

UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO GRANDE DO SUL

INSTITUTO DE FÍSICA

PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ENSINO DE FÍSICA

MESTRADO PROFISSIONAL EM ENSINO DE FÍSICA

**UMA PROPOSTA PARA A INTRODUÇÃO AO USO DE
TECNOLOGIAS NO ENSINO DE FÍSICA EXPERIMENTAL DIRIGIDA
A LICENCIANDOS DE FÍSICA**

Leandro Paludo

**Porto Alegre
2014**

UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO GRANDE DO SUL

INSTITUTO DE FÍSICA

PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ENSINO DE FÍSICA

MESTRADO PROFISSIONAL EM ENSINO DE FÍSICA

**UMA PROPOSTA PARA A INTRODUÇÃO AO USO DE
TECNOLOGIAS NO ENSINO DE FÍSICA EXPERIMENTAL DIRIGIDA
A LICENCIANDOS DE FÍSICA**

Leandro Paludo

Dissertação realizada sob orientação da Profa. Dra. Eliane Angela Veit e coorientador Prof. Dr. Fernando Lang da Silveira, no Instituto de Física da UFRGS, em preenchimento parcial dos requisitos para a obtenção do título de Mestre em Ensino de Física.

Porto Alegre

2014

Ao melhor pai do mundo: Lucirio Paludo, (in memória). Mesmo não sabendo, ao certo, do que se tratava essa minha caminhada, jamais deixou de me apoiar e me deu condições para concretizar esse sonho. Essa conquista eu dedico a você!

À Lívia Sophia, minha filha, razão pela qual encontrei forças para seguir em frente nesta caminhada.

AGRADECIMENTOS

Agradeço a professora e minha orientadora Dra. Eliane Angela Veit por acreditar em mim. Ao longo destes três anos compartilhou inúmeros ensinamentos que levarei para a vida. Quero agradecer, em especial, a dedicação, a atenção, a paciência, o comprometimento, a agilidade e a cobrança exigida durante a realização deste trabalho. Mesmo que os passos sejam pequenos, agradeço a professora pela confiança depositada e por acreditar que, mesmo singela, estamos dando nossa contribuição ao ensino de Física. Sem esta visão, nosso trabalho não teria significado.

Ao coorientador professor Dr. Fernando Lang da Silveira, pelas sugestões, apontamentos e correções realizadas ao longo de todas as etapas.

À professora Dra. Cleci Teresinha Werner da Rosa por confiar que a nossa proposta viria a contribuir para a formação dos alunos do curso de Física da UPF e a somar com os objetivos do PIBID.

Aos alunos e professores do PIBID pela participação, comprometimento e ensinamentos proporcionados durante os encontros.

Ao professor Dr. Carlos Ariel Samudio Perez, por acreditar no futuro deste projeto e contribuir para o meu crescimento profissional. Sua participação foi fundamental para a realização deste trabalho. Obrigado pelo tempo dedicado na revisão de nosso material didático.

À mãe da minha filha, Silvia Brugnera, pelo incentivo e apoio ao longo deste período tão difícil.

À minha mãe e minhas irmãs, Rejane e Eliane, pelo apoio e carinho prestado durante toda a minha vida, e em especial, durante esta difícil caminhada.

Agradeço também o grupo de Física da UPF, composto por professores, funcionários, estagiários e amigos, pelas contribuições e ensinamentos.

“Talvez não tenhamos conseguido fazer o melhor, mas lutamos para que o melhor fosse feito...” (Martin Luther King).

SUMÁRIO

RESUMO	16
ABSTRACT	17
1. INTRODUÇÃO	9
2. LITERATURA RELACIONADA AO COMPUTADOR E O ENSINO DE FÍSICA	13
2.1. Planilhas eletrônicas	17
2.2. Modelagem, simulação e animação	18
2.3. Análise de vídeos	24
2.4. Aquisição automática e compartilhamento <i>online</i> de dados	26
3. EMBASAMENTO LEGAL E DIDÁTICO	33
3.1 Aspectos legais	33
3.1.1. Lei de Diretrizes e Bases da Educação Nacional	34
3.1.2. Parâmetros Curriculares Nacionais	37
3.1.3. O programa Institucional de Bolsa de Iniciação à Docência (PIBID)	42
3.2. Atividades experimentais no ensino de Física	45
3.3. Atividades de modelagem de fenômenos físicos no ensino de Física	52
4. PRODUTO EDUCACIONAL	57
5. APLICAÇÃO DA PROPOSTA	66
5.1. A Universidade de Passo Fundo e o Curso Licenciatura Plena em Física	66
5.2. Público alvo	69
5.3. Experiência didática	69
5.3.1. Encontro 1 - O computador como ferramenta didática para o Ensino de Física	70
5.3.2. Encontro 2 - Análise de um movimento unidimensional com aceleração constante, sob o ponto de vista da cinemática	75
5.3.3. Encontro 3 - Análise do movimento unidimensional com aceleração constante de três roletes diferentes, sob o ponto de vista da cinemática e da lei da conservação de energia mecânica	80
5.3.4. Encontro 4 – Continuação da análise do movimento unidimensional com aceleração constante de três roletes diferentes, sob o ponto de vista da cinemática e da lei da conservação de energia mecânica	88
5.3.5. Encontro 5 – Discussão sobre modelagem no ensino/aprendizagem de Física	92
5.3.6. Encontro 6 – Determinação da rapidez de propagação do som em barras metálicas de diversos materiais	99
5.3.7. Encontro 7 – Indução eletromagnética	106

6. Resultados finais dessa aplicação.....	115
CONSIDERAÇÕES FINAIS E CONCLUSÕES	120
REFERÊNCIAS	122
APÊNDICE A – Guias de Atividade para o Aluno.....	130
APÊNDICE B – Guias de Atividade para o Professor.....	143
APÊNDICE C – Material elaborado para apresentação das atividades/ <i>softwares</i>	213
APÊNDICE D – Termo de consentimento.....	231

RESUMO

Há décadas pesquisas e diretrizes educacionais no ensino de Física apontam que nós, professores, devemos diversificar as estratégias e metodologias de aprendizagem, nos apropriando e utilizando diferentes recursos didáticos a fim de proporcionar um ensino mais plausível, que conduza a uma aprendizagem significativa por parte dos alunos. Preocupados com essa questão e com a formação dos futuros docentes, desenvolvemos uma proposta didática junto ao curso de Licenciatura em Física da Universidade de Passo Fundo, com o objetivo central de: i) conduzir os licenciandos à reflexão e discussão sobre as tecnologias na sociedade versus seu uso nas escolas e suas potencialidades, como ferramenta, para levar os alunos a atingirem várias das habilidades e competências previstas nas Orientações Educacionais Complementares aos Parâmetros Curriculares Nacionais (PCN+); ii) torná-los ativos na aprendizagem de Física com o uso de computadores; iii) reconhecer a importância do suporte de um modelo teórico na realização de atividades experimentais, assim como para a compreensão das representações dos sistemas físicos em simulações e animações computacionais. Pelo fato de nossas práticas didáticas buscarem promover nos alunos certas habilidades e competências, nos amparamos em fundamentos teóricos e metodológicos, sobre atividades experimentais, computacionais e modelagem de sistemas físicos, para nortear nossas práticas didáticas. Durante sete encontros, os alunos e professores participantes do Programa Institucional de Bolsa de Iniciação à Docência, desenvolveram seis atividades envolvendo o uso de recursos computacionais: simulações e modelagem computacionais, análise de dados com planilhas eletrônicas, aquisição de dados a partir da análise de vídeos e de recursos que fazem parte de qualquer computador como, microfone e a placa de som, e o compartilhamento online de dados. Para a aplicação da proposta, foram elaborados Guias de Atividade para os Alunos, e essas experiências são relatadas em detalhes neste trabalho. Os resultados apresentados indicam grande interesse e engajamento por parte dos alunos. Desta forma, acreditamos ter contribuído para a formação dos participantes da experiência didática, futuros docentes. O produto educacional deste trabalho consiste em um conjunto de Guias de Atividades para os Alunos e Professores que contemplam em detalhes as atividades desenvolvidas.

Palavras chave: Formação de professores, atividade experimental, tecnologias da informação e comunicação, aquisição automática de dados, modelagem de sistemas físicos.

ABSTRACT

It's been decades since researches and guidelines on the teaching of Physics started pointing out that we, teachers, must diversify strategies and methodologies of learning, appropriating and utilizing different didactic resources in order to provide a more plausible teaching, conducing to a meaningful learning by the students. Worried about this question and with formation of Physics teachers, a new didactic proposal was developed , and applied to undergraduate Physics´ student at the University of Passo Fundo, having as main objectives: i) promote reflections and discussions about the technologies in society versus its use in schools, and it potential to help students to reach many of the abilities and competences under the Orientações Educacionais Complementares aos Parâmetros Curriculares Nacionais (PNC+) (Brazilian Guidelines of National Education) ; ii) make the students to be active on the learning of Physics through the use of computers; iii) make them recognize the importance of the support of a theoretical model on the performing of experimental activities, as well as for the comprehension of the physical systems in simulations and computer animations. Because our didactic practices seek to promote certain abilities and competences on students, some theoretical and methodological fundaments were used as axes on experimental, computational and modeling of physical systems activities, to steer the didactical practices. In seven meetings, students and teachers participating on the *Programa Institucional de Bolsa de Iniciação à Docência* (Institutional Scholarship Program of Initiation on Teaching) developed six activities involving the use of computational resources: simulations and computational modeling, data analyses with electronic spreadsheets, acquisition of data through the analysis of videos and resources on any computer, such as microphones and sound card, and online data sharing. For the application of the proposal, Guides of Activity for the Students were developed, and these experiences are reported in detail on this study. The results presented indicate great interest and engaging from the students. Thus, it is believed that it contributed on the formation of the participants of the didactic experience, the future teachers. The educational product of this study consists of a set of Guides of Activities for the Students and Teachers that contemplate in detail the activities developed.

Key words: formation of teachers, experimental activity, information and communication technologies, automatic data acquisition, modeling of physical systems.

1. INTRODUÇÃO

Em pleno século XXI, não cabe mais a nós, educadores, perguntarmos se devemos ou não inserir Tecnologias de Informação e de Comunicação (TICs) como ferramentas metodológicas no processo de ensino de Física. Hoje, graças aos avanços tecnológicos, os computadores oferecem um vasto leque de potencialidades, podendo e devendo ser utilizados em diferentes situações em sala de aula. Sabe-se que eles podem servir como auxílio para conduzir os alunos a uma aprendizagem significativa, no entanto a questão que se coloca é: como fazê-lo?

Apesar da relevância da utilização das TICs no ensino, nos deparamos com cursos de licenciatura em Física que não incluem em sua matriz curricular disciplinas específicas que abordem esses recursos. Em parte, isso contraria as Diretrizes Curriculares Nacionais para a formação de professores que, em seu Art. 2º, determina orientações inerentes à formação para a atividade docente, entre as quais o preparo para “o uso de tecnologias da informação e da comunicação e de metodologias, estratégias e materiais de apoio inovadores” (BRASIL, 2002, p. 1). De outra parte, entretanto, isso pode ser visto sob uma ótica positiva, pois se o computador for efetivamente usado para a aprendizagem de Física desde as Físicas Gerais a disciplinas específicas, discussões e reflexão sobre seu uso forem feitas em consonância com reflexões sobre outros recursos e estratégias de ensino, as Diretrizes Curriculares estariam sendo atendidas, talvez de forma até mais eficaz.

Veit e Teodoro (2002) ressaltam que a utilização das tecnologias de informação e comunicação ainda está muito defasada em relação ao seu uso científico, necessitando que, para cada área específica do conhecimento, se incorporem as tecnologias no processo de ensino-aprendizagem, de forma que o professor seja levado a abordagens e metodologias de ensino mais atuais e eficazes, visando desenvolver nos alunos competências e habilidades, em cada disciplina, de acordo com as orientações dos Parâmetros Curriculares Nacionais do Ensino Médio (PCNEM).

Para que isso aconteça, é necessário que o professor assuma o papel de mediador da interação entre aluno, conhecimento e computador, conforme Valente e Almeida (1997). Isso poderá contribuir para a qualificação da prática educativa, inovando a forma do ensino de Física, que atualmente é centrada em fórmulas matemáticas, resolução de exercícios e memorização. O uso de ferramentas computacionais é uma das maneiras de se fazer com que o aluno estude os fenômenos físicos de uma maneira atrativa.

Atualmente, encontramos professores recém-formados que têm familiaridade com computadores, mas apresentam restrição quanto ao uso no ensino de Física em sala de aula. Isso ocorre, provavelmente e em grande parte, porque durante o curso de graduação o acadêmico, futuro professor, fez pouco uso desta ferramenta no seu processo de formação. Como consequência, as chances de que não venha a utilizá-lo como recurso didático em sua atividade profissional como docente será grande.

Essa questão preocupa, pois certamente estão sendo formados professores do século XXI que se comportarão como docentes do século XX. Se esse cenário persistir, os alunos possuirão equipamentos e tecnologias, e os professores não saberão como utilizar estes recursos para auxiliar no ensino e na aprendizagem de Física.

O curso de Licenciatura em Física da Universidade de Passo Fundo (UPF), situada na região norte do Rio Grande do Sul, na qual o autor deste trabalho foi aluno e atualmente é docente, envida esforços no sentido de que os docentes da instituição integrem as TICs à sua prática pedagógica e que a formação discente seja a esperada para o século XXI.

Dentro desta política, a UPF incentivou e forneceu amplas condições para a realização do presente trabalho, que desenvolvemos com entusiasmo, mas ciente de que são nossos primeiros passos no sentido de contribuir para a inserção de tecnologias em cursos de formação de professores, se possíveis dentro dessa Instituição.

Especificamente, desenvolvemos um módulo didático, com o objetivo central de: i) conduzir os licenciandos à reflexão e discussão sobre as tecnologias na sociedade versus seu uso nas escolas e suas potencialidades como ferramenta para levar os alunos a atingirem várias das habilidades e competências previstas nos PCN+; ii) torná-los ativos na aprendizagem de Física com o uso de computadores; iii) reconhecer a importância do suporte de um modelo teórico na realização de atividades experimentais, assim como para a compreensão das representações dos sistemas físicos em simulações e animações computacionais.

O módulo didático proposto é constituído por seis atividades práticas, que envolvem experimentos, simulações computacionais, aquisição e análise de dados. Para a socialização da proposta, foi elaborado para cada uma das atividades, um Guia de Atividade para o Aluno, composto por textos introdutórios aos conteúdos abordados, questões sobre os conteúdos e orientações para realização das atividades. Foram elaborados, ainda, vídeos para trabalhar com conteúdos específicos, apresentações eletrônicas¹, que serviram como introdução sobre

¹ Elaboradas com o aplicativo para confecção de apresentações “PowerPoint”.

as ferramentas utilizadas. Criamos, ainda, para cada atividade, um Guia de Atividade para os Professores, que visa dar subsídios para os interessados em desenvolver essas atividades com os seus alunos. Tais conjuntos de guias constituem o produto educacional produzido e estão nos apêndices A e B desta dissertação.

Uma experiência didática com o módulo proposto ocorreu em sete encontros, realizados à tarde, entre os meses de setembro e dezembro de 2013. Os encontros contaram com a participação de 16 acadêmicos do curso de Física e quatro professores da rede estadual que integram o Programa Institucional de Bolsa de Iniciação à Docência (PIBID) da UPF. As discussões pertinentes à introdução de tecnologias na formação de professores ficaram ao encargo da Profa. Cleci Teresinha Werner da Rosa, doutora em Educação Científica e Tecnológica (Universidade Federal de Santa Catarina – 2011) e coordenadora da área de Física do PIBID, no qual a proposta foi desenvolvida.

Essa dissertação consiste em uma parte teórica, que norteou a elaboração e aplicação da proposta educacional, de uma descrição do material didático desenvolvido e de um relato circunstanciado da experiência didática realizada com esse material. No capítulo 2, descrevemos, com base em artigos publicados em periódicos, trabalhos de pós-graduação e livros, avanços, expectativas e objetivos da utilização de TICs como recurso didático no ensino de Física. Destacamos potencialidades da utilização de planilhas eletrônicas; os objetivos, possibilidades e cuidados necessários para a introdução de simulações, animações e modelagem computacionais no ambiente escolar, e algumas sugestões de *sites* e *softwares*. Abordamos também, a utilização de vídeos para a coleta e análise de dados experimentais, dando ênfase ao *software* Tracker. Tratamos ainda, dos materiais e procedimentos que fazem parte da aquisição automática de dados, os pontos positivos e negativos deste recurso, e possíveis alternativas para contornar algumas dificuldades inerentes ao uso dessa ferramenta no laboratório de Física.

O terceiro capítulo refere-se ao embasamento legal e didático que ampara nosso trabalho. Na primeira seção deste capítulo justificamos com base nas leis, resoluções, diretrizes e parâmetros instituídos pelos governos para nortear a educação brasileira, a importância de inserir TICs no ambiente escolar em nível básico e superior, em especial na formação de professores. Destacamos ainda, algumas pretensões dos parâmetros curriculares nacionais e alguns dos objetivos do PIBID. Na sequência, apresentamos referências que abordam atividades experimentais no ensino de Física (seção 3.2) e modelagem de fenômenos físicos no ensino de Física (seção 3.3), que serviram como embasamento para elaboração de nosso módulo didático e da nossa prática docente.

Todas as seis atividades elaboradas estão descritas no capítulo 4 em termos de objetivos, materiais, procedimentos e sugestões. Também são apontadas as habilidades e competências, descritas no capítulo 3, que pretendemos promover com cada uma das atividades.

No capítulo 5 apresentamos o contexto da aplicação da proposta e o relato da aplicação de cada uma das seis atividades, fazendo ao final, comentários e conclusões desta aplicação. As conclusões finais compõem o capítulo 6.

Os Guias de Atividade para o Aluno, que usamos na experiência didática, integra o Apêndice A. Esses materiais instrucionais, juntamente com os Guias de Atividade para o Professor, constantes no Apêndice B, e um conjunto de *slides* para a apresentação das atividades e *softwares* a serem trabalhados pelos alunos (Apêndice C) constituem o produto educacional deste mestrado.

2. LITERATURA RELACIONADA AO COMPUTADOR E O ENSINO DE FÍSICA

Sabe-se que a educação brasileira e de outros países enfrenta, há anos, inúmeros problemas de natureza social, política, ideológica, econômica e cultural (REZENDE, 2002), em todas as áreas e níveis, requerendo, pois, esforços diversificados para solucioná-los.

Fiolhais e Trindade (2003) destacam que as razões do insucesso na aprendizagem em Física são, em geral, atribuídas aos professores, por adotarem métodos de ensino desajustados das teorias de aprendizagem mais recentes e por não utilizarem meios contemporâneos. Neste sentido, tem sido consensual a ideia de que é necessário variar os métodos de ensino, dando preferência àqueles em que o aluno é um agente ativo, assumindo responsabilidades sobre a sua própria aprendizagem (BORGES, 2002; ARAUJO e MAZUR, 2013). Neste sentido, vários autores defendem o uso de computadores como um dos recursos que podem dar nova dinâmica à sala de aula de Física (FIOLHAIS e TRINDADE, 2003; MEDEIROS e MEDEIROS, 2002; DORNELES, ARAUJO e VEIT, 2012). Com ele, o professor dispõe de novas possibilidades para trabalhar os conteúdos e conseqüentemente, os alunos têm a possibilidade de conhecer uma variedade de meios para aprimorar o conhecimento.

A literatura está repleta de exemplos que corroboram essa afirmativa, mesmo no contexto da educação brasileira. Vide, por ex., os dois números especiais (v.19, n, esp. 1 e 2 do Caderno Brasileiro em Ensino de Física, 2012).

A principal razão para o crescimento do uso de computadores na escola está associada à evolução tecnológica da sociedade em geral. As Tecnologias de Informação e Comunicação já não são privilégio de uma pequena parcela da população, pelo contrário, disseminaram-se de tal maneira que as redes sociais passaram a ser um novo modo de interação social. Muitas já estão sendo usadas no ensino. Pedro e Ferreira (2012) avaliaram as percepções dos alunos acerca da utilização do *Facebook* como meio *online* de suporte para as atividades de ensino aprendizagem na disciplina de Física. Os resultados apresentam concordância com diagnósticos elencados em outros estudos (MINHOTO e MEIRINHOS, 2011; PHILIPS, DEREK e FOGG, apud PEDRO e FERREIRA, 2012), que sinalizam que as redes sociais *online* podem ser consideradas uma ferramenta pedagogicamente útil pela partilha de conteúdos e como espaço de comunicação e reflexão para os usuários.

Araújo destaca que:

Ao introduzirmos o uso das redes sociais na escola, podemos juntos com elas inovar o cotidiano das atividades da escola em relação aos seguintes aspectos: atratividade, interatividade, inovação, diversidade, entre outros, os quais sem dúvida podem servir como elemento motivador em relação a sua aprendizagem. (ARAÚJO, V. D de L., 2010, p. 7).

Sob o ponto de vista de aprendizagem de Física, em particular, esse crescimento está sendo possível porque, nas últimas duas décadas, recursos computacionais tiveram um avanço no seu potencial e na sua diversidade de uso (MEDEIROS e MEDEIROS, 2002). Fiolhais e Trindade (2003) ressaltam que esse avanço deu-se, principalmente, pelo aparecimento de processadores mais potentes, maiores capacidades gráficas, acessibilidade de compra tanto pelas escolas como nos lares, desenvolvimento da internet e pela sua portabilidade.

Outro fator determinante para o uso das TICs no ensino foi a *Web 2.0*, que permitiu potencializar as formas de publicação, compartilhamento e organização de informações, além de ampliar os espaços para a interação entre os participantes do processo (SOUZA, OLIVEIRA, BENITE e BENITE, 2012).

As principais características da *Web 2.0* são:

Interfaces ricas e fáceis de usar; [...] gratuidade na maioria dos sistemas disponibilizados; [...] maior facilidade de armazenamento de dados e criação de páginas *online*; [...] vários utilizadores podem acessar a mesma página e editar informações; [...] as informações mudam quase que instantaneamente; [...] os sites/*softwares* estão associados a outros aplicativos; [...] os *softwares* funcionam basicamente *online* ou podem utilizar sistemas *offline* com opção para exportar informações de forma rápida e fácil para a *Web*; [...] os sistemas param de ter versões e passam a ser atualizados e corrigidos a todo instante, trazendo grandes benefícios para os utilizadores. (ALEXANDER apud SOUZA, OLIVEIRA, BENITE e BENITE, 2012, p. 424).

Apesar dos avanços tecnológicos de nossa sociedade estarem presentes nas escolas, na medida em que, cada vez mais, os alunos dispõem de celulares, *smartphones*, *tablets* e *netbooks*, que desempenham funções semelhantes às de um computador, tais recursos ainda são minimamente utilizados como ferramenta para auxiliar na aprendizagem significativa de Física.

A ascensão do uso do computador em sala de aula e no cotidiano da sociedade já era prevista por Alfred Bork, físico norte-americano pioneiro na utilização do computador no ensino. Em 1978, durante uma conferência, Bork enunciou:

Estamos no princípio de uma grande revolução na educação, uma revolução sem paralelo desde a invenção da imprensa escrita. O computador será o instrumento desta revolução [...]. Por volta do ano 2000, a principal forma de aprendizagem em todos os níveis e em quase todas as áreas será através do uso interativo dos computadores. (BORK apud FIOLHAIS e TRINDADE, 2003, p. 261).

Diante deste crescimento eminente do uso das tecnologias por parte dos estudantes, o Ministério da Educação (MEC) expressou em 2000, nos (PCNEM), a preocupação com o novo papel da escola, com a formação do aluno e as mudanças que a implementação destas tecnologias, como práticas de ensino em sala de aula, poderiam provocar no processo educacional (CARDOSO e DICKMAN, 2012).

É possível afirmar que, nas próximas décadas, a educação vá se transformar mais rapidamente do que em muitas outras, em função de uma nova compreensão teórica sobre o papel da escola, estimulada pela incorporação das novas tecnologias [...] A formação do aluno deve ter como alvo principal a aquisição de conhecimentos básicos, a preparação científica e a capacidade de utilizar as diferentes tecnologias relativas às áreas de atuação. (BRASIL, 2000, p.5).

Estes mesmos ciclos de promessas e expectativas acerca da utilização do computador em sala de aula ocorreram anteriormente com o surgimento do rádio portátil, do televisor, dos projetores e de outras tecnologias. Em 1945, Willian Leveson (apud MEDEIROS e MEDEIROS, 2002, p.78) enfatizou que “aproxima-se o tempo em que rádios portáteis serão tão comuns nas salas quanto os quadros-negros”. Essas expectativas foram seguidas por certo desencanto, em função de que hoje, raramente nos deparamos com essas tecnologias no ambiente escolar.

Para que o mesmo desencanto não ocorra com o computador ou com os outros recursos tecnológicos, devemos utilizá-los em suas potencialidades plenas. Isso deve ocorrer não somente para despertar o interesse do aluno, motivando-o para o estudo da disciplina, mas especialmente dando-lhe a chance de vivenciar o uso dessas ferramentas como meio para resolver problemas de forma mais simples, rápida e precisa, e em muitos casos, resolver problemas cuja solução não estaria ao alcance sem o uso de recursos digitais.

Nesse contexto, o computador pode ser uma ferramenta de valor inestimável para o aprendizado e servir como uma fonte de estímulo e criatividade inesgotável (BARROSO, FELIPE e SILVA, 2006).

Existem muitas referências que mencionam diferentes modalidades do uso do computador no ensino de Física. Fiolhais e Trindade (2003) destacam: aquisição automática de dados por computador; modelagem e simulação; materiais multimídia; realidade virtual; e busca de informações na internet. Betz e Ribeiro-Teixeira (2012, p. 790) listam algumas categorias que acreditam ser de grande relevância: “planilhas eletrônicas; ambientes integrados de modelagem; simulação e animação; repositório de simulação e animações; análise de vídeos; testes digitais e construção de mapas conceituais”.

