



SEQUÊNCIA DE ATIVIDADES DIDÁTICAS PARA UMA ABORDAGEM FENOMENOLÓGICA DA ONDULATÓRIA EM UMA PERSPECTIVA DE SALA DE AULA INVERTIDA

*Sequence of didactic activities for a phenomenological approach of the curling in a
classroom perspective inverted*

Sabrina Skrebsky Richter

Doutoranda em Educação em Ciências: Química da Vida e Saúde

Universidade Federal de Santa Maria

sabrina.s.richter@gmail.com

Ricardo Andreas Sauerwein

Programa de Pós-Graduação em Educação em Ciências: Química da Vida e Saúde

Universidade Federal de Santa Maria

rsauer.ufsm@gmail.com

Resumo

Nesta pesquisa, elaboramos, implementamos e avaliamos um conjunto de quatorze atividades didáticas (AD) baseadas em Tecnologias de Informação e Comunicação (TIC), na perspectiva da sala de aula invertida. As AD buscam incentivar os estudantes a relacionar as grandezas e conceitos estudados em sala de aula com os fenômenos observados em seu cotidiano e abordam praticamente todo o conteúdo programático de Oscilações e Ondas do Ensino Médio (EM). As AD estão disponibilizadas em formato eletrônico em um ambiente próprio acessado pela Internet e são planejadas para que seja possível seu uso em uma metodologia de sala de aula invertida. A estrutura básica das AD é constituída por um texto introdutório, seguido por simulações, vídeos ou animações que representam fenômenos específicos e um conjunto de questões ou problemas propostos aos alunos. Em um esquema de sala de aula invertida, os alunos são convidados a responder as questões propostas antes da aula presencial. Esta é reservada para discussões, esclarecimentos de dúvidas e síntese dos assuntos abordados. O conjunto de AD foi implementado e avaliado em duas turmas do segundo ano do EM. Os resultados preliminares apontam para a exequibilidade desta proposta como um curso introdutório de um semestre letivo sobre a temática abordada.

Palavras-chave: Ondulatória. Sala de aula invertida. Fenômenos e grandezas. Atividades didáticas.

Abstract

In this work, we elaborate, implement and evaluate a set of four didactic activities (AD) based on Information and Communication Technologies (ICT), from the perspective of the inverted classroom. The AD seeks to encourage students to relate the magnitudes and concepts studied in the classroom with the phenomena observed in their daily life and approach practically all the programmatic contents of Oscillations and Waves of High School (EM). ADs are available in electronic format in an Internet-accessible environment and are designed to be used in an inverted classroom methodology. The basic structure of AD consists of an introductory text, followed by simulations, videos or animations that represent specific phenomena and a set of questions or problems proposed to students. In an inverted classroom scheme, students are invited to answer the questions proposed before the face-to-face lesson. This is reserved for discussions, clarifications of doubts and summary of the subjects addressed. The AD set was implemented and evaluated in two classes of the Second Series of EM. The preliminary results point to the feasibility of this proposal as an introductory course of a semester on the subject.

Keywords: Oscillations and Ondulatory. Inverted classroom. Phenomena and greatness. Didactic activities.

1 INTRODUÇÃO

Os estudantes que estão chegando nas escolas e mesmo nas universidades são os chamados Nativos Digitais (PRENSKY, 2001). Esta geração dos nativos digitais está acostumada, desde o seu nascimento, a obter as informações de forma rápida e com fácil acesso na Internet. Será que “o ensino baseado no livro didático e em aulas expositivas com a utilização somente de quadro e pincel” (SOUSA, 2010, p. 11) é interessante para estes alunos? Como podemos abordar um conteúdo de Física que vá além da memorização de fórmulas e mera reprodução de conceitos? Um ensino de Física descontextualizado e sem relação com os fenômenos observados no cotidiano pode ser bastante tedioso e desmotivador, fazendo, inclusive, com que alguns estudantes cheguem a odiar o estudo da Física (SOEGENG, 1998; TRAMPUS; VELENJE, 1996).

Esta pesquisa, por sua vez, vem ao encontro de um ensino-aprendizagem de Física em conformidade com as normativas legais, pois busca “construir uma visão da Física que esteja voltada para a formação de um cidadão contemporâneo, atuante e solidário, com instrumentos para compreender, intervir e participar na realidade” (BRASIL, 2002, p.03). O objetivo desta investigação é elaborar, avaliar e implementar um curso introdutório de oscilações e ondulatória, na perspectiva da sala de aula invertida, estruturado na forma de tarefas, mediado por simulações, animações e vídeos, que enfatiza a relação entre fenômenos e conceitos e, além disso, pesquisar aspectos relevantes sobre como os estudantes realizam as atividades didáticas propostas. Nossa pesquisa teve como uma de suas principais ênfases trazer o conteúdo de oscilações e ondulatória de uma forma dinâmica, investigativa e participativa, em que os alunos produziram resoluções de problemas e refletiram sobre as relações entre os fenômenos observados e os conceitos estudados. Para isto utilizamos o conceito de sala de aula invertida (BERGMANN; SAMS, 2012). A inversão da sala de aula significa, basicamente, fazer em casa o que era feito em sala de aula (estudo do conteúdo) e fazer em sala de aula o que era feito em casa, resolução de problemas, por exemplo.

Na sala de aula invertida os alunos, em um primeiro momento, têm acesso ao conteúdo que, em nossas AD, focaliza a fenomenologia apresentada através de simulações, vídeos ou animações sobre os quais são feitas perguntas e problemas. Estas têm o objetivo de despertar o interesse dos alunos, que então passam a observar criticamente os fenômenos apresentados, criando dúvidas e buscando soluções. Este processo ativo de aprendizagem, busca tirá-los da passividade com que, não raro, adotam em aulas tradicionais. No segundo momento, na aula presencial, os alunos podem discutir as soluções encontradas e esclarecer dúvidas remanescentes. A aula presencial, passa a ter outra dinâmica, pois o professor não é mais o único detentor do conhecimento. Ao contrário, professores e alunos têm a oportunidade de partilhar o conhecimento.

Elaboramos, na perspectiva da sala de aula invertida, um conjunto de atividades didáticas (AD), sobre o conteúdo de Oscilações e Ondas, os conceitos e seus fenômenos subjacentes são trabalhados deliberadamente em conjunto para que os alunos possam entendê-los como um todo indissociável. A sequência de quatorze AD cobre, praticamente, todo o conteúdo programático previsto nos livros didáticos de ensino médio. É importante ressaltar que esta sequência de atividades didáticas foi planejada de forma que as AD ficaram “ordenadas, estruturadas e articuladas para a realização de certos objetivos educacionais, que tiveram um princípio e um fim conhecidos tanto pelos professores como pelos alunos” (ZABALA, 1998, p.18). Desta

forma, as AD buscam incentivar a autonomia e a participação ativa dos estudantes em seus processos de aprendizagem para que compreendam as relações entre conceitos físicos estudados e os fenômenos físicos observados em seu dia a dia.

Na nossa proposta de ensino de oscilações e ondulatória procuramos encorajar os estudantes a pesquisar, analisar e produzir de forma autônoma e contextualizada com o seu cotidiano. O uso de simulação computacional é uma das maneiras pela qual é possível ver o fenômeno acontecendo. Apesar de ser uma representação da realidade, via de regra, os alunos não tem dificuldade de relacionar as simulações a fenômenos que estão habituados a observar cotidianamente. Por meio da simulação computacional os estudantes são capazes de confirmar ou refutar suas concepções anteriores, pois é possível experienciar o fenômeno ocorrendo sob diversas condições (alteração de dados, inserção de variáveis, entre outras opções).

