



ONDAS MECÂNICAS: ensino pelo método investigativo

MECHANICAL WAVES: teaching using the inquiry-based approach

LUCÉLIA ANDRADE FRANÇA¹, OLAVO LEOPOLDINO DA SILVA FILHO²,
MARCELLO FERREIRA², MARCOS ROGÉRIO MARTINS COSTA²

¹Centro de ensino em período integral Maria Ribeiro Carneiro

²Instituto de física, Universidade de Brasília, UnB

Resumo

Atualmente nas escolas brasileiras, a metodologia de ensino por transmissão/recepção é muito utilizada como único recurso por muitos professores; nela, o professor tem papel de destaque, sendo detentor de todos os saberes. Nesse ambiente educativo, o aluno não consegue exercer o seu protagonismo, participar ativamente do seu processo de aprendizagem, não encontrando significado para aquela aula. Nesse contexto, objetivou-se com essa pesquisa, elaborar e aplicar uma sequência didática sobre ondas mecânicas, assim como, analisar seus resultados, utilizando atividades investigativas fundamentadas pela teoria da aprendizagem significativa de Ausubel (TAS), para alunos do 9o ano do ensino fundamental. Com os as atividades propostas, os alunos tiveram oportunidade de participar mais ativamente das aulas, expondo suas hipóteses, trabalhando colaborativamente com os colegas, expondo suas ideias, interagindo com o professor e tendo seus conhecimentos prévios considerados, pois na TAS são de extrema importância, à medida que servem como ponte cognitiva para a ancoragem de novos conceitos. Para os estudantes, as atividades da sequência didática se constituíram como uma metodologia atrativa, quando evidenciamos alunos mais envolvidos e motivados no ambiente escolar.

Palavras-chave: Ondas Mecânicas. Ensino por investigação. Aprendizagem Significativa.

Abstract

Currently in Brazilian schools, the teaching methodology by transmission/reception is very used as the only resource by many teachers; in it, the teacher has a prominent role, holding all knowledge. In this educational environment, the student cannot exercise their protagonism, actively participate in their learning process, not finding meaning for that class. In this context, the objective of this research was to elaborate and apply a didactic sequence on mechanical waves, as well as analyze its results, using investigative activities based on Ausubel's theory of meaningful learning (TAS), for students in the 9th year of elementary school. With the proposed activities, the students had the opportunity to participate more actively in the classes, exposing their hypotheses, working collaboratively with colleagues, exposing their ideas, interacting with

the teacher and having their previous knowledge considered, because in the TAS they are of extreme importance, as that serve as a cognitive bridge for the anchoring of new concepts. for students, the activities of the didactic sequence were constituted as an attractive methodology, when we show more involved and motivated students in the school environment.

Keywords: Mechanical Waves. Inquiry-based teaching. Meaningful Learning.

I. INTRODUÇÃO

Para ensinar ciências na escola, está à disposição do professor um vasto conjunto de referenciais teóricos, metodologias e tecnologias da educação. A despeito disso, ainda hoje, a estratégia mais utilizada pela maioria dos professores é a metodologia por transmissão/recepção, resultando, no mais das vezes, em uma aprendizagem mecânica, aquela praticamente sem significado, puramente memorística, que serve para as provas e esquecida, apagada, logo após. (MOREIRA, 2012, p.12). Essa aprendizagem arbitrária gera uma organização de informações com pouca ou nenhuma interação com conceitos ou proposições relevantes, existentes na estrutura cognitiva do aprendiz (SCHNETZLER, 1992). Neste modelo psicopedagógico centrado na transmissão-recepção, Schnetzler (1992, p. 17) explica que,

os conteúdos científicos a serem ensinados são vistos como segmentos de informações que devem ser depositados pelo professor na "cabeça vazia" do aluno. Por isso, é o professor o agente ativo no processo, já que fala 90% do tempo em sala de aula tentando "passar" ou "cobrir" o conteúdo para alunos silenciosos, os quais devem passivamente internalizá-lo e reproduzi-lo em termos verbatim nas avaliações.

Escolhendo esse método como único recurso, o professor retira o protagonismo do aluno, visto que, aprender apenas receptivamente significa que o aprendiz não precisa descobrir para aprender (MOREIRA, 2012, p.13). Dessa forma, então, como propor um método de ensinar ciências?

Com essa questão em mente, propomos, neste trabalho, uma sequência didática sobre ondas mecânicas, utilizando a metodologia de ensino por investigação, isto é, utilizando atividades investigativas (ZÔMPERO; LABURÚ, 2011), fundamentadas teoricamente pela teoria da aprendizagem significativa (TAS) de David Ausubel, que, ao descrever o processo de aprendizagem, destaca a importância do conhecimento prévio dos alunos como fator isolado mais importante na determinação do processo de ensino. (VIEIRA, 2012, p. 4).

Neste contexto, uma possível convergência entre os princípios estabelecidos pelo ensino por investigação e a TAS nos levam a propor nesta sequência atividades com o propósito de: retomar as ideias prévias dos alunos, considerando que elas possuem extrema importância, servindo como ponte cognitiva para novos conhecimentos; propor problemas, que atuam como estímulo ao processo investigativo; levantar hipóteses, associadas ao problema proposto, permitindo aos alunos testar suas ideias e construir suas argumentações; avaliar ideias, estabelecendo justificativas ou refutações (SASSERON, 2013); desenvolver habilidades dialógicas e a capacidade de inferir conhecimentos científicos, associando-os a situações

cotidianas; formar alunos críticos e reflexivos, que saibam se comunicar com a sociedade e, principalmente, no aprendizado da ciência.

As atividades da sequência didática foram desenvolvidas com alunos do 9º ano do Ensino Fundamental II e representam uma análise e reflexão a respeito de atividades investigativas fundamentadas pela TAS de Ausubel, que abordaram o reconhecimento das propriedades das ondas, o levantamento inicial das variáveis pertinentes ao movimento ondulatório, a classificação das direções de propagação e de vibração das ondas e, por fim, vivenciar situações de produção e análise de sons, diferenciando timbre, altura e intensidade sonora (volume).

II. REFERENCIAL TEÓRICO

O ensino de ciências por investigação chega às salas de aulas brasileiras como alternativa metodológica frente ao ensino tradicional de ciências, aqui considerado como aquele meramente expositivo, em que o professor faz do quadro e dos livros didáticos seus únicos recursos e sua estratégia metodológica se encontra fundamentada na ideia de um processo de transmissão-recepção unidirecional, sem o concurso da dialogia como elemento imanente à abordagem.