Com o objetivo de mapear trabalhos envolvendo o computador no ensino de Física em nível superior e médio, Araujo, Veit e Moreira (2004a) realizaram uma revisão de literatura desde o início da década de noventa e classificaram os trabalhos em sete categorias discriminadas de acordo com os diferentes modos de aplicação do computador no ensino de Física. São elas: “(i) instrução e avaliação mediada pelo computador; (ii) modelagem e simulação computacional; (iii) coleta e análise de dados em tempo real; (iv) recursos multimídia; (v) comunicação à distância; (vi) resolução algébrica/numérica e visualização de soluções matemáticas e (vii) estudos de processos cognitivos.” (ARAUJO, VEIT, MOREIRA, 2004a, p. 5-7).

Para analisar as produções que apresentam relação entre o ensino de Física e as Novas Tecnologias da Informação e Comunicação, Martins e Garcia (2010) realizaram um levantamento em cinco periódicos nacionais que publicam trabalhos em Ensino de Ciências e Ensino de Física entre os anos de 2000 e 2010.

Os 32 artigos encontrados pelos autores foram classificados em cinco categorias, conforme o foco de suas abordagens: “a) discussão sobre as teorias de aprendizagem; b) uso de softwares de animação, simulação e modelagem; c) aquisição e análise de dados experimentais com computador; d) ambiente virtual de aprendizagem; e, e) uso da internet no ensino-aprendizagem.” (MARTINS e GARCIA, 2010, p. 3).

Seria pertinente ter alguma revisão da literatura mais recente, mas não localizamos. Então, nos centramos em artigos que mais nos chamaram a atenção para apresentar, mesmo que resumidamente, alguns pontos positivos e negativos, vantagens e limitações da utilização de recursos computacionais, além de sugestões de *softwares* ou metodologias que consideramos serem relevantes e indispensáveis para o ensino de Física quando se pretende promover novas perspectivas apregoadas pelos Parâmetros Curriculares Nacionais do Ensino Médio e quando se pretende atender as diretrizes e resoluções que normatizam os cursos de licenciatura em Física no Brasil. São elas: planilhas eletrônicas; modelagem, simulações e animações; análise de vídeos; aquisição automática de dados; e compartilhamento *online* de dados.

Cabe salientar que reconhecemos o valor de outras formas de utilização do computador em sala de aula, pois sabemos que todas, quando empregadas com planejamento, olhar crítico e embasadas em um referencial teórico, podem ajudar e facilitar o processo de ensino aprendizagem. A prática pode servir como apoio pedagógico nas diversas situações em sala de aula. Todavia, nos concentramos nas que consideramos de maior valia para a aprendizagem de Física, em particular, e Ciências, em geral.

2.1. Planilhas eletrônicas

Planilhas eletrônicas são ferramentas úteis para qualquer pessoa, família ou empresa que necessite ou deseje organizar dados. A ferramenta permite realizar múltiplas operações, apresentar resultados de maneira clara e objetiva, fazer previsões ou controlar variáveis como, por exemplo, os seus gastos. São acessíveis, com uma interface gráfica amigável e de fácil entendimento, são adaptáveis e ajustáveis conforme o interesse de cada um, podem ser gratuitas² ou pagas³ e também podem estar disponíveis *online*⁴.

Apesar do grande leque de potencialidades das planilhas eletrônicas, muitos professores não percebem que se trata de uma ferramenta poderosa em tarefas indispensáveis no processo de ensino-aprendizagem de Física, em especial na realização de cálculos e na elaboração de gráficos (BETZ e RIBEIRO-TEIXEIRA, 2012).

A importância de trabalharmos com a construção de gráficos e análise de dados com alunos do ensino médio, nos conteúdos de Física, é destacada também por Araujo, Veit e Moreira.

Uma das habilidades requeridas para a compreensão de conteúdos de Física é a construção e interpretação de gráficos. Em um gráfico uma grande quantidade de informações pode ser resumida. Ser capaz de extrair informações de um gráfico é uma habilidade de cientistas e professores, porém muitas vezes pouco compreendida pelos estudantes. (ARAUJO, VEIT, MOREIRA, 2004b, p. 179).

Além do recurso de construção de gráficos, a utilização das planilhas eletrônicas em sala de aula ou em conjunto com atividades de laboratório pode, conforme Figueira e Veit (2004) e Betz e Ribeiro-Teixeira (2012): favorecer a organização do conjunto de dados coletados, independente da quantidade; favorecer o compartilhamento dos dados e resultados entre os alunos, de forma colaborativa; facilitar a interpretação de sistemas considerados complexos; e permitir maior tempo para a discussão dos resultados, por livrar o aluno do trabalho árduo de anotações e construção de gráficos em papel. Isso é possível, principalmente, pelo fato de as planilhas eletrônicas se tratarem de um *software* que não necessita conhecimentos de linguagem de programação para a sua utilização.

Neste sentido, facilitando e automatizando tarefas manuais, podemos propiciar aos alunos um estudo mais complexo e dinâmico de sistemas usualmente abordados pelos

² A planilha eletrônica CALC faz parte do pacote LibreOffice, é um *software* livre disponível para todos os sistemas operacionais. Disponível em: <<http://pt-br.libreoffice.org/>>.

³ Por exemplo, a planilha eletrônica EXCEL, parte do pacote Microsoft Office.

⁴ Através do Google Drive é possível criar uma planilha eletrônica que pode ser acessada *online* ou *offline*, podendo ser compartilhada de várias formas entre os usuários.

métodos tradicionais, bem como permitir a discussão de sistemas até então considerados demasiadamente complexos (BETZ e RIBEIRO-TEIXEIRA, 2012).

Encontramos na literatura vários exemplos em que são utilizadas planilhas eletrônicas no ensino, em nível médio e superior (BRONDINO e BRONDINO, 2012; BARBOSA, CARVALHAES e COSTA, 2006; BLOCH, 2004). Apresentamos aqui, a dissertação de mestrado de Steffens (2008), por abordar de maneira simples e clara a noção de ajuste de funções a conjuntos de dados experimentais utilizando a planilha Excel. Esta abordagem favorece e auxilia os professores e alunos na interpretação e análise de gráficos construídos a partir de dados experimentais.

Cabe acrescentar que a planilha eletrônica, em conjunto com sensores e interfaces, pode também ser utilizada na aquisição de dados, como sugerem Haag (2001), Figueira e Veit (2004) e Silva e Veit (2005), mas voltaremos ao tema sobre aquisição de dados na seção 2.4.

Em nossa proposta, utilizamos a planilha eletrônica Excel para organizar os dados coletados nas atividades sobre movimento retilíneo uniformemente variado (MRUV) e velocidade de propagação do som em metais. A planilha também foi utilizada para fins de cálculos e, no caso do MRUV, foram construídos gráficos para auxiliarem na interpretação do fenômeno físico em estudo. Utilizando as ferramentas de ajuste de funções da planilha Excel, realizamos a análise dos gráficos.

Na atividade da rapidez de propagação do som, o compartilhamento dos dados entre os grupos se deu através de uma planilha eletrônica desenvolvida no Google Drive. A estrutura de cada atividade está especificada no capítulo 4.

2.2. Modelagem, simulação e animação

Ambientes de modelagem, simulação e animação permitem que sejam feitas, a partir de uma realidade virtual, representações de fenômenos físicos que muitas vezes são difíceis de serem reproduzidos em sala de aula ou em laboratórios. Esses ambientes podem ser especialmente úteis quando o experimento “for impossível de ser realizado pelo aluno” (MEDEIROS e MEDEIROS, 2002, p. 79). Essa impossibilidade ocorre, muitas vezes, quando o experimento requer equipamentos modernos e complexos que não estão ao alcance financeiro das instituições, além de demandarem cuidados especiais durante os procedimentos.

Esses ambientes podem favorecer a interação entre o aluno e o computador, permitindo que o aluno seja um agente ativo do processo ensino-aprendizagem. Porém o grau de interação é variável em atividades envolvendo animações, simulações ou modelagem

computacionais. As animações são as que oferecem menos oportunidades, pois são equivalentes a pequenos vídeos, não permitindo ao aluno mais do que parar, avançar e retroceder. As simulações são mais ricas, pois segundo Araujo (2005, p. 31), “a interação entre o aluno e a simulação tem um caráter eminentemente exploratório [...], caracterizando-se pela observação, análise e interação do sujeito com os modelos já construídos, no intuito de permitir ao aluno a percepção e a compreensão das eventuais relações existentes entre a matemática, subjacente ao modelo, e o fenômeno físico em questão”. Já na modelagem computacional, o aluno não explora somente as variáveis de entrada e saída, mas também o modelo teórico, implementado computacionalmente, que governa essas variáveis.

A principal função da simulação consiste em ser uma efetiva ferramenta de aprendizagem, fortalecendo bons currículos e os esforços de bons professores. Podem ser utilizadas para ajudar a introduzir um novo tópico, construir conceitos ou competências, reforçar ideias ou fornecer reflexão e revisão final. O uso pode ser bastante variado, como o próprio grupo aponta: aulas expositivas, atividades em grupos na sala de aula e tarefas em casa ou no laboratório (ARANTES, MIRANDA e STUDART, 2010, p. 29).

Neste contexto, as simulações podem também promover o entusiasmo dos alunos (LOPES e FEITOSA, 2009) e proporcionar a diversificação das aulas de Física, através da exposição de variadas situações (CARDOSO e DICKMAN, 2012). Outro ponto positivo da utilização de uma animação interativa, segundo Tavares (2008), é que ela pode facilitar a compreensão dinâmica do sistema físico em estudo, pois o aluno poderá investigar as mudanças que acontecerão em decorrência de variações nos parâmetros e visualizar a evolução dinâmica.

As abordagens mais comuns no desenvolvimento de atividades com o uso de simulação são na base da “tentativa e erro”, ou com o método POE – Predizer, Observar e Explicar. Na primeira, o aluno escolhe arbitrariamente valores para condições iniciais e parâmetros e muda as entradas até atingir os resultados esperados. Não é de se esperar que pelo “método de tentativa e erro” o aluno atinja uma aprendizagem significativa. Já com o método POE, o aluno é instigado inicialmente a predizer como evoluirá uma determinada situação-problema. Depois observa como ocorre o evento através da simulação e, por último, explica eventuais divergências entre o predito e o observado (ARAUJO, 2005, p. 32).

Recentemente, Dorneles, Araujo e Veit (2012), a fim de promover o engajamento cognitivo e a interatividade dos alunos entre si e com os recursos instrucionais nas atividades experimentais (AE) e computacionais (AC), conceberam guias de apoio aos alunos, segundo

um método que denominaram de PIE – Predizer, Interagir e Explicar – adaptado do método POE.

No PIE, inicialmente, são apresentadas perguntas sobre a evolução de determinada situação física, e os alunos são convidados a *predizer* – antes de qualquer interação com o recurso computacional ou experimental – o que acontecerá. A seguir, os alunos devem *interagir* com a simulação computacional ou com o material experimental para gerarem resultados e, então, avaliarem o que efetivamente ocorre; e finalmente, devem *explicar* as divergências e convergências de suas previsões em relação ao que foi observado. (DORNELES, ARAUJO e VEIT, 2012, p. 103).

Em síntese, no método PIE a etapa de observação é substituída por uma etapa de interação do aluno com a simulação.

Ressaltamos que não é objetivo de nosso trabalho avaliar as metodologias adotadas em sala de aula pelos docentes. Sabemos que qualquer metodologia deve sempre levar em consideração o ambiente físico, a realidade escolar e dos alunos, os objetivos da aula e da disciplina, não servindo jamais como uma receita. Por outro lado, entretanto, é importante que os professores tomem conhecimento de uma diversidade de metodologias, para que tenham mais chances de serem bem sucedidos em sua missão de auxiliar o aluno a construir seu conhecimento.

Como exemplos de simulações computacionais citamos, em nível nacional, as desenvolvidas na Universidade Federal da Paraíba, sob orientação do professor Dr. Romero Tavares⁵ e o repositório de objetos de aprendizagem MEC/SEED/RIVER⁶ (BRASIL, 2014).

Em nível internacional, destacamos o laboratório virtual desenvolvido por uma equipe da Universidade do Colorado, conhecido como PhET (2014), e os Physlet (2014). As simulações presentes nestes repositórios abordam diferentes conteúdos, em diferentes áreas do conhecimento, como física, matemática, química e ciências da terra. No caso do PhET, as simulações podem ser reproduzidas em qualquer computador, acessando diretamente a página na internet. Também é permitido que seja realizado o *download* da simulação, desta forma a simulação fica disponível no computador no modo *offline*.

É importante salientar que as simulações do PhET possuem uma abordagem baseada em pesquisa, na qual as simulações são planejadas, desenvolvidas e avaliadas antes de serem publicadas no site (ARANTES, MIRANDA e STUDART, 2010).

Dentre tantas potencialidades, Soares relata:

⁵ As simulações podem ser acessadas diretamente na página do Prof. Romero Tavares. <<http://www.fisica.ufpb.br/~romero/>>.

⁶ As simulações estão disponíveis em: <<http://rived.mec.gov.br/>>.

Para ajudar os alunos a compreender conceitos visuais, as simulações PhET animam o que é invisível ao olho através do uso de gráficos e controles intuitivos, tais como clicar e arrastar a manipulação, controles deslizantes e botões de rádio. A fim de incentivar ainda mais a exploração quantitativa, as simulações também oferecem instrumentos de medição, incluindo réguas, cronômetros, voltímetros e termômetros. À medida que o usuário manipula essas ferramentas interativas, as repostas são imediatamente animadas, assim ilustrando efetivamente as relações de causa e efeito, bem como várias representações relacionadas (movimentos de objetos, gráficos, leitura de números, etc). (PHET, 2014).

Zacharia e Anderson (apud DORNELES, 2010) apresentam uma série de características desejáveis e úteis para nortear a concepção e avaliação das simulações computacionais:

i) ser interpretativa e focada no tópico específico a ser aprendido; ii) permitir que sejam alteradas todas as variáveis associadas com o fenômeno físico simulado, mesmo aquelas que não afetam o fenômeno em estudo; iii) permitir ao aluno fazer observações enquanto roda a simulação (permitir a visualização em câmera lenta quando relevante); iv) não conter elementos irrelevantes ou que dispersem a atenção dos alunos; v) ter um formato e apresentação tão simples quanto possível, para garantir que toda modificação introduzida pelo aluno produza um resultado facilmente observável e iv) ser facilmente manipulável. (ZACHARIA e ANDERSON apud DORNELES, 2010, p. 54-55).

Araujo e Veit (apud DORNELES, 2010) acrescentam a essa série de características algumas recomendações relativas à forma de implementação de simulações computacionais em sala de aula, pois, segundo os autores, a eficiência de um recurso computacional não depende apenas de suas características inerentes, mas, especialmente das estratégias empregadas no seu uso, conforme já informado.

i) propor questões instigantes, que requeiram interação com o recurso computacional; ii) contextualizar; iii) definir objetivos a serem alcançados na interação; iv) definir conceitos e procedimentos associados ao conteúdo que se deseja que os alunos aprendam; promover reflexão por parte do aluno, tanto sobre os resultados imediatos de suas ações quanto sobre a razoabilidade física dos resultados encontrados; v) incentivar o trabalho em pequenos grupos e iv) criar momentos e condições propícias para a troca de significados. (ARAUJO e VEIT, apud DORNELES, 2010, p. 56).

Além destas características e recomendações, alguns cuidados se fazem necessários quando pensamos no uso educativo deste recurso:

É preciso estar em alerta para o fato de que essa arma poderosa pode servir, paradoxalmente, também, para comunicar imagens distorcidas da realidade. [...] Uma animação não é, jamais, uma cópia fiel do real. Toda animação, toda simulação está baseada em uma modelagem do real. Se essa modelagem não estiver clara para professores e educandos, se os limites de validade (as simplificações e aproximações da realidade) do modelo não forem tornados explícitos, os danos potenciais que podem ser causados por tais simulações são enormes. Tais danos tornar-se-ão ainda maiores se o modelo contiver erros grosseiros. (MEDEIROS e MEDEIROS, 2002, p. 81).

Devemos lembrar também que as simulações e animações foram criadas a partir da imaginação e interesse de seus autores. Desta forma, muitas vezes não temos acesso às informações ou ao modelo adotado na sua elaboração.

Neste sentido, a modelagem computacional pode vir a contribuir no processo ensino-aprendizagem, pois possibilita que o aluno seja o construtor do conhecimento. Ele será o responsável pela elaboração do modelo que o auxiliará a descrever, representar e prever determinado fenômeno físico, conforme o seu interesse.

Se necessário, o aluno pode reconstruí-lo tantas vezes quanto lhe pareça necessário, para que a produção dos resultados lhe seja satisfatório. Este modo de trabalhar, com modelagem computacional aplicada ao ensino é chamado de modo expressivo ou, muitas vezes, de modo de criação (ARAUJO, 2005, p. 32).

Neste caso, o aluno lista parâmetros, assume idealizações, aproximações e estima condições iniciais e equações, de acordo com a teoria escolhida e os objetivos desejados. Com isso pode: “(i) elevar o nível do processo cognitivo, exigindo que os estudantes pensem num nível mais elevado, generalizando conceitos e relações; (ii) exigir que os estudantes definam suas ideias mais precisamente; (iii) propiciar oportunidades para que os estudantes testem seus próprios modelos cognitivos, detectem e corrijam inconsistências.” (HEBB e HASSEN apud VEIT e TEODORO, 2002, p.88).

Desta forma:

A introdução de modelagem no processo ensino/aprendizagem tende a desmistificar esta imagem da Física, possibilitando uma melhor compreensão de seu conteúdo e contribuindo para o desenvolvimento cognitivo em geral, pois a modelagem facilita a construção de relações e significados favorecendo a *aprendizagem construtivista*. (VEIT e TEODORO, 2002, p. 88).

Nesta perspectiva:

A modelagem, mais do que uma ferramenta útil para a resolução de problemas, pode contribuir de forma significativa para uma visão de ciência adequada à prática científica moderna, cuja essência está na criação de modelos. (BRANDÃO, ARAUJO, VEIT, 2008, p. 10).

Veit e Teodoro (2002), ainda acrescentam que uma das mais importantes características da modelagem é a possibilidade de construção de múltiplas representações de uma mesma situação.

Como exemplo de modelagem, simulação e animação, pode-se elencar o *software Modellus*⁷, que possibilita que o aluno seja o construtor de seu próprio modelo, ou que somente explore modelos já feitos pelo professor ou por outros. “O campo de aplicação do *software Modellus* é muito amplo. Ele faculta a análise de qualquer modelo científico, desde a sua formulação matemática, passando pela apresentação de tabelas e gráficos de resultados até a criação de animações.” (BETZ e RIBEIRO-TEIXEIRA, 2012, p. 797).

Diferente de outros *softwares* de modelagem como *PowerSim*, *LOGO*, *STELLA* e outros, o *Modellus* se caracteriza principalmente por dispensar completamente qualquer linguagem de programação ou metáfora de programação⁸. Neste sentido, o usuário pode facilmente escrever modelos matemáticos expressos em funções, equações diferenciais, equações a diferenças finitas e derivadas, praticamente da mesma forma que se usa para escrever no papel (VEIT e TEODORO, 2002, p. 90).

A modelagem computacional aplicada a problemas de Física transfere para os computadores a tarefa de realizar os cálculos - numéricos e/ou algébricos - deixando o físico ou o estudante de Física com maior tempo para pensar nas hipóteses assumidas, na interpretação das soluções, no contexto de validade dos modelos e nas possíveis generalizações/expansões do modelo que possam ser realizadas. (VEIT e ARAUJO, 2005, p. 5).

Para demonstrarmos aos acadêmicos do curso de Física da UPF as potencialidades das simulações computacionais, sugerimos no primeiro encontro, que os alunos explorassem livremente, de acordo com o seu interesse, algumas simulações disponíveis nos *sites* e repositórios citados acima, entre outros. Em um segundo momento, solicitamos que esta exploração fosse realizada com uma visão crítica, procurando identificar possíveis erros conceituais, representações distorcidas da realidade, exageros nas representações e falta de coerência ou de explicação na elaboração do modelo.

Em outra atividade procuramos esclarecer com os alunos alguns elementos necessários para a modelagem de sistemas físicos. Para tal, construímos no grande grupo um modelo para descrevermos o movimento de um rolete que desce sobre um plano inclinado sob o ponto de vista da cinemática e da conservação de energia. Nesta atividade, determinamos as questões

⁷ Como exemplos de materiais didáticos baseados no uso do *Modellus*, o leitor poderá consultar uma introdução à informática para o ensino de Física, preparada por Aguiar disponível em: <http://www.if.ufrj.br/~pef/producao_academica/material_didatico/2008/informatica_ensino_fisica.pdf> e um texto de mecânica, ao nível de Física geral universitária, redigido por Veit e Mors (2010).

⁸ Outro *software* que apresenta esta característica é o *SimQuest* desenvolvido gratuitamente pela Universidade de Twenteda Holanda. Segundo os autores, esta ferramenta, pode ser útil aos professores que estão ávidos por construir seus próprios objetos de aprendizagem, sendo uma alternativa ao professor que não possui conhecimentos de qualquer código de programação. O processo de aprendizagem do *SimQuest* esta baseado em três pilares: (i) quem controla o processo é o aluno; (ii) o estudante trabalha como um cientista; (iii) a aluno constrói seu próprio conhecimento. As características deste processo de aprendizagem são: exploração, fazer perguntas, fazer descobertas e buscar um novo entendimento (SILVA, GERMANO e MARIANO, 2011, p. 2).

foco em estudo, os referentes, listamos as grandezas físicas envolvidas, as idealizações e as relações teóricas a partir de uma teoria geral. No capítulo 4 detalhamos as atividades desenvolvidas.

2.3. Análise de vídeos

A análise de vídeos tem sido usada em sala de aula devido à praticidade de gravar o material com excelente qualidade, a partir de dispositivos eletrônicos como celulares, *smartphones* e *notebooks*. Com isso, é possível lançar desafios aos alunos de forma que eles sejam os responsáveis por gravar o vídeo de determinado fenômeno físico, e depois analisá-lo. Isso permite a realização de uma atividade experimental sem que seja necessário um laboratório de Física estruturado, e possibilita novas dinâmicas em sala de aula. Neste caso, vídeos gravados pelos estudantes, professores ou disponíveis na rede, são reproduzidos pelo aplicativo na tela do computador, quadro a quadro, ou seja, como uma sequência de imagens. A partir destas imagens, criam-se condições para o aluno fazer a aquisição e o tratamento de dados experimentais.

Este recurso apresenta um grande potencial para o Ensino de Física, especialmente porque são atrativos para os alunos e fácil manuseio. Para Oliveira, Lenz, Saavedra Filho e Bezzera Jr. (2011, p. 2) “através do uso desta tecnologia, professores e estudantes das disciplinas de Física têm condições objetivas de desenvolver experimentos significativos e atividades de laboratório de baixo custo, mas com alta qualidade acadêmica”. Bezzera Jr., Oliveira, Lenz e Saavedra (2012) acrescentam que a análise de vídeos pode ser adequada ao tempo e ao espaço onde ocorreria uma aula de laboratório de Física ou mesmo como apoio a uma aula expositiva. Neste sentido, pode ajudar a contornar as dificuldades enfrentadas pelos professores em representar movimentos e processos com o uso de ilustrações estáticas no quadro-negro. Segundo Calloni:

A utilização de programas de análise de imagens em movimento, para introduzir ou aprimorar os conceitos de Física vistos em sala de aula, pode ser uma boa estratégia para torná-los mais interessantes e motivadores. O emprego do recurso de análise de imagens pode mostrar com riqueza de detalhes o que seria muito difícil de ser apresentado em uma aula expositiva contando apenas com giz e quadro-negro. (CALLONI, 2010, p. 13).

Muitas atividades experimentais estão sendo elaboradas com base na análise de vídeos, também chamada de *videoanálise*. A prova disso é a quantidade de estudos publicados apresentando os resultados obtidos por professores e alunos, em nível médio e superior (MARTINS, RECCHI, DUGATO e LEDUR, 2013; BEZERRA Jr., OLIVEIRA, LENZ e SAAVEDRA, 2012; OLIVEIRA, LENZ, SAAVEDRA FILHO e BEZERRA Jr., 2011;

CATTELI, MARTINS e SILVA, 2010; CALLONI, 2010; SISMANOGLU, GERMANO, AMORIN e CAETANO, 2009; BROW e COX, 2009; BARBETA e YAMAMOTO, 2002).

Outro fator importante é a facilidade na utilização de aplicativos de vídeo análise. Por exemplo, o *software* Tracker (2014) é destinado para reproduzir o vídeo gravado e, a partir dele, realizar a aquisição e análise de dezenas de pontos experimentais a fim de investigar, desenvolver e explorar as teorias físicas (OLIVEIRA, LENZ, SAAVEDRA FILHO e BEZERRA Jr., 2011). Este *software*, apesar de não ser o único⁹, é livre e foi desenvolvido especialmente para o Ensino de Física¹⁰. Sua interface é amigável, simples, e com um simples tutorial¹¹ o aluno consegue utilizá-lo sozinho, investigando e explorando diversos fenômenos físicos de Física.

A experiência com o Tracker indica que, mesmo usuários relativamente inexperientes no uso de tecnologias educacionais, tornam-se capazes de empregar este *software* na mediação de experimentos de Física, por isso a afirmação de que o uso desta tecnologia possa ser uma importante alternativa como forma de incrementar as aulas de Física nas escolas e universidades brasileiras. (OLIVEIRA, BEZERRA Jr., LENZ e SAAVEDRA FILHO, 2011, p. 1).