Outro motivo que nos levou a adotar a simulação computacional como recurso de didático é a grande abstração que deve ser considerada para a compreensão de fenômenos dinâmicos. Os livros didáticos buscam suprir essa necessidade de materialização com ilustrações estáticas que representam o antes e o depois do fenômeno dinâmico. Porém isso exige do estudante um esforço cognitivo, que pode ser amenizado com o uso de simulações, vídeos e animações. Por experiência própria e relatos de docentes essas ilustrações estáticas têm sido ineficientes para o estudo de fenômenos dinâmicos. Este fato, já é bem conhecido na literatura, recentemente, Tarouco (2014, p.13) faz a recomendação “[...] para auxiliar os alunos na compreensão de conceitos mais complexos é conveniente optar por uma animação ou simulação que permita a manipulação de parâmetros e a observação de relações de causa e efeito dos fenômenos”.

As AD estão disponibilizadas em um ambiente eletrônico especialmente desenvolvido para este fim e que é acessado pelos alunos através do endereço <http://www.ufsm.br/mpeac/st12>¹. Este ambiente é construído usando o software Drupal (<http://www.drupal.org>), que é uma tecnologia de código aberto e flexível usada para construção de diversos tipos de site. Além da facilidade de configuração, escolhemos o Drupal pela facilidade de implementação de questionários eletrônicos.

Desta forma, do ponto de vista do aluno, as AD são constituídas por questionários eletrônicos que têm uma estrutura de três partes. Na primeira há um texto inicial que elaboramos para contextualizar o assunto e no qual introduzimos os conceitos e grandezas que são trabalhados nas questões. A segunda parte é composta por uma simulação, vídeo ou animação que selecionamos na Internet segundo sua capacidade de representar o fenômeno de interesse da particular AD. Finalmente, na terceira parte, formulamos perguntas e/ou propomos problemas sobre o fenômeno observado para que o aluno reflita e estabeleça relações entre as grandezas e conceitos em foco. Esta estrutura é repetida, em série ou em paralelo, em uma mesma AD caso esta explore conceitos inter-relacionados.

As AD são planejadas para que, em princípio, os alunos tenham capacidade de resolvê-las de forma autônoma, sem a presença do professor. No entanto, acreditamos que é preferível utilizá-las em um esquema de sala de aula invertida. A exequibilidade das AD foram verificadas através do resultado de sua aplicação em duas turmas de uma escola pública de Ensino Médio ao longo de quinze semanas do segundo semestre letivo de 2016. Nesta aplicação foi

¹ Ambiente eletrônico desenvolvido pelo grupo Métodos e Processos de Ensino e Aprendizagem de Ciências (MPEAC) da Universidade Federal de Santa Maria. Neste ambiente estão disponibilizadas as AD de forma aberta.

implementada um esquema de sala de aula invertida com uma aula presencial, não obrigatória, com duração média de uma hora e trinta minutos. Além destes encontros semanais presenciais, utilizamos mais dois espaços virtuais de discussão: um grupo na rede social *Facebook* e um grupo de uma das turmas no aplicativo *Whatsapp*.

2 OSCILAÇÕES E ONDULATÓRIA

Nesta seção apresentamos algumas questões identificadas em nossa prática docente no ensino de oscilações e ondulatória. Na primeira subseção discutimos algumas dificuldades encontradas, ressaltando que muitas delas não são exclusivas deste conteúdo. Na segunda subseção, discutimos possíveis soluções e como elas são encaminhadas nas AD apresentadas nesta pesquisa.

2.1 DIFICULDADES

Oscilações e ondulatória são assuntos abordados, geralmente, no final do primeiro ou segundo ano do Ensino Médio. Nos PCN+ da Física (BRASIL, 2002, p.34) existem três exemplos de sequência aconselhada de conteúdos para os três anos do EM, nestes exemplos percebemos que o conteúdo de Oscilações e Ondulatória está posto como último conteúdo do ano letivo.

Sabemos que o conteúdo programático de Física para um ano letivo do EM é bastante extenso, levando em consideração a carga horária desta disciplina. Muitas vezes falta tempo para cumprir todo o programa. Desta forma, não raro, pela metodologia tradicional, o professor não consegue passar todo o conteúdo programático e acaba eliminando, praticamente, toda a ondulatória, como já temos exemplos reais.

Além disso, o conteúdo de Oscilações e Ondulatória é muito rico em fenômenos. Sendo assim, uma vez que o fenômeno é entendido, não existem muitos problemas diferentes, somente exercícios que primam pela repetição, optando por quantidade e não qualidade. Se temos muitos fenômenos e conceitos a serem explorados e pouco tempo corre-se o risco de acabar apenas reproduzindo o que está no livro didático, sem muita reflexão.

Através de relatos de estudantes e registros em livros didáticos podemos afirmar que, na maioria dos casos, o ensino de Oscilações e Ondulatória se dá de forma desconexa em relação ao cotidiano dos estudantes. Isso pode ser devido à escassez de tempo do professor para cumprir um programa escolar extenso e fazer um planejamento mais detalhado e contextualizado. Nas AD planejadas buscamos explorar os fenômenos de Oscilações e Ondulatória e fazer uma discussão contextualizada com a realidade dos estudantes. Nestas AD procuramos trazer questões e problemas, através dos quais, os estudantes possam refletir e investigar as relações entre os fenômenos observados e seus conceitos subjacentes.

Em particular, a ondulatória apresenta fenômenos dinâmicos que não ocorrem apenas em um ponto, mas sim em uma região do espaço. Livros didáticos e quadro negro, principais recursos usados em aulas tradicionais, representam os fenômenos ondulatórios apenas em

imagens estáticas e, desta forma, muitos estudantes têm dificuldades de entendê-los como fenômenos dinâmicos.

Quando se pensa em ondas imediatamente nos vem a ideia de movimento (movimento do mar). A primeira imagem que vem a cabeça dos estudantes quando escutam a palavra onda é a “onda do mar”. Mas, em Física, onda envolve muito mais que água. Por trás desta palavra existe toda uma fenomenologia acontecendo no espaço, associando grandezas e conceitos. Um ensino de Física expositivo que incentiva a memorização de conceitos e equações matemáticas não é suficiente para que estes fenômenos sejam compreendidos e relacionados com a realidade cotidiana dos estudantes.

Quando o estudante não consegue perceber o fenômeno ondulatório como algo dinâmico, que ocorre no espaço, fica difícil entender os conceitos e grandezas associados a eles. Desta forma, a maioria dos alunos apenas memoriza os conceitos e reproduzem, exatamente, o que lhes foi passado em sala de aula. Por exemplo, o aluno decora que o som é uma onda longitudinal e a luz uma onda transversal, mas não sabe, realmente, qual a diferença entre estes tipos de ondas. Se for para aplicar os conhecimentos memorizados em um contexto diferente o estudante encontrará muita dificuldade. À vista disso, se o aluno não consegue entender os fenômenos ondulatórios, os conceitos associados tampouco serão compreendidos.

O que queremos não é formar um sujeito reprodutivo e com habilidade algébrica na manipulação de dados numéricos, extraídos de enunciados de exercícios. Queremos formar um estudante crítico, reflexivo, capaz de tomar decisões e manifestar suas opiniões. A capacidade de generalização de um problema, feito em sala de aula, para uma situação do cotidiano, vai muito além de resolver inúmeros exercícios com alteração de dados e variáveis. O estudante precisa entender que estudar Física não é algo vazio que só serve para resolver diferentes tipos de exercícios propostos no livro didático.

Buscamos fazer com que o estudante abandone a memorização vaga de conceitos soltos e sem significado. Através das simulações computacionais ele pode ver o fenômeno acontecendo e então relacionar com o fenômeno observado em sua vivência fora da sala de aula. A partir disto ele pode fazer associações com o seu dia a dia e ser mais autônomo e crítico em relação ao que é estudado.

É relevante destacar que não temos a pretensão de que a implementação de atividades didáticas sobre ondulatória e oscilações, permeadas pela inserção de simulações computacionais, animações e vídeos, substituam o método tradicional de ensinar Física. Porém, acreditamos e verificamos que estas promovem uma complementação à aula de Física, em busca de um processo de ensino-aprendizagem com qualidade.