Ao revisarmos na literatura sobre o conceito de ensino por investigação, encontramos muitas definições: para (SÁ et al., 2008) este ensino surge como estratégia didática, que proporciona atividades centradas no aluno, desenvolvendo, assim, sua autonomia e possibilitando a capacidade de tomar decisões e resolver problemas. Já Aulls e Shore apud Baptista (2010) indicam que os termos descoberta e resolução de problemas foram os mais utilizados pelos investigadores educacionais a partir dos anos 60. Clement et al. (2015, p. 117) apontam que o ensino por investigação prevê, dentre outros aspectos, uma participação ativa do estudante no processo de ensino e aprendizagem, o que lhes atribui maior controle sobre a sua própria aprendizagem. Ressalta-se ainda que,

apesar da grande diversidade de visões acerca do que é ensino por investigação, acreditamos que as diferentes propostas existentes podem ser melhor compreendidas a partir de uma mesma preocupação, qual seja, a de reconhecer que há um grande distanciamento entre a ciência ensinada nas escolas e a ciência praticada nas universidades, em laboratórios e outras instituições de pesquisa (MUNFORD; LIMA, 2007, p. 92).

Por outro lado, é importante salientar que:

a investigação é utilizada no ensino com outras finalidades, como o desenvolvimento de habilidades cognitivas nos alunos, a realização de procedimentos como elaboração de hipóteses, anotação e análise de dados e o desenvolvimento da capacidade de argumentação (ZÔMPERO; LABURÚ, 2011, p. 73).

Todas essas habilidades descritas anteriormente, levam ao que Sasseron e Carvalho (2008) chamam de Alfabetização Científica, que, de acordo com Carvalho (2013, p. 45), significa oferecer condições para que os estudantes possam tomar decisões conscientes sobre problemas de sua vida e da sociedade relacionados a conhecimentos científicos.

Assim, ao se ensinar ciência pelo método investigativo, espera-se que o aluno se envolva no fazer, pensar, falar e escrever sobre ciência (ABELL & MCDONALD, 2006 apud BAPTISTA, 2016, p. 89), o que significa que este tipo de atividade requer dos alunos uma responsabilidade importante com relação à sua própria aprendizagem (BAPTISTA, 2016, p. 106 -107).

Entretanto, há diversos graus de envolvimento dos alunos nas diferentes dimensões do ensino por investigação. A gradação da Tabela 1 classifica a atuação do professor e dos alunos em diferentes níveis de envolvimento com a atividade investigativa. A partir do grau II é possível que o aluno, devidamente orientado pelo professor, apresente um papel ativo na busca do conhecimento. Segundo Zômpero e Laburú (2011) estes são pontos relevantes para a compreensão das estratégias de investigação adotadas na relação que estas estabelecem com o desenvolvimento de uma Cultura Científica.

Tabela 1: *Gráus de liberdade professor (P)/aluno (A) na aula investigativa. Fonte: (CARVALHO, 2006, p.83. apud ZÔMPERO; LABURÚ, 2011, p.77)*

	Grau I	Grau II	Grau III	Grau IV	Grau V
Problema	–	P	P	P	A/P
Hipóteses	–	P/A	P/A	P/A	A
Plano de Trabalho	–	P/A	A/P	A	A
Obtenção dos Dados	–	A/P	A	A	A
Conclusão	–	A/P/Classe	A/P/Classe	A/P/Classe	A/P/Sociedade

Por outro lado, para que a aprendizagem por meio de atividades investigativas seja significativa, o aluno deve se alicerçar na sua própria ação (VIEIRA, 2012, p. 6), na maneira que o processo investigativo está sendo conduzido. Assim, adotar apenas a perspectiva investigativa não garante, por si só, o caráter significativo da aprendizagem. Para que se possa tentar lograr um ensino investigativo com o caráter de significatividade, faz-se necessário adotar um referencial teórico que estabeleça, primeiramente, o que isso seja e, finalmente, que forneça os meios de se tentar atingir tal objetivo. Isso nos leva, portanto, à adoção da perspectiva da Teoria da Aprendizagem Significativa (TAS), de David Ausubel.

Segundo Coll (2002), o processo de ensino e aprendizagem se torna significativo quando o aluno constrói significados para aquilo que está posto a aprender. Se não encontra significado, o estudante se limita à mera repetição de um conteúdo que foi por ele apenas memorizado. Desse modo, valorizar, fazer menção e aproveitar o que o aluno já domina é um dos caminhos metodológicos indicados para uma aprendizagem significativa. (PÓLON, 2012, p. 68).

Os conhecimentos que o aluno já domina são chamados, na abordagem da TAS, de subsunçores (MOREIRA, 2012), ou seja,

o "subsunçor" é um conceito, uma idéia, uma proposição já existente na estrutura cognitiva, capaz de servir de "ancoradouro" a uma nova informação de modo que ela adquira, assim, significado para o indivíduo: a aprendizagem significativa ocorre quando a nova informação "ancora-se" em conceitos relevantes preexistentes na estrutura cognitiva (OSTERMANN; CAVALCANTI, 2010, p. 23).

Na aprendizagem significativa, nada é estático, os processos vão se reestruturando constantemente, o conhecimento vai sendo construído de maneira dinâmica (MOREIRA, 1997, p. 5). Algumas das condições de possibilidade para um aprendizado significativo podem ser encontradas na metodologia investigativa, uma vez que esta exige do estudante a construção de reflexões, argumentações e discussões embasadas, certamente embasadas nos conhecimentos prévios dos estudantes e naqueles desenvolvidos no próprio percurso investigativo, mesmo que este não seja, por si só, suficiente para garantir tal significatividade. Para Vieira (2012) com os estímulos corretos, dentro de uma perspectiva significativa, o professor contribui para o aluno construir o seu conhecimento científico; assim, julgamos que a perspectiva investigativa movimentada alguns destes estímulos pelas suas características precípuas.

Dado o forte enraizamento da TAS no elemento conceitual da aprendizagem, foi desenvolvida a técnica dos mapas conceituais, que, para Moreira (1997), sob uma abordagem ausubeliana, em termos de significados, implicam:

- 1) identificar a estrutura de significados aceita no contexto da matéria de ensino; 2) identificar os subsunçores (significados) necessários para a aprendizagem significativa da matéria de ensino; 3) identificar os significados preexistentes na estrutura cognitiva do aprendiz; 4) organizar sequencialmente o conteúdo e selecionar materiais curriculares, usando as ideias de diferenciação progressiva e reconciliação integrativa como princípios programáticos; 5) ensinar usando organizadores prévios, para fazer pontes entre os significados que o aluno já tem e os que ele precisaria ter para aprender significativamente a matéria de ensino, bem como para o estabelecimento de relações explícitas entre o novo conhecimento e aquele já existente e adequado para dar significados aos novos materiais de aprendizagem (MOREIRA, 1997, p. 6).