O Tracker cumpre várias funções no processo de ensino-aprendizagem: “permite aos alunos acompanharem a evolução das grandezas físicas, [...] manipulação dos dados e a construção dos gráficos a partir de tais observações, fundamental para a construção do conhecimento físico a partir de atividades experimentais.” (ALVES FILHO apud BEZERRA Jr., OLIVEIRA, LENZ e SAAVEDRA, 2012, p. 474).

É importante ressaltar que com esse tipo de recurso não se pretende eliminar as aulas práticas de laboratório ou reproduzi-las através de simulações. Essa importante ferramenta complementa o estudo de fenômenos reais, para que os modelos criados para descrevê-los possam fazer mais sentido e ser compreendidos com mais clareza (BARBETA e YAMAMOTO, 2002, p. 159).

A filmagem de fenômenos físicos também é utilizada como recurso para a produção de fotos ou imagens estroboscópicas. Estas fotos permitem, na sua grande maioria, que sejam coletadas as posições de determinados objetos em diferentes instantes de tempo (DIAS, AMORIM e BARROS, 2009; DIAS, 2011; PAIXÃO, 2011). Sabemos do potencial deste recurso, mas acreditamos que o mesmo apresenta desvantagem em relação à análise do

⁹ Podemos citar outros *softwares* gratuitos, como o Physics ToolKit, VirtualDub e o Sam. Barbeta e Yamamoto (2002) apresentam em seu artigo vários *softwares* pagos e gratuitos, desenvolvidos em nível nacional e internacional.

¹⁰ O *software* livre Tracker está ligado ao projeto Open Source Physics (2014) e sua versão em português está disponível em: <<http://dafis.ct.utfpr.edu.br/tracker/?q=node/3>>.

¹¹ Analisando imagens e vídeos com o computador, disponível em: <<http://www.if.ufrgs.br/cref/uab/lab/tracker.html>>.

próprio vídeo, por limitar o número de dados coletados e requerer uma série de procedimentos para a geração da imagem.

Apesar de encontrarmos nas bibliografias a maior parte das atividades envolvendo conteúdos de mecânica, a videoanálise pode ser empregada nas mais diversas áreas do ensino de Física, como: termodinâmica, hidrostática, eletromagnetismo, óptica, física moderna¹² e ciências em geral.

Em nossa proposta, utilizamos o *software* Tracker para coletar os dados relativos à posição e ao tempo de vários roletes que descem sobre um trilho. Por se tratar de um movimento que ocorre em um intervalo de tempo pequeno (poucos segundos) a aquisição manual dos dados utilizando o cronômetro, ocorreria sem precisão. Esta atividade está apresentada em detalhe no capítulo 4.

2.4. Aquisição automática e compartilhamento *online* de dados

Além das potencialidades do uso do computador em sala de aula citadas anteriormente, existe a possibilidade da sua utilização para aquisição automática de dados no laboratório de Física, como brevemente mencionado na seção 2.1.

Ao longo dos últimos anos, muitos trabalhos têm sido publicados no sentido de apontar as possibilidades e cuidados que devemos ter na inserção desta tecnologia no ensino de Física, entre eles: Cavalcante e Tavolaro (2000) e (2003), Haag (2001), Figueira e Veit (2004), Magno, Araujo, Lucena e Montarroyos (2004), Haag, Araujo e Veit (2005), Silva e Veit (2006), Cavalcante, Bonizzia e Gomes (2009), Aguiar e Pereira (2012), Cavalcante, Tavolaro e Molisani (2011) e Cavalcante (2013).

Não é objetivo de nosso estudo, avaliar a qualidade das atividades desenvolvidas e a sua aplicabilidade em sala de aula. No entanto, destacaremos com base nesses artigos, os pontos positivos da utilização deste recurso no laboratório de Física, os materiais que fazem parte do processo, os cuidados que devemos ter durante a aquisição e a interpretação dos dados e possíveis alternativas para contornar algumas dificuldades que possamos nos deparar quando pretendemos inserir essa ferramenta no laboratório didático de Física.

Em uma atividade experimental, promovida em laboratório ou em sala de aula pode-se realizar inúmeras medições. Os instrumentos de medidas mais comuns, desejáveis e indispensáveis em qualquer atividade prática são: cronômetros, réguas, dinamômetros, termômetros, multímetros, amperímetros, entre outros.

¹² Neste blog: <<http://optativafisicaufrgs.blogspot.com.br/p/downloads.html>> estão disponíveis, tutoriais, roteiros e exemplos de atividades experimentais de Física Moderna que utilizam materiais de baixo custo e o *software* Tracker. As atividades também são realizadas utilizando imagens ao invés de vídeos.

Apesar de suas limitações sabemos a importância, aplicabilidade e potencial didático que estes instrumentos manuais de medida apresentam. Mas acreditamos, conforme mesmo Veit (2003, p. 3) assinala que “a coleta de medidas físicas, em pleno século XXI, não pode ficar limitada às habilidades, competências e a paciência humana. Parte da tarefa, muitas vezes tediosa, de coleta de dados, também em um laboratório didático, pode e deve ser transferida para as máquinas, como ocorre no sistema produtivo”.

Alguns motivos porque devemos inserir a aquisição automática de dados no laboratório didático de Física são listados por Haag, Araujo e Veit.

Enriquecer as experiências de aprendizagem, propiciando outras alternativas para o aluno compreender e relacionar os resultados obtidos e os conceitos vinculados à fundamentação teórica do experimento e, assim, trazer a Física escondida entre os números e fórmulas para o “mundo real”; permitir a realização de experimentos que envolvam medições de tempo em frações de segundos e a coleta manual é impossível; (explorar experiências que requeiram um longo período de tempo. Neste caso, o registro de dados pode ser possível manualmente, mas torna-se tedioso; propiciar redução no tempo gasto para coletar dados, permitindo que o aluno disponha de maior tempo para desenvolver outras habilidades e competências, como trabalhar com planilhas eletrônicas; obter mais medidas, com maior precisão e mais rapidamente. (HAAG, ARAUJO e VEIT, 2005, p. 70).

Fiolhais e Trindade (2003) mencionam que através da aquisição de dados utilizando o computador é possível permitir novas situações de aprendizagem ao propiciar aos alunos a realização de medições de grandezas físicas em tempo real. Esse processo possibilita o fornecimento de respostas imediatas a questões previamente colocadas e a apresentação gráfica de dados facilita leituras e interpretações rápidas. Nesta mesma linha, Cavalcante, Tavolaro e Molisani acrescentam:

O estudante pode observar o fenômeno, prever o resultado, isso é, formular hipóteses, rapidamente comparar os resultados obtidos com os previstos pelo modelo teórico, explicar possíveis diferenças entre o previsto e o observado e ainda, reformular suas hipóteses, fazer ajustes experimentais e testá-las novamente. O dinamismo desse processo provoca a curiosidade e maior interesse dos estudantes já que a aula de laboratório torna-se desafiadora: as antigas justificativas encontradas nas conclusões dos relatórios não são mais aceitas. Justificativas para um resultado ruim tais como: “foram obtidos poucos dados” ou, “o instrumento de medida não estava devidamente calibrado”, sequer podem ser cogitadas. (CAVALCANTE, TAVOLARO e MOLISANI, 2011, p. 1-2).

Outro ponto positivo de fazermos a aquisição dos dados utilizando o computador está relacionado à organização e a facilidade do compartilhamento dos dados coletados. Independente do número de dados, podemos repassá-los facilmente para planilhas eletrônicas e o compartilhamento entre os alunos e/ou grupos pode ser feito até mesmo *online*¹³.

¹³ Planilhas eletrônicas desenvolvidas no Google Drive permitem que sejam compartilhadas e inseridos os dados de forma *online*.

Através do compartilhamento, podemos confrontar os dados obtidos pelos diferentes alunos ou termos uma amostragem de dados maior, permitindo a possibilidade real do uso de análise estatística de dados experimentais estudadas no curso de Física (CAVALCANTE, TAVOLARO e MOLISANI, 2011). Também é possível trabalhar com diferentes situações, enriquecendo a atividade prática e possibilitando uma abordagem mais ampla do experimento, de forma que todos os alunos tenham acesso aos resultados.

Com isso, estaremos proporcionando aos nossos alunos um ambiente de investigação que valoriza a alfabetização científica.

Vivenciar processos de medida em tempo real e, simultaneamente, observar na tela de um computador a representação dos dados colhidos, oportuniza uma melhor compreensão não só do estágio atual da Ciência, mas também do que ocorre em um consultório médico, quando são realizadas ecografias, ou nos sistemas de controle de produção em uma indústria têxtil, por exemplo. (HAAG, ARAUJO e VEIT, 2005, p. 70).

Mesmo com os inúmeros benefícios que esta ferramenta pode trazer para o ensino de Física, a nosso ver, muitos professores consideram a aquisição de dados como um sistema presente somente nos mais avançados laboratórios de pesquisa. Este fato se deve, principalmente, pela falta de informações sobre como podemos realizar aquisição automática de dados, pelo desconhecimento dos equipamentos que podem ser utilizados e, ainda, por acreditarem que todos os equipamentos são complexos, de difícil aquisição, entendimento e manuseio. Esta é uma das razões pela qual, raramente encontramos nos laboratórios de Física das escolas, e até mesmo das instituições de ensino superior, sensores, componentes eletrônicos, interfaces, computadores e outros equipamentos que realizam ou auxiliam na obtenção de medidas de grandezas físicas.

Um sistema de aquisição automática de dados consiste, basicamente¹⁴, na coleta dos dados analógicos que desejamos medir, como temperatura, tempo, força, velocidade e pressão. Essa coleta é realizada utilizando sensores (componentes eletrônicos), que podem ser um potenciômetro, termistor, LDR, conjunto foto diodo, entre outros. Estes componentes são facilmente encontrados no comércio, apresentam um preço acessível e seu princípio de funcionamento é simples.

Os dados analógicos captados pelos sensores são informados para o computador através de uma de suas portas de entrada, como a porta USB, entrada de microfone, entrada da impressora ou entrada do mouse. Para que estes dados sejam interpretados pelo computador é

¹⁴ Para uma melhor compreensão sobre o sistema de aquisição de dados, sugerimos a leitura dos artigos de Cavalcante e Tavoraro (2000), Haag, Araujo e Veit (2005) e o texto de apoio ao professor de Física, elaborado por Silva e Veit (2005).

necessário que os mesmos sejam ‘traduzidos’ para a linguagem computacional. Para isso é necessário uma interface, também chamada de conversor analógico/digital. Esta interface pode ser um equipamento eletrônico desenvolvido especialmente para este fim¹⁵, ou pode ser a placa de som convencional que está presente no próprio computador, “e possui uma entrada para joystick e suporte de MIDI, entrada de baixo nível, entrada de microfone e saída de áudio.” (HAAG, 2001, p. 176).

Reconhecemos o potencial das interfaces comerciais, mas, infelizmente, a sua aquisição não faz parte da realidade da maioria das escolas brasileiras devido ao seu elevado valor. Como alternativa opta-se pelo uso da placa de som do computador.

A placa de som é geralmente a única interface analógica presente em um microcomputador, podendo ser considerada como um conversor analógico/digital e digital/analógico de baixo custo. Podemos considerá-la como uma interface entre o computador PC e o mundo externo, cujo custo é da ordem de um décimo das interfaces comerciais desenvolvidas para tal fim. (HAAG, 2001, p. 176).

Utilizando a placa de som como interface, podemos nos defrontar com um problema que também justifica a baixa aplicabilidade deste recurso em sala de aula. Para que os dados fornecidos pelos sensores sejam interpretados, registrados e informados na tela do computador precisamos de um *software*. Este *software* pode ser a própria planilha eletrônica Excel¹⁶, já citada acima, ou outros que são desenvolvidos especificamente para este fim¹⁷, mas ambos necessitam especificamente de uma programação escrita na linguagem computacional, como Delfhi, Basic, Visual Basic, Pascal, LOGO, C, C + +, etc. Infelizmente esta linguagem computacional é desconhecida pela maioria dos professores de Física (HAAG, ARAUJO e VEIT, 2005).

Recentemente, diversos autores (ROCHA, MARRANGHELLO e LUCCHESI, 2014; CAVALCANTE 2013; CAVALCANTE, TAVOLARO e MOLISANI 2011) veem substituindo a placa de som e as interfaces comerciais, pela placa Arduino¹⁸. Segundo eles, é possível com esta placa, minimizar as dificuldades com a construção de sensores e programação apresentada acima.

¹⁵ No mercado atual é possível encontrar diversas interfaces e kit prontos que realizam a aquisição automática de dados, entre eles os fabricados pela PASCO, PICO TECHNOLOGY, PHYWE PHYSICS e VERNIER.

¹⁶ Figueira e Veit (2004) utilizam a ferramenta de interpretador e editor de linguagem Visual Basic do Excel para a realização de duas atividades de aquisição de dados.

¹⁷ No endereço: <<http://www.if.ufrgs.br/cref/ntef/index.html>> é possível encontrar inúmeros exemplos de *softwares* livres desenvolvidos que auxiliam na aquisição automática de dados em atividades para o ensino de Física.

¹⁸ O Arduino é uma plataforma que foi construída para promover a interação física entre o ambiente e o computador utilizando dispositivos eletrônicos de forma simples e baseada em *softwares* e *hardwares* livres. Desta forma permite associação de uma vasta gama de sensores relacionados à pressão, intensidade luminosa, movimento, etc. (CAVALCANTE, TAVOLARO e MOLISANI, 2011, p. 2).

Toda a plataforma Arduino, tanto em *software*, quanto em *hardware*, é *open-source* (código aberto), o que facilita muito o seu uso e disseminação. Ou seja, existe um número infindável de bibliotecas e tutoriais disponíveis na web para muitas aplicações. Esses fatos nos permitem enfatizar a simplicidade do uso da plataforma Arduino como aquisição e automação de dados, aliado ao custo relativamente baixo e os resultados apresentados, contribuindo significativamente para tornar o laboratório didático de física um ambiente de investigação. (CAVALCANTE, TAVOLARO e MOLISANI, 2011, p.7).

Independente das ferramentas utilizadas na aquisição de dados, devemos sempre ter cuidado com a interpretação dos resultados, pois estes dependem da função e da sensibilidade dos sensores empregados, da precisão do conversor analógico/digital, da calibração e da devida transformação da grandeza física que está sendo medida (CAVALCANTE e TAVOLARO, 2000).

Para o melhor entendimento sobre os tipos de sensores, interfaces e *softwares*, recomendamos a leitura das publicações de Cavalcante e Tavoraro (2000), Haag (2001), Aguiar e Laudares (2001), Figueira e Veit (2004), Haag, Araujo e Veit (2005) e Silva e Veit (2005).

Como alternativa para contornarmos as dificuldades apresentadas anteriormente, podemos destacar a utilização da entrada de áudio (entrada do microfone), juntamente com um *software* de coleta e análise do som, como por exemplo, o *Spectrogram*, o *Goldware*, o *Aware Audio* ou *Audacity*. Estes *softwares* são gratuitos e apresentam inúmeros recursos através de uma interface amigável.

Neste caso, utilizamos o microfone como sensor. Hoje, qualquer *notebook*, celular ou aparelho de reprodução de áudio já possui em seu circuito interno este sensor acoplado. Haag, Araujo e Veit (2005) listam algumas experiências que podem ser feitas utilizando o microfone, entre elas: medir a velocidade do som, estudar os instrumentos musicais e os conteúdos de acústica, determinar o coeficiente de restituição em choques mecânicos, determinar a aceleração da queda de um corpo ou a velocidade de uma bola de futebol que é jogada contra uma parede, ou, ainda, investigar a lei de Faraday-Lenz. Aguiar e Pereira (2012) sugerem a utilização do microfone e do *software Audacity* como uma possibilidade de termos um cronômetro de grande precisão no laboratório de Física. Utilizam este recurso para realizar atividades de mecânica e frisam que “com uma gravação digital somos capazes de medir intervalos de tempo da ordem de centésimos de segundos (e até menos), o que permite realizar experimentos que seriam impraticáveis com cronômetros manuais.” (AGUIAR e PEREIRA, 2012, p. 5).

Podemos, também, conectar na entrada de áudio do computador outros sensores além do microfone, como, por exemplo, um fototransistor ou LDR. Para isso, é necessária a

montagem de um circuito externo, circuito este que deve ser de fácil construção e que exija preferencialmente, apenas conhecimentos básicos de eletrônica.

Neste caso, os impulsos provenientes dos sensores são lidos pelo *software* e a representação gráfica e os dados informados podem assumir as medidas de diversas grandezas físicas. Cavalcante, Tavolaro e Molisani (2011), afirmam que de acordo com os tipos de sensores empregados a este sistema é possível estudar características cinemáticas, tais como velocidade e aceleração de objetos, quanto obter informações sobre a quantidade de movimento. Ao mesmo tempo, chamam atenção para o fato de não conseguirmos calibrar o *software* para obtermos as medidas das grandezas físicas que estão sendo analisadas.

Nesses *softwares*, os impulsos são traduzidos em intensidade medida em decibéis em função do tempo [...], informações associadas às intensidades dos impulsos, como por exemplo, medidas de temperatura, pressão, intensidade da luz, etc., não podem ser avaliadas, inviabilizando um grande número de experimentos. (CAVALCANTE, TAVOLARO, MOLISANI, 2011, p. 2).

Apesar deste sistema também apresentar limitação, essa é a forma mais rápida, fácil e barata de inserir a aquisição de dados no laboratório didático de Física. Cavalcante, Bonizzia e Gomes (2009), sugerem duas atividades utilizando a entrada de áudio do computador e um *software* de análise de áudio. Em uma das atividades é determinada a frequência da rede elétrica, e na outra, através do estudo do lançamento horizontal, se determina a aceleração da gravidade local. Nas duas atividades, o microfone foi substituído por um sensor do tipo fototransistor, associado em série a um resistor e uma bateria de 9,0 V. Através de circuito externo extremamente simples é possível obter dados precisos difíceis de ser obtidos com instrumentos manuais de medida.

Para os autores:

A possibilidade de inserção desta nova tecnologia, além de tornar as aulas de Física inserida no cotidiano dos alunos, permite aos indivíduos uma maior compreensão de sistemas computadorizados, deixando de ser algo que apenas 'especialistas têm o privilégio de compreendê-los'. (CAVALCANTE, BONIZZIA e GOMES, 2009, p. 5).

Diante deste cenário otimista e que ao mesmo tempo apresenta restrições, algumas considerações finais devem ser feitas:

Para que consigamos atingir os objetivos, o sistema de aquisição não pode ser visto como uma *caixa-preta*. É preciso desmistificar o processo de aquisição automática de dados, permitindo que o aluno manipule os sensores, que faça medidas manuais, para observar o efeito de variações de grandezas físicas sobre os sensores, que trabalhe com sistemas de detecção, que explore *softwares* para, somente então, operar com sistemas automáticos de aquisição de dados. (HAAG, ARAUJO e VEIT, 2005, p. 70).

Veit (2003) sugere ainda que o computador seja introduzido no laboratório com o objetivo de propiciar condições de trabalho coletivo, com um computador para cada grupo de três ou quatro alunos, em que a discussão, a conjectura e o teste de ideias sejam atividades sistemáticas. Deve-se ainda, introduzir atividades abertas, substituindo experiências ‘fechadas’, estritamente estabelecidas em roteiros que se assemelham a receitas de bolo.

Em nossa proposta, realizamos duas atividades de aquisição automática de dados. Na primeira, utilizamos o microfone do próprio computador para capturar o som emitido por barras metálicas quando as mesmas foram percutidas por um martelo. O objetivo desta atividade foi determinar a rapidez de propagação do som dos materiais que constituem as barras.

Na segunda, construímos uma bobina com um fio de cobre em um cano de PVC. As extremidades deste fio foram conectadas através de um *plug*, na entrada de áudio do computador. Analisamos a partir dos gráficos gerados pelo *software*, diversos fatores que interferem na intensidade da corrente induzida gerada na bobina, quando a mesma é submetida a uma variação de fluxo magnético provocado pela queda de um ímã ao longo do seu eixo. Nas duas atividades utilizamos o *software* Audacity para realizar a captura e a análise do sinal. As duas atividades são detalhadas no capítulo 4.

3. EMBASAMENTO LEGAL E DIDÁTICO

Neste capítulo apresentamos aspectos legais e didáticos que justificam a pertinência da inserção de tecnologias de informação e comunicação no ensino de Física. De maneira geral as dissertações do Mestrado Profissional em Ensino de Física do nosso Programa de Pós-Graduação apresentam uma descrição sucinta da teoria de aprendizagem que amparou teoricamente o trabalho, indicando particularmente de que modo ela contribuiu à concepção, elaboração e desenvolvimento do material e/ou experiência didática realizada. Seguindo esse padrão, seria agora necessário apresentar os fundamentos da Teoria da Aprendizagem Significativa de Ausubel, pois ela serviu de guia para a organização do nosso ensino, e porque nossas ações sempre foram no sentido de levar o aluno a uma aprendizagem significativa, na acepção de Ausubel, ou seja, àquela aprendizagem em que a nova informação associa-se a subsunções (ideias, conceitos,...) já existentes na estrutura cognitiva do aprendiz de uma forma não arbitrária e não literal, dando-lhes novos significados. Também poderíamos nos aprofundar na teoria sócio-interacionista de Vigostky, pois a dinâmica de nossos encontros estiveram fundamentadas nas interações sociais, e em nossas leituras sobre trabalhos que se fundamentam neste autor que em muito contribuíram para o nosso projeto (ROSA, 2001; GASPAR e MONTEIRO, 2005; DORNELES, 2010; MOREIRA, 2011).

Por outro lado, entretanto, a ênfase do presente trabalho é em atividades experimentais e computacionais a serem desenvolvidas pelos alunos com a finalidade de instigar certas habilidades e competências. Portanto, não poderíamos prescindir dos avanços teóricos e metodológicos da área de pesquisa em ensino em relação a esses tipos de atividades.

A fim de não estender demasiadamente a presente dissertação, tomamos a liberdade de não partir dos fundamentos das teorias de aprendizagem subjacentes, mas ir diretamente a trabalhos da área, bem ancorados teoricamente, que serviram de suporte às nossas pretensões.

3.1 Aspectos legais

Esta seção está dividida em três subseções. Na primeira apresentamos os aspectos importantes da Lei de Diretrizes e Bases da Educação Nacional e das Diretrizes Curriculares Nacionais para a Formação de Professores da Educação Básica, que justificam nosso interesse pela introdução de tecnologias de informação e comunicação no curso de formação dos professores em Física da UPF. Na segunda, abordamos algumas competências em Física que os alunos deveriam desenvolver ao longo do processo de escolaridade, segundo os Parâmetros Curriculares Nacionais (PCN+), e que são objeto de nossa proposta didática. Na terceira,

alguns propósitos e objetivos do Programa Institucional de Bolsa de Iniciação à Docência, já que a experiência didática foi realizada com esses alunos.

3.1.1. Lei de Diretrizes e Bases da Educação Nacional

Apresentamos com base na Lei de Diretrizes e Bases da Educação Nacional (LDB) - Lei nº 9.394/96, nas Diretrizes Curriculares Nacionais para a Formação de Professores da Educação Básica, nas Diretrizes Nacionais Curriculares para os Cursos de Física, e na literatura específica dos cursos de formação de professores, as orientações para a formação dos docentes e as competências e habilidades esperadas, em nível nacional, ao final do curso de graduação; no término da seção, apresentamos alguns excertos da proposta Pedagógica para o Ensino Médio e Politécnico e Educação Profissional Integrada ao Ensino Médio elaborada pelo governo do estado do Rio Grande do Sul.

Daremos ênfase às disposições que vão ao encontro dos objetivos de nossa proposta, e que justificam a importância da utilização de tecnologias da informação e comunicação pelos estudantes durante o curso de Licenciatura em Física.

Hoje a Lei de Diretrizes e Bases da Educação Nacional, instituída pelo Ministério da Educação (MEC), que foi atualizada em maio de 2013 e se encontra na oitava edição, disciplina e estrutura o funcionamento do sistema de ensino de nosso país. Esta Lei, que aborda questões importantes para a educação brasileira, como os princípios e fins da educação; as disposições sobre a organização escolar, dos pais e dos educadores; os níveis e modalidades de ensino; os requisitos para a formação e valorização do magistério; e o financiamento da educação, estabelece também, aspectos que efetivamente normatizam, estruturam e organizam os cursos de Licenciatura no Brasil.

Esta Lei deve ser seguida como parâmetro pelos governos federal, estadual e municipal, pelas instituições de ensino, docentes e pela comunidade escolar, a fim de assegurarmos uma educação para todos os cidadãos brasileiros. Educação essa, que tem como finalidade, o desenvolvimento do educando, a formação comum e indispensável para o exercício da cidadania e o fornecimento de meios para progredir no trabalho e em estudos posteriores (BRASIL, 1996).

Apesar da grandiosidade desta lei e do tema em questão, sabemos que o professor desempenha um papel fundamental neste processo de ensino, merecendo atenção desde a forma como ocorre a sua formação até a sua atuação em sala de aula. Segundo a LDB, em seu Art. 62., a formação de docentes para atuar na educação básica far-se-á em nível superior,

em curso de licenciatura, de graduação plena, em universidades e institutos superiores de educação.

A organização curricular de cada instituição observará, além do disposto nos artigos 12 e 13 desta Lei, outras formas de orientações inerentes à formação para a atividade docente. Dentre elas destacamos, conforme as Diretrizes Curriculares Nacionais para a Formação de Professores da Educação Básica, o preparo para “(i) o aprimoramento em práticas investigativas, (ii) o uso de tecnologias da informação e da comunicação e de metodologias, estratégias e materiais de apoio inovadores, (iii) o desenvolvimento de hábitos de colaboração e de trabalho em equipe” (BRASIL, 2002, p. 1). Esses são três pontos centrais de nossa proposta didática, como ficará claro nos capítulos que seguem.