2.2 POSSÍVEIS SOLUÇÕES

Acreditamos que a simulação por si só não é a solução para todos os problemas didáticos. Existem outros fatores que devem ser levados em consideração. O trabalho deve ser direcionado para que os estudantes não percam o foco do estudo e o uso da simulação não se torne uma brincadeira para eles. É importante partir de algo que o estudante conheça e que faça parte do seu cotidiano para que ele se envolva com a atividade. A AD deve ser desafiadora para que

estudante se interesse pela mesma. Nesta subseção discutiremos algumas soluções possíveis para minimizar as dificuldades listadas na subseção 2.1.

Uma solução possível para a falta de tempo para cumprir o conteúdo programático são as atividades extraclasse. Ademais, estas são importantes para desenvolver a autonomia do estudante, fazendo com que ele pense no problema e vá para a aula com mais dúvidas. Quando o estudante cria dúvidas, ele pode se interessar mais pelo assunto, pois é algo que lhe deixa intrigado e então, possa discutir com o professor e os colegas. Assim, os estudantes podem refletir individualmente de forma autônoma, com atividades extraclasse, e depois compartilhar os conhecimentos adquiridos com seus colegas em sala de aula.

Para promover atividades didáticas extraclasse que enfatizem as relações entre os fenômenos e conceitos e sejam interessantes para o aluno é importante utilizar recursos: simulações, experimentação, animações entre outros. A ideia de usar recursos serve para, primeiramente, mostrar o fenômeno para o aluno e então, depois discutir o seu conceito subjacente. Precisamos partir sempre do fenômeno – o que é conhecido pelo aluno – fazendo, assim, com que ele compreenda o que está estudando e, por consequência, se envolva com o conteúdo a ser estudado.

Outra opção seria fazer atividades experimentais, no turno inverso, em laboratório de Ciências. Porém, um laboratório de Ciências é caro e a maioria das escolas públicas não possui. E quando a escola possui laboratório de Ciências, este está tão sucateado que torna-se impraticável propor alguma atividade experimental. Porém, laboratório de informática a maioria das escolas possui, o que possibilita a inserção de simulações computacionais.

A contextualização do conteúdo, com fenômenos observados no cotidiano, tem o objetivo de imprimir sentido para o estudante ao que é estudado. Nesse caso, a contextualização parte inicialmente da visibilidade do fenômeno por parte do estudante. Esta visibilidade pode ser em um laboratório didático, laboratório de informática (através de simulações, animações e vídeos) ou ir a campo fazer observações da realidade.

Dentre estas soluções possíveis nos amparamos na utilização de simulações computacionais. As simulações computacionais (MEDEIROS; MEDEIROS, 2002) possibilitam que o estudante observe uma representação do fenômeno rodando na tela do computador. Na simulação ele pode ver como o fenômeno ocorre e manipular grandezas para observar o comportamento deste em diferentes situações. O conteúdo de Oscilações e Ondulatória é muito rico em fenômenos e requer mais descrição de conceitos ao invés de cálculos matemáticos. Tradicionalmente, os professores buscam, prioritariamente, descrever os conceitos e com isso os alunos não conseguem compreender o fenômeno “acontecendo” e sua dinamicidade. Somente decorar os conceitos é insuficiente para aprender Física, talvez isso contribua com o desinteresse e falta de estímulo dos estudantes para estudar Física.

A simulação computacional exige que o aluno tome atitudes, encoraja a autonomia e a ação frente a um problema que ele tem interesse em resolver. Ele precisa manipular a simulação, considerando o seu próprio tempo, para solucionar o problema ou questões propostas. Nossa principal preocupação é que ele consiga relacionar os conceitos com os fenômenos e para isso ele precisa se tornar parte ativa e responsável no processo de sua própria aprendizagem.

Como já citado anteriormente, os alunos que estão chegando, atualmente, no EM são os ditos Nativos digitais. Assim, acreditamos que um modo de prender a atenção dos estudantes na aula e torná-la interessante é através da utilização de vídeos e animações. Além disso,

conforme já sabemos, a dinamicidade do conteúdo de ondas é de difícil visualização em meios tradicionais de ensino (quadro-caderno-livro).

Porém, é difícil prender a atenção dos estudantes através da resolução de exercícios, mesmo que sejam mediados por recursos didáticos como animações e vídeos. Precisamos promover atividades didáticas baseadas em problemas que sejam desafiadores para os estudantes e favoreçam a observação dos fenômenos e a reflexão sobre seus conceitos subjacentes. Para Pozo (1998), um problema é uma situação que precisamos e queremos resolver, mas não conhecemos o caminho a seguir e ele não é rápido e automático. Resumindo, um problema é uma situação desafiadora que necessita de uma resposta, mas essa resposta não é direta. Para chegar a solução é necessário fazer escolhas, desenvolver a tomada de decisões e seguir um caminho que exige reflexão.

3 A SALA DE AULA INVERTIDA

Segundo Bergmann e Sams (2012) a sala de aula invertida é um meio de transferir eventos que tradicionalmente eram realizados em aula para fora da sala de aula, ou seja, atividades que antes eram feitas em sala de aula, como apresentação inicial do conteúdo, agora são feitas em casa pelo aluno. Na sala de aula invertida, o contato inicial com algum tópico é feito antes da sala de aula, de modo que ele pode refletir sobre o assunto, formular perguntas e ter um papel mais ativo quando, posteriormente, em sala de aula, debater com colegas e professores.

Na sala de aula invertida o material usado pelo professor e disponibilizado para o aluno de maneira prévia deve ser cuidadosamente elaborado e/ou selecionado para que o aluno tenha ferramentas, no nível adequado, para que possa cumprir com êxito a etapa inicial do processo de ensino e aprendizado. Não basta dizer para o aluno ler um livro texto que não foi especificamente escrito para um esquema de sala de aula invertida. Neste caso, o aluno ficaria frustrado pois, provavelmente, não teria base para acompanhá-lo sem orientação prévia do professor.

Com um material adequado, a sala de aula invertida é uma abordagem pela qual o aluno fica responsável pelo estudo inicial do tópico em casa, sem o auxílio do professor, e a aula presencial serve para esclarecimentos de dúvidas e aplicação prática dos conceitos estudados previamente em casa pelo aluno (JAIME; KOLLER; GRAEML, 2015).

As AD apresentadas nesta pesquisa podem ser vistas como um curso introdutório sobre Oscilações e Ondulatória a nível de Ensino Médio. Em princípio cada AD foi planejada para ser o primeiro contato com os conteúdos apresentados e podem ser feitas pelos alunos de forma autônoma. Como as AD propõem questões e problemas, elas são particularmente úteis em um esquema de sala de aula invertida, pois os alunos vão para a aula presencial com um conjunto de dúvidas já formuladas, além de ideias e conhecimentos para discussões. A proposição de problemas e questões extra-classe para um público altamente conectado também é um fator catalisador de instâncias de aprendizagem colaborativa através das redes sociais. Caso estas sejam feitas antes das aulas presenciais, estas últimas podem ser realizadas para promover discussões em nível mais profundo e eventualmente promover sínteses dos conteúdos abordados.

4 METODOLOGIA

As AD foram elaboradas e analisadas em cinco etapas denominadas Análise, Design, Desenvolvimento, Implementação e Avaliação. Na área de Design Instrucional (DI) esta metodologia é conhecida pelo acrônimo ADDIE (LARSON; LOCKEE, 2014) dado pelas iniciais dos nomes destas etapas em inglês: *Analysis, Design, Development, Implementation e Evaluation*.

Dado que as características gerais e finalidade da sequência de AD já foram especificadas e justificadas nas seções anteriores, cabe nesta seção detalhar a metodologia usada para o desenvolvimento de cada AD que compõe a sequência. Abaixo, detalhamos as etapas da metodologia ADDIE usada por nosso grupo de pesquisa para realizar este tipo de tarefa.