Mapas conceituais podem ser utilizados como recursos nessas etapas, desde o planejamento das ações até a avaliação da aprendizagem. De um modo geral, mapas conceituais, ou mapas de conceitos, são diagramas que indicam as relações entre conceitos, ou entre palavras que usamos para representar conceitos. De fato,

isso quer dizer que mapas conceituais podem ser importantes mecanismos para focalizar a atenção do planejador de currículo na distinção entre o conteúdo curricular e o conteúdo instrumental, ou seja, entre o conteúdo que se espera que seja aprendido e aquele que serve de veículo para a aprendizagem (MOREIRA, 1997, p. 7).

A partir de um mapa conceitual de subsunçores e de uma sondagem prévia com o foco da aprendizagem, é possível planejar estratégias para que a aprendizagem seja realmente significativa. Uma possibilidade são os organizadores prévios, que Moreira e Massini (1982, p. 11-12) definem como materiais introdutórios apresentados antes do próprio material que se deseja ensinar. Esse organizador prévio cria, metaforicamente falando, uma ponte cognitiva, potencializando a aprendizagem significativa (SILVA; FERREIRA, 2018) e pode ser realizado de duas formas:

quando o material de aprendizagem é não familiar, quando o aprendiz não tem subsunçores recomenda-se o uso de um **organizador expositivo** que, supostamente,

faz a ponte entre o que o aluno sabe e o que deveria saber para que o material fosse potencialmente significativo. Nesse caso o organizador deve prover uma ancoragem ideacional em termos que são familiares ao aprendiz. Quando o novo material é relativamente familiar, o recomendado é o uso de um organizador comparativo que ajudará o aprendiz a integrar novos conhecimentos à estrutura cognitiva e, ao mesmo tempo, a discriminá-los de outros conhecimentos já existentes nessa estrutura que são essencialmente diferentes, mas que podem ser confundidos. (MOREIRA, 2012, p. 11).

Desse modo, cabe ao professor, a partir do seu levantamento de subsunçores, escolher a melhor forma de organizar as informações na estrutura cognitiva do aluno, que dependerá da riqueza desses subsunçores, tornando essa estrutura cada vez mais complexa (SILVA; FERREIRA, 2018).

Segundo Ausubel apud (SILVA; FERREIRA, 2018, p. 107) na aprendizagem significativa ocorrem, ainda, dois processos que se relacionam, a saber: a diferenciação progressiva e a reconciliação integrativa. Para Moreira (2011a, 2011b, 2011c) apud Brum (2015, p. 54),

O princípio da diferenciação progressiva, pelo qual o assunto deve ser programado de forma que as ideias mais gerais e inclusivas da disciplina sejam apresentadas antes e progressivamente diferenciadas, introduzindo os detalhes específicos necessários ordem de apresentação que corresponde à sequência natural da consciência quando um ser humano é espontaneamente exposto a um campo inteiramente novo de conhecimento.

Em que, conceitos e ideias devem ser inseridos de forma mais ampla e aprofundada aos poucos, provocando uma aprendizagem mais efetiva; o princípio da diferenciação progressiva deve ser levado em conta ao se programar o conteúdo. (AUSUBEL apud MOREIRA; MASSINI, 1982, p. 21).

Ainda para Moreira (2011a, 2011b, 2011c) apud Brum (2015, p. 54),

O princípio da reconciliação integrativa, pelo qual a programação do material de ensino deve ser feita para explorar relações entre ideias, apontar similaridades e diferenças significativas, reconciliando discrepâncias reais ou aparentes.

Assim, acontece a reorganização da estrutura e é possível atribuir novos significados para os conteúdos. Com isso, o indivíduo torna-se participativo na construção do conhecimento na medida em que faz a diferenciação progressiva e a reconciliação integradora e identifica as semelhanças e diferenças para reorganizar o novo conhecimento. (SILVA; FERREIRA, 2018, p. 110).

Além dos princípios mencionados acima, na TAS ainda é preciso levar em consideração outros fatores, tais como: o ensino centrado no aluno (MOREIRA, 2010), em que o professor deixa de ser expositor e passa a ser um mediador, falando menos, deixando a cargo do aluno a função de expor suas hipóteses, negociar, discutir com os outros alunos e expor suas ideias; predisposição para aprender (AUSUBEL, 2000 apud MOREIRA, 2010), no qual o aluno decide se quer aprender significativamente ou não não havendo tal disposição, faz-se então necessário que o professor encontre meios para provoca-lo ou estimulá-lo (LIBÂNEO, 2013);

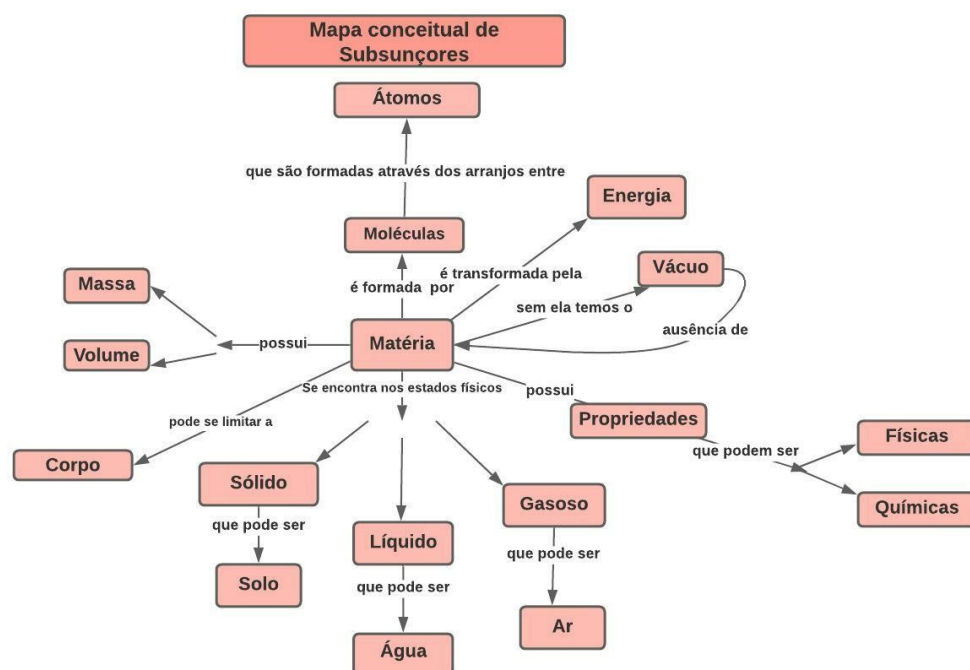


Figura 1: Mapa conceitual dos conceitos subsunçores.