A Lei de Diretrizes e Bases da Educação Nacional (BRASIL, 2002), em seu Art. 7, que diz respeito à organização institucional da formação dos professores a serviço do desenvolvimento de competências, impõe que as escolas de formação devem garantir aos seus acadêmicos, com qualidade e quantidade, recursos pedagógicos como biblioteca, laboratórios, videoteca, entre outros, além de recursos de tecnologias da informação e da comunicação. Ressalta, ainda, que os cursos de formação devem ter coerência entre a formação oferecida e a prática esperada do futuro professor, a fim de permitir a constituição das competências objetivas na educação básica, conforme os Parâmetros Curriculares Nacionais.

Para complementar as resoluções anteriores e estabelecer critérios para a formulação dos Projetos Pedagógicos dos Cursos de Licenciatura em Física, foram elaboradas em 2001, as Diretrizes Nacionais Curriculares para os Cursos de Física, que estabelecem e apontam *competências essenciais* pretendidas para os profissionais em Física, bacharelados ou licenciaturas, entre as quais destacamos:

- (i) dominar princípios gerais e fundamentais da Física, estando familiarizado com suas áreas clássicas e modernas;
- (ii) descrever e explicar fenômenos naturais, processos e equipamentos tecnológicos em termos de conceitos, teorias e princípios físicos gerais;
- (iii) diagnosticar, formular e encaminhar a solução de problemas físicos, experimentais ou teóricos, práticos ou abstratos, fazendo uso de instrumentos laboratoriais ou matemáticos apropriados. (BRASIL, 2001, p. 4).

O desenvolvimento das competências apontadas nas considerações anteriores está associado à aquisição de determinadas *habilidades gerais* que devem ser desenvolvidas pelos formandos em Física:

(i) utilizar a matemática como uma linguagem para a expressão dos fenômenos naturais; (ii) resolver problemas experimentais, desde seu reconhecimento e a realização de medições, até a análise de resultados; (iii) propor, elaborar e utilizar modelos físicos, reconhecendo seu domínio de validade; (iv) concentrar esforços e persistir na busca de soluções para problemas de solução elaborada e demorada; (v) conhecer e absorver novas técnicas, métodos ou uso de instrumentos, seja em medições, seja em análise de dados (teóricos ou experimentais); (vi) reconhecer as relações do desenvolvimento da Física com outras áreas do saber, tecnologias e instâncias sociais, especialmente contemporâneas; (vii) apresentar resultados científicos em distintas formas de expressão, tais como relatórios, trabalhos para publicação, seminários e palestras. (BRASIL, 2001, p. 4).

No caso da Licenciatura, as habilidades e competências devem incluir, dentre outras, também o planejamento e o desenvolvimento de diferentes experiências didáticas em Física, reconhecendo os elementos relevantes às estratégias adequadas, e a elaboração ou adaptação de materiais didáticos de diferentes naturezas, identificando seus objetivos formativos, de aprendizagem e educacionais (BRASIL, 2001).

Neste sentido, de acordo as diretrizes, destacam-se entre as vivências gerais essenciais ao graduando em Física ter realizado experimentos em laboratórios e tido experiência com o uso de equipamentos de informática (BRASIL, 2001).

Estas resoluções, diretrizes, normas e propostas, surgem para nortear e auxiliar a formação dos docentes que atuarão na educação básica de nosso país. Sabemos que não é tarefa fácil, mesmo se tratando de instituições de ensino superior, colocar em prática todas as ações propostas até aqui. Contudo, ressaltamos a importância destas ações durante a formação de nossos docentes, pois as estratégias de trabalho em sua futura prática docente, os encaminhamentos nas atividades experimentais e computacionais, os materiais utilizados como ferramenta metodológica e os projetos que serão elaborados, terão como pilar principal o aprendizado durante a sua graduação.

Além do que já foi apontado, os professores do ensino médio precisam buscar atender também a proposta Pedagógica para o Ensino Médio Politécnico e Educação Profissional Integrada ao Ensino Médio – 2011 – 2014, elaborada pelo Governo do Estado do Rio Grande do Sul em 2011.

O documento-base contextualiza uma proposta para a educação do século XXI, o qual tem a responsabilidade de ofertar à juventude e ao mundo um novo paradigma, uma mudança estrutural que coloque o Ensino Médio para além da mera continuidade do Ensino Fundamental, instituindo-o efetivamente como etapa final da educação básica. Um Ensino Médio que contemple a qualificação, a articulação com o mundo do trabalho e práticas produtivas, com responsabilidade e sustentabilidade e com qualidade cidadã. (RIO GRANDE DO SUL, 2011, p. 3).

A proposta basicamente busca um ensino médio politécnico que tem por base:

[...] sua concepção a dimensão da politecnicidade, constituindo-se na articulação das áreas de conhecimento e suas tecnologias com os eixos: cultura, ciência, tecnologia e trabalho enquanto princípio educativo. Já a educação profissional integrada ao ensino médio se configura como aquisição de princípios que regem a vida social e constroem, na contemporaneidade, os sistemas produtivos. O objetivo é socializar, esclarecer e aperfeiçoar a proposta de governo. (RIO GRANDE DO SUL, 2011, p. 4).

Para tal será necessário:

Além do aporte de investimentos para a ampliação e recuperação da rede física das escolas, do investimento na formação e valorização do magistério, há a necessidade da construção de uma nova proposta político-pedagógica em que o ensino das áreas de conhecimento dialogue com o mundo do trabalho, que interaja com as novas tecnologias, que supere a imobilidade da uma gradeação curricular, a seletividade, a exclusão, e que, priorizando o protagonismo do jovem, construa uma efetiva identidade para o Ensino Médio. (RIO GRANDE DO SUL, 2011, p. 6).

Segundo o documento, a execução desta proposta supõe a quebra de paradigmas e só poderá ocorrer pelo trabalho coletivo que integre os diferentes atores que atuam nas escolas, nas instituições responsáveis pela formação de professores e nos órgãos públicos responsáveis pela gestão.

Estas diretrizes, quando colocadas em prática, certamente vão auxiliar e, provavelmente, dar subsídios para que os docentes do ensino médio consigam alcançar os objetivos propostos pelos Parâmetros Curriculares Nacionais do Ensino Médio e pela Proposta Pedagógica para o Ensino Médio Politécnico e Educação Profissional Integrada ao Ensino Médio.

Independente do nível de escolaridade, esperamos que nosso projeto consiga, de forma significativa, vir ao encontro dos anseios apontados por estes documentos, resgatando o sentido da escola como espaço de desenvolvimento e aprendizagem, dando sentido para o mundo real, concreto, a ser percebido pelos alunos.

3.1.2. Parâmetros Curriculares Nacionais

Para possibilitar assegurar uma formação de qualidade aos futuros professores é imprescindível que sejam levadas em conta algumas das pretensões educativas do ensino médio de nosso país, como as apresentadas nos Parâmetros Curriculares Nacionais para o Ensino Médio (PCNEM). Neste documento as disciplinas do currículo escolar estão divididas em três grandes áreas do conhecimento (Linguagem e Códigos, Ciências Humanas e Ciências da Natureza e Matemática, cada uma delas acompanhadas de suas Tecnologias). Fazem parte da área de Ciências da Natureza e Matemática e suas Tecnologias, as disciplinas de Biologia, Física, Química e Matemática, por serem disciplinas que tem em comum a investigação dos fenômenos da natureza e do dia-a-dia dos alunos, por gerarem desenvolvimento tecnológico, e

compartilharem linguagens para a representação e sistematização do conhecimento de fenômenos ou processos naturais e tecnológicos (BRASIL, 2002).

Conforme Veit e Teodoro (2002, p. 89) destaca-se que “as grandes áreas incluem suas tecnologias, dentre elas os computadores que revolucionaram a tal ponto a investigação científica que “hoje a computação científica pode ser considerada como uma terceira metodologia da ciência teórica e experimental”.

Apesar da organização curricular ocorrer através de três áreas do conhecimento, cada área orienta para um trabalho integrado entre os professores das disciplinas e entre as áreas. Esta orientação e os objetivos educacionais são descritos em termos de três conjuntos de competências (representação e comunicação; investigação e compreensão; e contextualização sócio-cultural).

A Figura 3.1 ilustra como essas áreas se inter-relacionam: a área das Ciências da Natureza e da Matemática se articula com a área de Linguagens e Códigos especialmente através do desenvolvimento das competências de representação e comunicação, e com a área de Ciências Humanas, pelo desenvolvimento das competências de contextualização sócio-cultural; as várias disciplinas da área se interligam por essas duas competências gerais e também pela de investigação e compreensão. Sabe-se e os PCN+ também enfatizam que muitas dessas competências são objetivos comuns a todas as etapas do aprendizado, embora em diferentes níveis, sendo construídas ao longo do desenvolvimento dos alunos.

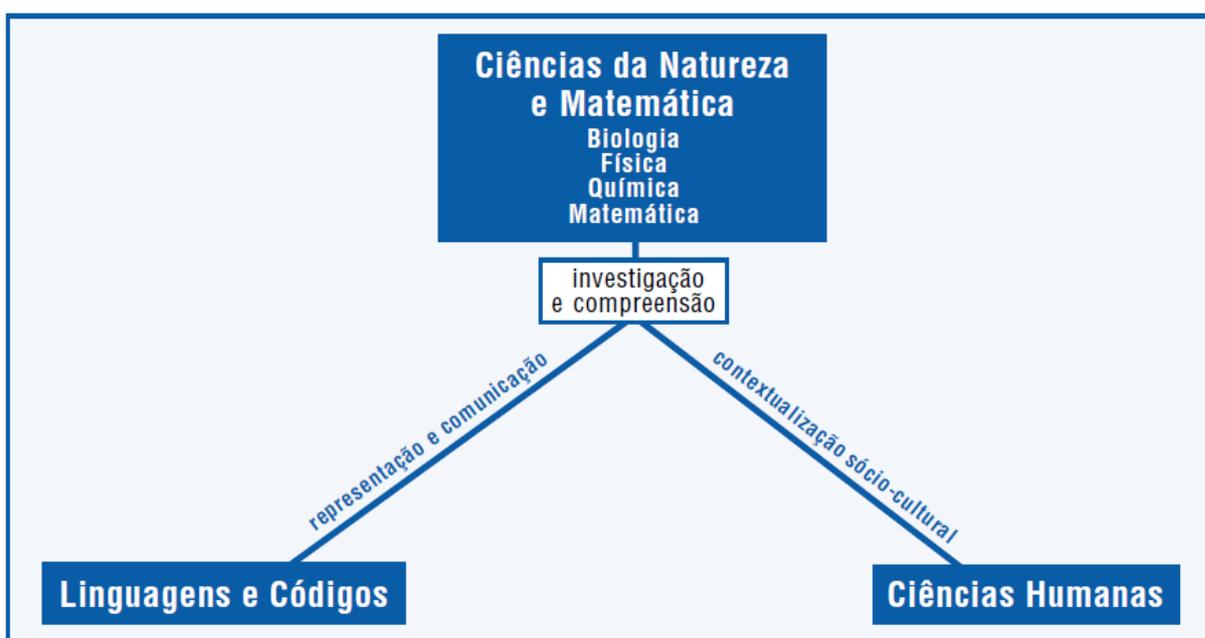


Figura 3.1 – Diagrama representativo da articulação entre as três áreas do conhecimento através das competências. Fonte: Brasil (2002, p. 25).

Em um mundo de constantes e rápidas transformações, como o das duas últimas décadas, faz-se necessário conforme a Lei de Diretrizes e Bases da Educação Nacional (LDB/1996), uma reformulação dos objetivos da educação em todos os níveis educacionais. Diante desta necessidade, além da própria LDB, os Parâmetros Curriculares Nacionais (PCN) sugerem um conjunto de orientações educacionais para o ensino médio, organizando o aprendizado de suas disciplinas, manifestando a busca pela interdisciplinaridade e detalhando os objetivos educacionais em uma série de competências esperadas ao final da escolaridade básica (BRASIL, 2002).

No sentido de trazer elementos de utilidade para que o professor, em cada disciplina, consiga encaminhar e contribuir para um ensino compatível com as novas pretensões educativas, os PCN+ surgem para ampliar e destacar os objetivos e as orientações contidas nos PCN, adiantando elementos que não estavam ainda claros. Segundo Ricardo (2006, p. 20) “o objetivo central desse documento é proporcionar uma possibilidade de organização escolar, dentro de cada área de conhecimento, buscando esclarecer formas de articulação entre as competências gerais e os conhecimentos de cada disciplina em potencial”. Em termos de documento:

Explicita a articulação das competências gerais que se deseja promover com os conhecimentos disciplinares e apresenta um conjunto de sugestões de práticas educativas e de organização dos currículos que, coerente com tal articulação, estabelece temas estruturadores do ensino disciplinar na área. Além de abrir um diálogo sobre o projeto pedagógico escolar e de apoiar o professor em seu trabalho, o texto traz elementos para a continuidade da formação profissional docente na escola. (BRASIL, 2002, p. 7).

As pretensões educativas propostas neste documento sinalizam para um novo ensino médio, que deixa de ser propedêutico, visando unicamente preparar para um nível superior de ensino, mas procura preparar o cidadão para a vida. Estar formado para a vida significa:

Saber se informar, comunicar-se, argumentar, compreender e agir; enfrentar problemas de diferentes naturezas; participar socialmente, de forma prática e solidária; ser capaz de elaborar críticas ou propostas; e, especialmente, adquirir uma atitude de permanente aprendizado. (BRASIL, 2002, p. 9).

Para assegurar essa nova formação, faz-se necessário, à adequação da escola atual, isso não implica em construção de novos prédios, mas, “na construção de um projeto de realização humana, recíproca e dinâmica, de alunos e professores ativos e comprometidos, em que o aprendizado esteja próximo das questões reais, apresentadas pela vida comunitária e pelas circunstâncias econômicas, sociais e ambientais.” (BRASIL, 2002, p. 11).

Deste modo, a escola deve se adequar ao seu público e estar atenta às perspectivas de vida de seus alunos, buscando promover a realização pessoal, à qualificação para um trabalho

digno e para a participação social e política de acordo com as competências gerais, às habilidades pessoais e às preferências culturais (BRASIL, 2002). Uma formação com tal ambição exige métodos de aprendizado compatíveis, ou seja, condições efetivas para que os alunos possam: “comunicar-se e argumentar; defrontar-se com problemas, compreendê-los e enfrentá-los; participar de um convívio social que lhes dê oportunidades de se realizarem como cidadãos; fazer escolhas e proposições; tomar gosto pelo conhecimento, aprender a aprender.” (BRASIL, 2002, p. 10).

O professor assume um papel essencial, passando a ser protagonista das reformas, e não um mero executor. Partindo do conhecimento dos documentos, de sua exaustiva discussão, da reflexão e avaliação do projeto pedagógico, espera-se que o professor tenha as condições necessárias, ainda que não suficientes, para contribuir na reformulação da escola. (RICARDO, 2006, p. 19).

As razões desta reformulação do ensino médio são tratadas e discutidas detalhadamente nos PCN+, que abordam também, como rever o projeto pedagógico da escola, apresentando novas orientações para o ensino médio, as disciplinas e seus temas estruturadores, articulação entre as áreas e a articulação entre as disciplinas em cada uma das áreas.

Os Parâmetros Curriculares Nacionais (BRASIL, 2002) aprofundam as ideias centrais do PCNEM e detalham as competências gerais do aprendizado de cada uma das áreas e disciplinas. Concentramo-nos, a partir de agora, nas competências apresentadas pelo PCN+ e pelas Diretrizes Nacionais Curriculares para os Cursos de Física. Para tal faz-se necessário alguma discussão sobre o que são competências no âmbito escolar.

Segundo Philippe Perrenoud apud Ricardo (2006, p. 21), “a noção de competência pode ser entendida como uma capacidade de agir eficazmente em um determinado tipo de situação, apoiada em conhecimentos, mas sem se limitar a eles”. Deste modo:

As competências seriam então a mobilização de recursos cognitivos, entre eles e o conhecimento, a fim de responder a uma situação-problema em tempo real. Essa utilização, integração e mobilização se dará em uma transposição de contextos, com vistas a inferir possíveis soluções ou elaborar hipóteses. Assim é possível dizer que não se ensinam diretamente competências, mas criam-se condições para seu desenvolvimento. (RICARDO, 2006, p. 20-21).

Essas condições são destacadas por Kawamura e Hosoume:

Competências e habilidades somente podem ser desenvolvidas, em torno de assuntos e problemas concretos, que referem a conhecimentos e temas e estudo. E para enfrentar uma situação-problema dentro de uma abordagem é necessário conhecer leis, conceitos e princípios, aprendidos através de um processo de construção cuidadoso, com determinadas relações internas que é necessário identificar e respeitar. (KAWAMURA e HOSOUME apud RICARDO, 2006, p. 12).

Esse mesmo autor (2006, p. 21) ainda frisa que “em um ensino por competência as competências gerais devem nortear as escolhas didáticas e as práticas pedagógicas, inclusive os conteúdos, exigindo uma transposição didática”.

Complementando essas disposições legais, os PCN+ apresentam um extenso quadro de habilidades e competências a serem desenvolvidos na aprendizagem de Física PCN+ (2002, p. 63-68). Tendo em vista nosso objetivo central, de aproximar os licenciandos da Física das tecnologias digitais educacionais com vistas ao ensino e aprendizagem de Física, nossa proposta didática pretende enfatizar as habilidades e competências discriminadas no Quadro 3.1 que fazem parte do elenco apresentado pelos PCN+ (BRASIL, 2002, p. 63-68).

No capítulo 4 são discutidas as ações pedagógicas propostas neste trabalho para que os alunos desenvolvem as competências apontadas no Quadro 3.1.

Habilidades e competências referentes a disciplina de Física
<ol style="list-style-type: none"> 1. Frente a uma situação ou problema concreto, reconhecer a natureza dos fenômenos envolvidos, situando-os dentro do conjunto de fenômenos da Física, identificando possíveis estratégias para resolvê-la; 2. Identificar as grandezas e variáveis relevantes em cada caso, estabelecer relações; identificar regularidades, invariantes e transformações; 3. Identificar regularidades, associando fenômenos que ocorrem em situações semelhantes para utilizar as leis que expressam essas regularidades na análise e previsões de situações do dia-a-dia; 4. Interpretar e fazer uso de modelos explicativos para fenômenos ou sistemas naturais ou tecnológicos, reconhecendo suas condições e aplicações; 5. Elaborar modelos simplificados de determinadas situações, a partir das quais seja possível levantar hipóteses e fazer previsões; 6. Reconhecer a conservação de determinadas grandezas; 7. Reconhecer a relação entre diferentes grandezas, ou relações de causa-efeito, para ser capaz de estabelecer previsões; 8. Reconhecer a existência de invariantes que impõem condições sobre o que pode e o que não pode acontecer em processos naturais, para fazer uso desses invariantes na análise de situações cotidianas; 9. Selecionar e utilizar instrumentos de medição e de cálculo, representar dados e utilizar escalas, fazer estimativas, elaborar hipóteses e interpretar resultados; 10. Fazer uso de formas e instrumentos de medida apropriados para estabelecer comparações quantitativas; 11. Compreender a necessidade de fazer uso de escalas apropriadas para ser capaz de construir gráficos ou representações; 12. Conhecer as unidades e relações entre unidades de uma mesma grandeza Física para fazer traduções entre elas e utilizá-las adequadamente; 13. Ler, articular e interpretar corretamente símbolos e códigos em diferentes linguagens e representações: sentenças, equações, esquemas, tabelas, gráficos, representações geométricas e diagramas apresentados em textos; 14. Construir sentenças ou esquemas para a resolução de problemas; construir tabelas e transformá-las em gráficos; 15. Compreender que tabelas, gráficos e expressões matemáticas podem ser diferentes formas de representação de uma mesma relação, com potencialidades e limitações próprias, para ser capaz de escolher e fazer uso da linguagem mais apropriada em cada situação, além de poder traduzir entre si os significados dessas várias linguagens; 16. Reconhecer e utilizar adequadamente na forma oral e escrita, códigos e nomenclaturas da linguagem científica; 17. Elaborar comunicações orais e escritas, para relatar, analisar e sistematizar, eventos, experimentos, questões, entrevistas, visitas correspondências, fenômenos ou acontecimentos que envolvam fenômenos físicos; 18. Elaborar relatórios analíticos, apresentando e discutindo dados e resultados, seja de experimentos ou de avaliações críticas de situações, fazendo uso, sempre que necessário, da linguagem física apropriada; 19. Articular, integrar e sistematizar fenômenos e teorias dentro de uma ciência, entre as várias ciências e áreas de conhecimento.

Quadro 3.1 – Habilidades e competência que se espera que os alunos venham a desenvolver com a aplicação da proposta. A numeração foi introduzida por nós para uma futura utilização. Fonte: Brasil (2002, p. 63-68).

3.1.3. O programa Institucional de Bolsa de Iniciação à Docência (PIBID)

O Programa Institucional de Bolsa de Iniciação à Docência (PIBID) é um programa instituído pela Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES), que tem por objetivo investir na valorização do magistério e no aprimoramento do processo de formação de docentes para a educação básica brasileira (BRASIL, 2013).

Por meio de bolsas de iniciação à docência, o programa busca incentivar a formação de futuros professores, possibilitando a sua atuação em escolas públicas da educação básica. Fazem parte deste programa as Instituições de Ensino Superior (IES), e muitas escolas públicas. Neste contexto, e em parceria, o professor orientador da universidade (coordenador da área), o professor supervisor da escola pública e o bolsista licenciando, organizam diversas ações que visam qualificar tanto o processo de formação dos acadêmicos, como o processo de ensino aprendizagem da educação básica.

O projeto institucional deve abranger diferentes características e dimensões da iniciação a docência, entre as quais destacamos conforme o Art. 6.

- (i) desenvolvimento de ações que valorizem o trabalho colaborativo, interdisciplinar e com intencionalidade pedagógica clara para o processo de ensino-aprendizagem;
- (ii) desenvolvimento, testagem, execução e avaliação de estratégias didático-pedagógicas e instrumentos educacionais, incluindo o uso de tecnologias educacionais e diferentes recursos didáticos. (BRASIL, 2013, p. 2).

Destacamos como objetivo principal do programa:

Inserir os licenciandos no contexto das escolas da rede pública de educação, proporcionando-lhes oportunidades de criação e participação em experiências metodológicas, tecnológicas e práticas docentes de caráter inovador e interdisciplinar que busquem a superação de problemas identificados no processo de ensino aprendizagem. (BRASIL, 2013, p. 3).

Os demais objetivos que consideramos pertinentes e estão em consonância com nossa proposta são:

- i) elevar a qualidade da formação inicial dos professores nos cursos de licenciatura e promover a integração entre educação superior e educação básica; ii) mobilizar os professores das escolas públicas da educação básica como co-formadores dos futuros docentes; iii) contribuir para a articulação entre teoria e prática necessárias à formação dos docentes, elevando a qualidade das ações acadêmicas nos cursos de licenciatura. (BRASIL, 2013, p. 2-3).

Desta forma o PIBID visa possibilitar:

Aprendizagem de todos os envolvidos; melhora da qualidade das ações acadêmicas; integração entre educação superior e educação básica; valorização da carreira docente; incentivo aos jovens quanto ao reconhecimento da relevância da carreira docente; contato com a realidade escolar; promoção da articulação entre teoria e prática; crescimento pessoal e profissional; exercício de planejamento de aula; relação de afeto com as turmas envolvidas. (BRASIL, 2013, p. 2-3).

Na Universidade de Passo Fundo este projeto vem sendo organizado e executado através de ações centradas em quatro eixos:

- i) contextualização do ambiente escolar e da educação básica; ii) investigação das práticas de ensino-aprendizagem; iii) ações/ inovações pedagógicas: propostas de intervenção em sala de aula e em espaços alternativos; iv) integração, sistematização, avaliação e difusão. (SILVA e ROSA, 2014, p.47).

Segundo os autores, cada eixo está sendo desenvolvido a seu tempo, contudo, o último eixo perpassa todos os demais, e entende-se que o projeto visa proporcionar aos estudantes discussões e vivências sobre diferentes realidades escolares, a fim de qualificar a sua futura prática docente, conforme destacam:

O projeto desenvolvido no âmbito da UPF, foca suas ações metodológica na organização de atividades que propiciam aos licenciandos bolsistas o contato direto e contínuo com o ambiente escolar, reconhecendo e interagindo com as potencialidades/demandas da escola pública desde o início de sua formação profissional nos cursos de licenciatura. (SILVA e ROSA, 2014, p. 46).

O subprojeto que abrange o curso de Física conta com a participação de 20 acadêmicos do curso de Licenciatura em Física, quatro professores titulares da disciplina de Física de escolas pública da cidade de Passo Fundo que aderiram ao projeto. Estes professores são chamados de supervisores. O grupo é organizado de acordo com as escolas e é coordenado por um professor do curso de Física da UPF. Os encontros são semanais, e tem por objetivo:

Realizar estudos de aprofundamento teórico-metodológico e de conteúdos específicos, bem como elaborar as ações a serem desenvolvidas nas escolas. Os acadêmicos além desse encontro de estudos, realizam outros em turnos alternativos para definir suas ações estratégicas e preparar as atividades. Além disso, os acadêmicos desenvolvem suas ações nas escolas em conjunto com os professores supervisores. (SILVA e ROSA, 2014, p. 47).

Desta forma:

A dinâmica relatada frente aos objetivos e ações proporciona uma estrutura de atividades que torna peculiar o projeto PIBID e oferece uma gama de ações metodológicas que, além de promover a qualificação do processo ensino-aprendizagem em Física, proporcionam a formação de licenciados de modo digno e rico, tanto em conhecimentos pedagógicos como específicos. (SILVA e ROSA, 2014, p.47).