1. A etapa **Análise** é formada pelas quatro sub-etapas detalhadas abaixo:
 - (a) Análise da exequibilidade e receptividade da AD anterior. Esta análise busca ajustar o nível de adequação, dificuldade, carga de trabalho e de interesse da AD em função do resultado de outra AD recém aplicada. (Naturalmente, esta sub-etapa não ocorre no desenvolvimento da primeira AD de uma sequência.)
 - (b) Definição e análise dos objetivos didáticos da particular AD. Nesta etapa também ocorre a definição do nível de dificuldade e carga de trabalho prevista para sua realização da AD.
 - (c) Definição e análise de outros conhecimentos e habilidades necessários para aprendizagem dos tópicos definidos na sub-etapa anterior. Por exemplo, neste momento, determina-se quais fenômenos devem ser focalizados para que os conceitos que se quer ensinar, definidos na sub-etapa anterior, possam ser compreendidos.
 - (d) Busca, seleção e análise de recursos didáticos facilitadores para o processo de aprendizagem dos tópicos definidos nas sub-etapas anteriores. Por exemplo, busca na Internet de simulações, vídeos ou animações capazes de representar os fenômenos cujos conceitos relacionados se quer ensinar. Caso nada seja encontrado, e seja factível, elabore-se um recurso didático próprio.

2. Na etapa **Design** definem-se os meios pelos quais os recursos didáticos encontrados na etapa anterior devem ser usados para atingir os objetivos didáticos especificados. Nesta etapa planejam-se:
 - (a) a estrutura completa da AD;
 - (b) as necessidades e características do(s) texto(s) contextualizador(es);
 - (c) necessidades e características(s) de textos explicativos e/ou acessórios aos recursos didáticos selecionados na sub-etapa 1 (d);

- (d) características das questões e problemas a serem propostos.
3. A etapa **Desenvolvimento** é formada pelas três sub-etapas detalhadas abaixo
- (a) Elaboração de textos de acordo com as especificações dadas nas etapas 2 (b) e 2 (c).
 - (b) Elaboração de questões e problemas de acordo com as especificações dadas na etapa 2 (d).
 - (c) Organização do material próprio produzido nas etapas 3 (a) e 3 (b), juntamente com os recursos selecionados na etapa 1 (d) em um formulário eletrônico de acordo com a estrutura definida na etapa 2 (a).
 - (d) Inserção de questionário de opinião. Com o objetivo de coletar dados sobre a receptividade da AD, insere-se ao final da mesma um bloco com questões de opinião (Figura 1), que solicita ao aluno que classifique a AD através de uma nota de 1 a 5 segundo os critérios de *trabalho*, *dificuldade*, *interesse* e *de forma geral*. Após a aplicação da AD, as respostas deste bloco são usadas para balizar o desenvolvimento das AD seguintes. Também, o conjunto de dados acumulados de todas as AD é usado na análise da global da sequência.

Figura 1 - Questionário de opinião inserido ao final de cada atividade didática

Opinião

em relação ao trabalho: * 1 (nada trabalhosa) 2 3 4 5 (muito trabalhosa)

em relação à dificuldade: * 1 (muito fácil) 2 3 4 5 (muito difícil)

em relação ao interesse: * 1 (muito tediosa) 2 3 4 5 (muito interessante)

de forma geral: * 1 (fraca) 2 3 4 5 (ótima)

Fonte: Arquivo dos pesquisadores

4. Na etapa **Implementação** é feita a disponibilização da AD aos estudantes no ambiente eletrônico (site). É dada, em média, uma semana para que os alunos a resolvam, com uma aula presencial entre a data de publicação da AD e sua data de entrega.
5. Na etapa **Avaliação**, verificam-se os resultados de sua implementação segundo os critérios de exequibilidade e receptividade. Para verificar a exequibilidade acompanhamos o grau de participação dos alunos através da submissão dos formulários eletrônicos e/ou participação nos encontros presenciais (não obrigatórios). A receptividade da AD é analisada pelas respostas dadas no questionário de opinião.

As etapas e sub-etapas de elaboração das AD se retroalimentam. Em um primeiro momento, na etapa 3 (Desenvolvimento) elaboram-se uma AD preliminar, que é posteriormente analisada segundo a sua adesão às especificações dadas na etapa 2 (Design). Este ciclo de

Design-Desenvolvimento, se repete até a obtenção de uma AD passível de ser aplicada. Neste estágio, a AD é considerada uma versão piloto e passa a ser analisada segundo sua capacidade de atingir os objetivos didáticos definidos na etapa 1 (Análise). Eventualmente, a AD piloto é aplicada em grupos restritos formados, por exemplo, por alunos de graduação voluntários ou participantes do projetos de iniciação à docência. Caso a análise dos resultados da AD piloto não gerar resultados satisfatórios, reinicia-se o ciclo de Design-Desenvolvimento. Se este processo não convergir para um AD piloto capaz de atingir os objetivos didáticos, o processo é retomado a partir da primeira etapa.

A etapa de Implementação descrita acima trata de cada AD individualmente. Naturalmente, é preciso que previamente se tenham definidas as condições de implementação da sequência de AD. Esta implementação envolve a seleção da escola, apresentação das AD aos professores e alunos e a discussão da forma de como a sequência de AD será inserida na disciplina: se a realização das AD é optativa ou obrigatória, se seus resultados serão avaliados, se a avaliação será usada para compor a nota do aluno, etc. Para a avaliação da receptividade da sequência de AD como um todo convidamos os alunos a participar de uma entrevista individual, não obrigatória, que se realizou após a aplicação da última AD. Desta forma, pudemos coletar informações adicionais sobre as impressões e considerações dos alunos ao final do processo.

5 A SEQUÊNCIA DE ATIVIDADES DIDÁTICAS

A sequência de atividades didáticas apresentadas nesta investigação está disponível no site <http://www.ufsm.br/mpeac/st12>². As AD possuem uma estrutura composta por sete elementos:

- ⑩ título e texto introdutório contextualizador;
- ⑩ recurso didático (simulação, animação, vídeo, ou áudio);
- ⑩ instruções para a resolução da AD;
- ⑩ questões e problemas;
- ⑩ questionário de opinião;
- ⑩ referências e bibliografia.

² Para realizar efetivamente as AD é necessário que o aluno esteja cadastrado. No entanto, no site há versões abertas de todas as AD. A única diferença entre elas é que nas versões abertas não há caixa de diálogo para a submissão das respostas nem o questionário final de opinião.

Quadro 1 - Características básicas das atividades didáticas

ID	TÍTULO	OBJETIVOS	RECURSOS ³
1	Movimento Periódico	Introduzir os conceitos período, frequência e amplitude.	Simulação “ <i>Pendulum lab</i> ” (PHET,a)
2	Fenomenologia de um pulso de onda	Relacionar as grandezas estudadas na AD anterior com os pulsos de onda.	Simulação “ <i>Wave on a string</i> ” (PHET,b)
3	Grandezas relacionadas a uma onda	Observar as grandezas relacionadas a uma onda e associá-las com os fenômenos.	Simulação “ <i>Wave on a string</i> ” (PHET,b)
4	Ondas transversais e longitudinais	Observar a relação entre comprimento de onda, período e frequência e a propagação de uma onda em uma mola.	Vídeo “ <i>Transverse and Longitudinal Waves</i> ” (Animations for Physics and Astronomy)
5	Ondas sonoras	Compreender ondas sonoras e suas propriedades.	Simulação “Sound” (PHET, c)
6	Timbre	Entender o timbre e ondas harmônicas.	Simulação “Fourier” (PHET, d)
7	Som, infrassom e ultrassom	Relacionar som e infrassom com fenômenos cotidianos, como por exemplo, o exame de ultrassonografia.	Vídeo “ <i>Você ouve bem?</i> ” (Use sua ilusão)
8	Fenômenos e Grandezas	Retomar fenômenos, conceitos e grandezas estudados nas AD anteriores.	Vídeo sem título, (MPEAC, a)
9	Padrão de interferência	Compreender o que é um padrão de interferência e a diferença entre ondas e partículas.	Vídeo “ <i>Dr. Quantum - Fenda Dupla</i> ” (GOIA, 1)
10	Interferência de Ondas	Retomar conceitos da AD anterior e estudar conceitos de interferência construtiva e destrutiva.	Simulação “ <i>Wave-interference</i> ” (PHET,e) e animações “Pulsos em cordas” (MPEAC, b)

³ As referências completas dos recursos creditados nesta coluna a PHET, Animations for Physics and Astronomy, Use sua ilusão, MPEAC, GOIA, Wikipedia, Flisch e Idéia Física são apresentadas no site junto às respectivas atividades didáticas.