avaliação da aprendizagem (MOREIRA, 2010), que, em se tratando da TAS, não faz sentido que seja comportamentalista e dicotômica, visto que, em um ensino centrado no aluno, não na narrativa, e voltado para a captação e significados, para a aprendizagem significativa e para o aprender a aprender criticamente, a avaliação deve ser predominantemente formativa e recursiva. (MOREIRA, 2010, p. 8); atividades colaborativas, nas quais ocorrem interação do tipo aluno-aluno, favorecendo discussões, discordâncias e consensos, que, de acordo com Moreira (2010), contribuem para a aprendizagem.

III. METODOLOGIA

Foram escolhidos para a implementação do projeto de investigação, alunos de duas turmas do 9º ano de uma instituição de ensino integral pública, da cidade de Rio Verde Goiás, sendo que cada turma continha 35 alunos.

Apesar de a escola ser de tempo integral, os alunos estavam na modalidade de ensino híbrido, em que metade das turmas estudavam presencialmente no período matutino e a outra metade no vespertino. Os encontros aconteceram em momentos de aula regular de ciências, atendendo a matriz bianual de conteúdos do Documento Curricular para Goiás (DC-GO). O projeto teve uma duração de 15 dias, com 02 aulas de 45 minutos por semana.

Alinhado o projeto com a matriz Bianual de conteúdos, e com o referencial teórico proposto, da TAS, a professora elaborou dois mapas conceituais: um com os conceitos que ela objetivava ensinar (Figura 2), e outro com os conceitos que ela julgou essenciais para tal ensino (Figura 1).

A partir do mapa conceitual de subsunçores, foi realizada uma etapa de levantamento

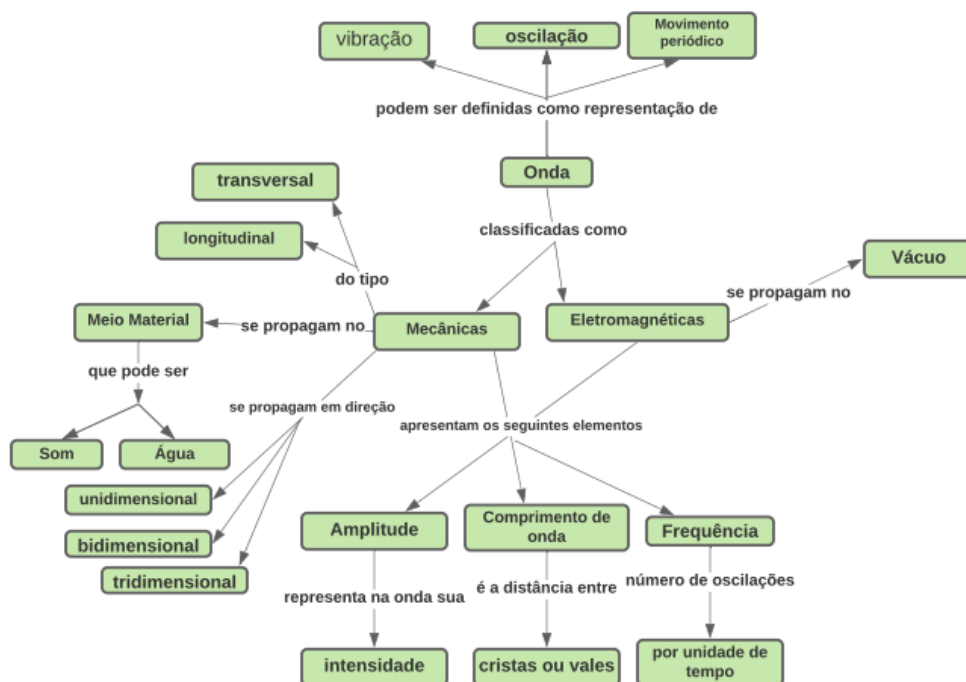


Figura 2: Mapa conceitual dos conceitos a ensinar.

destes adotando-se uma perspectiva dialógica. Tal etapa, dado o referencial teórico da TAS é absolutamente necessário para o conhecimento da presença (ou ausência) dos conteúdos considerados básicos para a compreensão das ondas mecânicas. Após esse levantamento, seguindo os pressupostos da TAS, foi realizada a primeira aula de organização prévia. Como esperado, esta intervenção foi muito útil, pois facilitou a aprendizagem ao estabelecer pontes cognitivas entre o conhecimento novo e o conhecimento prévio necessário (MOREIRA, 2008).

A segunda aula iniciou-se com a professora convidando dois alunos para desenvolver o experimento da corda, no qual cada um se posicionou em uma das extremidades da corda enquanto, seguindo as orientações da professora, os colegas de sala observavam atentos e participavam respondendo, de forma oral aos questionamentos a seguir:

- O que acontece quando realizam movimentos bruscos de sobe e desce?
- O que acontece quando realizam vários movimentos bruscos de sobe e desce?
- O que estas ondulações na corda estão transportando?
- É possível perceber nos movimentos de sobe e desce, pontos mais altos e mais baixos, o que seriam estes pontos?

A terceira aula iniciou-se com a professora utilizando seu smartphone para ouvir uma música, sem fone de ouvido e questionando os alunos se todos ouviam o som e em que intensidade o ouviam, de acordo com sua posição na sala de aula. Em seguida, cada grupo

de alunos com um prato e um conta gotas realizou a atividade de investigação a respeito das direções de propagação das ondas. Foram retomados conceitos da segunda aula, na qual havíamos utilizado a corda. Ainda nesta aula, foi introduzido o conceito de direção de vibração, no qual houve a necessidade de se fazer uma exposição no quadro branco. Durante a aula e a realização do experimento foram feitos os seguintes questionamentos:

- Na corda, as ondas vão em quantas direções?
- O fenômeno provocado na água, possui as mesmas direções?
- Para o caso de ondas sonoras, como elas se propagariam?

