulo: Atlas, 2008.

GIL, Antônio Carlos. **Como elaborar projetos de pesquisa**. São Paulo: Atlas, 2010.

GRANDO, R. C. **O Jogo suas Possibilidades Metodológicas no Processo Ensino-Aprendizagem da Matemática**. Dissertação de Mestrado. Campinas, SP. Faculdade de Educação, Universidade Estadual de Campinas, Campinas, SP, 1995.

HALLIDAY, David; RESNICK, Robert; KRANE, Kenneth S. **Física 2**. v. 3. 4. ed. Rio de Janeiro: Livros Técnicos e Científicos, 2006.

HALLIDAY, D.; RESNICK, R.; WALKER, J. **Fundamentos da Física**. Vol. 2. 8ª ed. Rio de Janeiro. LTC, 2009.

HALLIDAY, D.; RESNICK, R.; WALKER, J. **Fundamentos da Física**. Vol. 4. 8ª ed. Rio de Janeiro. LTC, 2009.

HENARES DE MELO, M. C.; CRUZ, G. de C. Roda de Conversa: uma proposta metodológica para a construção de um espaço de diálogo no Ensino Médio.

**Imagens Da Educação**, v. 4, n. 2, p. 31-39, 2014. Disponível em:

<https://doi.org/10.4025/imagenseduc.v4i2.22222>. Acesso em: 01 nov. 2021.

KCLUCKHOHN, Florence R. **O método da observação participante no estudo das pequenas comunidades**. Sociologia. São Paulo: 8 (2): 103-18, abr./jun. 194

LAMBROS. **Problem-Based Learning in Middle and High School Classrooms – A Teacher’s Guide to Implementation**. Thousand Oaks: Corwin Press, Inc. 2004.

LEITE, L.; ESTEVES, E. **Ensino orientado para a Aprendizagem Baseada na Resolução de Problemas na Licenciatura em Ensino da Física e Química**. In Bento Silva e Leandro Almeida (Eds.). Comunicação apresentada no VIII Congresso Galaico-Português de Psicopedagogia. Braga: CIED - Universidade do Minho, p. 1751-1768, 2005.

LIBÂNEO, José Carlos. **Didática**. São Paulo: Cortez, 1991.

LIBÂNEO, José Carlos. **Pedagogia e pedagogos, para quê?** 9 ed. São Paulo: Cortez, 2007.

LIBÂNEO, José Carlos et. al. **Educação Escolar: políticas, estrutura e organização**. Coleção Docência em Formação. 5. ed. São Paulo: Cortez, 2007.

LIBÂNEO, José Carlos. **Adeus professor, adeus professora?** novas exigências educacionais e profissão docente. 12.ed. São Paulo: Cortez, 2010.

LIBÂNEO, José Carlos. Adeus professor, adeus professora? **novas exigências educacionais e profissão docente**. 12.ed. São Paulo: Cortez, 2010.

LIBERALI, F. C. **Formação crítica de educadores:** questões fundamentais. Campinas, SP: Pontes, 2010.

LOPES, M. da G. **Jogos na Educação:** criar, fazer e jogar. São Paulo: Cortez, 2001.

LORENZ, K. Ação de instituições estrangeiras e nacionais no desenvolvimento de materiais didáticos de ciências no Brasil: 1960-1980. **Revista Educação em Questão**, v. 31, n. 17, 15abr. 2008. Disponível em: <https://periodicos.ufrn.br/educacaoemquestao/article/view/3903>. Acesso em: 22 nov. 2021.

MARCONI, M. A. e LAKATOS, E. M. **Metodologia do Trabalho Científico**. 6ª ed. São Paulo: Atlas, 2001.

MARCONI, M. A. e LAKATOS, E. M. **Fundamentos de metodologia científica**. 8 ed. São Paulo: Atlas, 2017.

MARIN, M. J. S.; LIMA, E. F. G.; PAVIOTTI, A. B.; MATSUYAMA, D. T.; SILVA, L. K. D.; GONZALEZ, C.; DRUZIAN, S.; ILIAS, M. Aspectos das fortalezas e fragilidades no uso das Metodologias Ativas de Aprendizagem. **Revista Brasileira de Educação Médica**, 2010.

MATTOS, M.G; ROSSETTO JÚNIOR, A.J; BLECHER, S. **Teoria e prática da metodologia da pesquisa em educação física:** construindo sua monografia, artigo científico e projeto de ação. São Paulo: Phorte, 2003.

MELO, V. O uso de júri simulado como metodologia de ensino ativa. Disponível em: <https://novaescola.org.br/conteudo/18041/o-uso-de-juri-simulado-como-metodologia-deensino-ativa>. Acesso em: 20 nov. 2021.

MORAES, J. U. P.; ARAÚJO, M. S. T. **O ensino de Física e o enfoque CTSA:** caminhos para a educação cidadã. São Paulo: Livraria da Física, 2012.

MORAES, Maria Cândida. **O paradigma educacional emergente**. Campinas, SP: Papirus, 1997.

MORAES, R. **Uma Tempestade de Luz:** a Compreensão Possibilitada pela Análise Textual Discursiva. *Ciência & Educação*, v. 9, n. 2, p. 191-211, 2003.

MORAES, R.; GALIAZZI, M.C. **Análise textual discursiva**. Ijuí: Editora Unijuí, 2007.

MORAES, R.; GALIAZZI, M. do C. **Análise textual discursiva**. Ijuí/RS: Editora Unijuí, 2011.

MORAES, R.; GALIAZZI, M. do C. **Análise textual discursiva**. Ijuí/RS: Editora Unijuí, 2016.

MORAN, José Manuel. **A educação que desejamos: novos desafios e como chegar lá**. 2. ed. Campinas, SP: Papirus, 2007.

MORAN, J. M. Mudando a educação com metodologias ativas. In **Convergências Midiáticas, Educação e Cidadania: aproximações jovens**. Coleção Mídias Contemporâneas. 2015. Disponível em: [http://www2.eca.usp.br/moran/wpcontent/uploads/2013/12/mudando\\_moran.pdf](http://www2.eca.usp.br/moran/wpcontent/uploads/2013/12/mudando_moran.pdf). Acesso em: 08 fev. 2020.

MORAN, J. M. **A educação que desejamos: novos desafios e como chegar lá**. 5. ed. Campinas: Papirus, 2014.

Moreira, M.A. (1980). Mapas conceituais como instrumentos para promover a diferenciação conceitual progressiva e a reconciliação integrativa. **Ciência e Cultura**, 32(4): 474-479.

MOREIRA, M. A. “**A teoria da aprendizagem significativa e sua implementação em sala de aula**”. Brasília: Editora da UNB. 2006.

MOREIRA, M. A.; MASINI, E. F. S. **Aprendizagem significativa: a teoria de David Ausubel**. São Paulo: Centauro, 2001.

MOREIRA, M. A.; MASINI, E. F. S. **Aprendizagem Significativa: A Teoria de David Ausubel**. São Paulo/SP: Ed. Centauro, 2006.

MOREIRA, M. A. **Metodologias de pesquisa em ensino**. São Paulo: Livraria da Física, 2011.

MOREIRA, M. A. **Aprendizagem significativa: a teoria e textos complementares**. São Paulo: Livraria da Física, 2011.

MORIN, E; CIURANA, E; MOTTA, R. D. **Educar na era planetária. O pensamento complexo como método de aprendizagem pelo erro e incerteza humana**. 2. ed. São Paulo: Cortez; Brasília: UNESCO, 2007.

MORIN, E. **Ciência com consciência**. Rio de Janeiro: Bertrand, 1996.

MORIN. **A cabeça bem-feita. Repensar a reforma, reformar o pensamento**. Rio de Janeiro: Bertrand, 2000.

NASCIMENTO, T.E. & Coutinho, C. **Metodologias ativas de aprendizagem e o ensino de Ciências**. Multiciência Online, URI. 2016

NOVAK, J. D.; GOWIN, D. B. **Aprender a aprender**. 2. ed. Lisboa: Plátano Edições Técnicas. 1999.

NUSSENZVEIG, H. M. **Curso de Física Básica**. Vol. 2. 4ª edição revisada. São Paulo: Blucher, 2002.

OLIVEIRA, R.J. Bachelard: o filósofo professor ou o professor filósofo In OLIVEIRA, R.J. **A escola e o ensino de ciências**. São Leopoldo: Ed. UNISINOS, p. 59-101, 2000.

OLIVEIRA, M. R. R. **O Primeiro Olhar: Experiência com Imagens na Educação Física Escolar.** 2004. 177f. Tese (Mestrado em Educação Física) Centro de Desportos – Universidade Federal de Santa Catarina/UFSC.