Segundo o relatório (2012) enviado a CAPES pelo projeto desenvolvido na UPF (SILVA e ROSA, 2014), as ações deste programa vêm contribuindo de modo contundente para a qualificação da formação dos licenciandos e, conseqüentemente, para o aumento da qualidade da educação básica, impactando diretamente sobre a melhoria das práticas pedagógicas dos professores e dos resultados de aprendizagem dos estudantes dos segmentos envolvidos.

Na próxima seção explanamos referências que serviram de embasamento para a nossa proposta didática.

3.2. Atividades experimentais no ensino de Física

A importância da realização de atividades experimentais na busca de uma melhor qualidade do ensino de ciências, em particular da Física, é ressaltada por inúmeros autores em nível nacional e internacional há várias décadas. Aqui elencamos, de maneira sucinta, as principais ideias dos dois trabalhos que mais contribuíram para a elaboração de nossa proposta didática e que se fazem pertinentes quando se pretende trabalhar com atividades experimentais em sala de aula: Borges (2002), e Rosa (2014).

O artigo de Borges (2002) tornou-se uma referência nacional para o desenvolvimento de atividades experimentais, pois ele faz uma ampla reflexão sobre a necessidade de revitalizar (ou criar) o laboratório didático, mas sob uma nova perspectiva. Não com montagens pré-determinadas em que o aluno conhece a priori onde deve chegar e se concentra na determinação quantitativa de grandezas físicas, mas sim, como uma investigação experimental, que enfatiza o aspecto conceitual do tópico em estudo, na qual o aluno se envolve com comprometimento na busca por solução.

Para este autor pode parecer um contrassenso questionar a validade das aulas práticas em nosso país, em que grande porcentagem dos estudantes desconhece um laboratório de ciências. A ausência dessas aulas tem sido tomada como justificativa, entre outras questões, para os problemas que o ensino de Física enfrenta. Na linha desta justificativa, muitos professores e pesquisadores defendem que uma condição necessária para a melhora da qualidade deste ensino consiste basicamente, em equipar as escolas com laboratórios e treinar os professores para utilizá-los.

Borges contesta essas ideias, enfatizando que se fazem necessárias discussões e reflexão acerca do assunto em qualquer realidade e nível de ensino, ainda que os problemas no ensino de Física perpassem por inúmeros outros fatores. Acrescenta ainda, de acordo com Woolnough (1991) e White (1996), que “mesmo nos países onde a tradição do ensino experimental está bem sedimentada, a função que o laboratório pode, e deve ter, bem como sua eficiência em promover aprendizagens desejadas, têm sido objeto de questionamentos, o que contribui para manter a discussão sobre a questão há alguns anos.” (BORGES, 2002, p. 295).

No laboratório tradicional é usual que as atividades práticas sejam realizadas a partir de um fenômeno previamente determinado pelo professor, envolvendo observações e medidas realizadas em pequenos grupos. Isso quando as atividades não são meramente demonstrativas.

Borges alerta que esta metodologia de trabalho em grupo possibilita a cada aluno a oportunidade de interagir com as montagens e instrumentos específicos, enquanto divide responsabilidades e ideias sobre o que fazer e como fazê-lo. Mas este envolvimento seria eficiente se as operações de montagem dos equipamentos, as atividades de coleta de dados e cálculos para obter as respostas esperadas não consumissem muito tempo, e, especialmente, se essas operações não estivessem pré-determinadas em um roteiro a ser seguido pelo aluno. Seria necessário mais tempo para análise e interpretação dos resultados e também do próprio significado da atividade experimental, que muitas vezes não é relevante do ponto de vista do estudante. Da maneira “mecânica”, em que com frequência são feitas, pouco contribui para que ocorram mudanças nas concepções e modelos prévios dos estudantes, e tampouco para lhes dar uma noção da natureza da ciência e da investigação científica. (WHITE, 1996; GAGNÉ, 1970, apud BORGES, 2002).

Um dos principais problemas com o laboratório de ciências é que se pretende atingir uma variedade de objetivos nem sempre compatíveis com um mesmo tipo de atividade. Além disso, tais objetivos, quando não formulados apenas para atender à demanda burocrática, na maioria das vezes estão pouco claros e implícitos aos professores e estudantes.

Diante desta realidade, Borges (2002) defende que as atividades de laboratório sejam propostas como investigação ou problemas práticos mais abertos, que os alunos devem resolver sem a direção imposta por um roteiro fortemente estruturado ou por instruções verbais do professor. Para resolver o problema, o estudante deve fazer mais que simplesmente lembrar-se de uma fórmula ou de uma situação similar que ele já tenha resolvido. Neste sentido um problema pode ser entendido com um desafio proposto, e pode ser expresso em diferentes níveis. Nas palavras do próprio autor:

Um problema é uma situação para a qual não há uma solução imediata obtida pela aplicação de uma fórmula ou algoritmo. Pode não existir uma solução conhecida por estudantes e professores ou até ocorrer que nenhuma solução exata seja possível. Para resolvê-lo, tem-se que fazer idealizações e aproximações. (BORGES, 2002, p. 303).

Continua o autor sintetizando a diferença entre o laboratório tradicional e as atividades investigativas propostas por ele. A Figura 3.2 permite visualizar que o grau de abertura aumenta continuamente, desde exercícios a problemas completamente abertos. O nível dos problemas depende do grau de responsabilidade conferido ao aluno. O problema “fechado” costuma ser o proposto no laboratório tradicional: o professor (ou o roteiro) estabelece os procedimentos a serem realizados em montagens experimentais pré-definidas, e os alunos fazem as coletas de dados e os analisam. Já em uma atividade aberta, é proposto um tópico ao

aluno, e todo o restante cabe a ele, desde a formulação de uma questão para investigação e o planejamento para respondê-la, passando pela montagem e instrumentos de medidas a serem utilizados, até a coleta, análise de dados e análise crítica da adequação da solução. Neste tipo de atividade a simples manipulação de objetos concretos, muitas vezes repetitiva e irrefletida, que ocorrem em um laboratório usual, dá lugar as ideias de representação com o propósito de comunicar outras ideias e percepções.

<i>Aspectos</i>	Laboratório Tradicional	Atividades Investigativas
<i>Quanto ao grau de abertura</i>	Roteiro pré-definido ←	Variado grau de abertura →
<i>Objetivo da</i>	Comprovar leis	Explorar fenômenos
<i>Atitude do estudante</i>	Compromisso com o resultado	Responsabilidade na investigação

Figura 3.2 – Distinção entre as atividades tradicionais e as investigativas. A seta representa o contínuo que existem entre os dois extremos de um contínuo relacionado ao tipo de atividade: exercício-problema. Extraído de Borges (2002, p. 304).

Borges sugere que as atividades deste tipo, nomeadas como investigativas, devem ser realizadas em pequenos grupos, iniciando simples, progredindo ao longo do curso; devem, ainda, levar em conta os recursos disponíveis, as ideias prévias dos alunos e suas expectativas acerca do fenômeno em estudo. Durante a realização “o professor atua como um mediador entre o grupo e a tarefa, intervindo nos momentos em que há indecisão, falta de clareza ou consenso. Seu objetivo deve ser deixar que o grupo, progressivamente, assumam maior controle sobre sua atividade.” (BORGES, 2002, p. 307). E ao final é recomendado que sejam feitas discussões a respeito dos resultados, das limitações da atividade a fim de se evitar concepções errôneas sobre o papel no laboratório didático, e sobre a ciência de modo geral.

Para isso, faz-se necessário que o método escolhido mobilize a atividade do aprendiz ao invés de sua passividade. Esta visão caminha na linha do construtivismo, em que o aluno constrói seu próprio conhecimento através da ação, e de forma autônoma, sendo ele, o centro do processo de aprendizagem.

As atividades que cumprem o papel de mobilizar o envolvimento do aprendiz podem ser desenvolvidas, desde que com planejamento e clareza dos objetivos, em qualquer sala de

aula, sem a necessidade de um ambiente especial, de laboratórios escolares com mesas para experiências e equipados com instrumentos ou aparelhos sofisticados.

Cabe salientar, de acordo com Borges (2002) que a simples introdução de atividades práticas no ensino não resolve as dificuldades de aprendizagem dos estudantes, se o conhecimento científico e suas observações, vivências e medições continuarem a serem tratados como fatos que devem ser memorizados e aprendidos, em lugar de tratá-los como eventos que requerem explicação.

Borges (2002) defende que esse tipo de abordagem deveria ser introduzido nos cursos de formação de professores, não somente com o uso de atividades experimentais, mas também com simulações computacionais e com sistemas de aquisição automática de dados.

Passamos a discutir outro trabalho que nos foi muito importante. Rosa (2014) afirma que, quando se fala em experimentação, todos os sujeitos envolvidos no processo educacional depositam esperanças sobre as “aulas práticas”, especialmente por verificarem o entusiasmo dos alunos quando as realizam. Para que essas atividades, que muitas vezes são tidas como a “tábua da salvação” para os problemas apresentados tanto no processo de ensino quanto no de aprendizagem em Física possam efetivamente contribuir para uma melhora da aprendizagem, elas precisam conforme a autora “serem ensinadas a partir de referenciais que as tornem significativa para o aluno, de modo a proporcionar-lhes a apropriação de um conhecimento científico identificado com o seu contexto social e cultural.” (ROSA, 2014, p. 20).

No texto a autora cita autores que justificam a importância da experimentação através de diferentes aspectos ligados a teorias de aprendizagem. Um deles é Piaget que, lembra a autora, defende a necessidade de que essas atividades sejam desenvolvidas desde a idade pré-escolar como forma de estimular o desenvolvimento sociomotor e cognitivo das crianças, sendo úteis para desenvolver as funções de conhecimento, as de representação e as afetivas. Acrescenta ainda que o desenvolvimento da consciência reflexiva e o fomento pela curiosidade podem ser favorecidos através do trabalho em grupo como forma de cooperação, da manipulação de materiais, da realização de jogos educacionais etc. E que cada aluno deve ser submetido, desde a escola primária, a um ensino que lhe permita procurar soluções para questões práticas através de experiências, refletindo ao mesmo tempo sobre os procedimentos efetuados por ele e pelos seus colegas.

Nesta mesma linha, a autora relata que para Vigostky os problemas oferecidos pelas atividades experimentais remetem os estudantes a um processo de interação com seus colegas, ao uso da linguagem e dos símbolos como instrumentos de ação na busca pela execução das respostas. Isso possibilita que os estudantes não apenas conheçam o mundo pelos seus olhos,

mas também através da linguagem e de todos os sistemas simbólicos com que se comunicam com o mundo. Tudo isso favorece o desenvolvimento das funções psíquicas superiores, em especial das operações sensório-motoras e de atenção.

Como numerosas são as razões que justificam a importância do laboratório didático para o ensino de Física, poderíamos aqui fazer uma revisão mais ampla e acrescentar outros autores, como Ausubel, não mencionado pela autora, e que seriam pertinentes para a discussão no contexto de formação de professores e inserção de TICs no ambiente escolar como já mencionamos no início deste capítulo. No entanto vamos dar sequência à discussão de Rosa (ibid.) apresentando resumidamente a forma como as atividades experimentais têm sido concebidas historicamente no processo educacional de nosso país e apresentar a experimentação no viés construtivista.

A autora aponta alguns pontos já conhecidos e apresentados por Arruba e Laburú (1998) e Borges (2002), usualmente dados como justificativa pelos professores para a pouca utilização deste recurso metodológico. Dentre eles estão: a falta de recurso para compra de componentes e materiais, falta de preparo dos professores para desenvolver este tipo de atividade; falta de tempo do professor para planejar a realização de atividades como parte de seu programa de ensino e o número elevado de estudantes por turma.

Rosa (2014) mostra em seu texto que quando as aulas práticas são organizadas e conduzidas pelos professores apoiadas em metodologias tradicionais e pouco efetivas diante da realidade vivenciada pelos alunos, elas têm se mostrado pouco eficientes, e não contribuem efetivamente para amenizar os problemas enfrentados pelos estudantes e para a qualificação da aprendizagem.

Psillos e Niedderer (2002, apud ROSA, 2014) destacam que muitas vezes se dá mais ênfase e se dedica mais tempo ao método, à realização das medições do que para estabelecer relações entre a atividade experimental e as discussões teóricas que envolvem o fenômeno em estudo. Ao trazermos elementos da modelagem científica para a sala de aula em nossa proposta didática, pretendemos justamente garantir que não estamos incorrendo neste erro.

A razão por esse “fracasso” pode ser explicada pela forma como as atividades práticas vêm sendo concebidas historicamente. Segundo a autora, até o final do século XIX o ensino de ciências encontrava-se fortemente apoiado em aulas expositivas, enfatizando o verbalismo e a memorização dos conceitos e fenômenos. As poucas atividades experimentais existentes caracterizavam-se por serem voltadas para as demonstrações e verificações, na qual predominavam a atuação do professor. “O papel da experimentação, quando presente, era de

ilustrar, demonstrar, verificar ou mesmo aplicar os conceitos discutidos teoricamente, tendo no estilo comprobatório uma marca registrada.” (ROSA, 2014, p. 30).

Desse modelo tradicional de ensinar ciência passa-se pelo modelo por redescoberta, tendo como característica principal a utilização do método científico como orientador da atividade. Este método buscava reproduzir os passos que os cientistas utilizavam na produção do conhecimento, ou seja, a ênfase das atividades experimentais estava no método. Neste modelo as atividades são desenvolvidas pelos estudantes, porém organizadas e planejadas pelos professores, através de roteiros descritivos para a realização das atividades experimentais do tipo receitas de bolo (*cook-books*), que continham instruções detalhadas e sequências que os alunos deveriam seguir a fim de atingir o objetivo do experimento. “Esses roteiros eram rígidos e não permitiam que os estudantes tivessem liberdade de ação, limitando sua participação à execução do receituário apresentado a eles.” (ROSA, 2014, p. 31).

Com o propósito explícito de alterar a forma como o ensino de ciências vinha sendo entendida na época, instalou-se no Brasil, na década de 1960, o denominado “movimento renovador”, caracterizado pelos projetos de ensino, vinculando o ensino de Ciências ao laboratório didático. Rosa (2014) sinaliza dois desses projetos: o Physical Science Study Committee (PSSC¹⁹) e o Projeto Piloto para o Ensino de Física (PEF).

Esses projetos que continuavam a privilegiar uma visão empirista/indutivista da ciência, “incentivado pelo método científico no qual as atividades partem da observação sistemática, passam pela formulação de hipóteses, para sua testagem repetidamente, em diversas condições, com controle das variáveis, chegando a uma conclusão e, depois, a sua generalização.” (ROSA, 2014, p. 33), deixaram marcas que estão presentes no ensino atual, pois, frequentemente professores recorrem aos métodos, equipamentos e manuais decorrentes deste período.

Deste período, dois aspectos podem ser considerados como significativos para a aprendizagem, e já destacados por Borges (2002): a organização dos estudantes em pequenos grupos de trabalho, e, o fato de o laboratório ser tratado em igualdade de condições com as aulas teóricas, assumindo tanta importância quanto essas.

Todavia, estes modelos tinham seus problemas, e a sua implementação nas escolas de Ensino Médio apresentou-se de forma problemática, devido à inexistência de laboratórios e equipamentos apropriados para a realização das atividades, e por novamente, as atividades serem do tipo receitas de bolo.

¹⁹ Disponível em: <<http://libraries.mit.edu/archives/exhibits/pssc/>>.

Trabalhos mais recentes vêm apontando alternativas para mudanças neste quadro, ao defenderem a necessidade de uma reorganização pedagógica e epistemológica no laboratório didático, preconizando o construtivismo como alternativa. A autora aponta alguns dos trabalhos que são tomados como referência, por discutirem o laboratório didático na orientação construtivista: Pinho-Alves (2000), Borges (2002, 2006), Gaspar e Monteiro (2005) e os próprios documentos elaborados para nortear a educação brasileira (PCN). Tais documentos, por exemplo, mostram que:

É indispensável que a experimentação esteja sempre presente ao longo de todo o processo de desenvolvimento das competências em Física, privilegiando-se o fazer, manusear, operar, agir, em diferentes formas e níveis. É dessa forma que se pode garantir a construção do conhecimento pelo próprio aluno, desenvolvendo sua curiosidade e o hábito de sempre indagar, evitando a aquisição de conhecimento científico com uma verdade estabelecida e inquestionável (BRASIL, 2002, p. 84).

Continua Rosa (2014) destacando que a visão apregoada nesses textos mostra a necessidade de avançar indo além dos objetivos tradicionalmente apontados para essas atividades, trazendo de forma explícita a questão metodológica, valorizando aspectos diferentes daqueles que envolvem a concepção empirista na sua prática, e que os estudantes devem ser sujeitos ativos intelectualmente, não apenas no sentido de movimentação motora. Neste mesmo viés, a autora destaca Pinho-Alves (2000), lembrando que: “a participação ativa do estudante deve ser entendida não apenas quando é exigida uma tarefa motora, mas também no processo de negociação do saber.” (ROSA, 2014, p. 36).

Nessa visão construtivista defendida atualmente para o laboratório didático e para o ensino de Física, o papel do professor passa de instrutor para mediador, facilitador para que a aprendizagem ocorra. Rosa salienta que nesse entendimento, “o aluno assume a posição de ator, com um papel ativo intelectualmente, pondo em movimento todo o seu mecanismo interno e empenhando-se na busca dos meios que lhe são favoráveis à aprendizagem.” (ROSA, 2014, p. 37).

Ao assumir uma concepção construtivista, as atividades experimentais não podem mais subsistir de forma isolada, mas em consonância com os conteúdos trabalhados pelo professor. O desejo é por ultrapassar a fragmentação, por vezes existentes no laboratório tradicional, entre os conteúdos teóricos e os tratados nessas atividades (ROSA, 2014). Além disso, a autora destaca a importância de que o estudante retome constantemente os seus saberes para que, com base neles, possa construir o novo. Para finalizar, acrescenta que sob essa nova orientação epistemológica e pedagógica, que é o construtivismo, deverá se assentar as novas propostas didáticas. Dentre estas, está as que utilizam as novas tecnologias.

O trabalho de Heidemann, Araujo e Veit (2012), é exemplo do mencionado por Rosa (2014), no qual as atividades práticas incluem não somente as experimentais, mas também as computacionais, e os problemas propostos são abertos, requerendo que os pequenos grupos planejem com ampla liberdade as suas ações.

A proposta dos autores foi tomada por referência na presente pesquisa, contudo, devido ao fato que dispúnhamos de pouco tempo e tampouco tínhamos experiência didática suficiente, a opção do estudo, foi para inicialmente propor problemas menos abertos e mais diretivos, mas sempre procurando dar alguma autonomia aos alunos, remetendo a possibilidade de trabalhar com problemas abertos posteriormente.

Dessa forma opta-se por trabalhar ainda com problemas mais tradicionais, mas requerendo que os alunos reflitam sobre as suas ações à luz das noções básicas de modelagem científica, que passamos a descrever na próxima seção.

3.3. Atividades de modelagem de fenômenos físicos no ensino de Física

Para dar sentido aos conteúdos de Física, seja por meio da experimentação, conceitualização, contextualização ou da “matematização”, faz-se necessário que os educadores, desenvolvam estratégias didáticas que estabeleçam conexões entre o mundo abstrato (ideal) e o mundo real (concreto).

Esta conexão entre a teoria e a realidade não é simples, e pode ser entendida como um problema ou obstáculo a ser superado no ensino de ciências em geral e, da Física em particular (BRANDÃO, ARAUJO e VEIT, 2008), por exigir do professor, uma relação e transposição entre a visão do mundo científico (concepções científicas) e a visão do mundo vivencial do aluno (concepções alternativas às científicas).

Diante desta realidade, diversos autores como Pietrocola (1999), Veit e Teodoro (2002) e Veit e Araujo (2004), apontam, conforme já mencionado na seção 2.2, que a modelagem, mais do que uma ferramenta útil para a resolução de problemas, pode contribuir de forma significativa para uma visão de ciências adequada à prática científica moderna, e tende a desmistificar a imagem que a Física é uma disciplina difícil, formada somente por fórmulas e que não apresentam objetivos claros da importância de seu aprendizado.

No capítulo anterior, foi dada certa ênfase à simulação e à modelagem computacionais como forma de representação das situações físicas, sem discutir o modelo teórico que precisa ser implementado no computador para gerar uma representação adequada de um fenômeno físico. Nesta seção centramos-nos justamente nesse modelo teórico, ancorados nas ideias,

processos e elementos apresentados por Brandão, Araujo e Veit (2008, 2011 e 2013) sobre modelagem de sistemas físicos.

Por mais simples que possa parecer um problema de Física, ele envolve modelagem científica, já que “modelagem científica pode ser entendida como um processo de criação de modelos com a finalidade de compreender a realidade, ou seja, é um processo de busca por respostas.” (BRANDÃO, ARAUJO e VEIT, 2008, p. 11).

Segundo Bunge (apud BRANDÃO, ARAUJO e VEIT, 2010, p. 15) dentro do contexto das ciências teóricas fatuais, o termo ‘modelo’ assume dois sentidos principais: “o modelo enquanto representação esquemática de um objeto concreto e o modelo enquanto teoria relativa a esta idealização”. O autor reserva ao primeiro sentido o termo ‘modelo conceitual’ e ao segundo sentido o termo ‘modelo teórico’ (ou teoria específica).

Por ‘representação esquemática’ deve-se entender que os modelos científicos não são, e jamais serão, uma descrição especular (exata) da natureza. Isso ocorre pelo simples fato de que o homem é limitado para descrever a realidade em sua totalidade. Embora a modelagem seja uma ferramenta essencial para dar sentido ao mundo em que vivemos, não somos capazes de abordar a realidade de maneira holística, com toda a sua riqueza e complexidade. (BRANDÃO, ARAUJO e VEIT, 2013, p. 2).

Com a criação de um modelo científico, é possível analisar, interpretar, descrever e prever o mundo (sistema) físico de interesse, com certo grau de precisão, através de representações esquemáticas, simplificadas e idealizadas, ou seja, através de um mundo (sistema) idealizado. Em Física, dá-se preferência a modelos que podem ser expressos matematicamente, mas ainda assim são indispensáveis as proposições que estabelecem, por exemplo, os pressupostos teóricos. Por serem representações externas, podem ser expressos também por gráficos, tabelas e diagramas. Na criação (formulação) do modelo o modelador é quem decide o que será levado em consideração, o que é relevante e o que pode ser ignorado para a descrição dos fatos diante da riqueza e complexidade do sistema físico em estudo. Um modelo é uma criação da mente humana, inventado com o intuito de descrever categorias gerais de sistemas ou fenômenos dentro de determinadas áreas das ciências. Como se constroem os modelos?

Não há um método único para a criação de modelos; observação, razão e intuição dos cientistas são ingredientes fundamentais; as perguntas que o cientista pretende responder norteiam o processo; o contexto histórico e cultural (ou paradigmas vigentes) influenciam no processo (BRANDÃO, ARAUJO e VEIT, 2008, p. 11).

Por ser uma criação da mente humana sobre um mundo idealizado, não existem modelos absolutamente corretos. A exigência é que sejam formulados com clareza e precisão, a fim de que sua adequação aos fatos possa ser criticada, estimada e verificada.

Em uma descrição simplificada, o processo de modelagem requer basicamente: focar a atenção em aspectos particulares da natureza; realizar recortes da realidade; fazer simplificações do sistema real e postular identidades. Esses diversos elementos definirão quão bem o modelo irá representar o comportamento de um objeto ou fenômeno físico. Ou seja, a elaboração e adequação dos modelos científicos aos fatos irá depender basicamente “a) das questões que pretendem responder; b) do grau de precisão desejável em suas predições; c) da quantidade de informações disponíveis sobre a realidade; e d) das idealizações que são feitas a respeito de seus referentes.” (BRANDÃO, ARAUJO e VEIT, 2008, p. 11).

Dentre os elementos essenciais para construir um modelo científico para auxiliar na representação e na análise de um fenômeno físico estão (ibid): a formulação das questões foco do estudo, a delimitação do sistema a ser estudado, a definição dos referentes, as idealizações, as relações matemáticas e/ou proposicionais juntamente com as variáveis, parâmetros e aproximações, a escolha das leis, princípios e pressupostos teóricos que serão tomados como base e respeitados pelo sistema. Salientamos que não existe receita para a construção de modelos.

Em atividades de modelagem, inicialmente os alunos elaboram as questões que pretendem responder com a construção e/ou exploração do modelo, em conformidade com os objetivos, situação ou problema apresentado. Diante do problema, das questões foco e dos pressupostos teóricos, são listados os referentes, ou seja, os objetos ou eventos reais ou supostos como tais que se pretende modelar e os agentes que interagem com o sistema físico.

Estes referentes devem estar em consonância com o sistema físico escolhido, sendo necessário idealizações, pois o sistema físico é real e o modelo é construído no mundo ideal. Dependendo dos propósitos, podem ser desconsideradas algumas variáveis e/ou serem feitas aproximações.

Neste processo, de descrição do sistema físico, são indispensáveis as grandezas físicas a serem analisadas. Para tal devem ser listadas as grandezas físicas de forma clara e objetiva, se apropriando de uma nomenclatura correta e de suas unidades de medida. É importante nesta etapa que os alunos identifiquem as grandezas físicas como variáveis ou parâmetros.

As grandezas físicas que variam ao longo de um evento físico são ditas variáveis. Podemos ter variáveis independentes (por ex., o tempo) e dependentes (por ex., posição, velocidade, corrente elétrica,...). As grandezas físicas que não variam ao longo do evento em estudo são chamadas de parâmetros. Variáveis e parâmetros físicos excepcionalmente são adimensionais (por ex., coeficiente de atrito estático e cinético) e, portanto é necessário que se

saiba em que unidades de medidas estão expressas. É importante também explicitar o referencial utilizado, as condições iniciais e as convenções utilizadas.