O quarto encontro aconteceu no pátio da escola, de forma colaborativa, com os alunos divididos em grupos de 04, com cada integrante portando seus celulares com o aplicativo Oscilloscope[®] previamente baixado e com um kit de 06 garrafas long neck.

Ao final de cada uma das aulas, era realizada uma avaliação qualitativa de caráter formativo referente ao engajamento dos alunos, sua curiosidade e participação nas atividades propostas. Após a finalização da sequência didática, uma avaliação de caráter somativo foi realizada na forma de questões objetivas de V ou F. As avaliações somativas objetivas são um método utilizado pelas escolas de tempo integral do estado de Goiás, e têm, como principais finalidades:

acompanhar o rendimento dos estudantes em relação aos conteúdos trabalhados; diagnosticar pontos a serem retomados junto aos planejamentos dos professores; analisar os resultados; realizar intervenções pontuais, garantindo o nivelamento das habilidades essenciais, por turma e, ao mesmo tempo de forma individualizada e assim, assegurando a reorientação pedagógica às reais necessidades de aprendizagem. (SEDUC/GO, p. 37, 2021).

O resumo da sequência didática completa está apresentado na Tabela 2, em que apresentamos cada etapa, com suas atividades descritas e os recursos utilizados. Nesse quadro fica clara a estrutura da sequência didática, baseada em uma aula de levantamento de subsunçores e organização prévia, visando adaptá-los para a aproximação do mapa conceitual apresentado na Figura 2, três aulas com atividades investigativas e sistematização, e, finalmente, uma etapa relacionada com o processo de avaliação.

Assim, fica clara a relação que a aplicação da sequência didática manteve com o referencial teórico adotado.

Tabela 2: *Sequência Didática*

Primeiro Encontro		Organizador prévio	Recursos
Objetivo	Compreender que a matéria é constituída por partículas (átomos e/ou moléculas), propondo modelos microscópicos que expliquem algumas propriedades das substâncias.		Lousa e Marcador

Questão-Problema	Como você acha que são constituídos, em escala microscópica, os diferentes materiais?	
Avaliação	Participação nas discussões	
Segundo Encontro		Recursos
Objetivo	Reconhecer as propriedades das ondas e fazer levantamento inicial das variáveis pertinentes ao movimento ondulatório.	Cordas
Questão-Problema	O tsunami de Fukushima foi ocasionado pelo deslocamento da água do Oceano Pacífico, por meio da intensidade de um tremor registrado na costa leste japonesa. As regiões japonesas de Iwate, Miyagi e Fukushima foram as mais atingidas pelo tsunami, que ainda atingiu em menor grau a costa dos Estados Unidos, das Filipinas e da Indonésia. Sabendo que um Tsunami se origina de um tremor tectônico, como ele conseguiu chegar à costa de todos estes países? E como é possível que ele tenha causado tanto estrago?	
Metodologia	Atividade investigativa, utilizando uma corda, que será movimentada com a colaboração de dois alunos.	
Questionário	1. O que acontece quando realizam movimentos bruscos de sobe e desce? 2. O que acontece quando realizam vários movimentos bruscos de sobe e desce? 3. O que estas ondulações na corda estão transportando? 4. É possível perceber nos movimentos de sobe e desce, pontos mais altos e mais baixos, o que seriam estes pontos?	
Sistematização	Desenho do esquema de uma onda semelhante àquela reproduzida na corda, nomeando e destacando seus elementos.	
Avaliação	Observação do interesse, a motivação e o envolvimento dos alunos na realização das atividades e registro da sistematização no caderno.	
Terceiro Encontro		Recursos
Objetivo	Classificar as direções de propagação e de vibração das ondas;	Pratos, smartphones, conta gotas e cordas.

Questão-Problema	Quando as pessoas estão ouvindo música no celular, é comum elas usarem fones de ouvido. Por qual motivo elas precisam usar estes equipamentos?	
Metodologia	Atividade investigativa utilizando celulares, pratos, conta gotas e novamente a corda. Retomada da atividade anterior, onde se utilizou a corda, seguida de questionamentos e interação dialógica entre alunos e professores.	
Questionário	1. Na corda, as ondas vão em quantas direções? 2. O fenômeno provocado na água, possui as mesmas direções? 3. Para o caso de ondas sonoras, como elas se propagariam?	
Avaliação	Desenvolvimento do experimento e participação nas atividades propostas.	
Quarto Encontro		Recursos
Objetivo	Vivenciar situações de produção e análise de sons; diferenciar timbre, altura e intensidade sonora (volume).	Garrafas long neck, garfos ou facas de metal, líquido com corante, smartphones e aplicativo de celular Oscilloscope®
Questão-Problema	Como e do que é feito o som?	
Metodologia	¹ Atividade experimental: piano de Garrafas. A atividade será colaborativa com os alunos organizados em grupos de 04, cada grupo com 06 garrafas long neck.	
Sistematização	Será utilizado o aplicativo Oscilloscope® para visualizar de forma mais clara as ondas produzidas pelo piano de garrafas.	
Avaliação	Desenvolvimento do experimento e participação na aula.	
Avaliação objetiva somativa		

¹No planejamento inicial do projeto, o experimento investigativo proposto seria como enxergar sua própria voz; com dificuldades relativas aos recursos financeiros para adquirir o laser, foi necessário adaptar o plano e sugerir uma atividade que tivesse um custo financeiro mais acessível, nesse sentido então foi proposto o piano de garrafas.

IV. ANÁLISE DOS RESULTADOS

Nesta seção serão descritas as observações quanto à participação e ao envolvimento dos estudantes das turmas do 9o ano A e 9o ano B durante as aulas propostas na sequência didática. Em relação à assiduidade, considerando o caráter híbrido das aulas, e as famílias um tanto receosas por causa da pandemia, tivemos uma participação de em média 75% alunos por encontros.

I. PRIMEIRO ENCONTRO

Na primeira aula foi apresentada aos alunos a proposta das aulas seguintes, que compunham a sequência didática, e foi explicado que elas seguiriam uma metodologia diferente da que os estudantes estavam acostumados, e que a participação ativa deles seria muito importante para o seu desenvolvimento e sucesso.

Após as explicações iniciais, começamos a realizar o levantamento dos conhecimentos prévios, abrangendo conceitos de matéria, energia, estados físicos da matéria e o que eles conheciam sobre ondas. Várias foram as descrições; dentre elas, destacamos duas, que para a aplicação das atividades investigativa seriam mais relevantes:

Aluno 1: Eu conheço as ondas do mar, quando fui na praia nas férias.