OLIVEIRA, A. S.; SOARES, M. H. S. B. Júri químico: uma atividade lúdica para discutir conceitos químicos. **Química Nova na Escola**, 2005. PAIXÃO, M. S. S. L; FERRO, M. G. D. **A teoria da aprendizagem significativa de David Ausubel.** In: CARVALHO, M. V. C; MATOS, K. S. L. (org.). **Psicologia da Educação: Teorias do desenvolvimento e da aprendizagem em discussão.** Fortaleza: 2015. p. 91-130.

PEDROSO, C.V. (2009). Jogos didáticos no ensino de biologia: uma proposta metodológica baseada em módulo didático. Anais do IX Congresso Nacional de Educação. Curitiba, Brasil. Disponível em: [http://www.pucpr.br/ eventos/educere/educere2009/anais/pdf/2944\\_1408.pdf](http://www.pucpr.br/ eventos/educere/educere2009/anais/pdf/2944_1408.pdf) . Acesso em: jan. 2021.

PEREIRA, R. F; FUSINATO, P. A; NEVES, M. C. D. Desenvolvendo um jogo de tabuleiro para o ensino de física. In: VII ENPEC, Anais... 2009. p. 1-12.

PÉREZ, G. et al. Para uma imagem n distorções conceituais dos atributos do som ão deformada do trabalho científico. *Ciência & Educação*, v.7, n.2, p.125-153, 2001.

PRADO, L.; SILVA, M. Utilização de júri simulado com duas turmas do curso de Medicina Veterinária – Estudo de caso. In: III Congresso Internacional Salesiano de Educação, 2017, Lorena. Resumo de Trabalhos. São Paulo, 2017.

PRINCE, M. Does active learning work? A review of the research. *Journal of Engineering Education*, 2004.

RABELO, Edmar Henrique. **Avaliação: novos tempos, novas práticas.** Petrópolis: Vozes, 1998.

SANTOS, Christiano Lima; VALE, Frederico Santos do. **Jogos eletrônicos na educação.** 2006.

SILVA, B.V.C. Júri simulado: o uso da história e filosofia da ciência no ensino da óptica. **Física na Escola.** Natal-RN, v. 10, n. 1, 2009.

SILVA, P. A. S. *et al.* O Laboratório de Metodologias Inovadoras e sua pesquisa sobre o uso de metodologias ativas pelos cursos de licenciatura do UNISAL, Lorena: estendendo o conhecimento para além da sala de aula. **Revista Ciências da Educação**, Americana, Ano XV, v. 02, n. 29, p. 67-79, jun-dez 2013. Disponível em: <http://www.revista.unisal.br/ojs/index.php/educacao/article/view/288/257>. Acesso em: 01 nov. 21.

TAVARES, Romero. **Aprendizagem Significativa e o Ensino de Física**, UFPB, João Pessoa, 2016.

TEDESCO, J. C. (Org.). **Educação e novas tecnologias: esperança ou incerteza?** São Paulo: Cortez, 2004.

TEIXEIRA, C. E. J. **A ludicidade na escola.** São Paulo: Loyola. Togni, A.C.; Bersch, 1995.

TOLEDO, L.H.L.A.de S.S. & LAGE,F.de C. **O Peer Instruction e as Metodologias Ativas de Aprendizagem**: relatos de uma experiência no Curso de Direito. Disponível em: <http://www.publicadireito.com.br/artigos/?cod=f57a221f4a392b92>. Acesso em: 01 nov. 2021.

TRUJILLO, F. Alfonso. **Metodologia da pesquisa científica**. São Paulo: McGraw-Hill do Brasil, 1982.

RABELO, E. H. Avaliação: **novos tempos, novas práticas**. Petrópolis: Vozes, 1998.

RABELO, Giani. **O jornal escolar o estudante orleanense: não podemos tornar as crianças felizes, mas podemos fazê-las felizes tornando-as boas (santa Catarina, 1949-1973)**. Revista História da Educação vol.17 nº.40. Santa Maria. mai./ago. 2013. Disponível em: <http://www.scielo.br/scielo.php>. Acesso: 10 jan. 2020.

RAMALHO, F.; FERRARO, N.; TOLEDO, P. **Os fundamentos da física**. 8.ed. São Paulo: Moderna, 2003.

SAGAN, Carl. **O mundo assombrado pelos demônios: a ciência vista como uma vela no escuro**. 1.ed. Tradução: Rosaura Eichenberg. São Paulo: Companhia das Letras, 2006.

SAVIANI, D. **Escola e democracia: teorias da educação, curvatura da vara, onze teses sobre educação e política**. 32.ed. Campinas, SP: Autores associados, 1999.

SAVIANI, D. **A pedagogia no Brasil: história e teoria**. Campinas, SP: Autores Associados, 2008.

SELBACH, S. et al. **Ciências e Didática**. Petrópolis, RJ: Vozes, 2010.

SELLTIZ; WRIGHTSMAN; COOK. **Métodos de pesquisa nas relações sociais: Delineamentos de pesquisa**. São Paulo: E.P.U.,1976.

SOUZA, A. E.; MORGADO, R. B. C. F.; PRETO, V. E. M.; RAUCH, R. B. **Metodologias Ativas de Aprendizagem no Ensino Superior de Tecnologia**. EDUCERE – Congresso Nacional de Educação V. 2015, Curitiba. Anais... [S.l.: s.n.], 2016.

TAROUCO, L. M. R. et al. **Formação de Professores para produção e uso de objetos de aprendizagem**. Disponível em [http://www.cinted.ufrgs.br/renote/jul2006/artigosrenote/a20\\_21173.pdf](http://www.cinted.ufrgs.br/renote/jul2006/artigosrenote/a20_21173.pdf). Acesso: 13 set. 2021.

THIESEN, Juarez Silva da. **A interdisciplinaridade como um movimento articulador no processo ensino-aprendizagem**. Revista Brasileira de Educação v. 13 n. 39 set - dez. Rio de Janeiro-RJ, 2008.

THIOLLENT, M. **Metodologia da Pesquisa-Ação**. São Paulo: Cortez, 1985.

TRIVIÑOS, A. N. S. **Introdução à pesquisa em ciências sociais: a pesquisa qualitativa em educação**. São Paulo: Atlas, 2008.

VALENTE, J. A. Comunicação e a Educação baseada no uso das tecnologias digitais de informação e comunicação. **Revista UNIFESO – Humanas e Sociais**, Vol. 1, n. 1, 2014, pp. 141- 166.

VIANNA, D. M.; ARAÚJO, R. S. **Buscando Elementos na Internet para uma Nova Proposta Pedagógica.** In Ensino de Ciências: Unindo a Pesquisa e a Prática. CARVALHO, A. M. P. (Org.). São Paulo: Cengage Learning, 2009.

VIEIRA, S. **Como Elaborar Questionários.** São Paulo: Atlas, 2009.

VIEIRA, R. D.; MELO, V. F; BERNARDO, J. R. R. O júri simulado como recurso didático para promover argumentações na formação de professores de física: o problema do gato. **Ensaio: Pesquisa em Educação em Ciências** (on-line). V.16, p. 203-226, 2014.

VOLPATO, G. Jogo e brinquedo: reflexões a partir da teoria crítica. **Educação e Sociedade.** vol.23, n.81, p. 217- 226, 2002.

WELTI, R. Concepciones de Estudiantes y Profesores Acerca de la Energía de las Ondas. **Enseñanza De Las Ciencias**, v.20, n. 2, p. 261-270, 2002.

## APÊNDICE A – QUESTIONÁRIO INICIAL

CURSO: ENSINO MÉDIO	SÉRIE:	SALA:	TURNO:
PROFESSOR(A): SANDRO A PORTELA			
ALUNO(A):			
QUESTIONÁRIO INICIAL		DATA / /	

1. Para você, o que é uma onda? Como e onde ela pode ser gerada?

---

---

---

2. Com o que você relaciona o termo onda?

---

---

3. Utilizando dois pedaços de barbante, faça dois tipos de ondas diferentes. Desenhe um objeto qualquer logo no início de cada onda.