Como o modelo científico está inserido em teorias gerais, é imprescindível que estas teorias, leis e princípios estejam claros para os alunos. Para tal, com base neste conhecimento, devem ser listadas as relações, expressões matemáticas e/ou propositais que envolvem as variáveis e os parâmetros.

É o modelo científico juntamente com as teorias gerais que fornecem resultados teóricos. Quando possível esses resultados devem ser comparados com os resultados empíricos, provenientes da experimentação. Em caso de concordância, o modelo teórico fornece uma explicação adequada para o comportamento do sistema e permite também fazer previsões. Esta adequação aos fatos vai depender fundamentalmente das hipóteses em que o modelo se baseia, das questões que com ele se pretende responder e da precisão de suas previsões.

Contudo nenhum modelo teórico representa completamente qualquer sistema ou fenômeno físico, pois a natureza é complexa. Por isso qualquer modelo possui um domínio de validade que está associado ao grau de precisão desejado, definido pelas questões foco.

A expansão de um modelo científico visa ampliar seu domínio de validade. Neste caso são assumidos novos pressupostos teóricos e idealizações, incluindo referentes, variáveis, parâmetros, relações e conceitos não incluídos inicialmente. Esta ampliação do limite de validade é entendida como um aperfeiçoamento no sentido de fornecer explicações mais adequadas e/ou tornar seus resultados mais precisos.

Uma ideia importante nesse tipo de atividade, segundo os autores, diz respeito ao fato de que as teorias gerais não se pronunciam diretamente sobre a realidade. Além disso, as teorias gerais e abstratas são incapazes de descrever a realidade com toda a sua riqueza e complexidade, por mais simples que possa parecer o sistema físico de interesse. Conseqüentemente, não podem ser confrontadas diretamente com os fatos e, por isso, não podem ser comprovadas. Quanto mais gerais forem as teorias científicas, menos aptidões terão para resolver problemas particulares. Contudo, as teorias científicas possuem objetivos realísticos e procuram fornecer a base para explicações e previsões de aspectos da realidade, se possível, testáveis. A verificabilidade de uma teoria geral depende, pois, da construção de modelos conceituais que ao serem acolhidos por ela possam se constituir em modelos teóricos capazes de serem confrontados com os fatos, propiciando explicações e previsões para o comportamento de sistemas, processos e fenômenos físicos.

Desde os tempos de Galileu, modelos científicos se constituem no cerne do desenvolvimento científico, entretanto os livros-texto não enfatizam este aspecto e, comumente, o aluno é aprovado em várias disciplinas de Física, quem sabe até tornando-se um Bacharel ou Licenciado em Física, sem internalizar a importância da modelização (VEIT e ARAUJO, 2005, p. 10).

4. PRODUTO EDUCACIONAL

Dentre as várias possibilidades de aplicação do computador no ensino de Física, elaboramos atividades para serem desenvolvidas pelos licenciandos, utilizando aquelas que consideramos mais relevantes e indispensáveis para o ensino de Física destacadas no capítulo 2. Pretendemos promover perspectivas apregoadas pelos PCN+, assim como as diretrizes e resoluções que normatizam os cursos de licenciatura em Física no Brasil, (seção 3.1). Por isso, optamos por atividades que envolvem o uso de planilhas eletrônicas, simulações e modelagem computacionais, análise de vídeos, aquisição automática de dados e compartilhamento *online* de dados. Essa diversidade de meios vai ao encontro das ideias elencadas por Borges (2002) e Rosa (2011) discutidas na seção 3.2.

Com a execução das atividades pretendíamos dar subsídios para que os alunos conhecessem algumas ferramentas computacionais e se apropriassem minimamente de seus recursos para resolver problemas de Física, vivenciando algumas de suas potencialidades em sala de aula e em conjunto com o laboratório didático de Física, desenvolvendo assim, habilidades relacionadas ao trabalho em um laboratório didático, citadas na seção 3.1.2. Também pretendíamos levá-los a refletir sobre a construção dos modelos teóricos usados para descrever os fenômenos sob análise. Em que teoria se amparam? Quais os objetos levados em consideração? Quais as idealizações assumidas? Enfim, questões indispensáveis quando se pretende modelar um sistema físico, conforme discutimos na seção 3.3.

Ao planejar as atividades cuidamos para que fossem abordados conteúdos encontrados na estrutura curricular dos primeiros semestres do curso de Física e dos conteúdos previstos pelos PCN+, já que a experiência didática envolveria também alunos dos primeiros semestres. As atividades foram concebidas levando em consideração os aspectos apresentados nos capítulos 2 e 3, e tendo como foco principal a formação e a qualificação docente, indo ao encontro dos objetivos do PIBID, na qual a proposta foi vinculada.

Para realizar as atividades, além dos computadores, são propostos *softwares* gratuitos e materiais de baixo custo. Para cada uma delas, criamos um Guia de Atividade para o Aluno (GAA), que não se constituem em roteiros fechados, com começo, meio e fim pré-estabelecidos. Resumem-se em dar orientações gerais, apresentando o objetivo da atividade, os materiais à disposição dos alunos e questionamentos a respeito do fenômeno físico em estudo.

O Quadro 4.1 apresenta a relação das seis atividades propostas.

Atividade 1	Exploração de simulações e animações disponíveis na internet
Atividade 2	Análise de um movimento unidimensional com aceleração constante, sob o ponto de vista da cinemática
Atividade 3	Análise do movimento unidimensional com aceleração constante de três roletes diferentes, sob o ponto de vista da cinemática e da lei da conservação de energia mecânica
Atividade 4	Discussão sobre modelagem no ensino/aprendizagem de Física
Atividade 5	Determinação da rapidez de propagação do som em barras metálicas de diversos materiais
Atividade 6	Indução eletromagnética

Quadro 4.1 – Relação das atividades propostas.

Para cada uma das atividades também criamos Guias de Atividades para os Professores, encontrados no Apêndice B, visando dar subsídios para qualquer interessado em desenvolver essas atividades com os seus alunos.

As atividades propostas, exceto a primeira, apresentam alguns pontos em comum, quais sejam, requerem que os alunos organizem-se em grupos e elaborem estratégias para investigar determinado fenômeno físico. Esta estratégia contempla: identificação de objetivos a serem alcançados na investigação, a escolha de um delineamento experimental, o planejamento sobre quais instrumentos de medida utilizar e que procedimentos adotar para a coleta de dados, a escolha de uma teoria que possa auxiliar na elaboração de um modelo para representar e interpretar aquela situação; ainda implica, na decisão sobre como organizar os dados e na forma de analisá-los.

No andamento das atividades, os alunos coletam dados, os organizam e analisam, necessitando para tal expressar as grandezas físicas envolvidas com suas respectivas unidades de medidas, representando-as por meios de símbolos e identificando se essas são grandezas dependentes ou independentes, elaboram tabelas, gráficos e representações.

Nas seções que seguem cada uma das seis atividades propostas é descrita em termos dos materiais utilizados, objetivos, procedimentos e sugestões. As habilidades e competências presentes nos PCN+ e já apresentadas no Quadro 3.1, que se espera que os alunos venham a desenvolver durante a realização de cada uma das atividades, estão apresentadas em um quadro geral (Quadro 4.8) ao final do capítulo.

Sabemos que as competências enfatizadas nas atividades também podem ser favorecidas por outras metodologias de ensino e, possivelmente, sem a utilização dos recursos computacionais. Conforme já mencionamos, nosso objetivo é demonstrar aos futuros docentes possibilidades da utilização do computador no ensino de Física indo ao encontro das normas educacionais de nosso país.

Passamos a descrever resumidamente cada uma das atividades. Detalhes podem ser vistos nos Guias de Atividades para os Alunos e nos Guias de Atividades para os Professores, descritos em detalhes nos apêndices A e B.

Atividade 1 - Exploração de simulações e animações disponíveis na internet

No Quadro 4.2 são apresentados os materiais utilizados e os objetivos gerais da Atividade 1.

Materiais utilizados	Computador com acesso a internet.
Objetivos Gerais	- Conscientização sobre problemas apresentados em simulações computacionais como erros conceituais; representações distorcidas da realidade; exageros nas representações; falta de coerência e falta de unidades nas grandezas representadas.

Quadro 4.2 – Descrição da Atividade 1 quanto aos materiais e objetivos gerais.

Para o desenvolvimento desta atividade sugerimos que inicialmente os alunos explorem livremente, de acordo com seus interesses, simulações sobre fenômenos físicos disponíveis em *sites* e repositórios nacionais e internacionais. Alguns endereços podem ser recomendados para os alunos, por ex., as desenvolvidas pelo professor Romero Tavares (TAVARES, 2014), o repositório de objetos de aprendizagem do Ministério de Educação (RIVED, 2014) e as desenvolvidas por uma equipe da Universidade do Colorado, conhecido como PhET (2014). Em um segundo momento, o desafio proposto é que a exploração seja realizada criticamente, em pequenos grupos, procurando identificar possíveis erros conceituais, representações distorcidas da realidade, exageros nas representações, falta de coerência e quaisquer outros problemas que os alunos sejam capazes de reconhecer. No terceiro momento os problemas detectados são compartilhados com o grande grupo.

Atividade 2 - Análise de um movimento unidimensional com aceleração constante, sob o ponto de vista da cinemática

No Quadro 4.3 são apresentados os materiais utilizados, objetivos gerais e objetivos específicos da Atividade 2.

Materiais utilizados	Planilha eletrônica, relógio ou cronômetro, um trilho (haste metálica com duas canaletas), rolete e calço de madeira.
Objetivos Gerais	<ul style="list-style-type: none"> - Desenvolver habilidades relacionadas ao trabalho em laboratório didático de Física, no que se refere à coleta, organização e análise de dados; - Formular um modelo que auxilie na representação e análise do movimento do rolete; - Desenvolver habilidades de organização e elaboração de tabelas e gráficos em uma planilha eletrônica.
Objetivos Específicos	<ul style="list-style-type: none"> - Desenvolver habilidades relacionadas às ferramentas básicas de operações em uma planilha eletrônica; - Utilizando a planilha eletrônica, espera-se que os alunos consigam: elaborar os gráficos necessários para descrever e analisar o movimento do rolete (posição x tempo, deslocamento x tempo ao quadrado, velocidade instantânea x tempo), e a partir destes gráficos determinem a aceleração do rolete.

Quadro 4.3 - Descrição da Atividade 2 quanto aos materiais, objetivos gerais e objetivos específicos.

Para facilitar a análise e interpretação dos dados, recomenda-se a utilização de uma planilha eletrônica. Para realizar a análise os alunos primeiramente organizam os dados coletados na forma de uma tabela. Após, com base nos conhecimentos teóricos e das relações matemáticas acerca do fenômeno em estudo e utilizando as funções da própria planilha eletrônica, determinam as demais grandezas físicas necessárias para descrever o movimento do rolete (velocidade média e velocidade instantânea). Com os dados elaboram os gráficos necessários para representar e interpretar o movimento do rolete, e a partir destes, determinar a sua aceleração.

Durante a interpretação e análise dos dados por meio das tabelas e dos gráficos, é importante que os alunos percebam que as relações entre as grandezas físicas podem ser descritas em termos de funções matemáticas, e que os parâmetros contém informações sobre os valores das grandezas em análise. Caso isso não ocorra espontaneamente, sugerimos que os alunos sejam orientados para tal.

É de suma importância que os alunos percebam que a escolha por funções que descrevem os dados experimentais devem levar em consideração o conhecimento teórico que se tem sobre o sistema. Para esta atividade, as funções pertinentes são as de primeiro e segundo grau. Escolhidas as funções devem-se determinar os seus parâmetros, (no caso da função linear, o coeficiente linear e o coeficiente angular). Existem diversos procedimentos que podem ser utilizados para fazer o ajustamento dos dados experimentais a estas funções. O mais popular é o método dos mínimos quadrados, podendo ser efetivado diretamente na planilha eletrônica, com a inserção da chamada “linha de tendência”. Para os principiantes sugerimos a leitura do capítulo 9 do texto *Uma introdução ao processo de medição no ensino médio* que aborda noções sobre o método de ajuste de funções. (STEFFENS, VEIT e SILVEIRA, 2008).

Neste processo, o aluno também pode desenvolver habilidades relacionadas à conversão de unidades e relações funcionais entre as grandezas.

Ao final da atividade os alunos elaboram um arquivo contendo os resultados das grandezas físicas analisadas, assim como as tabelas, planilhas, e as respostas para as questões que foram sugeridas no GAA 1.

Atividade 3 - Análise do movimento unidimensional com aceleração constante de três roletes diferentes, sob o ponto de vista da cinemática e da lei da conservação de energia mecânica

No Quadro 4.4 são apresentados os materiais utilizados, objetivos gerais e objetivos específicos da Atividade 3.

Materiais utilizados	Planilha eletrônica e o <i>software</i> Tracker, um trilho (haste metálica com duas canaletas), roletes formados por disco, com diferentes diâmetros, soldados a eixos de metal idênticos e filmadora da câmera fotográfica.
Objetivos Gerais	<ul style="list-style-type: none"> - Desenvolver habilidades de coleta, interpretação e organização de dados a partir da reprodução de vídeos, com o uso do <i>software</i> Tracker e de uma planilha eletrônica; - Relacionar e analisar as transformações de energia que ocorrem durante o movimento do rolete, traçando gráficos a partir de dados experimentais; - Formular um modelo que auxilie na representação e análise do movimento.
Objetivos Específicos	- Utilizando a planilha eletrônica, espera-se que os alunos consigam: elaborar os gráficos (posição x tempo e velocidade instantânea x tempo), nesses dois gráficos deve estar contido os dados dos três roletes, e elaborar um gráfico da energia x tempo para cada um dos roletes.

Quadro 4.4 - Descrição da Atividade 3 quanto aos materiais, objetivos gerais e objetivos específicos.

Na análise do movimento de translação de diferentes roletes (formados por discos com diferentes diâmetros soldados a eixos de metal idênticos) sobre o mesmo trilho da Atividade 2, os alunos planejam e executam o experimento. O desafio é a coleta de dados em situações tais que pelo menos um dos roletes se move tão rapidamente que a tomada de dados manuais é muito difícil.

Nesta situação em que o instrumento de medida manual fica limitado, sugerimos a utilização do recurso tecnológico da filmagem, introduzindo novas técnicas e métodos de obtenção de dados em atividades experimentais.

Analisando os vídeos com um *software*, recomendamos especialmente o Tracker (2014), o aluno pode visualizar na tela, quadro a quadro, os dados obtidos com a evolução do experimento. Tais dados podem ser analisados no próprio *software* por meio de planilhas eletrônicas ou gráficos, possibilitando que o aluno compreenda que essas são diferentes formas de representação. Cada uma delas, com potencialidades e limitações próprias, que auxiliam no entendimento sobre o fenômeno. A interpretação dos significados destas

planilhas e gráficos exige dos alunos a associação entre as escalas e grandezas físicas que estão relacionadas com os dados e o vídeo.

Neste caso, o aluno é o responsável pelo planejamento, execução e análise da atividade, pois deve planejar e estruturar os objetos de estudo e criar um cenário para a filmagem que possa auxiliá-lo na interpretação dos dados.

Para relacionar as transformações de energia, novamente faz-se necessário a elaboração de um novo modelo. Neste caso é importante destacar os pressupostos teóricos que serão adotados, listar as grandezas físicas (juntamente com seus símbolos e unidades de medida) e listar as equações que relacionam tais grandezas.

Atividade 4 - Discussão sobre modelagem no ensino/aprendizagem de Física

No Quadro 4.5 constam os materiais utilizados e os objetivos gerais da Atividade 4.

Materiais utilizados	Textos de apoio e livros didáticos de Física Geral.
Objetivos Gerais	- Esclarecer procedimentos e conceitos necessários para a modelagem de sistemas físicos, como os conceitos de idealização, aproximação, grau de precisão, expansão e generalização; - Oportunizar a reflexão sobre a exploração e construção de modelos de sistemas físicos voltados para a aprendizagem de Física.

Quadro 4.5 - Descrição da Atividade 4 quanto aos materiais e objetivos gerais.

A proposta é trabalhar com noções básicas da modelagem científica, na perspectiva de Brandão, Araujo e Veit (2008), apresentada na seção 3.3. Para tanto propomos um exposição inicial, para apresentar as noções gerais de modelagem. O conjunto de *slides*, por nós elaborados, para tal fim, consta no (Apêndice E). A proposta é que os alunos trabalhem em pequenos grupos. Inicialmente discutindo e definindo os aspectos envolvidos na modelagem do rolete sobre o trilho como: questão foco, os referentes do modelo, as grandezas físicas envolvidas, as idealizações e as relações teóricas derivadas de uma teoria. Posteriormente, constroem coletivamente, sob a coordenação do professor, um modelo para descrever os movimentos investigados nas atividades anteriores. Além do material de apoio faz-se necessário a utilização de livros didáticos de Física. Outras situações físicas, para as quais não seriam feitos os experimentos, podem ser propostas para exercitar as ideias gerais.

Atividade 5 - Determinação da rapidez de propagação do som em diversos materiais

No Quadro 4.6 constam os materiais utilizados e os objetivos gerais da Atividade 5.

Materiais utilizados	<i>Software</i> Audacity, barras metálicas de diferentes materiais (ferro, cobre, alumínio), diâmetros (1 polegada, 1/2 polegada e 3/4 de polegada) e com diferentes comprimentos, martelo de metal, fita adesiva e trena.
Objetivos Gerais	- Determinar a rapidez de propagação do som em diferentes materiais sólidos utilizando o computador como instrumento para aquisição e análise dos dados experimentais; - Desenvolver habilidades de coleta, organização e compartilhamento de dados experimentais e de análise de gráficos.

Quadro 4.6 - Descrição da Atividade 5 quanto aos materiais utilizados e objetivos gerais.

O desafio é identificar qual a melhor maneira de percutir uma barra metálica a fim de obter os dados necessários para determinar a rapidez de propagação do som nesse material. Utilizando o *software* Audacity os alunos realizam a aquisição dos dados a partir da gravação e análise do som produzido em cada barra. Os alunos são orientados a determinar a rapidez de propagação para cada barra a partir dos dados coletados pelos diversos grupos e compartilhados em uma planilha eletrônica *online*.

O compartilhamento *online* de dados exige dos alunos organização e clareza na apresentação dos dados. Competências essas esperadas para um futuro docente.

Atividade 6 - Indução eletromagnética

No Quadro 4.7 constam os materiais utilizados, objetivos gerais e objetivos específicos da Atividade 6.

Materiais utilizados	<i>Software</i> Audacity, computador equipado com microfone, canos de PVC de 20 e 25 mm de diâmetro, fio de cobre esmaltado, <i>plug</i> (ou plugue) do tipo P2 mono, ferro de solda do tipo pistola e ímãs de neodímio-ferro-boro.
Objetivos Gerais	- Realizar diferentes experiências de indução eletromagnética utilizando materiais de baixo custo e um computador para capturar e analisar os dados; - Desenvolver habilidades interpretação de gráficos, de organização e compartilhamento de dados experimentais e de análise de gráficos.
Objetivos Específicos	Espera-se que ao final da atividade os alunos consigam apresentar um material contendo as imagens dos sinais capturados pelo <i>software</i> Audacity e consigam relacionar a partir destas imagens (gráficos) algumas das grandezas física que influenciam na intensidade da corrente induzida gerada na bobina.

Quadro 4.7 - Descrição da Atividade 6 quanto aos materiais, objetivos gerais e objetivos específicos.

Os alunos são orientados a montar um dispositivo experimental que consiste em: construir com o fio de cobre, próximo a cada extremidade de um cano de PVC, uma bobina (diversas espiras agrupadas de modo compacto) e soldar nas extremidades do fio o *plug* P2 mono. Com este dispositivo e alguns ímãs, os alunos identificam o fenômeno físico envolvido quando ocorre o movimento de um ímã ao longo do cano. O desafio consiste em interpretar, a partir dos gráficos gerados pelo *software* Audacity, o sinal capturado, e através de várias análises, identificar quais grandezas físicas influenciam na intensidade deste sinal.

Neste capítulo apresentamos resumidamente as atividades práticas propostas para um módulo didático, que visa introduzir tecnologias de informação e comunicação, para licenciandos de Física. As práticas incluem experimentos, simulações computacionais, aquisição e análise de dados com o computador, e modelagem científica dos eventos em estudo. Guias para o desenvolvimento dessas atividades dirigidos a alunos e professores, bem como o conjunto de *slides* para uma exposição sobre modelagem científica constituem o produto educacional desse mestrado. O quadro geral (Quadro 4.8) apresenta as habilidades e competências promovidas em cada uma das atividades. No próximo capítulo descrevemos a experiência didática realizada com a aplicação desse módulo didático.

1. Frente a uma situação ou problema concreto, reconhecer a natureza dos fenômenos envolvidos, situando-os dentro do conjunto de fenômenos da Física, identificando possíveis estratégias para resolvê-la;
2. Identificar as grandezas e variáveis relevantes em cada caso, estabelecer relações; identificar regularidades, invariantes e transformações;
3. Identificar regularidades, associando fenômenos que ocorrem em situações semelhantes para utilizar as leis que expressam essas regularidades na análise e previsões de situações do dia-a-dia;
4. Interpretar e fazer uso de modelos explicativos para fenômenos ou sistemas naturais ou tecnológicos, reconhecendo suas condições e aplicações;
5. Elaborar modelos simplificados de determinadas situações, a partir das quais seja possível levantar hipóteses e fazer previsões;
6. Reconhecer a conservação de determinadas grandezas;
7. Reconhecer a relação entre diferentes grandezas, ou relações de causa-efeito, para ser capaz de estabelecer previsões;
8. Reconhecer a existência de invariantes que impõem condições sobre o que pode e o que não pode acontecer em processos naturais, para fazer uso desses invariantes na análise de situações cotidianas;
9. Selecionar e utilizar instrumentos de medição e de cálculo, representar dados e utilizar escalas, fazer estimativas, elaborar hipóteses e interpretar resultados;
10. Fazer uso de formas e instrumentos de medida apropriados para estabelecer comparações quantitativas;
11. Compreender a necessidade de fazer uso de escalas apropriadas para ser capaz de construir gráficos ou representações;
12. Conhecer as unidades e relações entre unidades de uma mesma grandeza Física para fazer traduções entre elas e utilizá-las adequadamente;
13. Ler, articular e interpretar corretamente símbolos e códigos em diferentes linguagens e representações: sentenças, equações, esquemas, tabelas, gráficos, representações geométricas e diagramas apresentados em textos;
14. Construir sentenças ou esquemas para a resolução de problemas; construir tabelas e transformá-las em gráficos;
15. Compreender que tabelas, gráficos e expressões matemáticas podem ser diferentes formas de representação de uma mesma relação, com potencialidades e limitações próprias, para ser capaz de escolher e fazer uso da linguagem mais apropriada em cada situação, além de poder traduzir entre si os significados dessas várias linguagens;
16. Reconhecer e utilizar adequadamente na forma oral e escrita, códigos e nomenclaturas da linguagem científica;
17. Elaborar comunicações orais e escritas, para relatar, analisar e sistematizar, eventos, experimentos, questões, entrevistas, visitas correspondências, fenômenos ou acontecimentos que envolvam fenômenos físicos;
18. Elaborar relatórios analíticos, apresentando e discutindo dados e resultados, seja de experimentos ou de avaliações críticas de situações, fazendo uso, sempre que necessário, da linguagem física apropriada;
19. Articular, integrar e sistematizar fenômenos e teorias dentro de uma ciência, entre as várias ciências e áreas de conhecimento.

		Habilidades e competências
Atividade 1	Exploração de simulações e animações disponíveis na internet	1,4, 3, 7, 8, 7, 8, 12, 13, 15, 19.
Atividade 2	Análise de um movimento unidimensional com aceleração constante, sob o ponto de vista da cinemática	1, 2, 5, 7, 9, 10, 11, 12, 13, 14, 15, 16, 17, 18, 19.
Atividade 3	Análise do movimento unidimensional com aceleração constante de três roletes diferentes, sob o ponto de vista da cinemática e da lei da conservação de energia mecânica	1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 9, 10, 11, 12, 13, 14, 15, 16, 17, 18, 19.
Atividade 4	Discussão sobre modelagem no ensino/aprendizagem de Física	1, 2, 3, 5, 7, 8, 12, 13, 15, 16, 17, 19.
Atividade 5	Determinação da rapidez de propagação do som em barras metálicas de diversos materiais	1, 2, 7, 9, 10,11, 12, 13, 15, 16, 17, 18, 19.
Atividade 6	Indução eletromagnética	1, 2, 5, 7, 9, 10, 11, 12, 13, 15, 16, 17, 18, 19.

Quadro 4.8 – Habilidades e competência que se espera que os alunos venham a desenvolver em cada uma das atividades.

5. APLICAÇÃO DA PROPOSTA

Foi feita uma experiência didática com o produto educacional descrito no capítulo 4. No presente capítulo apresentamos o contexto dessa experiência (seção 5.1), seu público alvo (seção 5.2) e na seção 5.3 relatamos com algum detalhe o desenvolvimento das seis atividades desenvolvidas. A última seção, 5.4, contém os comentários finais dessa aplicação.

5.1. A Universidade de Passo Fundo e o Curso Licenciatura Plena em Física

Considerada a principal cidade do norte do Rio Grande do Sul, Passo Fundo conta com uma população de 190 mil habitantes. Graças à sua posição estratégica, serve de referência em serviços para uma população de aproximadamente 1 milhão de pessoas. Além de tradicionalmente ser um polo agroindustrial, Passo Fundo já é, há alguns anos, referência nas áreas da saúde, educação, serviços e comércio para mais de 200 municípios. Resultado disso é o forte crescimento industrial, oriundo da instalação de novas empresas que impulsionaram, juntamente com os demais setores, a arrecadação do município.