Aluno 2: No jornal eu ouvi falar sobre tsunami, que é uma onda gigante.

A partir dos relatos, foi possível perceber que alguns já traziam consigo informações genéricas a respeito do tema ondas. No entanto, conceitos teóricos a respeito da formação das ondas, seus elementos constitutivos, suas formas e meios de propagação não foram mencionados por aluno algum. Isso já era esperado, visto que esse era, afinal, o tema proposto para nossa sequência. Em virtude do resultado do levantamento dos subsunçores com relação aos conceitos de matéria, energia e estados físicos da matéria, foi realizada uma organização prévia, de forma expositiva e dialogada².

No bimestre anterior, já havíamos trabalhado esses conteúdos, extremamente necessários para o processo de ancoragem relacionado às ondas mecânicas. Assim, foi possível retomar alguns conceitos importantes daquelas aulas, para que eles adquirissem os subsunçores necessários para a ancoragem dos novos conhecimentos.

II. SEGUNDO ENCONTRO

Iniciamos a aula escrevendo na lousa a seguinte problematização:

O tsunami de Fukushima foi ocasionado pelo deslocamento da água do Oceano Pacífico, por meio da intensidade de um tremor registrado na costa leste japonesa. As regiões japonesas de Iwate, Miyagi e Fukushima foram as mais atingidas pelo tsunami, que ainda atingiu em menor grau a costa dos Estados Unidos, das Filipinas e da Indonésia.

²A princípio, o organizador prévio seria na forma de um experimento, sobre as divisões sucessivas da matéria, mas em virtude do caos escolar provocado pela retomada das aulas presenciais, não foi possível seguir este roteiro.

Sabendo que um Tsunami se origina de um tremor tectônico, como ele conseguiu chegar à costa de todos estes países? E como é possível que ele tenha causado tanto estrago?

Para facilitar na compreensão da questão, foi exposto o mapa Mundi na sala, pois muitos estudantes ainda possuíam dificuldades relacionadas à localização dos continentes e oceanos. Localizando a região do epicentro do Tsunami, foi oportunizado aos alunos o momento de exporem suas hipóteses.

Foi perguntado aos alunos, onde seria possível encontrar ondas, além do mar, e eles responderam que dava para fazer na corda, na brincadeira de pular cobrinhas. Foi uma excelente resposta, já que o experimento com a corda estava previsto no planejamento da sequência. Ao realizar o experimento, foram realizados os seguintes questionamentos aos alunos:

1. O que acontece quando realizam movimentos bruscos de sobe e desce?
2. O que acontece quando realizam vários movimentos bruscos de sobe e desce?
3. O que estas ondulações na corda estão transportando?
4. É possível perceber nos movimentos de sobe e desce, pontos mais altos e mais baixos, o que seriam estes pontos?

Alguns poucos alunos responderam que o que andava na corda era a força deles e que dependendo a força, movimentos bruscos poderiam machucar os colegas. A partir dessas respostas, através de uma interação dialógica, foi possível abordar as perturbações que ocorrem em determinado espaço e meio, destacando as variáveis pertinentes aos movimentos produzidos, corrigir conceitos distorcidos a respeito de energia e através da reconciliação integrativa eliminar diferenças aparentes, resolver inconsistências, integrar significados e fazer superordenações entre os conceitos (MOREIRA, 2011). Após o encerramento da atividade, foi proposto que desenhassem o esquema de uma onda em uma corda para sistematizar o conteúdo.

III. TERCEIRO ENCONTRO

O objetivo desse encontro foi classificar as direções de propagação e de vibração das ondas; foi aplicada nesta aula uma atividade investigativa utilizando celulares, pratos e conta gotas para movimentar esses conceitos, que somente com a corda no experimento anterior, não seriam facilmente ilustrados. Inicialmente, utilizamos uma questão problema para promover o envolvimento dos alunos na aula e para que eles construíssem seus próprios argumentos, muito importantes no ensino por investigação. Como destaca Munford e Castro (2007, p. 102), tais explicações estão abertas à crítica e dependem do uso de vários processos cognitivos associados à ciência (classificação, análise, inferência, pensamento crítico).

Neste encontro, com a realização do experimento, foi possível discutir sobre os meios de propagação e da fonte das ondas e das implicações disso para o seu modo de vibração, bem como sua dimensionalidade; a respeito do modo de vibração os alunos apresentaram dificuldade em entender somente com o experimento, sendo necessária uma demonstração através de desenho na lousa e fez-se necessário também, a retomada de conceitos matemáticos, como a perpendicularidade entre as retas.

IV. QUARTO ENCONTRO

Nesse encontro, objetivamos com a sequência didática vivenciar situações de produção e análise de sons; diferenciar timbre, altura e intensidade sonora (volume). A atividade aconteceu em grupos de modo a prover situações que os alunos devem resolver os problemas colaborativamente (MOREIRA, 2010). Na atividade investigativa, para complementar e sistematizar a análise dos resultados do experimento, foi proposto a utilização do osciloscópio[®], que é um recurso tecnológico de fácil acesso que representa pulsos de energias em imagens digitais na tela do celular; com ele foi possível visualizar as formas das ondas sonoras formadas pelas garrafas, tornando o entendimento de conceitos de frequência e amplitude mais concretos, o que favoreceu a aprendizagem dos estudantes.

Com o desenvolvimento da aula, observamos grande envolvimento, empolgação e participação dos estudantes, demonstrando a predisposição dos jovens em aprender (BRUM, 2015).

Ao final da intervenção proposta na sequência didática, foi aplicada uma avaliação somativa, onde foi possível analisar se os objetivos da sequência didática utilizando como referencial a TAS foram alcançados.

V. RESULTADOS DAS QUESTÕES DA AVALIAÇÃO SOMATIVA

Segundo Novak (2010) apud Moreira (2010), a avaliação é um evento muito comum nos ambientes educativos. No entanto, na TAS, a avaliação deve ser predominantemente formativa e recursiva. Assim, recorreremos a esse recurso avaliativo na elaboração dos quatro encontros da sequência didática proposta, que era composto em sua maioria por atividades investigativas e experimentais.