4. Imagine que esses objetos possam se movimentar ao longo dessas ondas, o que aconteceria com eles?

---

---

---

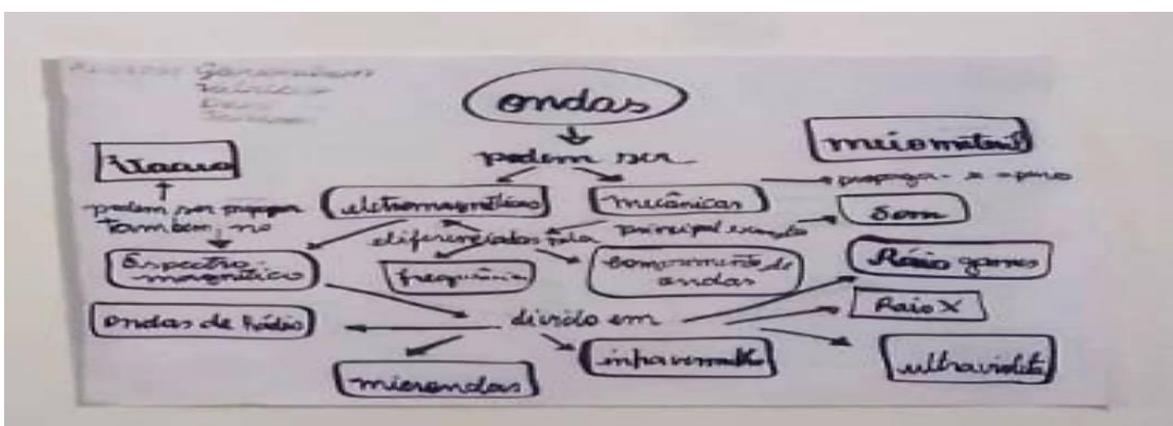
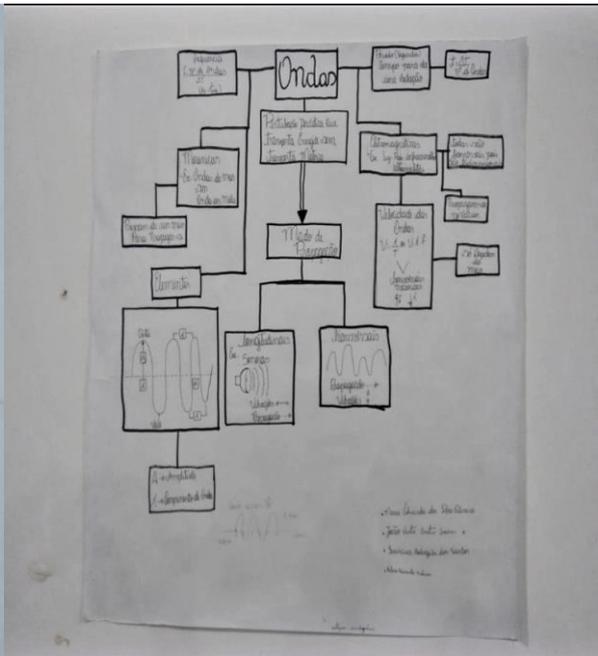
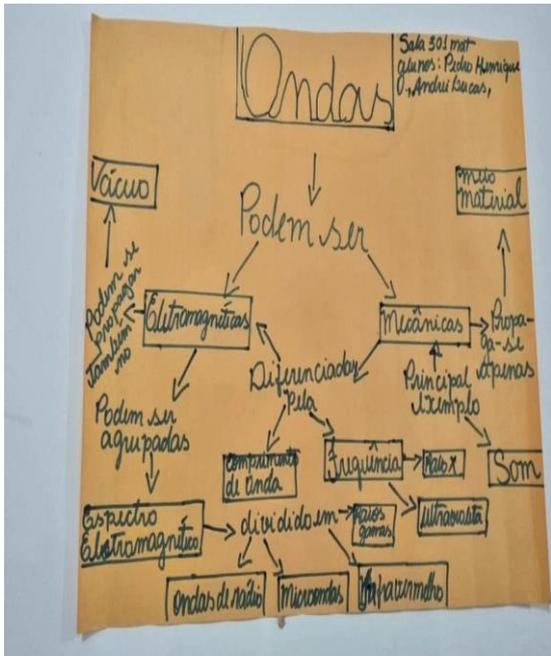
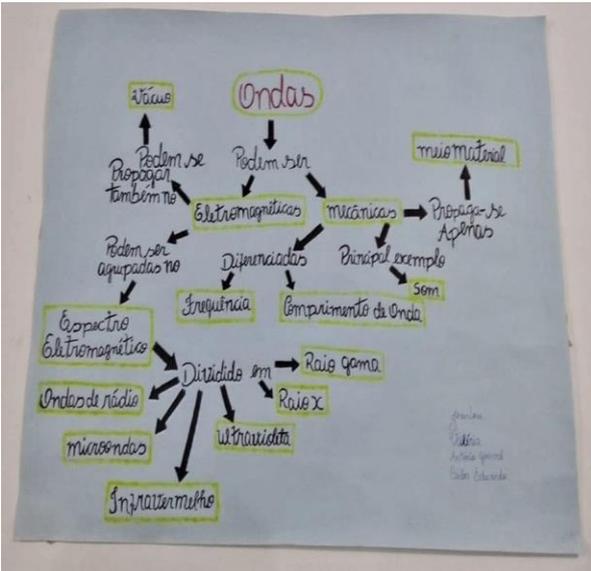
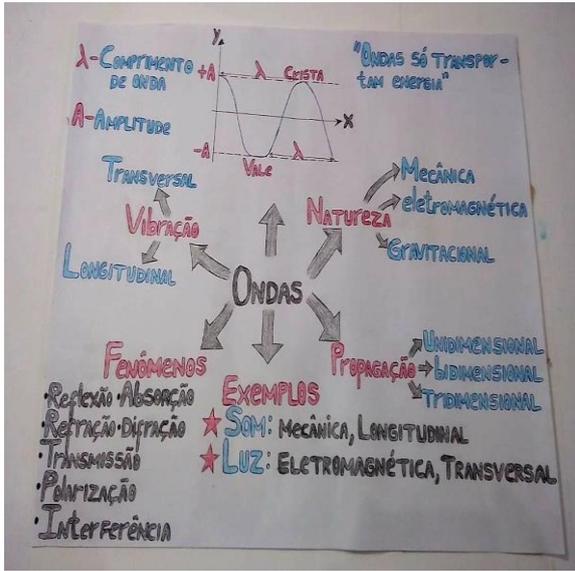
5. Comparando as formas das ondas feitas com os barbantes, quais características são possíveis de serem observadas?

---

---

---

APÊNDICE B - MAPAS CONCEITUAIS PRODUZIDOS PELOS ALUNOS



## **APÊNDICE C – MAPA CONCEITUAL**

O mapa conceitual é uma estrutura gráfica que organiza ideias, conceitos e informações de modo esquematizado. Consiste numa ferramenta de estudo e aprendizagem, em que o conteúdo é classificado e hierarquizado de modo a auxiliar na compreensão do indivíduo que o analisa e em seguida apresenta alguns exemplos (BUCHWEITZ; MOREIRA, 1987).

Assim, é um método de estudo que permite entender um conteúdo de maneira rápida e fácil por meio do uso de palavras-chave e gráficos interligados de forma estratégica ou cronológica. Assim, a ideia é o uso de uma combinação de conceitos e imagens que facilitem a fixação de determinado conteúdo. Para construir um mapa conceitual, processe as informações e filtre apenas o necessário, organize e conecte os conceitos, revise e refine os detalhes.

### **COMO FAZER UM MAPA CONCEITUAL?**

- 1. Comece com um tema ou ideia principal:**
- 2. Identifique os principais conceitos:**
- 3. Conecte os tópicos e subtópicos:**
- 4. Personalize e formate seu visual:**
- 5. Convide outras pessoas para colaborar no seu mapa conceitual.**

## **APÊNDICE D - A IMPORTÂNCIA DA APRENDIZAGEM BASEADA EM PROBLEMAS (ABP)**

Na concepção de Barrows (1986), a ABP representa um método de aprendizagem que tem por base a utilização de problemas como ponto de partida para a aquisição e integração de novos conhecimentos promovendo uma aprendizagem transdisciplinar centrada no aluno, sendo o professor um facilitador do processo de produção do conhecimento. Nesse processo, os problemas são um estímulo para a aprendizagem e para o desenvolvimento das habilidades de pesquisa e resolução.

Na definição dada por Delisle (2000, p. 5), a ABP é “uma técnica de ensino que educa apresentando aos alunos uma situação que leva a um problema que tem de ser resolvido”. Lambros (2004), em uma definição muito semelhante à de Barrows (1986), afirma que a ABP é um método de ensino que se baseia na utilização de problemas como ponto inicial para adquirir novos conhecimentos construídos a partir de um exercício transdisciplinar de pesquisa.

Já Barell (2007) interpreta a ABP como a curiosidade que leva à ação de fazer perguntas diante das dúvidas e incertezas sobre os fenômenos complexos do mundo, dos saberes e da vida cotidiana. Ele esclarece que, nesse processo, os alunos são desafiados a comprometer-se na busca pelo conhecimento, por questionamentos e investigação, para dar respostas aos problemas identificados.

A ABP conduz o aluno para a aprendizagem. Nesse caminho, o aluno busca resolver problemas a partir da sua área de conhecimento e de outras áreas construindo uma teia de relações de saberes transdisciplinares, com o foco na aprendizagem, tendo em vista desempenhar um papel ativo no processo de investigação e construção do conhecimento investigado.