Além da geração de novas oportunidades de trabalho - Passo Fundo é considerada umas das principais cidades do Brasil para se fazer carreira - o incremento da arrecadação proporcionou mais investimentos em setores fundamentais (emprego, saúde, educação, infraestrutura), resultando em mais qualidade de vida para seus habitantes. Todos estes fatores condicionam a cidade a oferecer um ambiente favorável ao estudo, trabalho, gerando oportunidades de crescimento com qualidade de vida.

A cidade também é conhecida como a “Capital da Literatura”, devido às jornadas literárias que ocorrem a cada dois anos. O município conta com 73 escolas públicas (34 estaduais e 39 municipais) e nove particulares. Dentre as Instituições de Ensino Superior (IES), destacamos a Universidade de Passo Fundo (UPF), considerada a maior da região Norte do Rio Grande do Sul. Figura 5.1.



Figura 5.1 - Foto do pórtico principal da Universidade de Passo Fundo.

Ao completar quatro décadas e meia de sua criação, em 2013, a UPF, comemorou a conquista do conceito 4 no Índice Geral de Cursos Avaliados da Instituição (IGC) e está entre as 16 melhores instituições de ensino superior comunitárias e privadas do Brasil.

Atualmente, a UPF atende a mais de 22 mil alunos, fazendo parte da vida de pessoas em mais de 100 municípios do norte gaúcho. Todas as suas ações são baseadas no ensino, na pesquisa, na extensão e na busca da inovação tecnológica, tendo como missão, produzir e difundir conhecimentos que promovam a melhoria da qualidade de vida e na formação de cidadãos competentes, com postura crítica, ética e humanista, preparados para atuar como agentes transformadores.

A Universidade oferece 60 cursos de graduação, 58 cursos de especialização, 13 mestrado, quatro doutorados e 10 estágios pós-doutorais. Dentre os cursos da UPF destacamos o de Licenciatura em Física, que faz parte do Instituto de Ciências Exatas e Geociências (ICEG). Apesar de ser um curso jovem, que está comemorando dez anos do ingresso da primeira turma neste ano de 2014, suas atividades começaram no ano de 1966, ano que o Laboratório de Física teve início com a implementação do Curso de Ciências Naturais, associado ao curso de Filosofia pelo Consórcio Universitário Católico de Passo Fundo. Hoje, a área de Física, é responsável em atender todos os cursos de graduação da universidade, que tem em sua grade curricular disciplinas de Física, tais como os de Engenharia, Agronomia, Matemática e Química.

A infraestrutura da biblioteca que está à disposição do curso possui acervo bibliográfico adequado às necessidades da comunidade acadêmica, o curso possui cinco laboratórios lotados na Área de Física que permitem, pela ênfase no uso do laboratório didático, a formação do físico educador com forte base de conhecimentos práticos, além dos conteúdos teóricos.

Os cinco laboratórios possuem equipados didáticos de fabricantes como Maxwell, Otto-Bender e Leybold, mas grande parte dos equipamentos didáticos e materiais utilizados nas atividades práticas das aulas de Física foram e são desenvolvidos na sala de preparação e no laboratório de construção de equipamentos pelos próprios professores, funcionários e bolsistas a partir de materiais de baixo custo ou alternativos. Este laboratório recebe o nome de “Santos Diez Arribas” em homenagem ao seu fundador.

A UPF coloca à disposição do curso de Física 14 laboratórios de Informática, localizados no Laboratório Central de Informática (LCI) que totalizam 560 computadores. Os laboratórios são climatizados, possuem projetores multimídia e os computadores são atualizados constantemente, conforme a necessidade. Os equipamentos são interligados

através de uma rede com servidores Linux, possuem acesso à internet e o principal sistema operacional utilizado nas estações de trabalho é o Windows.

No segundo semestre de 2013, o corpo docente do curso de Física da UPF era constituído por nove professores, dos quais três possuem Licenciatura em Física, dois formação em Matemática, com habilitação em Física, um é formado em Licenciatura em Matemática e os outros dois são formados em Engenharia. Apesar de ser um corpo docente qualificado, composto por mestre e doutores, a grande maioria dos professores não possui uma formação voltada para a educação ou para o ensino de Física, pois, somente dois possuem formação nesta área (um possui Mestrado em Ensino de Física, e outro, Mestrado em Educação e Doutorado em Educação Científica e Tecnológica). Os demais não possuem mestrados na área de Educação, mas sim em áreas como Física da Matéria Condensada, Eletromagnetismo e Engenharias.

Os professores desenvolvem projetos de pesquisa e extensão, nos quais os alunos podem participar como bolsistas ou voluntários. Anualmente são realizadas visitas de estudos, atividades extracurriculares como as tradicionais semanas acadêmicas. Outro aspecto significativo é o incentivo por parte dos professores para que os acadêmicos participem de seminários, congressos e encontros na área do ensino de Física. Como fruto deste trabalho, nos últimos dez anos o grupo de professores publicou mais de 50 artigos em periódicos nacionais e internacionais.

Há dois anos, o curso de Física realiza um projeto, que conta com a participação dos professores, alunos e funcionários da instituição, chamado Física na Praça, que vem chamando a atenção da população e dos estudantes da cidade. O objetivo é mostrar para a comunidade que o ensino de Física pode ser divertido, criativo e está presente do dia a dia dos estudantes, desmistificando assim aquela ideia de que a Física é apenas cálculo e equações.

Neste projeto são levados para uma praça da cidade inúmeros equipamentos didáticos. Alunos de escolas da cidade e o público em geral podem durante este dia, saber mais sobre alguns fenômenos físicos presentes em nosso dia a dia e esclarecer dúvidas quanto à disciplina de Física, o curso de Física e a prática docente.

A UPF por meio do Laboratório de Física tem se destacado no cenário nacional por desenvolver e construir equipamentos a partir de materiais de baixo custo e alternativos para os diferentes graus de ensino. Presta também, serviços para a comunidade, possibilitando que as escolas que não possuem recursos disponíveis para a aquisição de materiais de empresas especializadas, tenham ao seu alcance esses materiais em seus laboratórios.

Durante o ano, são realizadas inúmeras oficinas de construção de materiais alternativos para as aulas de Física e sobre o papel da experimentação no ensino. O público alvo são professores do ensino fundamental e médio da rede municipal e estadual de toda a região.

5.2. Público alvo

O público alvo na qual o módulo didático foi aplicado, contou com dezesseis alunos regulares matriculados no curso de Física Licenciatura Plena da Universidade de Passo Fundo que estão em diferentes estágios (níveis) do seu curso de graduação e quatro professores supervisores das escolas públicas de Passo Fundo, todos participantes do programa PIBID. A Figura 5.2 apresenta o ano de ingresso dos dezesseis alunos no curso.

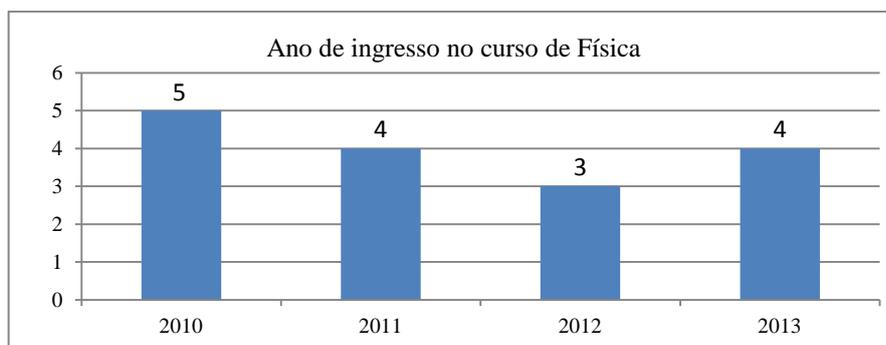


Figura 5.2 - População alvo do presente estudo em função do ano de ingresso no curso de Física da Universidade de Passo Fundo.

O grupo era heterogêneo quanto ao ano de ingresso na Universidade, o que poderia ocasionar níveis diferentes de conhecimento, porém todos os alunos tinham alguma experiência com a sala de aula. Este fato se deve à forma de trabalho do programa PIBID junto ao curso de Física da UPF, que exige que os alunos realizem semanalmente atividades nas escolas junto aos professores supervisores. Além deste contato por parte de todos os alunos com a escola em que realizam atividades do PIBID, nove alunos estão inseridos no contexto escolar, alguns pelo fato de ministrarem aulas regulares no ensino médio e/ou fundamental em escolas públicas, outros por já terem realizado algum dos estágios pertencentes à grade curricular do curso.

5.3. Experiência didática

Nesta seção, relatamos a aplicação da proposta em cada um dos sete encontros realizados durante o período de 19 de setembro a 19 de dezembro de 2013.

Os encontros ocorreram às quintas-feiras (19/09, 26/09, 03/10, 31/10, 21/11, 28/11 e 19/12) no turno da tarde e foram realizados nos laboratórios de Física e Informática do ICEG. Um encontro ocorreu na própria sala de aula.

Para a aplicação da proposta, utilizamos as apresentações (*slides*) como material de apoio para explicar o uso do computador no ensino de Física, atividades/*softwares* e questões sobre modelagem. Este material está reproduzido no Apêndice C.

Antes do início de cada atividade e entrega dos GAA, procuramos investigar, através de questionamentos o conhecimento dos alunos acerca dos conteúdos que seriam trabalhados. A sondagem era feita para avaliar se eles já tinham realizado tal experimento, como tinham realizado e feito a análise dos dados, se conheciam ou já haviam trabalhado com os *softwares* sugeridos. Também foram discutidas as metodologias, equipamentos, procedimentos que poderíamos adotar, bem como dificuldades que poderíamos vir a enfrentar para alcançar os objetivos propostos.

A metodologia assumida durante a realização das atividades primou pelas discussões em pequenos e no grande grupo.

Passamos agora ao relato de cada um dos encontros.

5.3.1. Encontro 1 - O computador como ferramenta didática para o Ensino de Física

Data: 19 de setembro de 2013

Horário: 14h – 17h20min

Local: Laboratório de Informática

Estiveram presentes 16 alunos do curso de Física e quatro professores da rede estadual, assim como a professora Dra. Cleci Werner da Rosa, coordenadora da área de Física do PIBID.

Nos dez minutos iniciais o autor deste trabalho fez uma breve apresentação sobre sua formação, sua atividade docente na UPF e acadêmica no mestrado profissional que estava cursando e de forma sucinta, foram apresentados os objetivos dos encontros previstos. Aproveitando a conversa, perguntamos aos alunos se eles já tinham utilizado o computador como ferramenta didática no ensino de Física, ou seja, para aprender, estudar ou ensinar Física.

Oito alunos e dois professores responderam que sim, e os recursos mencionados foram do seguinte tipo: Power Point, internet, pesquisa, trabalhos em Word, simulações Estelarium, simulações no PHET em uma aula de mecânica e simulações no PHET em uma aula de ótica.

Mencionamos que também utilizaríamos o computador. Naquele dia apenas o “Power Point” e o projetor como ferramentas didáticas, para realizar uma breve apresentação (~20 min) sobre as potencialidades das simulações e da modelagem na aprendizagem de Física²⁰, mas que suas potencialidades vão muito além de uma simples projeção, como veríamos nos encontros seguintes.

Dando seguimento, os alunos foram convidados a acessar e explorar livremente alguns objetos de aprendizagem desenvolvidos para o ensino de Ciências e Física, disponíveis nos seguintes *sites*²¹:

http://phet.colorado.edu/pt_BR/

<http://www.fisica.ufpb.br/~romero/>

<http://www.ludoteca.if.usp.br/ripe/index.php>

<http://www.walter-fendt.de/ph14br/>

<http://www.fis.unb.br/simulacao/>

<http://www.phy.ntnu.edu.tw/oldjava/portuguese/simulacoes.html>

<http://simulfq.blogspot.com.br/>

<http://objetoseducacionais2.mec.gov.br/handle/mec/10731>

<http://www.sbfisica.org.br/v1/pion/index.php/links/simulacoes-e-animacoes>

<http://www.ideiasnacaixa.com/laboratoriovirtual/>

Nas fotografias da Figura 5.3 vê-se os alunos no laboratório de informática acessando os *sites* sugeridos.



Figura 5.3 - Imagem de alguns alunos no laboratório de informática explorando simulações computacionais.

Os alunos exploraram as simulações por cerca de 40 minutos. Fez-se um intervalo e dando sequência, apresentamos (~15 min) o restante dos *slides* da apresentação que

²⁰ O material elaborado e utilizado para a apresentação esta reproduzido no Apêndice C.

²¹ Os endereços desses *sites* estavam listados em um arquivo (LINKS_PIBID_UPF .doc), disponível nos computadores. Muitos alunos tiveram dificuldade em acessar simulações do *site* do PHET, mas com a instalação do programa JAVA, logo o problema foi resolvido.

abordavam reflexões sobre limitações e cuidados que devemos ter quando utilizamos as simulações computacionais em sala de aula. Novamente os alunos voltaram a explorar as simulações, mas dessa vez deveriam listar eventuais problemas existentes, como possíveis erros conceituais, representações distorcidas da realidade, exageros nas representações, falta de coerência ou de explicação da elaboração do modelo, falta de unidades nas grandezas representadas.

Como ilustração, apresentamos algumas simulações listadas pelos alunos e os respectivos comentários feitos por eles.

Na simulação sobre eletrização por atrito (Figura 5.4), os alunos notaram o exagero das cargas elétricas geradas pelo simples atrito da perna do homem e, também, o exagero da descarga elétrica quando a mão se aproxima da fechadura da porta.

Na simulação sobre ressonância (Figura 5.5) os alunos ressaltaram que é possível “desligar” a gravidade e destacaram como ponto positivo que a simulação apresenta as unidades das grandezas físicas que podem ser alteradas.

Na atividade de Pressão do Fluido e Fluxo (Figuras 5.6 e 5.7) os alunos questionaram: que atrito seria aquele? Viscosidade do fluido ou o atrito entre as paredes da tubulação e o fluido?

Diante desta pergunta, ficou claro que o atrito que pode ser levado em consideração na simulação não estava claro para os alunos. Se este atrito se refere ao atrito entre as paredes da tubulação e o líquido que estava escoando, o autor poderia ter tratado ou representado esta variação na rugosidade da superfície em contato como sendo a rugosidade da tubulação, quem sabe até exemplificar com tubulação de PVC, concreto, ferro... Se o atrito é interno ao próprio meio, o autor deveria ter tratado como viscosidade do líquido.

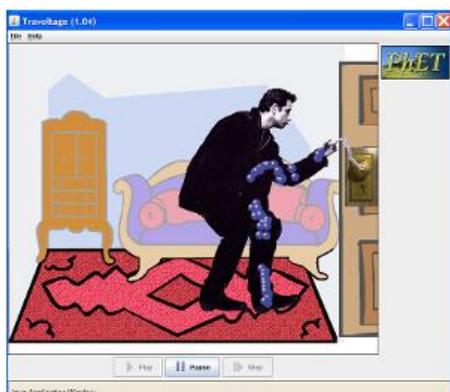


Figura 5.4 - Imagem de um instantâneo da simulação Travoltagem. Fonte: Phet (2014).



Figura 5.5 - Imagem de um instantâneo da simulação sobre ressonância. Fonte: Phet (2014).

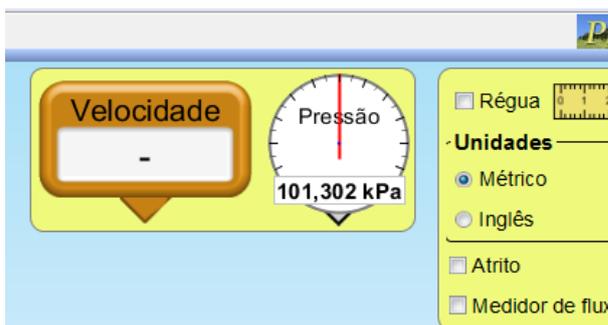


Figura 5.6 - Imagem de um instantâneo da simulação Pressão do Fluido e Fluxo. Fonte: Phet (2014).

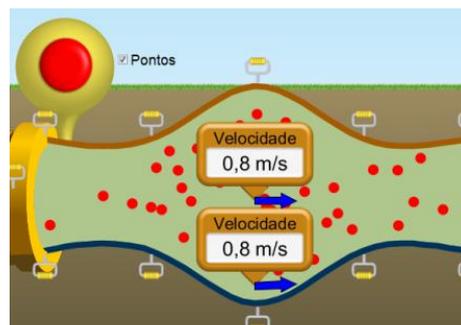


Figura 5.7 - Imagem de um instantâneo da simulação Pressão do Fluido e Fluxo. Fonte: Phet (2014).

Eles também questionaram se na configuração da Figura 5.7 a velocidade não deveria mudar quando analisada no centro ou próxima às paredes da tubulação, pois as bolinhas que induzem a pensar na visão macroscópica do fluido estão se deslocando com velocidades diferentes, no entanto, o “velocímetro” acusa a mesma velocidade.

A pergunta feita pelos alunos está correta, faz sentido e exige uma análise mais minuciosa. Se estamos tratando de um regime estacionário, a representação das bolinhas não faz sentido, pois não representa as linhas de fluxo, sendo que as mesmas se movimentam dispersamente ao longo da tubulação.

O valor indicado pelo velocímetro próximo da parede da tubulação também apresenta resultados não satisfatórios, pois este deveria apresentar uma velocidade maior se comparada com o velocímetro que esta no centro da tubulação, pois uma bolinha que se encontra próxima à parede da tubulação precisa ter velocidade maior (quando desconsideramos o atrito entre o fluido e a parede) para compensar seu deslocamento, que é maior em relação a uma bolinha que se desloca pelo centro da tubulação.

Se analisarmos o fluxo levando em consideração o atrito entre a parede da tubulação e o fluido, a velocidade de escoamento próximo das paredes deve ser menor do que a velocidade do fluxo no centro da tubulação, pois existe uma resistência à passagem do fluido neste ponto, e isso não está representado conforme mostram os velocímetros.

Percebemos que o modelo adotado para a construção desta simulação não esta de acordo com o conteúdo da maioria dos livros de ensino médio, o que pode confundir o aluno ou levá-lo a uma interpretação errada do fenômeno. O autor deveria, nesta simulação, limitar formatos para a tubulação, isso facilitaria a análise e o modelo adotado seria acessível aos alunos.

Na simulação de ondas de rádio e campos eletromagnéticos (Figura 5.8) os alunos novamente destacaram a representação inconsistente no modelo, pois é possível agitar o

elétron na antena emissora para gerar as ondas de rádio. Outros alunos acrescentaram para a mesma simulação que quando o sinal é gerado automaticamente, escolhendo a maior frequência o comprimento de onda é na ordem de metros, o que também é uma inconsistência (Figura 5.9).

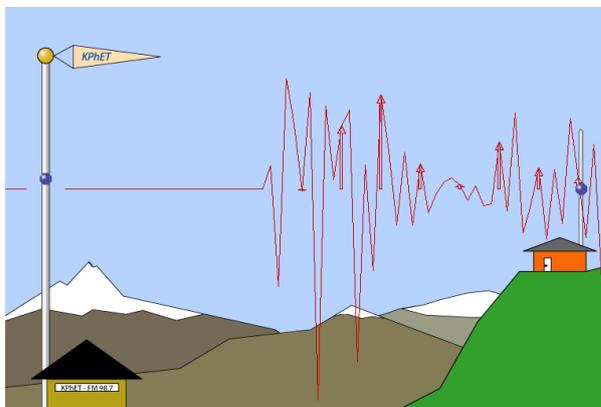


Figura 5.8 - Imagem de um instantâneo da simulação ondas de rádio e campos magnéticos. Fonte: Phet (2014).

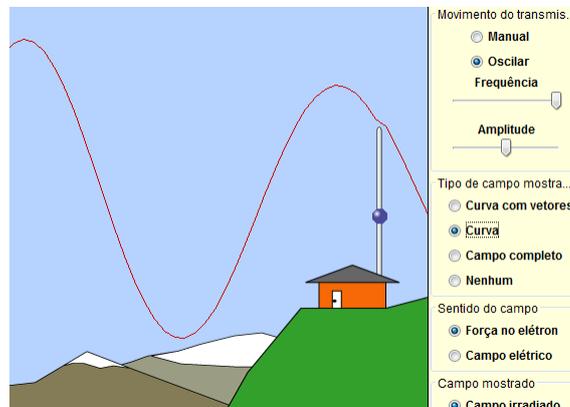


Figura 5.9 - Imagem de um instantâneo da simulação ondas de rádio e campos magnéticos. Fonte: Phet (2014).

Outra simulação comentada pelos alunos, diz respeito à simulação de Energy Skyte Park (Figura 5.10). Os alunos mencionaram que quando inserimos atrito na pista há dissipação de energia, logo, o movimento cessa após um determinado tempo e chamaram a atenção para o gráfico das energias. Segundo eles, pode-se entender através da representação do gráfico de barras para as energias, que a energia dissipada (térmica) está sendo acumulada, permitindo que ela seja novamente convertida em energia cinética.



Figura 5.10 - Imagem de um instantâneo da simulação Energy Skyte Park. Fonte: Phet (2014).

As simulações apontadas pelos alunos foram projetadas e os comentários sobre elas serviram como fechamento da aula.

5.3.2. Encontro 2 - Análise de um movimento unidimensional com aceleração constante, sob o ponto de vista da cinemática

Esta atividade foi realizada nos Laboratórios de Física e de Informática no dia 26 de setembro de 2013, no horário da 14h às 17h20min. Neste encontro estavam presentes os 16 alunos e os quatro professores da rede estadual que fazem parte do PIBID.

Inicialmente foi descrita para os alunos a atividade que abordaria o movimento unidimensional com velocidade constante, os *softwares* e materiais disponíveis. Através de um rápido questionamento, foi possível constatar que os alunos já haviam realizado atividade semelhante em uma disciplina do curso de Física e no PIBID. Na ocasião, todos haviam feito a análise calculando a velocidade média e aceleração média e construído um gráfico com os dados da posição e do tempo no papel milimetrado. Apenas três alunos já tinham utilizado a planilha eletrônica em algum momento, mas não como ferramenta didática para estudar Física.

Após a entrega do GAA (disponível no Apêndice A), em grupos formados por quatro alunos e um professor²², os alunos planejaram como coletar os dados experimentais e como organizá-los em tabelas. Após algumas discussões eles chegaram à conclusão que deveriam coletar os dados da posição e do tempo durante o movimento do rolete, sendo que duas metodologias seriam possíveis: i) fixar intervalos de tempo (por ex. 3s, 6s, 9s, 12,...) e nesses instantes de tempo verificar a posição do rolete; ii) fixar determinadas posições no trilho e verificar o instante de tempo na qual o rolete passa por essas posições, sendo que estes tempos podem ser obtidos facilmente utilizando o cronômetro do celular que possui as funções de marcação “por volta” ou “regressivo”.

Um grupo optou por filmar o movimento utilizando o celular, mas desistiu da metodologia na primeira tentativa de obter os dados. Um aluno do grupo relatou: “nós conseguimos pausar o vídeo, mas o celular não informa o tempo do vídeo, teríamos que tentar com outro celular”. Outro aluno deste mesmo grupo acrescentou: “se der certo, temos que saber quando o movimento começa para descontar o tempo que o rolete ainda está parado, antes de ser solto. Acho que é mais difícil do que fazer a olho nu e cronômetro”.

Dois grupos anotaram os valores obtidos diretamente no computador, os demais construíram uma tabela no papel. A Figura 5.11 apresenta a fotografia dos alunos realizando a coleta dos dados.

²² Cada grupo foi identificado por nós como A, B, C e D.



Figura 5.11 - Imagem dos alunos em grupos no laboratório de Física, realizando a coleta dos dados experimentais.

Nenhum grupo apresentou dificuldade na aquisição dos dados; apenas um grupo se atrapalhou com a posição inicial do rolete, pois utilizando a régua graduada existente no trilho o rolete não pode ser posicionado na marcação zero mm. Logo esclarecemos esta questão e as posições foram corrigidas diretamente na planilha do computador. A atividade de aquisição dos dados demorou 30 minutos.

Concluída essa etapa, nos dirigimos ao laboratório de Informática. Após uma breve explicação, sobre as principais características e algumas ferramentas do *software* Excel, os alunos começaram a fazer a análise dos dados.

Os alunos não apresentaram grandes dificuldades em trabalhar com a planilha eletrônica e sempre que alguma dúvida surgia, prestávamos o devido esclarecimento. Houve muita troca de conhecimento e informação entre os alunos, quando um “descobria” alguma ferramenta do Excel, logo ensinava o colega em um trabalho muito participativo e colaborativo. A atividade encerrou às 17h20min, sendo que foi feito em um intervalo de 20 minutos, às 15h40min. No que segue apresentamos, como ilustração, as tabelas com os dados coletados e gráficos construídos, por dois dos grupos. Um dos grupos (Grupo B) apresentou os melhores resultados e o Grupo D, os resultados mais deficientes. Também apresentamos algumas das dificuldades enfrentadas pelos diversos grupos na interpretação e análise dos dados, e no conteúdo.

A Tabela 5.1, elaborada pelo Grupo B, é um bom exemplo de organização dos dados, pois a tabela está legível, possui o símbolo para as grandezas físicas apresentadas e analisadas, além das respectivas unidades de medida.

Tabela 5.1 - Dados experimentais da posição e do tempo coletados pelo Grupo B.