Sequência de atividades didáticas para uma abordagem fenomenológica da ondulatória em uma perspectiva de sala de aula invertida

11	Ondas estacionárias	Entender o que são ondas estacionárias e superposição de ondas.	Animações “ <i>Ondas Estacionárias</i> ” (MPEAC, c)
12	Reflexão, refração e difração	Compreender o conceito de raio de luz e suas propriedades.	Simulação “ <i>Bending Light</i> ” (PHET, f)
13	Efeito Doppler	Compreender o efeito Doppler e os fenômenos a ele associados.	Áudio “ <i>Speeding car horn doppler effect sample</i> ” (Wikipedia) e simulação “ <i>Sound</i> ” (PHET, c)
14	Ressonância	Entender o que é ressonância e como ela pode causar fenômenos, como a queda da ponte de Tacoma.	Vídeo “ <i>Desabamento de ponte por causa do efeito de Ressonância</i> ” (Flisch); vídeo “ <i>Ressonância Acústica</i> ” (Ideia Física) e simulação “ <i>Resonance</i> ” (PHET, g)

Fonte: Arquivo dos pesquisadores

No Quadro 1 apresentamos resumidamente as características básicas das AD. Neste quadro, a primeira e segunda colunas, respectivamente, estão o número e o título da AD. Na terceira coluna, apresentamos resumidamente, os principais objetivos didáticos da AD. Na quarta e última coluna estão identificados os tipos de recursos didáticos utilizados para apresentar a parte fenomenológica da AD com as respectivas referências.

O conjunto de objetivos didáticos apresentados na tabela mostra que a sequência de AD se estende por praticamente todo o conteúdo programático de assunto ondulatória que deve ser dado no Nível Médio. Naturalmente, no espaço deste artigo não é possível apresentar uma AD completa, no entanto, a título de exemplo, listamos abaixo algumas perguntas que são formuladas nas AD.

- ⑩ *Descreva como você mediria o período da onda utilizando a simulação computacional. Existe mais de uma forma de calcular o período da onda? (AD 03, questão 2).*
- ⑩ *É possível identificar a sonoridade de cada harmônico em uma nota musical ou somente escutamos o som que resulta da combinação de vários harmônicos? Argumente a respeito. (AD 06, questão 2).*
- ⑩ *Alguma das animações acima representa uma onda estacionária? Qual? Explique. (AD 11, questão 2).*
- ⑩ *Atualmente para evitar que novos casos como a ponte de Tacoma ocorram, que cuidados devem ser tomados? Explique isso em termos do sistema massa-mola apresentado na simulação e cite as grandezas que devem ser consideradas. (AD 14, questão 6).*

Note que todas as perguntas remetem o aluno para que busque a resposta através da análise do fenômeno que está simulado ou exibido na AD por algum recurso didático. As questões são formuladas da forma mais aberta possível, não raro admitindo mais de uma solução. Principalmente nos casos de questões centradas em simulações, esta é a estratégia que

usamos para despertar a curiosidade do aluno para que explore as várias possibilidades que este recurso iterativo possui. Desta forma, ele poderá observar o fenômeno ocorrendo sob várias condições e possibilitando a construção de relações de causa e efeito.

6 IMPLEMENTAÇÃO E ANÁLISE

A escola em que as atividades didáticas foram implementadas é uma escola pública do interior do Rio Grande do Sul, que denominaremos Escola A. Nesta escola o Ensino Médio está integrado com cursos técnicos e o componente curricular de física é ministrado apenas nos dois primeiros anos. Usualmente, o conteúdo de Ondulatória e Oscilações é um tópico que deveria ser trabalhado no final do primeiro ano. No entanto, pela falta de um professor regente e os problemas apontados na seção 3, este conteúdo não foi ensinado no ano de 2015. No ano de 2016, um novo professor assumiu a carga didática do segundo ano de física e decidiu acrescentar em seu planejamento o conteúdo de ondulatória sem negligenciar os tópicos usualmente dados para esses alunos, de modo que eles tivessem o programa completo de física do Nível Médio. Para que isso fosse possível, estabeleceu-se uma parceria entre este professor regente e o grupo Métodos e Processos de Ensino e Aprendizagem de Ciências que resultou no desenvolvimento da sequência de AD apresentada nesta investigação.

A sequência de AD também foi oferecida para ser implementada também nas com as turmas de outros professores que trabalhavam com física no segundo ano, sendo que um deles se interessou pela proposta. Desta forma, em princípio, poderiam participar da implementação da sequência de AD 58 alunos, de duas turmas que identificaremos nesta pesquisa como Turmas A e B, com respectivamente 28 e 30 alunos. Combinamos com o professor da Turma A (nosso contato inicial com a escola) que as AD seriam avaliadas e suas notas seriam incorporadas com um valor de 10% nas médias bimestrais. Em nossa experiência atribuir nota para atividades didáticas é necessário para que os alunos as interpretem como obrigatórias. Também consideramos que o fato do valor não ser muito expressivo permite que o aluno opte por não fazê-las caso perceba que estas não contribuam para seu aprendizado. Desta maneira o processo de decisão do aluno em fazer ou não as AD é uma medida de seu interesse por elas. Combinamos com o professor regente da Turma B que as AD seriam recomendadas aos alunos, seriam acompanhadas pelos estagiários da turma, mas seus resultados não seriam utilizados para compor a nota de aproveitamento deles.

As AD foram ministradas em 17 semanas entre 9/03/2016 a 4/07/2016. Combinamos com as duas turmas que as AD seriam semanais, em geral, disponibilizadas aos domingos no site <http://boltz.ccne.ufsm.br/st12> com data de entrega até o domingo seguinte⁴. Também agendamos encontros presenciais optativos de noventa minutos de duração para discussões de assuntos relacionados a cada AD. Esses foram ministrados em dias letivos, em turno inverso,

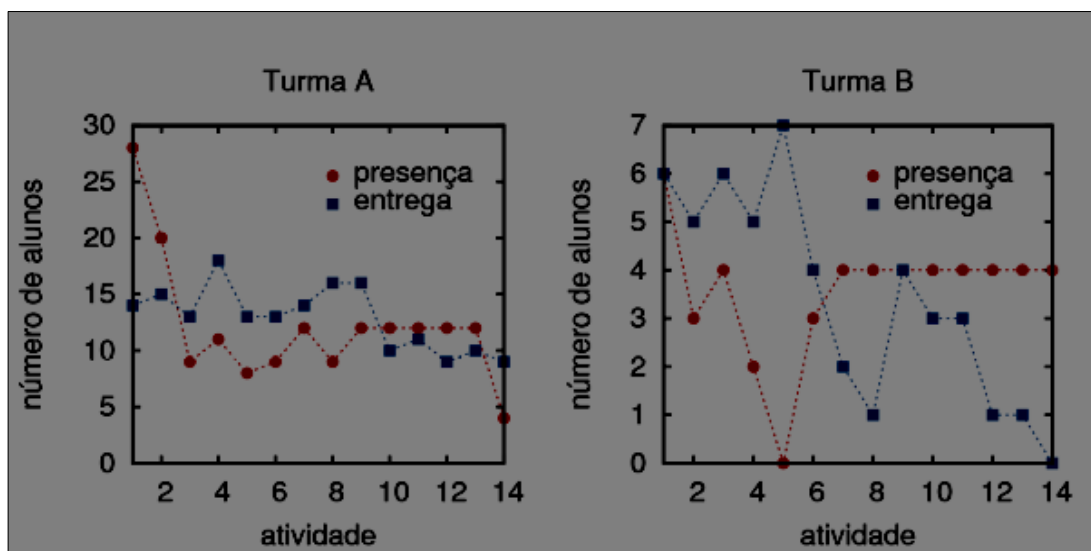
⁴ Foram ministradas 14 atividades em 16 semanas. O ciclo da primeira AD é necessariamente maior que sete dias, pois é preciso uma aula presencial inicial para a apresentação do ambiente virtual e cadastramento dos alunos no site. Também, foram atendidos pedidos de acréscimo de dias para a realização das AD quando os alunos estavam com acúmulo de tarefas com outras disciplinas, tinham necessidade de estudar para provas, etc.

nas datas seguintes à publicação das mesmas no site. Para discussões fora do espaço escolar foram criados grupos nas redes sociais Whatsapp e Facebook.