A ABP produz conhecimento individual e grupal, de forma cooperativa e sistemática, e utiliza técnicas de análise crítica, para a compreensão e resolução de problemas de forma significativa e em interação contínua com o professor promovendo a religação dos saberes, a aquisição de conhecimentos transdisciplinares, o desenvolvimento de habilidades, de competências e atitudes em todo processo de aprendizagem, além de favorecer a aplicação de seus princípios em outros contextos da vida do aluno.

O benefício da interação que a ABP promove é fundamental para alcançar o sucesso na sua aplicação. Isso porque ela é necessária em todos os sentidos: com o tema Ondulatória e com o contexto do tema estudado, a relação entre os saberes, a interação entre os alunos e o professor

tutor. A estrutura da ABP se constrói sobre essa base, visto que a interação e a re ligação dos saberes são a chave do processo de aprendizagem significativa.

A estrutura da ABP foi concebida justamente para que o aluno desenvolva habilidades e capacidades para proceder à investigação de forma transdisciplinar e sistemática; para aprender a trabalhar em grupo cooperativo e alcançar os resultados da pesquisa, de forma satisfatória, complementando sua aprendizagem.

## APÊNDICE E – CURIOSIDADES

1. Por que a água do mar não fica azul quando colocada em uma garrafa pet?
2. Conchas soam como o oceano?
3. Porque o mar tem ondas e o Rio não?
4. Existem sons que não podemos ouvir?
5. Quem ‘ouve’? É o cérebro ou o ouvido?
6. Fones de ouvido são os mocinhos ou os grandes vilões da audição
7. Por que o celular tem que ser desligado ao embarcar no avião?

## APÊNDICE F – JÚRI SIMULADO

O júri simulado consiste numa dinâmica de grupo a ser utilizada, preferencialmente, quando se pretende abordar temas potencialmente geradores de polémicas. A prática simula um tribunal judiciário, em que os participantes têm funções predeterminadas. Os alunos serão divididos em três grupos: dois grupos de alunos de debatedores e uma equipe responsável pelo veredito (o júri popular) composta por 3 a 5 alunos. O papel da professora é o de coordenar a prática e apenas controlar o tempo para cada grupo defender sua tese e atacar a tese defendida pelo grupo oponente. O professor pode propor o tema ou pedir sugestões aos alunos. Ao final da prática, as questões lançadas pelos alunos poderão ser problematizadas pelo professor esclarecendo-as.

<b>ETAPAS</b>	<b>TEMPO</b>
Socializar as ideias nos grupos	10 min
Defesa da tese inicial	10 min (5 min para cada grupo)
Debate entre grupos	20 min
Considerações finais	10 min (5 min para cada grupo)
Veredito	5 min

**APÊNDICE G – CONCEITOS DA ONDULATÓRIA**

<b>GRUPO 1</b>	<b>GRUPO 2</b>	<b>GRUPO 3</b>	<b>GRUPO 4</b>	<b>GRUPO 5</b>
Conceito de onda; Características das ondas e propagação.	Reflexão e refração das ondas.	Difração e polarização das ondas.	Interferência das ondas.	Ondas sonoras.

## APÊNDICE H - JOGOS

Os jogos lúdicos são materiais que auxiliam o processo de ensino e aprendizagem. Atuam como um apoio indispensável para tais processos desde que favoreçam a construção do conhecimento dos alunos, estimulando o interesse nos conteúdos, participação e empenho.

Assim, os jogos são ferramentas que podem ser utilizadas para o desenvolvimento da aprendizagem dos alunos, pois, são adequados a situações que podem ser empreendidos em diferentes possibilidades tendo como objetivo, o prazer de jogar.

Além do prazer de jogar, o jogo é significativo para a construção do conhecimento, da autonomia, da organização do pensamento, desenvolvendo habilidades e capacidades nos estudantes.

De acordo com Lopes (2001), é eficiente aprender por jogos e, isso é válido para todas as idades, desde o maternal até a fase adulta. O jogo, possui componentes do cotidiano e o envolvimento desperta o interesse do aprendiz, que se torna sujeito ativo do processo.

Para Cabrera e Salvi (2005), os recursos lúdicos influenciam naturalmente o ser humano, que apresentam uma tendência à ludicidade, desde criança até a idade adulta. Este fator é influenciado pelo fato destas atividades envolverem as esferas motoras, cognitivas e afetivas dos indivíduos e assim, o ser que brinca e joga é também um ser que age, sente, pensa, aprende e se desenvolve intelectual e socialmente.

Segundo Volpato (2002), os jogos ocuparam lugar importante nas mais diversas culturas. Embora não haja conhecimento sobre a origem dos jogos, diversas civilizações antigas o utilizavam, dentre as quais podemos citar os egípcios, os romanos e os maias. Naquela época aplicavam-nos com o intuito de ensinar normas, valores e padrões de vida.

Não é por ventura que se apreendem a qualificação da compreensão dos alunos que praticam a aprendizagem constituída com jogos. Há observações, críticas, reflexões e entendimentos que adquirem a perspectiva de que o ensinamento com jogos possui uma relevante contribuição para a compreensão. As práticas de jogos possibilitam aos estudantes, a interação social quer seja no espaço escolar ou não.

Os estudantes ficaram mais motivadas para superar obstáculos, tanto cognitivos quanto emocionais. Assim, os jogos proporcionaram o diálogo em que o andamento das aprendizagens dos alunos surge a partir de problematizações e construções do conhecimento.

O uso de jogos tem como utilidade fazer com que os alunos gostem de aprender através deste, a mudança da rotina é necessária para despertar a participação e o interesse do aluno envolvido. A aprendizagem através de jogos, é um benefício para a construção do interesse em

aprender. A possibilidade de trazer o jogo para dentro da escola é uma possibilidade de pensar a educação numa perspectiva criadora, autônoma, consciente.

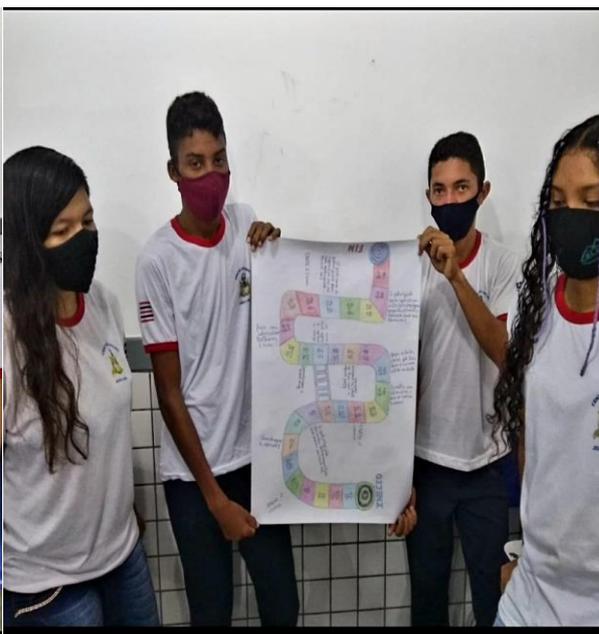
Como afirma Friedmann (1996), através do jogo, não somente abre-se uma porta para o mundo social e para a cultura como se encontra uma rica possibilidade de incentivar o seu desenvolvimento.

O manuseio e construção dos jogos são algo que contribuem para o fortalecimento do interesse do aluno, pois, o projeto desenvolve maneiras, com que os estudantes também contribuam e participem da construção dos jogos. Como discorre Pereira (2009), um bom jogo educativo terá o seu sucesso tanto quanto ele conseguir equilibrar a questão pedagógica com o estímulo e o desafio aos jogadores.

Nesse sentido, os jogos são uma alternativa viável e interessante para aprimorar as relações entre professor – aluno – conhecimento, reconhecendo que estes podem proporcionar ao indivíduo um ambiente agradável, motivador, prazeroso e rico em possibilidades, que torna mais simples a aprendizagem de várias habilidades.

Outra importante vantagem no uso de atividades lúdicas é a tendência em motivar o aluno a participar espontaneamente na aula (PEDROSO, 2009). Acrescenta-se a isso, o auxílio do caráter lúdico no desenvolvimento da cooperação, da socialização e das relações afetivas, e a possibilidade de utilizar jogos didáticos, de modo a auxiliar os alunos na construção do conhecimento em qualquer área.

## APÊNDICE I - JOGOS PRODUZIDOS PELOS ALUNOS



## APÊNDICE J – QUESTIONÁRIO FINAL

CURSO: ENSINO MÉDIO	SÉRIE:	SALA:	TURNO:
PROFESSOR(A): SANDRO A PORTELA			
ALUNO(A):			
QUESTIONÁRIO FINAL		DATA / /	

**OBSERVAÇÃO:** Para cada item abaixo, atribua uma nota de 1 a 5 de acordo com seu grau de concordância, seguindo o código:

- Nota 1: Discordo totalmente;
- Nota 2: Discordo parcialmente;
- Nota 3: Não concordo, nem discordo;
- Nota 4: Concordo parcialmente;
- Nota 5: Concordo totalmente.