No entanto, uma das condições para aferir se houve aprendizagem significativa é a capacidade de aplicação dos conceitos em contextos que não foram, ao longo das aulas, explicitados; logo, ao final da intervenção proposta na sequência didática foi aplicada uma avaliação somativa, que de acordo com Moreira (2011a, p. 8), é aquela que busca avaliar o alcance de determinados objetivos de aprendizagem ao final de uma fase de aprendizagem; é usualmente baseada em provas de final de unidade, em exames finais.

Através dessa avaliação, foi possível analisar se os objetivos da sequência didática utilizando como referencial a TAS foram alcançados.

Para a avaliação objetiva de caráter somativo estiveram presentes 35 alunos na turma A e 34 alunos na turma B, contendo 8 (oito) questões envolvendo o conteúdo proposto na sequência didática sobre ondas mecânicas. Para cada uma das questões, obtivemos os resultados mostrados na Tabela 3, em cada uma das turmas.

VI. ANÁLISE DAS QUESTÕES DA AVALIAÇÃO

As questões 1, 2, 4, 5, 6 e 7 contemplam os objetivos referentes ao reconhecimento das propriedades das ondas e ao levantamento inicial das variáveis pertinentes ao movimento ondulatório, previstos na aula do segundo encontro da sequência didática.

Comparando as observações dos encontros e as discussões realizadas com os resultados da avaliação somativa, percebemos que uma quantidade significativa de alunos na questão

Tabela 3: Resultados da avaliação somativa.

Questões	Salas	
	9o Ano A (%)	9o Ano B (%)
1	50,00	44,12
2	63,89	94,12
3	69,44	94,12
4	80,56	55,88
5	83,33	61,76
6	88,89	82,35
7	83,33	70,59
8	75,00	85,29

1 conseguiram relacionar os conceitos estudados com situações do cotidiano. No entanto, existe uma parcela de alunos, (50%) da turma A e (55,88%) da turma B que não conseguiram associar estes conceitos. As aulas aconteceram em quatro momentos diferentes, devido ao protocolo de biossegurança proposto pela SEDUC/GO (Secretaria de Estado da Educação), e como professores, sabemos que diferentes turmas podem ter desempenhos diferentes, com as turmas divididas, possivelmente, em algum momento, a intervenção não ficou clara ou não foi significativa.

Na questão 2, observamos resultados significativos, acima dos (60%), a respeito do conceito científico sobre onda. Retomando as observações do primeiro encontro, quando realizamos o levantamento de subsunçores, foi observado que alguns alunos já possuíam conhecimentos prévios genéricos sobre o tema ondas; esses conhecimentos serviram de ancora para que, através da diferenciação progressiva, ganhassem novos significados e se modificassem. É importante ressaltar também que, como destaca (BORGES, 2002, p. 298) as atividades práticas podem propiciar ao estudante imagens vividas e memoráveis de fenômenos interessantes e importantes para a compreensão desses conceitos científicos.

A questão 3 é referente a proposta do terceiro encontro, em que objetivávamos classificar as direções de propagação e de vibração das ondas, desenvolvendo uma atividade investigativa com o smartphone e materiais acessíveis. A atividade foi norteadada por uma questão problema que, em uma sequência didática utilizando como referencial a TAS, devem ser criadas para despertar a intencionalidade do aluno para a aprendizagem significativa. (BRUM, 2015, p. 55). A utilização dessas questões em nível introdutório e com uma linguagem mais simples, prepara o terreno para a introdução do conhecimento (declarativo ou procedimental) que se pretende ensinar (SILVA FILHO; FERREIRA, 2018). Nesse caso, o resultado demonstra que os alunos conseguiram desenvolver um raciocínio significativo acerca dos objetivos propostos.

Na questão 4, (80,56%) da turma A e (55,88%) da turma B. obtiveram resultados satisfatórios, o percentual está coerente com os resultados das questões 1, 2, 5, 6 e 7, pois se tratavam dos mesmos objetivos pretendidos.

A questão 5 abordou a relação das ondas mecânicas com energia. O tema energia, por muitas vezes se torna um complexo e abstrato, no entanto, obtivemos resultados satisfatórios, pois o tema foi retomado no primeiro encontro, quando, a partir de um levantamento de

subsunçores, percebeu-se que seria necessária a organização previa de alguns conceitos, sendo este um deles.

Nas questões 6 e 7 obtivemos resultados muito satisfatórios; os conceitos foram trabalhados no segundo encontro, utilizando a atividade da corda e, posteriormente, foram reforçados, à medida que foram utilizados como subsunçores na atividade investigativa do quarto encontro.

Analisando o resultado da questão 8, percebemos que as duas salas obtiveram um resultado satisfatório, (75%) de acertos na turma A e (85,29%) na turma B. O bom resultado reflete o que já havia sido observado em relação ao comportamento dos alunos nas duas salas durante quarto encontro, em que houve maior movimentação e interação entre aluno/aluno e aluno/professor. A atividade investigativa do piano de garrafas proporcionou que os alunos atuassem de forma mais ativa, dando a oportunidade de eles discutirem, negociarem significados entre si, apresentarem oralmente ao grande grupo o produto de suas atividades colaborativas (BRUM, 2015). A utilização do osciloscópio[®] na sistematização também pode ter contribuído para o bom resultado, pois, as animações e simulações atendem os professores de física em suas dificuldades em tentar explicar aos seus alunos fenômenos abstratos (HECKLER et Al., 2007).

V. CONSIDERAÇÕES FINAIS

O presente estudo teve por objetivo elaborar e aplicar uma sequência didática abordando o tema ondas mecânicas, utilizando atividades investigativas fundamentadas pela teoria da aprendizagem significativa de Ausubel, para alunos do 9º ano do ensino fundamental de um centro de ensino em período integral.

O ensino por transmissão/recepção quando utilizado como único recurso em sala de aula, transformam os alunos em agentes passivos e desinteressados em uma aprendizagem que não lhes trazem significado. Nesse contexto, as atividades investigativas fundamentadas pelas TAS, constituíram-se como uma metodologia mais atrativa e estimulante, instigando a curiosidade, considerando os conhecimentos prévios dos estudantes, relacionando-os via situações-problema a conceitos básicos das ondas mecânicas.

A realização das atividades propostas na sequência didática foi positiva, quando presenciarmos um ambiente com alunos mais motivados e protagonistas no seu processo de aprendizagem e desenvolvimento das habilidades propostas, sendo ainda, coerentes com os resultados da avaliação somativa, que obteve quantitativo satisfatório na maioria das questões.

Nas aulas foi possível observar também, a importância do professor, na construção da sequência didática e acompanhamento da aplicação, pois as atividades investigativas por si só não garantem a aprendizagem de um conteúdo.