A participação nas AD foi medida de duas maneiras: comparecimento nos encontros presenciais e envio das atividades. A Figura 2 mostra como foi a participação por atividade das Turmas A e B em gráficos dispostos lado a lado. Comparando estes gráficos (note a diferença na escala vertical), pode-se ver claramente que a participação dos alunos da Turma B foi significativamente menor que a participação da Turma A, o que acreditamos, é uma consequência da forma como as AD foram aplicadas em cada turma. Como discutimos acima, a Turma B considerou as AD optativas e a Turma A, ao receber uma pequena nota, as considerou obrigatórias. Como a diferença de forma na aplicação teve grande impacto na participação dos alunos vamos analisar este aspecto em cada turma separadamente.

Inicialmente vamos analisar a participação da Turma A:

Figura 2 - Participação dos alunos das Turmas A (esq.) e B (dir.) em cada atividade didática em termos do comparecimento nos encontros presenciais e da entrega dos questionários



Fonte: Arquivo dos pesquisadores

O gráfico da esquerda da Figura 2 mostra um contraste muito grande entre a presença nos dois primeiros encontros e o número de questionários submetidos. Este fato é particularmente notável na primeira AD quando 28 alunos (100% da turma) compareceram ao primeiro encontro enquanto apenas 14 questionários foram submetidos. Desta forma, podemos concluir que os dois primeiros encontros também foram usados pelos alunos para conhecer as AD de modo que pudessem tomar uma decisão informada sobre se iriam ou não fazê-las. Da terceira AD até a penúltima, o comparecimento de um encontro a outro sofreu variações de não mais que 3 alunos. O último encontro presencial teve uma comparecimento atipicamente pequeno o que pode ser explicado pela coincidência da aplicação da AD 14 com o final do semestre letivo. Nesta época, geralmente, os alunos se concentram em atividades que têm maior impacto na nota de aproveitamento da disciplina. O número médio de alunos da Turma A nos encontros

presenciais foi de 12,1. Mas considerando, pela razões expostas acima, o período de participação regular como sendo o período que exclui as duas primeiras AD (muitos alunos ainda não haviam se decidido pela participação) e a última (coincidência com final do semestre), o número médio de comparecimento nos encontros presenciais foi efetivamente de 10,7.

O número de entrega de questionários dos alunos da Turma A ao longo das atividades, conforme pode ser visto na Figura 2, não apresenta mudanças de padrão que justifiquem análises separadas análogas às que foram feitas com as presenças. O maior número de entregas ocorreu na AD 4 quando 18 alunos submeteram o questionário e o menor número de entrega foi de 9 submissões. Em média, considerando todas as AD, 12,9 alunos entregaram os questionários. Comparando essa média de entregas com a média de comparecimento nos encontros presenciais regulares (10,7) vemos que para a Turma A o melhor indicador de adesão média (IAM) é a entrega⁵, pois nem todos que entregaram foram aos encontros. Logo, considerando que a turma tem 28 alunos, o IAM percentual foi de 46% da turma (12,9/28).

O IAM é um indicador construído com base no total de alunos da turma, logo é uma grandeza calculada também com os alunos que optam por não fazer as AD. Por isso é interessante definirmos o indicador de permanência média (IPM) como sendo a razão entre o número de entregas nas quatro últimas AD em relação ao número de entrega nas quatro primeiras AD. Desta forma o IPM indica quantos alunos que efetivamente começaram as AD, em média, chegaram a fazer as últimas. Para a Turma A, o valor do IPM foi de 65% (9,8/15), ou seja, 65% dos alunos da Turma A que começaram a fazer as AD permaneceram até o final.

A participação dos alunos da Turma B foi muito menos expressiva. Na Figura 2, vemos que no primeiro encontro compareceram 6 alunos e houve uma entrega também de 6 questionários. Logo, a adesão inicial dos alunos da Turma foi de apenas 20% (6/30) da turma. Ainda na Figura 3, pode-se ver que o número de alunos da Turma B nos encontros se estabilizou em 4 a partir da sétima AD. Como neste período o número de entregas apresentou quedas sucessivas, deixando de haver entrega na última AD, inferimos que partir da metade da sequência de AD os alunos da Turma B não sentiram mais a necessidade de submeter os questionários. Provavelmente, consideraram que as discussões nos encontros presenciais eram suficientes para esclarecer suas dúvidas. Portanto, para a Turma B na qual a entrega não vale nota o melhor indicador de participação⁶ é a presença nas encontros. Em termos dos indicadores definidos no parágrafo anterior, o IAM da Turma B foi de 20%, mas o IPM foi de 66% (4/6), pois 4 dos alunos 6 alunos que começaram as AD compareceram aos últimos encontros. A análise da participação dos alunos mostra que o indicador de permanência média dos alunos, o IPM, das duas turmas são muito parecidos: em torno de 2/3 dos alunos que participam das AD iniciais, em média, fizeram as AD finais. Logo, vemos que o fato de contar ou não para a avaliação semestral teve impacto apenas na adesão inicial.

Como vimos na Seção Metodologia, ao final de cada AD foi inserido um questionário de opinião que os alunos deveriam responder no momento em que submetiam suas atividades no sistema. As respostas a estes questionários de opinião fornecem indicativos da receptividade das AD pelos alunos. Antes de submeter a AD ao sistema, o aluno deveria classificá-la

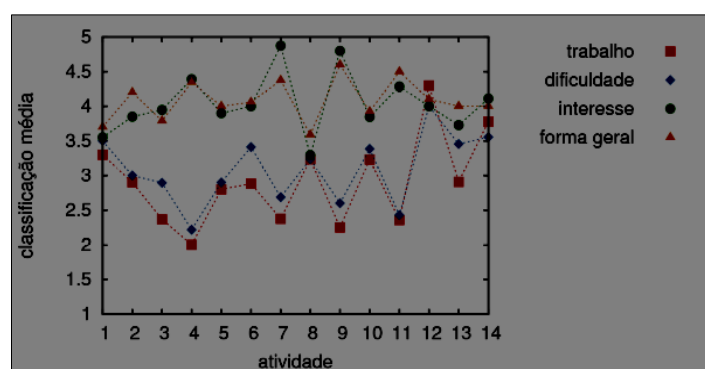
⁵ Esta medida subestima a participação real, pois desconsidera os (poucos) alunos que compareceram aos encontros presenciais e não entregaram as AD.