*Após avaliar os itens, efetue a soma das notas e escreva o resultado no quadro indicado.*

ITENS	QUESTÕES	NOTAS
1	Os conteúdos utilizados na SDI lhe permitiram compreender mais como os conceitos da Ondulatória estão presentes em nosso dia a dia?	
2	A aplicação da SDI nas aulas de Física lhe proporcionou uma aprendizagem mais agradável?	
3	O compartilhamento dos seus conhecimentos adquiridos através da aplicação da SDI, nas aulas de Física, com a diversificação das atividades, como os mapas conceituais, ABP, o júri simulado e os jogos didáticos contribuíram para ampliar sua aprendizagem na disciplina?	
4	Abordar temas de interesse coletivo como som, celular, internet é essencial para melhorar a qualidade das aulas de Física?	
5	As aulas de física lhe permitiu associar os conteúdos da Física com outras áreas do conhecimento?	
6	A utilização dessa metodologia se fez oportuna, pois não se baseia apenas nas aplicações de fórmulas matemáticas?	
7	As aulas de Física que utilizam apenas quadro e pincel são cansativas e pouco privilegiam a participação do aluno na construção do conhecimento?	
8	A SDI proporcionou o trabalho em equipe entre os alunos, cujo conhecimento produzido pôde ser compartilhado com a comunidade escolar?	
Soma	Escreva a soma das notas no quadro ao lado	

*Obrigado!*

## **ANEXO A – TERMO DE CONSENTIMENTO LIVRE E ESCLARECIDO**

Você está sendo convidado (a) para participar, como voluntário (a), do Projeto de Pesquisa sob o título **“SEQUÊNCIA DIDÁTICA INTERATIVA (SDI) COMO ESTRATÉGIA NA MEDIAÇÃO DA APRENDIZAGEM SIGNIFICATIVA DOS CONCEITOS DA ONDULATÓRIA”**. Após receber os esclarecimentos e as informações a seguir, no caso de aceitar fazer parte do estudo, assine ao final deste documento, que está em duas vias. Uma delas é sua e a outra é do pesquisador responsável. Em caso de recusa, você não sofrerá qualquer tipo de penalidade, de forma alguma. Meu nome é Sandro Alvarenga Portela, professor de Física responsável pela pesquisa sob a orientação da Prof.<sup>a</sup> Dra. Hilda Mara Lopes Araújo. Nesse trabalho, vamos desenvolver e aplicar a SDI que pretende analisar como o uso dessa estratégia de ensino pode potencializar a aprendizagem de um determinado conteúdo no ensino de Física. Esclarecemos ainda que não haverá nenhum tipo de pagamento ou gratificação financeira pela sua participação. Garantimos também sigilo que assegura a sua privacidade quanto aos dados confidenciais envolvidos na pesquisa. E reiteramos mais uma vez que você tem toda liberdade de se recusar a participar ou retirar seu consentimento, em qualquer fase da pesquisa, sem penalização alguma e sem prejuízo ao seu cuidado.

Em caso de dúvida sobre a pesquisa, você poderá entrar em contato com o pesquisador responsável nos telefone (86) 988542148 ou pelo e-mail [saportela2018@gmail.com](mailto:saportela2018@gmail.com).

### **Consentimento livre e esclarecido**

Declaro que compreendi os objetivos desta pesquisa, como ela será realizada, os riscos e benefícios envolvidos e concordo em participar voluntariamente da pesquisa. Foi-me garantido que posso retirar meu consentimento a qualquer momento, sem que isto acarrete qualquer penalidade. Dou meu consentimento para que a equipe de pesquisadores que elaboraram o questionário utilize os dados por mim fornecidos, de forma anônima, em relatórios, artigos e apresentações.

**CONSENTIMENTO DA PARTICIPAÇÃO DA PESSOA COMO SUJEITO DA PESQUISA**

Eu, \_\_\_\_\_, abaixo assinado, concordo em participar do estudo como sujeito. Fui devidamente informado (a) e esclarecido (a) pelo pesquisador prof. Sandro Alvarenga Portela sobre a pesquisa, os procedimentos nela envolvidos, assim como os possíveis riscos e benefícios, caso existam, decorrentes de minha participação. Foi-me garantido que posso retirar meu consentimento a qualquer momento, sem que isto leve a qualquer penalidade.

Local e data \_\_\_\_\_, \_\_\_\_\_ de agosto de 2021.

\_\_\_\_\_  
Assinatura do participante

Eu, prof. Sandro Alvarenga Portela, obtive de forma voluntária o Termo de Consentimento Livre e Esclarecido do sujeito da pesquisa.

## ANEXO B – DISCUTINDO OS CONCEITOS DA ONDULATÓRIA

As ondas estão em todas as áreas de estudo da Física. Conforme Feynman (2008, p. 489) “as ondas estão relacionadas aos sistemas oscilantes, exceto que as oscilações de onda aparecem não apenas como oscilações do tempo em um lugar, mas se propagam no espaço também”. De acordo com Nussenzveig (2002), Halliday, Resnick e Walker (2009), o estudo dos fenômenos ondulatórios está ligado aquele que é um dos conceitos mais importantes da Física, no caso, o próprio conceito de onda.

Sobre o conceito de onda, de acordo com Nussenzveig (2002, p.98), “qualquer sinal que se transmite de um ponto a outro de um meio com velocidade definida”. O autor ainda complementa que, enquanto ocorre essa propagação entre os dois pontos, não se tem transporte de matéria, percebe-se a condução de energia e de momento.

Além do mais, durante um terremoto, o movimento das placas tectônicas que compõem a crosta terrestre, contém ondas elásticas. Em peças musicais, de roda de pagode ao concerto de uma orquestra sinfônica, tem-se a propagação de ondas sonoras.

Portanto, desde de situações que envolvem a dita física clássica ou newtoniana, até a contemporânea física moderna, percebe-se o envolvimento de ondas (FEYNMAN, 2008; HALLIDAY; RESNICK; WALKER, 2009).

Nesta seção será realizada uma breve revisão sobre os temas abordados para a aplicação do produto educacional que é proposto, a utilização de Metodologias Ativas, tendo como foco uma abordagem introdutória sobre o estudo de Ondas, destacando as partes mais elementares que compõem a mesma, passando pela determinação de grandezas como o Período (T) e da Frequência (f), assim como a Equação Fundamental da Ondulatória e a classificação de uma onda quanto à sua direção de propagação, dimensão e natureza.

Ao abordar os fenômenos ondulatórios, haverá um destaque para: Reflexão, Refração, Difração, Interferência e Polarização.

Conforme Halliday, Resnick e Walker (2009), as ondas podem ser de três tipos: mecânicas, eletromagnéticas e de matéria:

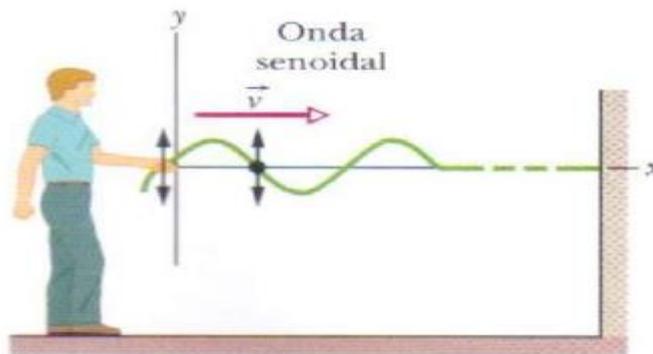
- As ondas mecânicas são encontradas constantemente, a exemplo das ondas do mar, ondas sonoras e até mesmo ondas sísmicas, de forma que há entre elas características em comum de serem governadas pelas leis de Newton e de necessariamente estarem atreladas a algum meio material, como a água, o ar ou até mesmo as rochas;

- As ondas eletromagnéticas apesar de serem menos familiares, estão entre as mais usadas, como a luz visível, a luz ultravioleta, as ondas de rádio e de televisão, as microondas, os raios X e as ondas de radar. Estas ondas não precisam de um meio material para existir. As ondas luminosas provenientes das estrelas, por exemplo.

- As ondas de matéria são usadas nos laboratórios e estão associadas a elétrons, prótons e outras partículas elementares, e mesmo a átomos e moléculas

Uma onda pode ser classificada ainda tomando em consideração a direção de propagação na qual a perturbação ocorre, podendo ser classificada em: unidimensional (ondas numa corda), bidimensional (ondas na superfície da água), tridimensional (ondas sonoras).