Por fim, concluímos que as atividades investigativas fundamentadas no referencial teórico da TAS se mostraram uma metodologia atrativa para os alunos, pois os leva a construir significado para aquilo que estão aprendendo, no entanto, com perspectivas futuras, sugerimos que ao elaborar sequências didáticas investigativas, em que se deseja ensinar significativamente, propondo aulas mais dinâmicas, com alunos mais ativos, o ideal é otimizar o tempo, pois, diferentemente de uma aula tradicional, elas são mais demoradas

e devem obedecer as etapas do levantamento de subsunçores, organização prévia, práticas e sistematização; sugere-se ainda, para que se tenha a oportunidade de realizar uma sistematização mais eficiente, que outros recursos didáticos sejam incrementados, afim de se conseguir melhores resultados.

REFERÊNCIAS

BAPSTISTA, Mônica Luísa Mendes. Concepção e implementação de actividades de investigação: um estudo com professores de física e química do ensino básico. Tese (Doutorado), Universidade de Lisboa, Lisboa, 2016.

BORGES, Antônio Tarcísio. Novos rumos para o laboratório escolar de ciências. *Caderno Brasileiro de Ensino de Física*, Belo Horizonte, v.19, n. 3, p.291-313, dez. 2002.

BRUM, Wanderley Pivatto. Análise de uma unidade de ensino potencialmente significativa no ensino de matemática: uma investigação na apresentação do tema volume do paralelepípedo a partir da ideia da eclusa. *Aprendizagem Significativa em Revista*, Porto Alegre, v. 5, n. 2, p. 50-74, 2015.

CARVALHO, Anna Maria Pessoa (org.). *Ensino de Ciências por Investigação: Condições de implementação em sala de aula*. São Paulo: Cengage Learning, 2013.

CLEMENT, Luiz.; CUSTÓDIO, José Francisco; ALVES, José de Pinho. Potencialidades do Ensino por Investigação para Promoção da Motivação Autônoma na Educação Científica, *ALEXANDRIA - Revista de Educação em Ciência e Tecnologia*, Florianópolis, v.8, n.1, p.101-129, maio.2015.

COLL, César. *Aprendizagem escolar e construção do conhecimento*. Porto Alegre, Artmed, 2002.

HECKLER, Valmir; SARAIVA, Maria de Fátima Oliveira; FILHO, Kepler de Souza Oliveira. Uso de simuladores, imagens e animações como ferramentas auxiliares no ensino/aprendizagem de óptica. *Revista Brasileira de Ensino de Física*, Porto Alegre, v. 29, n. 2, p. 267-273, 2007.

LIBÂNEO, José Carlos. *Didática*. 5ª edição. São Paulo: Cortez, 2013.

MOREIRA, Marco Antônio. *Teorias de Aprendizagem*. São Paulo: EPU, 2010.

MOREIRA, Marco Antônio; MASINE, Elcie Aparecida Fortes Salzano. *Aprendizagem significativa: a teoria de David Ausubel*. São Paulo, Editora Moraes, 1982.

MOREIRA, Marco Antônio. *Aprendizagem Significativa, Aprendizagem Mecânica, Estratégias De Ensino*. *Qurriculum*, Espanha, v. 1, pag. 127, 2012.

_____. (2011a). Unidades de Enseñanza Potencialmente Significativas-UEPS. Aprendizagem Significativa em Revista. Porto Alegre, v.1, n.2, p.43-63.

_____. (2011b). Aprendizagem significativa: um conceito subjacente. Aprendizagem significativa em Revista. Porto Alegre, v.1, n.3, p.25-46.

_____. (2011c). Meaningful learning: from the classical to the critical view. Aprendizagem Significativa em Revista, Porto Alegre, v.1, p. 1-15.

MUNFORD Danusa; CASTRO e LIMA, Maria Emília Caixeta. Ensinar Ciência por investigação: em que estamos de acordo? Ensaio Pesquisa em Educação em Ciência, Belo Horizonte, v. 9, n.1, p. 72-89, 2007.

OSTERMANN, Fernanda; CAVALCANTI, Cláudio José de Holanda. Teorias de aprendizagem: texto introdutório. Porto Alegre: UFRGS, 2010.

POLON, Sandra Aparecida. Machado. Teoria e metodologia do ensino de ciências. Paraná, UNICENTRO, 2012.

SÁ, Eliane Ferreira; MAUÉS, Ely Roberto; MUNFORD, Danusa. Ensino de Ciências com caráter investigativo I. In: CASTRO, Emília Caixeta de; MARTINS, Carmen Maria de Caro; MUNFORD, Danusa (orgs.). Ensino de Ciências por Investigação ENCI: Módulo I. Belo Horizonte: UFGM/FAE/CECIMIG, 2008. p. 83-107.

SASSERON, Lucia Helena; CARVALHO, Anna Maria Pessoa de. (2008). Almejando a Alfabetização Científica no Ensino Fundamental: A proposição e a procura de indicadores no processo. Investigações Em Ensino de Ciências, 13(3), p. 333-352.

SCHNETZLER, Roseli Pacheco. Construção do conhecimento e ensino de ciências. Em Aberto, Brasília, Ano 11, n.55, p. 17-22, jul./set. 1992.

SEDUC/GO. Programa Educação Plena e Integral: Diretrizes Pedagógicas Goiânia-GO, 2021. Disponível em: https://site.educacao.go.gov.br/wp-content/uploads/2021/08/CEPI_Programa-Educacao-Plena-e-Integral_1a-Edicao.pdf. Acesso em: 23 out. de 2021.

SILVA FILHO, Olavo Leopoldino; FERREIRA, Marcello. Teorias da Aprendizagem e da Educação como Referenciais em Práticas de Ensino: Ausubel e Lipman. Revista do Professor de Física, Brasília, v. 2, n. 2, p. 104-125, 2018.

VIEIRA, Fabiana Andrade da Costa. Ensino por investigação e aprendizagem significativa crítica: análise fenomenológica do potencial de uma proposta de ensino. Tese (doutorado) - Universidade Estadual Paulista, Faculdade de Ciências, Bauru, 2012.

ZÔMPERO, Andreia Freitas; LÁBURU, Carlos Eduardo. Atividades investigativas no ensino de Ciências: aspectos históricos e diferentes abordagens. *Revista Ensaio*, Belo Horizonte, v. 13, n. 03, p. 67-80, set./dez. 2011.