⁶ Também esta medida subestima ligeiramente a participação da Turma B, pois não considera os (poucos) alunos que entregaram as AD e não compareceram aos encontros.

atribuindo um valor inteiro (nota) de 1 a 5, para quatro critérios: **trabalho**, **dificuldade**, **interesse** e **de forma geral**, onde este último critério deve ser entendido como a nota que o aluno atribui à AD como um todo. Nesta escala, o menor valor que podia ser atribuído a cada um dos critérios é 1. Uma escolha do valor um 1 em todos os critérios, classificaria a AD como nada trabalhosa, muito fácil, muito tediosa e fraca. No outro extremo da escala, a escolha do valor 5, classifica a AD como muito trabalhosa, muito difícil, muito interessante e ótima. O valor 3 corresponde a uma classificação neutra ou média entre as escolhas extremas. Na Figura 3 apresentamos os valores médios atribuídos pelos alunos a estes quatro critérios em cada AD e na qual podemos ver que houve uma certa variação na forma como os alunos as classificaram. Este fato em si é esperado, pois cada AD aborda um tópico distinto de ondulatória e também usa diferentes recursos didáticos. Logo, é natural os alunos usarem suas preferências, habilidades e conhecimentos prévios para classificar as AD segundo suas próprias percepções dos critérios adotados. Apesar desta variação, é possível ver na Figura 3 que em relação aos critérios **trabalho** e **dificuldade**, a classificação das AD tende a ser menor que 3 e em relação ao **interesse** e de **forma geral** tende a ser maior que 4. Consideramos estes resultados qualitativos importantes, pois um nível muito alto de dificuldade e trabalho em todas as AD poderia desestimular os alunos a realizá-las, principalmente considerando que o fazem no contra turno. Em relação ao interesse e de forma geral, classificações com valores menores que 3 indicariam que as AD por si só não motivariam os estudantes a fazê-las.

Uma análise quantitativa da receptividade das AD é possível calculando-se o valor médio atribuído a estes critérios no conjunto de todas as AD. Em relação aos critérios de **trabalho** e **dificuldade** o valor médio atribuído foi, respectivamente, de 2,9 e 3,1. Logo, a sequência de AD, como um todo, foram julgadas pelos estudantes como medianamente trabalhosa e nem fácil nem difícil. Em relação aos critérios de **interesse** e de **forma geral** os alunos atribuíram, às AD, respectivamente, valores médios de 4,0 e 4,1. Estes valores indicam claramente que os alunos julgaram a sequência de AD como tendo sido interessante e muito boa⁷, pois estes valores estão significativamente acima do valor neutro (3).

Figura 3 - Receptividade das AD. Os valores referentes a cada AD representam as médias calculadas sobre as respostas dos estudantes que classificaram as AD em uma escala com valores inteiros de 1 a 5 segundo os critérios de trabalho, dificuldade, interesse e de forma geral



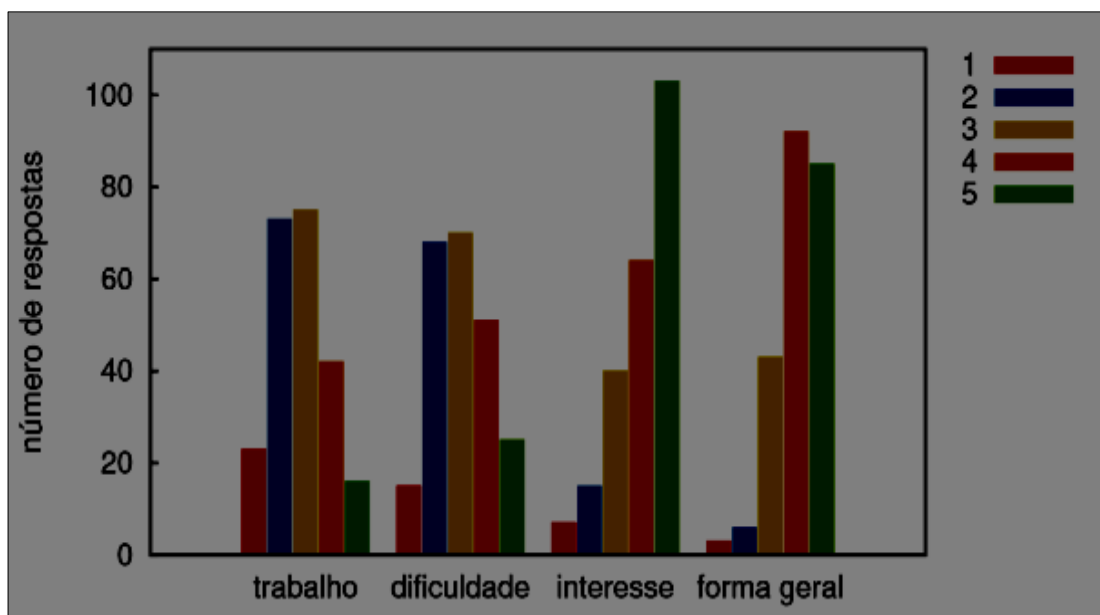
Fonte: Arquivo dos pesquisadores

⁷ No formulário os extremos do critério de **forma geral** estão identificados: 1 = fraca, 5 = ótima. A partir destes, infere-se os demais: 2 = regular, 3 = boa e 4 = muito boa.

A receptividade da sequência de AD como um todo também pode ser analisada através do histograma das respostas obtidas nos 229 questionários de opinião das 14 AD das duas turmas. Na Figura 4 apresentamos este histograma. Em relação ao **interesse** há 103 respostas de grau 5 e 64 respostas de grau 4, logo, as AD foram classificadas como interessantes ou muito interessantes 167 vezes, ou seja 72,9%. Se incluirmos as 40 vezes em que houve uma classificação neutra, 207 foram respostas positivas ou neutras, de forma que apenas 22 respostas (9,6%) classificaram negativamente as AD neste critério.

Em relação à **dificuldade** o histograma da Figura 4 permite ver que a classificação de grau fácil (valores 1 e 2), médio (valor 3) e do grau difícil (valores 4 e 5) são bastante parecidas. No primeiro grupo há 83 respostas (36,2%), no centro há 70 (30,6%) e no terceiro grupo há 76 (33,2%). Desta forma, a percepção dos alunos considerando apenas esses três grupos, difícil, médio ou fácil, foi bastante uniforme e igual a cerca de um terço. Enfim, para muitos estudantes, a sequência de AD se dividiu em partes mais ou menos iguais de atividades fáceis, medianas e difíceis.

Figura 4 - Histogramas com a classificação dos alunos da sequência de AD segundo os critérios de trabalho, dificuldade, interesse e forma geral. Cada histograma considera as respostas das duas turmas ao conjunto das 14 AD (amostragem total de 229 questionários). O código de cores se refere à escala inteira de 1 a 5 usada para quantificar cada critério.

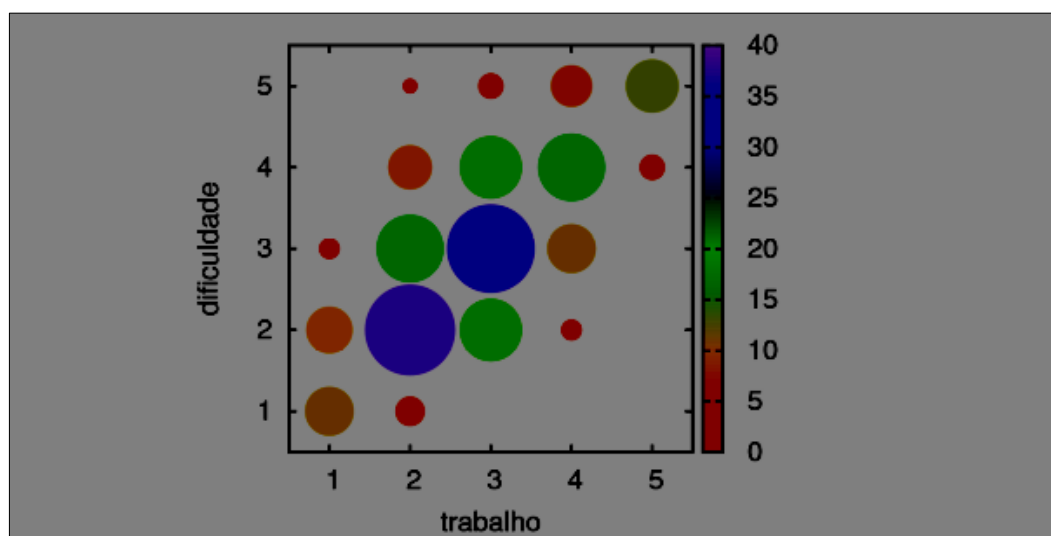


Fonte: Arquivo dos pesquisadores

Uma das práticas de nosso grupo de pesquisa consiste em monitorar a correlação entre os critérios de trabalho e dificuldade com o objetivo de evitar que uma determinada AD seja considerada simultaneamente trabalhosa e fácil. Este caso indesejado é um indício de uma AD mal planejada, pois faz os alunos gastarem tempo e energia em uma tarefa trivial ou que já dominam. A correlação entre os critérios trabalho e dificuldade pode ser observada através de