**Figura 2- Onda senoidal**



**Fonte:** Halliday, Resnick e Walker (2009)

Uma das perspectivas em que se pode estudar a onda da Figura 2 é através da análise da forma de onda, ou seja, a forma assumida pela corda em um dado instante. Outro modo consiste em observar o movimento de um elemento da corda enquanto oscila para cima e para baixo por causa da passagem da onda.

Usando o segundo método, é possível constatar que o deslocamento dos elementos da corda é sempre perpendicular à direção de propagação da onda. Este movimento é chamado de transversal, e dizemos que a onda que se propaga em uma corda é uma onda transversal.

Considere uma onda sonora produzida por um êmbolo em um tubo com ar. O deslocamento do êmbolo brusco, para um dos lados retornando para sua posição inicial, envia um pulso sonoro ao longo do tubo. O movimento do êmbolo para a direita empurra as moléculas do ar para a direita, aumentando a pressão do ar nessa região. Com o aumento da pressão, o ar empurra as moléculas vizinhas, que empurra suas vizinhas e assim por diante.

O movimento do êmbolo para o sentido contrário proporciona uma redução da pressão do ar na região, puxando as moléculas para o mesmo sentido e assim por diante. O movimento

do ar e as variações da pressão do ar se propagam para a direita ao longo do tubo na forma de um pulso (HALLIDAY, RESNICK E WALKER, 2009).

Se o êmbolo se desloca para a frente e para trás em um movimento harmônico simples, uma onda senoidal se propaga ao longo do tubo, como o movimento das moléculas de ar é paralelo à direção de propagação tanto as ondas transversais como as ondas longitudinais são chamadas de ondas progressivas quando se propagam de um lugar a outro.

### 3.1 Comprimento de onda e Frequência

Para uma melhor compreensão de uma onda em uma corda, é necessária uma função que forneça a forma da onda. Para tal, é necessário realizar uma relação da forma  $y = h(x, t)$ , onde  $y$  é o deslocamento transversal de um elemento da corda e  $h$  é uma função do tempo  $t$  e da posição  $x$  do elemento na corda.

Neste trabalho, será usado a função seno para descrever a forma senoidal da onda, se propagando no sentido positivo de um eixo  $x$ . Em uma corda, os elementos oscilam paralelamente ao eixo  $y$ .

Em um tempo  $t$ , o deslocamento  $y$  de qualquer elemento da corda na posição  $x$  é obtido por,

$$y(x, t) = y_m \sin(kx - \omega t) \quad \text{Eq. 01.}$$

Essa equação se propõe a encontrar o deslocamento da onda sobre o eixo  $x$  em função do tempo  $t$  através da relação entre a amplitude “ $y_m$ ” com seu fator oscilatório, que é composto pelas grandezas, posição ( $x$ ), frequência angular ( $\omega$ ) e o tempo ( $t$ ).

A amplitude  $y_m$  (o índice  $m$  significa máximo) de uma onda, é o módulo do deslocamento máximo dos elementos a partir da posição de equilíbrio quando a onda passa por eles. O  $y_m$  é um módulo, conforme a Eq. 01, é sempre uma grandeza positiva, mesmo que seja medido para baixo e não para cima. A fase da onda é o argumento  $kx - \omega t$  do seno da Eq. 01.

Quando a onda passa por um elemento da corda em uma certa posição  $x$  a fase varia linearmente com o tempo  $t$ . Isso significa que o seno também varia, oscilando entre +1 e -1. O

valor extremo positivo (+1) corresponde à passagem pelo elemento de crista da onda, que é o ponto mais alto da onda, esse ponto também é conhecido como pico.

O valor extremo negativo (-1) corresponde à passagem pelo elemento de um vale da onda, nesse instante, o valor de  $y$  na posição  $x$  é  $-y_m$ , esse elemento também pode ser denominado como depressão.

Assim, a função seno e a variação com o tempo da fase da onda correspondem à oscilação de um elemento da corda, e a amplitude da onda determina os extremos do deslocamento do elemento. É possível observar o comprimento de onda, simbolizado por  $\lambda$ , sendo a menor distância além da qual a onda se repete, podendo ser a distância entre cristas, por exemplo. Considerando um tempo  $t = 0$ , nesse momento a Eq. 01 será descrita da seguinte forma,

$$y(x, 0) = y_m \sin kx \quad \text{Eq. 02}$$

Por definição, o deslocamento  $y$  é o mesmo nas duas extremidades do comprimento de onda, ou seja, em  $x = x_1$  e  $x = x_1 + \lambda$ . Dessa forma, de acordo com a Eq. 02,  $y_m \sin kx = y_m \sin k(x_1 + \lambda) = y_m \sin (kx_1 + k\lambda)$  Eq. 03.

### 3.1.1 Componentes de uma onda

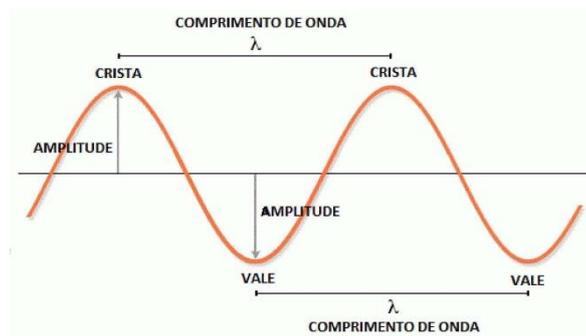
A amplitude  $y_m$  (o índice  $m$  significa máximo) de uma onda, conforme a Figura 3, é o módulo do deslocamento máximo dos elementos a partir da posição de equilíbrio quando a onda passa por eles. O  $y_m$  é um módulo, conforme a Eq. 01, é sempre uma grandeza positiva, mesmo que seja medido para baixo e não para cima.

A fase da onda é o argumento  $kx - \omega t$  do seno da Eq. 01. Quando a onda passa por um elemento da corda em uma certa posição  $x$  a fase varia linearmente com o tempo  $t$ . Isso significa que o seno também varia, oscilando entre +1 e -1.

O valor extremo positivo (+1) corresponde à passagem pelo elemento de crista da onda, que é o ponto mais alto da onda, conforme a Figura 3, esse ponto também é conhecido como pico.

O valor extremo negativo (-1) corresponde à passagem pelo elemento de um vale da onda, nesse instante, o valor de  $y$  na posição  $x$  é  $-y_m$ , esse elemento também pode ser denominado como depressão. Assim, a função seno e a variação com o tempo da fase da onda correspondem à oscilação de um elemento da corda, e a amplitude da onda determina os extremos do deslocamento do elemento.

**Figura 3 – Os componentes de uma onda.**



**Fonte:** <https://athoselectronics.com/wp-content/uploads/2019/08/comprimento-de-onda.gif>

Na figura 3, é possível observar o comprimento de onda, simbolizado por  $\lambda$ , sendo a menor distância na qual a onda se repete, podendo ser a distância entre cristas, por exemplo. Considerando um tempo  $t = 0$ , nesse momento a Eq. 01 será descrita da seguinte forma,

$$y(x, 0) = y_m \text{ sen } kx \quad \text{Eq. 04}$$

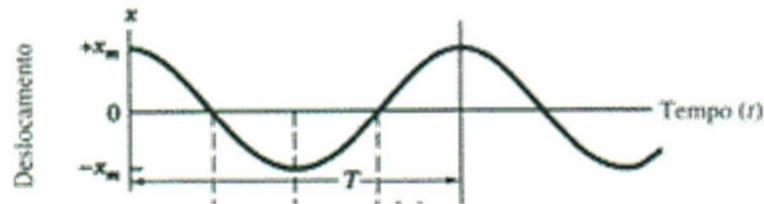
Uma função seno começa a se repetir quando o seu ângulo aumenta de  $2\pi$  rad, assim a Eq. 04 deve ter  $k\lambda = 2\pi$ . Deve-se observar que o parâmetro  $k$  é chamado de **número de onda** e sua unidade no SI é o radiano por metro, ou  $\text{m}^{-1}$ .

A Figura 4 apresenta um gráfico do deslocamento de  $y$  da Eq. 01 em função do tempo  $t$  em uma certa posição na corda, tomada como sendo  $x = 0$ . A corda realiza um movimento harmônico simples dado pela Eq. 01 com  $x = 0$ :

$$\begin{aligned} y(0, t) &= y_m \text{ sen } (-\omega t) \\ &= -y_m \text{ sen } \omega t \quad (x = 0) \end{aligned} \quad \text{Eq. 05}$$

onde é feito o uso do fato de que  $\text{sen } (-\alpha) = -\text{sen } \alpha$  para qualquer valor de  $\alpha$ . A Figura 4 é um gráfico dessa equação, mas não mostra a forma da onda.

**Figura 4 - Gráfico do deslocamento do elemento da corda situado em  $x = 0$  em função do tempo.**



Fonte: <http://cienciaemtodaparte.blogspot.com/2014/07/oscilacoes-o-movimento-harmonico-simples.html>

É definido o **período**  $T$  de oscilação de uma onda como o tempo que um elemento da corda leva para realizar uma oscilação completa.

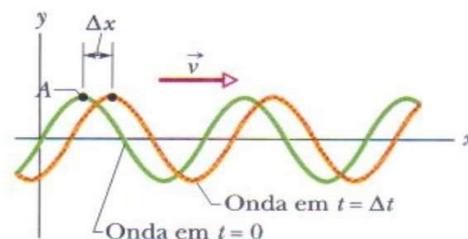
Assim como a frequência de um oscilador harmônico simples, a frequência  $f$  é o número de oscilações por unidade de tempo, nessa abordagem, o número de oscilações realizadas por um elemento da corda, sendo mediada em hertz.

### 3.2 A velocidade de uma onda

Para calcular a velocidade da onda da Figura 4, quando a mesma se move, cada ponto da forma de onda como o ponto A assinalado em um dos picos, conservando seu deslocamento  $y$ . Se o ponto A conserva seu deslocamento quando se move a fase da Eq. 01, que determina esse deslocamento, deve permanecer constante:

$$kx - \omega t = \text{constante} \quad \text{Eq. 09}$$

**Figura 5 – Dois instantâneos de uma onda quanto  $t = 0$  e  $t = \Delta t$ .**



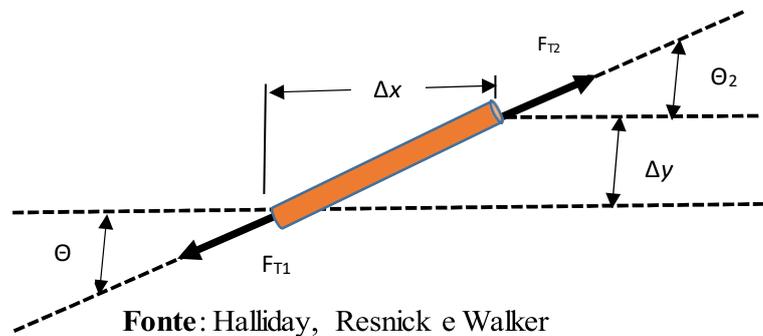
Fonte: Halliday, Resnick e Walker (2009).

Na Eq. 09, o argumento se mantém constante, mas  $x$  e  $t$  estão variando, de forma que quando o  $t$  aumenta, o  $x$  também deve variar para que o argumento se mantenha constante, por isso a onda se move no sentido positivo de  $x$ .

A equação  $v = \lambda/T$  informa que a velocidade da onda é igual a um comprimento de onda por período, de forma que a onda se desloca de uma distância igual a um comprimento de onda em um período de oscilação.

Conforme indica Tipler e Mosca (2016), através da aplicação da segunda lei de Newton sobre um segmento de corda, que é apresentado na Figura 6, para deduzir uma equação diferencial conhecida como equação de onda.

**Figura 6 – Segmento de corda tensionada, usado para dedução da equação da onda.**



Considerando os ângulos  $\theta_1$  e  $\theta_2$  como pequenos e que o comprimento do segmento de corda seja igual a  $\Delta x$  e sua massa  $m = \mu \Delta x$ , sendo  $\mu$  é a massa por comprimento unitário da corda. A força horizontal é zero. Isto é,

$$\Sigma F_x = FT_2 \cos \theta_2 - FT_1 \cos \theta_1 = 0$$

onde  $\theta_2$  e  $\theta_1$  são os ângulos mostrados e  $FT$  é a tração na corda. Sendo os ângulos pequenos, é possível aproximar  $\cos \theta$  por 1, para cada ângulo. Assim, a força horizontal resultante sobre o segmento pode ser escrita como

$$\Sigma F_x = FT_2 - FT_1 = 0$$

Então,

$$F_{T2} = F_{T1} = 0$$

O segmento se move verticalmente e a força resultante nesta direção é

$$\Sigma F_y = F_T \sin \theta_2 - F_T \sin \theta_1$$

### 3.3 O princípio da superposição para ondas

Como os ângulos são considerados como pequenos, é possível aproximar  $\sin \theta$  por  $\tan \theta$ , para cada ângulo. Assim, a força vertical resultante sobre o segmento de corda pode ser escrita como

$$\Sigma F_y = F_T (\sin \theta_2 - \sin \theta_1) \approx F_T (\tan \theta_2 - \tan \theta_1)$$

A tangente do ângulo formado pela corda com a horizontal é a inclinação da linha tangente à corda. A inclinação  $S$  é a primeira derivada de  $y(x,t)$  em relação a  $x$ , para  $t$  constante. Uma derivada de uma função de duas variáveis, em relação a uma delas, a outra variável sendo mantida constante, é chamada de **derivada parcial**.

Conforme apresentam Halliday, Resnick e Walker (2009), corriqueiramente duas ou mais ondas podem passar simultaneamente por uma mesma região, nas mais diversas situações, como em uma feira, onde há muitas pessoas reunidas, ou em um show musical, onde vários instrumentos são manuseados, promovendo a chegada de inúmeras ondas aos ouvidos dos que ali estão.

A soma desses deslocamentos significa que ondas superpostas se somam algebricamente para produzir uma **onda resultante** ou **onda total**. Observa-se, então, outro exemplo do **princípio de superposição**, segundo o qual, quando vários efeitos ocorrem simultaneamente o efeito total é a soma dos efeitos individuais.

### 3.4 Interferência de ondas

Halliday, Resnick e Walker (2009), propõem que ao produzirmos duas ondas senoidais de mesmo comprimento de onda e amplitude que se propagam no mesmo sentido em uma corda. O princípio da superposição pode ser usado. Que forma tem a onda resultante?

A forma da onda resultante depende da fase relativa das duas ondas, se as ondas estão exatamente em fase (ou seja, se os picos e os vales de uma onda estão exatamente alinhados com os da outra), o deslocamento total a cada instante é o dobro do desdobramento que seria produzido por apenas uma das ondas. Se estão totalmente defasadas (ou seja, se o pico de uma onda está exatamente alinhado com o vale da outra), elas se cancelam mutuamente e o deslocamento é zero, assim a corda permanece parada.

O fenômeno de combinação de ondas recebe o nome de interferência, e dizemos que as ondas interferem entre si (o termo se refere apenas aos deslocamentos, a propagação das ondas não é afetada).

### **3.5 Ondas estacionárias**

Durante o estudo sobre interferências das ondas, é considerado duas ondas senoidais de mesmo comprimento de onda e mesma amplitude que se propagam no mesmo sentido em uma corda.

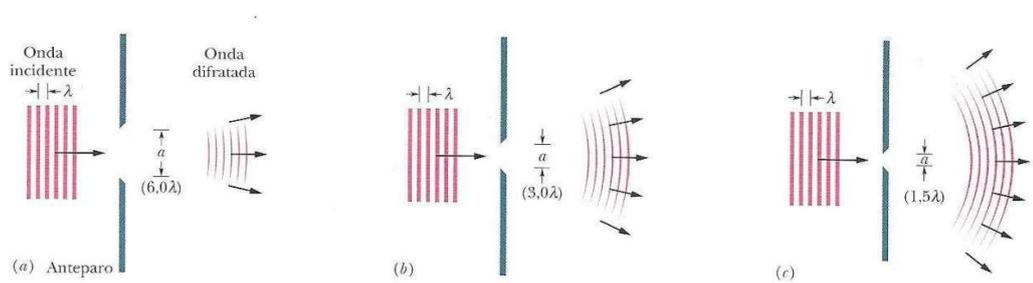
Conforme Halliday, Resnick e Walker (2009) “se duas ondas senoidais de mesma amplitude e mesmo comprimento de onda se propagam em sentidos opostos em uma corda, a interferência mútua produz uma onda estacionária que pode ser analisada através das equações que representam as duas Ondas.

### **3.6 Difração**

Como já foi dito, baseado em Halliday, Resnick e Walker (2009), a luz é uma onda eletromagnética, fato esse comprovado experimentalmente no início do século XIX, pelo inglês Thomas Young (1773 – 1829), sendo que, para essa compreensão ser realizada, é necessário conhecer o conceito de difração de uma onda.

Quando uma onda encontra um obstáculo que possui uma abertura de dimensões comparáveis ao comprimento de onda, a parte da onda que passa pela abertura se alarga, é difratada, na região que fica do outro lado do obstáculo. Esse alargamento ocorre de acordo com o princípio de Huygens. A difração não está limitada apenas às ondas luminosas, mas pode ocorrer como ondas de todos os tipos.

**Figura 7 – Difração de uma onda.**



Fonte: Halliday, Resnick e Walker (2009).