um histograma de duas variáveis. Na Figura 5 apresentamos um histograma deste tipo, no qual são contados pares de respostas dadas a estes dois critérios. Como há 5 possíveis respostas em cada critério, há um total de 25 pares de possíveis respostas. Estas respostas podem ser organizadas na forma de pontos em um plano cartesiano no qual a direção vertical indica o grau de dificuldade e a direção horizontal o grau de trabalho atribuídos. O tamanho do símbolo usado para cada um dos 25 pontos é proporcional ao número de de respostas de cada par. Para facilitar a identificação das contagens, o histograma da Figura 5 colore os símbolos de acordo com um código que também indica o número de respostas e é especificado na escala lateral. Na Figura 5 vemos que a maioria das contagens está na região da diagonal, o que indica que há uma forte correlação entre os critérios dificuldade e trabalho. A região central onde há a proporcionalidade entre os dois critérios pode ser definida como sendo aquela em que a diferença entre os valores atribuídos aos critérios trabalho e dificuldade foram, em módulo, menor ou igual a 1. A soma das contagens nesta região central, a é 212. Como foram submetidos 229 questionários, cerca de 92% das respostas consideraram a dificuldade proporcional ao trabalho. No setor em que a dificuldade é significativamente maior que o trabalho (diferença de valores maior que 1) houve 15 respostas. Em cerca de 7% das AD os alunos julgaram que elas foram significativamente mais difíceis que trabalhosas. No setor indesejado no qual a AD é julgada significativamente mais trabalhosa que difícil (diferença de valores maior que 1) houve apenas 2 respostas. Logo, em menos de 1% das vezes foi considerado que se estava trabalhando “desnecessariamente” em algo fácil.

Figura 5 - Histograma de duas variáveis. O tamanho e cor de cada ponto é proporcional ao número com que cada par de valor dado aos critérios de trabalho e dificuldade aparece na amostragem dos 229 questionários respondidos.



Fonte: Arquivo dos pesquisadores

7 CONCLUSÕES

Nesta pesquisa apresentamos um conjunto de 14 AD que cobrem praticamente todo o conteúdo do ensino de ondulatória do nível médio. Argumentamos que a sequência apresentada

é adequada para ser ministrada em uma perspectiva didática de sala de aula invertida onde o professor regente considera que antes da aula presencial é importante que os alunos explorem os fenômenos cujos conceitos serão sistematizados em aula. Nas AD elaboradas a fenomenologia é apresentada por diferentes por simulações, vídeos e animações de modo que o aluno pode ver o fenômeno ocorrendo no tempo e no espaço. A instância didática anterior à aula é estruturada na forma de questões publicadas em um site especialmente desenvolvido para este fim e no qual os alunos submetem eletronicamente suas respostas.

Analisamos esta proposta didática através de sua aplicação ao longo de um semestre letivo junto a duas turmas (A e B) no nível médio de uma escola pública. Na Turmas A, de 28 alunos, o desempenho dos estudantes nas AD foi incorporada ao sistema de avaliação semestral com um pequeno valor de 10% da nota total. Este valor foi estipulado para que os alunos pudessem optar por não fazê-las uma vez que as AD foram aplicadas em turno inverso. Na Turma B, de 30 alunos, as AD também foram aplicadas no turno inverso, porém não contaram para o sistema de avaliação. Apesar da diferença de adesão inicial dos alunos das duas turmas terem sido muito diferentes, 46% para a Turma A e 20% para a Turma B, o índice de permanência média (IPM) nas AD dos alunos que efetivamente começaram a fazê-las e foram até o final foi de cerca de 66% para as duas turmas. Levando em consideração que (1) a realização das tarefas propostas era feita em casa, (2) os encontros presenciais eram realizados no contraturno e (3) a sequência de AD foi realizada ao longo de todo o semestre, a persistência média de cerca de 2/3 dos alunos é um bom resultado.

A receptividade das AD foi feita analisando-se 229 questionários de opinião com quatro questões simples em que o aluno deveria classificar as AD em uma escala de 5 pontos, de 1 a 5, nos critérios de trabalho, dificuldade, interesse e de forma geral. Os critérios de trabalho e dificuldade receberam, respectivamente, valores médios de 2,9 e 3,0, ou seja, os alunos consideraram as AD medianamente trabalhosas e nem fáceis nem difíceis. Em relação ao interesse e de forma geral as AD receberam, respectivamente, valores médios de 4,0 e 4,1. Analisando como um todo, vemos que as AD estão bem balanceadas em termos de trabalho e dificuldade e que se posicionam positivamente em relação ao interesse e na impressão geral que causaram. Em particular, considerando o histograma médio dos graus de interesse respondidos, apenas 9,6% das vezes os alunos julgaram uma atividade tediosa ou pouco interessante.

Finalmente foi realizado um estudo qualitativo sobre a correlação entre as respostas dadas aos critérios trabalho e dificuldade com o objetivo de identificar um possível erro de planejamento caso houvesse muitos alunos que julgassem as AD simultaneamente trabalhosas e fáceis. Em nossa análise apenas 2 de 229 respostas, ou seja, menos de 1% das vezes uma AD foi julgada inadequada por este critério.

Em síntese concluímos que a sequência de AD apresentada neste trabalho pode ser uma alternativa viável e interessante para o ensino de ondulatória do nível médio, sobretudo em situações em que se busca resgatar a sala de aula como um espaço de discussões mais informadas.

Referências

BERGMANN, J.; SAMS, A. *Sala de aula invertida: uma metodologia ativa de aprendizagem*. Tradução de Afonso Celso da Cunha Serra. 1. ed. Rio de Janeiro: LTC, 2012.

Sequência de atividades didáticas para uma abordagem fenomenológica da ondulatória em uma perspectiva de sala de aula invertida

BRASIL. *PCNs+ Ensino Médio: orientações educacionais complementares aos Parâmetros Curriculares Nacionais*. Brasília: MEC, SEMTEC, 2002.

JAIME, M. P.; KOLLER, M. R. T.; GRAEML, F. R. *La aplicación de flipped classroom en el curso de dirección estratégica*. In: Jornadas internacionales de innovación universitaria educar para transformar, 12., 2015. actas. Madrid: Universidad Europea, p. 119-133, 2015.

LARSON, Miriam; LOCKEE, Barbara B. *A Practical Guide to Instructional Design*, 2014, Routledge, New York, 9p. 2014.

PRENSKY, M. Digital Natives Digital Immigrants. In: PRENSKY, Marc. *On the Horizon*. NCB University Press, Vol. 9 No. 5, October (2001a). Disponível em: <<http://www.marcprensky.com/writing/>>. Acesso em: 13 ago. 2016.

SOEGENG, R. *Simple Simulation in Physics Education*. Proceedings from the 4th Australian Computers in Physics Education Conference. Freemantle. 27 Set - 2 Oct 1998.

SOUSA, D. B. *Um curso de ótica baseado em experimentos*. Departamento de Física da Universidade Estadual do Ceará, 2010. 59 p. Apostila. Disponível em: <http://www.uece.br/fisica/index.php/arquivos/doc_details/71-um-curso-de-otica-baseado-em-experimentos>. Acesso em: 12 ago. 2016.

POZO, J. I. (Org.). *A solução de problemas: aprender a resolver problemas, resolver problemas para aprender*. Porto Alegre: Artmed, 1998.

ZABALA, A. *A prática educativa: como ensinar*. Porto Alegre: Artes Médicas Sul, 1998.