A Figura 7 apresenta um esquema de como ocorre a difração para uma onda plana incidente de comprimento de onda  $\lambda$  encontrando uma fenda de largura  $a = 6,0 \lambda$  em um anteparo perpendicular ao plano do papel. Depois de atravessar a fenda, a onda se alarga. Na sequência, é ilustrado a principal propriedade da difração, **quanto mais estreita a fenda, maior a difração**.

Percebe-se que a difração representa uma limitação para a óptica geométrica, na qual as ondas eletromagnéticas são representadas por raios. Quando é tentado formar um raio.

O que ocorre, é quanto mais reduzido a largura da fenda, objetivando-se produzir um feixe mais estreito, maior é o alargamento causado pela difração. Dessa forma, a óptica geométrica só é válida quando as fendas ou outras aberturas que a luz atravessa não têm dimensões da mesma ordem ou menores que o comprimento de onda da luz.

### 3.7 Polarização

Segundo Halliday, Resnick e Walker (2009), as antenas de televisão inglesas são orientadas na vertical, e as americanas são orientadas na horizontal, tal diferença é motivada devido a direção de oscilação das ondas eletromagnéticas que transportam o sinal de televisão.

Essa orientação das antenas é devido a polarização das ondas, no caso da Inglaterra, o campo elétrico oscila na vertical, onde esse campo elétrico das ondas de televisão produzem uma corrente na antena, fornecendo um sinal ao receptor da televisão, de forma que a antena esteja na vertical. Nos Estados Unidos, assim como no Brasil, as ondas de televisão são polarizadas horizontalmente.

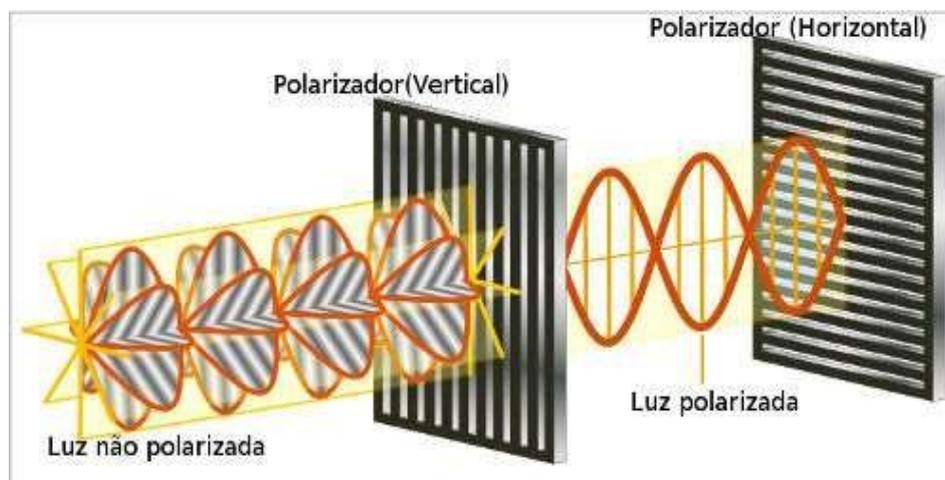
As ondas eletromagnéticas geradas por um canal de televisão têm sempre a mesma polarização, mas as ondas eletromagnéticas emitidas por uma fonte de luz comum, como a

do Sol ou de uma lâmpada elétrica, são polarizadas aleatoriamente ou não polarizadas, termos esses que possuem o mesmo significado. Isso significa que a direção do campo elétrico muda aleatoriamente com o tempo, embora se mantenha perpendicular à direção de propagação da onda.

É possível transformar a luz não-polarizada em polarizada fazendo-a passar por um filtro polarizador, como mostra a Figura 8. Esses filtros, conhecidos comercialmente como filtros Polaroid, que foram inventados em 1932 por Edwin Land quando era um estudante universitário.

Esse filtro polarizador é uma folha de plástico que contém moléculas longas. Durante o processo de fabricação a folha é esticada, o que faz com que as moléculas se alinhem. Quando a luz passa pela folha, as componentes do campo elétrico paralelas as moléculas conseguem atravessá-la, mas as componentes perpendiculares às moléculas são absorvidas e desaparecem.

**Figura 8 – Onda eletromagnética sendo polarizada.**



**Fonte:** Brasil Escola (2020).

Ao contrário de examinar o comportamento individual das moléculas é possível atribuir ao filtro como um todo uma direção de polarização, a direção que o componente do campo elétrico deve ter para atravessar o filtro, onde a componente do campo elétrico paralela à direção de polarização é transmitida por um filtro polarizador, assim a componente perpendicular é absorvida.

O campo elétrico da luz que sai de um filtro polarizador contém apenas a componente paralela à direção de polarização do filtro, o que significa que a luz está polarizada nessa direção.

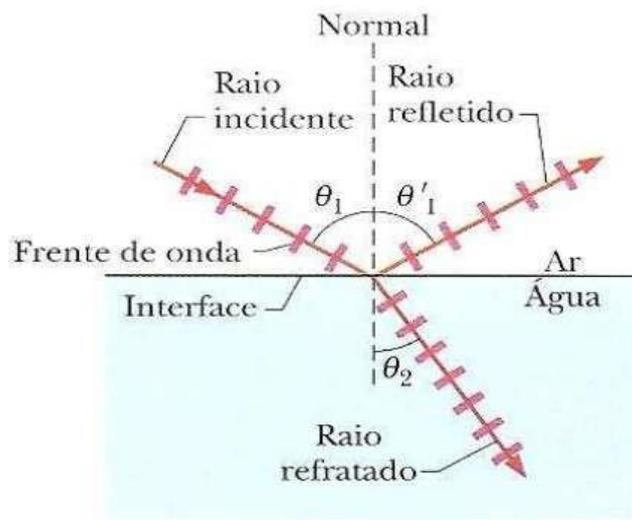
### 3.8 Reflexão e Refração

Conforme as ondas luminosas se espalham ao se afastar de uma fonte, a hipótese de que a luz se propaga em linha reta, constitui frequentemente uma boa aproximação. A óptica geométrica é responsável pelo estudo das propriedades das ondas luminosas usando essa aproximação (HALLIDAY, RESNICK, WALKER, 2009).

Um feixe luminoso estreito, o feixe incidente, proveniente da esquerda e que se propaga no ar, encontra uma superfície plana de água. Parte da luz é **refletida** pela superfície, conforme é mostrado na Figura 9, formando um feixe que se propaga para cima e para a direita, como se o feixe original tivesse ricocheteado na superfície.

O resto da luz penetra na água, formando um feixe que se propaga para baixo e para a direita. Como a luz pode se propagar na água, é dito que a água é transparente. Existem ainda os meios translúcidos e os opacos.

**Figura 9 – Representação dos raios refletidos e raios refratado.**



**Fonte:** Halliday, Resnick e Walker (2009).

A Figura 9 também apresenta a passagem da luz por uma superfície, ou interface, que separa dois meios diferentes, esse fenômeno é conhecido por refração. A menos que o raio

incidente seja perpendicular à interface, a refração muda a direção de propagação da luz. A mudança de direção ocorre apenas na interface, após a passagem pela superfície, a luz se propaga em linha reta, como no ar.

Os feixes luminosos, ondas eletromagnéticas, que são representados na Figura 9, por um raio incidente, um raio refletido e um raio refratado, além das frentes de onda associadas.

A orientação desses raios é medida em relação a uma direção, conhecida como normal, que é perpendicular à interface no ponto em que ocorrem a reflexão e a refração. O ângulo de incidência é  $\theta_1$ , o ângulo de reflexão é  $\theta'_1$  e o ângulo de refração é  $\theta_2$ , todos medidos em relação à normal.

O plano que contém o raio incidente e a normal é o plano de incidência, que é o plano do papel na Figura 9. Tanto a reflexão e a refração obedecem às leis resultantes de experimentos, sendo elas:

**Lei da reflexão:** o raio refletido está no plano de incidência e tem um ângulo de reflexão igual ao ângulo de incidência, conforme a Equação 23,

$$\theta'_1 = \theta_1 \quad (\text{reflexão}) \text{ Eq. 23}$$

**Lei da refração:** O raio refratado está no plano de incidência e tem um ângulo de refração  $\theta_2$  que está relacionado ao ângulo de incidência  $\theta_1$  através da equação 24

$$n_2 \sin \theta_2 = n_1 \sin \theta_1 \quad (\text{refração}) \text{ Eq. 24}$$

tanto  $n_1$  como  $n_2$  são constantes adimensionais, denominadas índices de refração, que dependem do meio onde a luz está se propagando. A Eq. 24, é conhecida como lei de Snell.

Considerando que a fundamentação teórica tenha sido abordada, se faz necessário apresentar na próxima seção todo o percurso metodológico utilizado para solidificar esse trabalho.