POSIÇÃO (S) = mm	TEMPO (t) = segundos					TEMPO MÉDIO (t) = segundo
50	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
150	6,22	10,10	6,62	6,92	7,87	7,55
250	9,37	13,31	9,74	10,13	11,00	10,71
350	11,83	15,63	12,22	12,59	13,43	13,14
450	13,95	17,63	14,16	14,49	15,43	15,13
500	14,77	18,65	15,10	15,43	16,45	16,08

A partir dos dados da posição e do tempo, os alunos desse grupo traçaram o gráfico da posição contra o tempo, conforme a Figura 5.12, indicando as unidades de medidas e as grandezas físicas representadas em cada eixo. A linha que une os pontos foi traçada adicionando a linha de tendência com o próprio Excel.

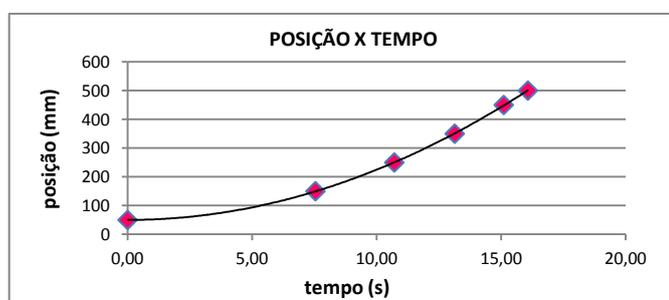


Figura 5.12 - Gráfico da posição x tempo. Grupo B.

Dando sequência, o grupo elaborou outra tabela para determinar o deslocamento, tempo ao quadrado, velocidade média e velocidade instantânea. A Tabela 5.2 também está bem elaborada, apesar de faltarem algumas unidades de medida. Os gráficos construídos a partir destes dados estão apresentados nas Figuras 5.13 e 5.14.

Tabela 5.2 - Dados obtidos e calculados pelo grupo B, tempo, tempo ao quadrado, deslocamento, velocidade média e velocidade instantânea.

TEMPO MÉDIO (t)= segundo	TEMPO AO QUADRADO (t²) = (s²)	DESLOCAMENTO (Δs) = mm	VELOCIDADE MÉDIA= MILIMETROS POR SEGUNDO	VELOCIDADE INSTANTÂNEA
0,00	0,00	0	0	0
7,55	56,94	100	13,25	26,50
10,71	114,70	200	18,67	37,35
13,14	172,66	300	22,83	45,66
15,13	228,98	400	26,43	52,87
16,08	258,57	450	27,99	55,97

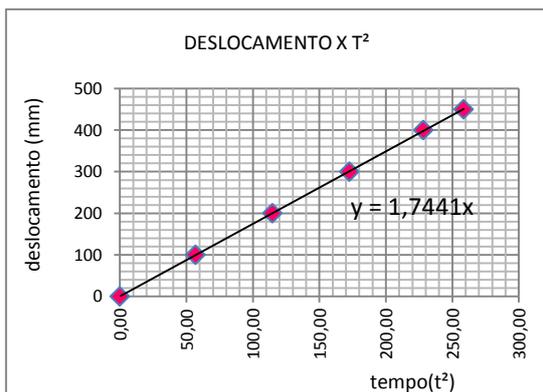


Figura 5.13 - Gráfico do deslocamento x tempo ao quadrado elaborado pelo grupo B a partir dos dados apresentados na Tabela 5.2.

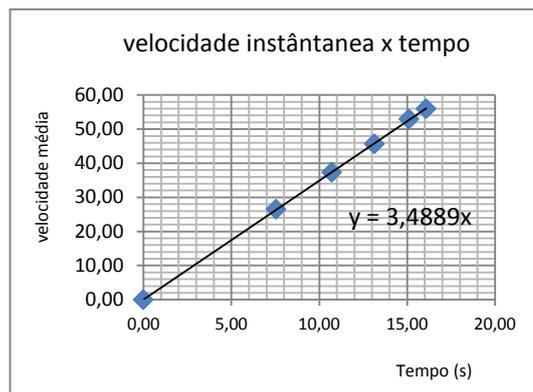


Figura 5.14 - Gráfico da velocidade instantânea x tempo elaborado pelo grupo B a partir dos dados apresentados na Tabela 5.2.

Os gráficos traçados pelo grupo B estão bem apresentáveis. As linhas que unem os pontos foram traçadas adicionando a linha de tendência e a equação apresentada no gráfico foi obtida através do próprio Excel. Um único aluno sabia adicionar a equação ao gráfico e ensinou os demais. Nenhum dos alunos calculou a declividade da reta a partir dos dados do gráfico, como era previsto no GAA.

A Tabela 5.3, elaborada pelo Grupo D, não mostra a mesma organização e clareza se comparada com a do Grupo B. A Tabela apresenta somente a posição média obtida a partir das cinco coletas de dados, não apresentando os dados coletados, o que é indispensável em uma atividade experimental. Esta tabela também apresenta alguns erros em sua elaboração; não constam as unidades das grandezas físicas; os valores estão apresentados com o número de algarismos significativos que não confere com os instrumentos utilizados na realização das medidas; as colunas do deslocamento, tempo ao quadrado, velocidade média e velocidade instantânea deveriam estar alinhadas com a coluna do tempo inicial ao invés de estarem em linhas abaixo.

Tabela 5.3 - Dados obtidos e calculados pelo grupo D. Tempo, posição, deslocamento, tempo ao quadrado, velocidade média e velocidade instantânea.

T	Sm		
0	25		
3	60		
6	126		
9	236		
12	378		
D	T²	VM	VI
0	0	0	0
35	9	11,66667	23,33333
101	36	16,83333	33,66667
211	81	23,44444	46,88889
353	144	29,41667	58,83333

Mesmo não estando clara a apresentação, os alunos elaboraram os gráficos da posição contra o tempo e da velocidade instantânea contra o tempo (Figura 5.15 e 5.16). Apesar dos

alunos terem determinado o deslocamento e o tempo ao quadrado, o gráfico que envolvia estas grandezas como estava sugerido no GAA não foi construído.

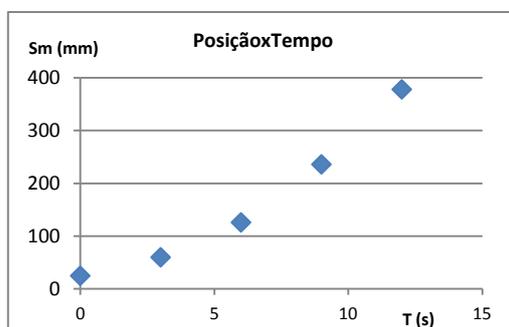


Figura 5.15 - Gráfico do deslocamento x tempo elaborado pelo grupo D a partir dos dados apresentados na Tabela 5.3.

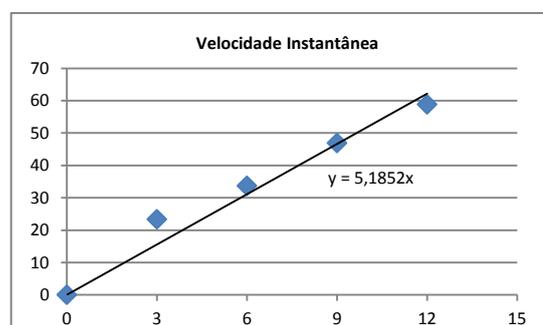


Figura 5.16 - Gráfico da velocidade instantânea x tempo elaborado pelo grupo D a partir dos dados apresentados na Tabela 5.3.

O primeiro gráfico está bem elaborado, apresentado as grandezas físicas em cada eixo e sua unidade de medida, já o segundo falha neste aspecto. A linha que une os pontos foi traçada adicionando a linha de tendência. De acordo com os resultados, os grupos B e D, utilizaram metodologias diferentes na coleta dos dados.

Uma das dificuldades apresentadas diz respeito à interpretação do gráfico do deslocamento contra o tempo ao quadrado. Os alunos não souberam dizer qual grandeza física estava sendo representada na declividade da reta. Somente um aluno resaltou: “*de acordo com as unidades deveria ser a aceleração*”. Após todos os grupos terem construído este gráfico, discutimos a interpretação do gráfico no quadro, demonstrando que a declividade representa a metade da aceleração do rolete conforme as equações da cinemática.

Apesar dos alunos terem construídos os gráficos de acordo com o que foi solicitado, eles apresentaram grande dificuldade em determinar a velocidade média e instantânea. Muitos alunos queriam construir o gráfico da velocidade média em função do tempo. Foi necessária uma explicação no quadro branco a respeito das duas maneiras de determinação da velocidade média e sobre a representação desta velocidade em gráficos.

Foi possível perceber, durante a atividade, grande interesse por parte dos alunos e professores. Os professores demonstraram maior dificuldade em trabalhar com a planilha Excel, sendo que muitas vezes tive que ajuda-los na elaboração dos gráficos e na forma de escrever as equações no Excel, ou seja, a explicação no grande grupo feita no início, não foi suficiente. Ao final foram projetados alguns desses gráficos e discutidos cuidados que devemos ter na sua elaboração.

5.3.3. Encontro 3 - Análise do movimento unidimensional com aceleração constante de três roletes diferentes, sob o ponto de vista da cinemática e da lei da conservação de energia mecânica

Esta atividade foi realizada nos Laboratórios de Física e no Laboratório de Informática no dia 03 de outubro de 2013, no horário da 14h às 17h30min. Neste encontro estavam presentes os 16 alunos e quatro professores da rede estadual que fazem parte do PIBID, assim como a professora Cleci Werner da Rosa, coordenadora do projeto, e o professor Fernando Lang da Silveira, coorientador deste mestrado.

A aula teve início no Laboratório de Física, com a Profa. Cleci apresentando o Prof. Fernando para a turma. De imediato agradecemos a presença do Prof. Fernando e comentamos brevemente sobre a atividade do encontro. Os alunos tiveram liberdade, mas optaram por constituir os grupos de trabalhos com composição idêntica ao encontro anterior.

Visto que os alunos não chegaram a fazer manualmente nenhum cálculo de declividade a partir dos gráficos traçados na atividade anterior, inicialmente sugerimos que eles analisassem em pequenos grupos uma questão sobre gráficos (vide Apêndice A).

Os grupos trabalharam sozinhos por cerca de 5 minutos. Então, passamos a observar o que estavam fazendo e a questioná-los. Quase todos os grupos estavam preocupados em determinar a aceleração a partir da definição da aceleração média ($a_m = \Delta v / \Delta t$), exceto o Grupo A, que, conforme pode ser visto na Figura 5.17, traçou com uma régua uma reta que descreve bem os pontos, e determinou a declividade dessa reta.

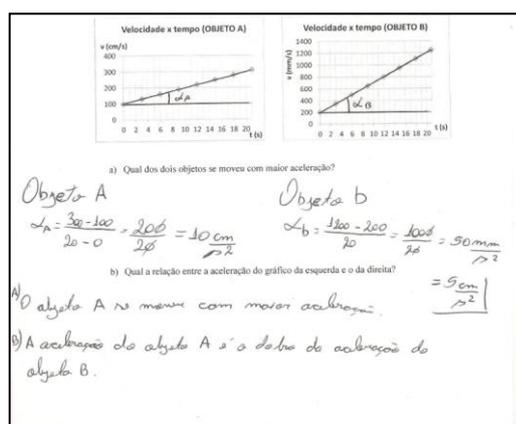


Figura 5.17 - Cópia das respostas do Grupo A.

Apesar de dois grupos (B e C) terem tido dificuldade na transformação de unidades e o grupo D não ter apresentado os cálculos, todos conseguiram determinar qual dos dois objetos se moveu com maior aceleração e a relação entre os dois gráficos. A Figura 5.18 reproduz as respostas do Grupo D.

a) Qual dos dois objetos se moveu com maior aceleração?
 O objeto que se moveu com maior aceleração foi o objeto A.

b) Qual a relação entre a aceleração do gráfico da esquerda e o da direita?
 O objeto A tem o dobro de aceleração que o objeto B.

Figura 5.18 – Cópia das respostas do Grupo D.

Após terem respondido às questões, explicamos que a declividade de uma reta em um gráfico da velocidade contra o tempo tem relação direta com a aceleração, mas é necessário sempre analisar as unidades das grandezas que estão expressas no gráfico e a escala. Comentamos, ainda, que a declividade não está relacionada com o ângulo que a reta faz com o eixo. Caso tivesse, a aceleração do objeto B seria maior do que a aceleração do objeto A, e que esta declividade deve ter unidade, que para este exemplo é cm/s^2 ou mm/s^2 .

Dando sequência, entregamos o Guia de Atividade para o Aluno (Apêndice A) e, novamente, deixamos que trabalhassem nos grupos para responderem às questões apresentadas no guia. Após 5 minutos, começamos a interrogar os grupos a respeito do que estavam fazendo. Inicialmente os grupos apresentaram bastante dificuldade em responder às questões propostas, mas questionando-os e dando-lhes sugestões, três grupos conseguiram respondê-las.

As questões levantadas no GAA dizem respeito à velocidade de objetos e roletes soltos sobre planos inclinados.

Para responder essas questões o Grupo A fez uma representação de dois planos inclinados, atribuiu valor para o ângulo de inclinação e para as massas das caixas. A partir das duas situações, conseguiu concluir que a aceleração dos dois blocos era igual, independente da massa, e essa aceleração depende somente da inclinação do plano, Figura 5.19.

The image shows two diagrams of inclined planes, labeled MA and MB. Diagram MA shows a block on a steeper incline with forces P_x and P_A indicated. Diagram MB shows a block on a less steep incline with forces P_x and P_B indicated. To the right of the diagrams is the text $m_A < m_B$.

Below the diagrams are calculations for the parallel component of the weight force (P_x):

- For MA: $P_x = P \cdot \sin \theta$, $P_x = 5 \cdot 10 \cdot \sin 15^\circ$, $P_x = 60 \cdot 0,26$, $P_x = 13$
- For MB: $P_x = 10 \cdot 10 \cdot \sin 15^\circ$, $P_x = 100 \cdot 0,26$, $P_x = 26$

To the right of these calculations are Newton's second law calculations:

- 2° lei de Newton
- $F_R = m \cdot a$
- $a = \frac{F_R}{m}$
- $a = \frac{13}{5}$
- $a = 2,6 \text{ m/s}^2$
- Another calculation: $a = \frac{26}{10}$, $a = 2,6 \text{ m/s}^2$

At the bottom right, a conclusion is written: "Aceleração é igual para os dois. Maior inclinação maior será a aceleração".

Figura 5.19 – Cópia da resposta do Grupo A.

O Grupo C respondeu apenas que a aceleração não depende da massa, conforme verificado por Galileu. Outros dois Grupos (B e D) fizeram somente um esquema e verificaram que a aceleração não depende da massa. As respostas desses grupos podem ser vistas nas Figuras 5.20 e 5.21.

Ao final do plano as velocidades são iguais.
 Sim, pois desprezando a resistência e o atrito elas
 terão a mesma velocidade.
 A inclinação interfere, pois quanto maior for o
 ângulo de inclinação maior será a velocidade
 de final da caixa.

Figura 5.20 – Cópia da resposta do grupo B.

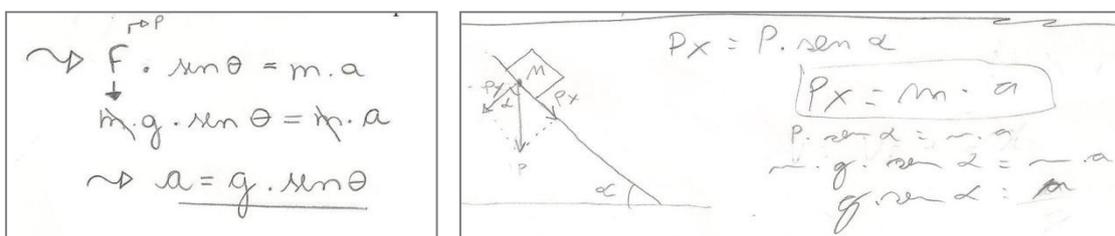


Figura 5.21 – Cópia das respostas do Grupo B e D.

Diante da resposta do grupo B, perguntamos se a velocidade iria depender da massa da caixa caso realizássemos a mesma análise aplicando a segunda lei de Newton e considerando o atrito cinético entre a caixa e o plano. Alguns alunos responderam “Sim”, outros “Não”, mas sem apresentar justificativas, ou seja, “chutaram” uma resposta. Sugerimos então que os alunos realizassem esta análise para demonstrar que considerando o atrito cinético a velocidade das caixas ao final do plano também não depende da massa. Dois grupos conseguiram fazer esta análise sem ajuda e os outros dois solicitaram nossa ajuda.

Quando todos já tinham respondido às questões, aproveitamos para discutir como eles poderiam ter mostrado que a velocidade final dos blocos não depende de suas massas a partir da transformação da energia potencial gravitacional em energia cinética, visto que nenhum dos grupos apresentou respostas sob a análise da lei da conservação de energia mecânica.

Dando sequência com o GAA, questionamos se esta independência da massa com a velocidade ao final do plano serve para a situação da atividade anterior, ou seja, a situação onde temos um rolete que rola sem deslizar sobre um trilho, as respostas foram:

“Não sabemos. É uma situação diferente, pois ele rola ai invés de deslizar.” (Grupo A).

“Não, pois os roletes dependem do atrito para gerar torque que fará o rolete girar sobre o trilho.” (Grupo C).

“Sem deslizar a massa irá influenciar na velocidade, mas não sabemos se maior massa terá maior velocidade ou menor.” (Grupo D).

Deixamos esta questão em aberto e na sequência perguntamos, se, ao abandonarmos da mesma posição os três roletes formados por disco com diferentes diâmetros soldados a eixos de metal idênticos, conforme a figura do GAA (vide Apêndice A), eles apresentarão a mesma velocidade ao final do plano.

Os alunos deram as três respostas possíveis para aquela situação, ou seja, alguns responderam que a velocidade no final do plano será igual para os três roletes, outros que o rolete menor terá velocidade maior, e, ainda, alguns responderam que o rolete maior terá velocidade maior no final do plano.

Diante destas respostas solicitamos que os alunos fizessem alguns testes com os três roletes e o trilho, e após respondessem novamente a pergunta que foi feita anteriormente. As respostas foram:

“Não, pois o atrito difere em cada um dos casos, alternando a velocidade de roletes de diâmetros diferentes.” (Grupo A).

“Não, o menor leva menos tempo para chegar ao final do plano, logo ele tem aceleração e velocidade maior do que os outros dois.” (Grupo C).

“Quanto menor for o diâmetro do rolete, menor será a massa, conseqüentemente sua velocidade será maior.” (Grupo D).

Com esta atividade os alunos conseguiram visualizar que na situação de “rolagem” a velocidade do rolete ao final do trilho depende da massa. Como os alunos não conseguiram explicar o porquê desta diferença de velocidade, aproveitamos para explicar e fazer alguns comentários sobre as respostas.

A colocação do grupo A sobre o atrito está correta, pois, como as massas são diferentes para cada caso teremos uma força de atrito diferente e realmente esta força de atrito é a responsável pelo torque que produz o movimento, mas não é ela a responsável pela diferença de velocidade em cada caso. Destacamos que a análise, considerando o atrito e aplicando a segunda lei de Newton como foi realizada para a situação das caixas, seria um tanto complicada, pois temos atrito de rolagem e dois movimentos simultâneos (translação e rotação).

A explicação sobre o porquê das velocidades diferentes pode ser facilmente encontrada se levarmos em consideração o momento de inércia de cada rolete, e a análise é facilitada aplicando a lei de conservação de energia mecânica.

Questionamos se os alunos conheciam alguma situação ou experimento que envolvia momento de inércia e esse fenômeno de rotação. Um aluno respondeu: “o disco giratório com os pesos que ficamos segurando” (Aluno A11) e outro aluno acrescentou: “quando a gente segura os pesos com os braços abertos, a velocidade é menor, quando fechamos os braços a velocidade aumenta, deve ser igual aos roletes.” (Aluno A13).

Aproveitamos essas colocações para explicarmos o conceito de momento de inércia, utilizando o material sugerido pelos alunos, ou seja, uma plataforma giratória e dois halteres.

A Figura 5.22 representa a atividade que foi desenvolvida com os alunos. Neste caso ressaltamos que o momento de inércia depende da maneira como a massa do corpo está distribuída no espaço. Para um corpo com um dado eixo de rotação e uma dada massa total, quanto mais afastadas as partículas estiverem do eixo de rotação maior será o momento de inércia, e quanto maior a massa maior será o momento de inércia. Ou seja, o movimento de rotação do rolete vai depender do seu momento de inércia, sendo que quanto maior o momento de inércia menor será a sua velocidade de rotação, pois neste caso há conservação do momento angular em torno do eixo da plataforma.



Figura 5.22 – Imagem da atividade desenvolvida com os alunos. Na Situação 1, os halteres estão mais afastados do eixo de rotação, logo temos um momento de inércia maior em relação a este eixo e como consequência uma velocidade angular (ω_1) pequena. Na Situação 2, a massa está mais próxima do eixo de rotação ocasionando um momento de inércia menor e uma velocidade angular (ω_2) maior em relação a Situação 1.

Finalizada esta etapa de introdução sobre o movimento de caixas e roletes sobre planos inclinados, que levou aproximadamente 1 hora, questionamos conforme esta no GAA se seria possível fazer a aquisição dos dados para o rolete pequeno com os mesmos recursos da atividade anterior.

Os alunos responderam que seria mais difícil e que teríamos menos precisão nos dados coletados, pois o movimento é mais rápido. Questionados sobre alguma alternativa, o Grupo D falou em filmar e utilizar algum recurso para visualizar o vídeo. Aproveitamos e falamos que era isso mesmo que seria feito, aliás, os vídeos dos roletes já estavam prontos e nos iríamos trabalhar com o *software* Tracker para realizar a aquisição dos dados para cada situação.

Às 15h, nos dirigimos ao Laboratório de Informática. Inicialmente fizemos uma breve apresentação da Análise de vídeos no Ensino de Física²³. Após, com o *software* Tracker projetado, demonstramos as suas principais ferramentas: calibração, barra de ferramenta do tempo e ponto de massa²⁴. Cada aluno instalou o programa no computador com o qual iria trabalhar. Solicitamos que fosse aberto no programa um dos três vídeos disponíveis em uma pasta na rede do laboratório. Para minha surpresa quase metade dos computadores apresentou um erro ao abrir o vídeo.

Passados 20 minutos não tínhamos conseguido que todos os programas abrissem o vídeo. Demoramos cerca de 30 minutos para solucionar o problema, sendo necessária a instalação do programa Quick Time²⁵ em alguns computadores ou a reinstalação do Tracker. Durante este período alguns alunos tentaram ajudar os colegas a solucionar o problema e outros começaram a aquisição dos dados. Este foi um momento de desânimo para mim e para os professores da rede estadual que presenciaram essa dificuldade. Um deles comentou:

“Imagina fazer isso em uma escola... Se você, que é super rápido, não consegue resolver, imagina nós! Não tem como fazer isso.” (Professor P3). O outro professor acrescentou: *“e temos somente dois períodos por semana. Agora, com esta nova proposta, não quero ver como vai ficar.”* (Professor P1).

Realizamos um intervalo e retornamos para a sala às 15h50min. Após o intervalo, já solucionado o problema, cada aluno trabalhou em um computador para fazer a aquisição dos dados.

²³ O material elaborado para a apresentação encontra-se no Apêndice C.

²⁴ Nomenclatura usada pelo *software* Tracker, para obter os dados em cada frame do vídeo analisado.

²⁵ Os alunos utilizaram o material (tutorial) “Analisando imagens e vídeos com o computador” disponível em: <<http://www.if.ufrgs.br/cref/uab/lab/tracker.html>> para solucionar o problema como material de apoio sobre a utilização das ferramentas.

Muitos alunos tiveram dificuldade em determinar quando começar a coleta dos dados, ou seja, em que instante deveriam inserir o primeiro ponto de massa. Para outros, a dificuldade foi no posicionamento do eixo de referência. Na medida do possível, esclarecemos as dúvidas dos alunos.

Após os alunos terem inserido os pontos de massa no vídeo, projetamos como deveríamos fazer para transferir os dados adquiridos no Tracker para a planilha Excel. Fiz um exemplo, copiando e colando os dados diretamente, para demonstrar que os dados seriam transferidos com erros. Depois, demonstramos como deveríamos trabalhar com o bloco de notas para substituir os pontos por vírgulas.

Durante a aquisição dos dados, alguns alunos esqueceram de calibrar o *software* de acordo com a medida informada no vídeo. Eles inseriram o bastão de calibração, mas não digitaram quanto representava aquela medida. Essa falha foi percebida na análise dos dados na planilha Excel, pois os valores das posições eram superiores aos 50 cm de comprimento do trilho.

A aula seguiu tranquilamente e, na medida em que as dúvidas surgiam, procurávamos esclarecê-las o mais rápido possível. Quando necessário, fazíamos a projeção e explicávamos para o grande grupo.

Antes de encerrar a aula, comentamos que não seria possível finalizar a atividade, que o ideal seria que todos construíssem um gráfico da posição x tempo e outro da velocidade instantânea x tempo, com os dados dos três roletes. Solicitamos que os alunos salvassem os arquivos do Tracker e do Excel e os enviassem para seus *e-mails*, que na próxima aula a atividade seria retomada.

Pedimos também que os alunos enviassem para mim, por *e-mail*, a planilha Excel com o que tinham conseguido fazer até aquele momento. Cinco alunos ficaram trabalhando até às 17h50min. No que segue apresentamos, como ilustração, os gráficos construídos, por três alunos.

O aluno A3 organizou os dados de forma correta na planilha Excel, informando as unidades de medida, e, a partir dos dados, construiu os gráficos apresentados nas Figuras 5.23 e 5.24. A análise do aluno, sobre o rolete médio, está correta. Os gráficos deixaram a desejar por não possuírem título, mas isso provavelmente se deve ao pouco tempo para a realização da atividade. Podemos perceber neste gráfico uma grande quantidade de dados coletados.

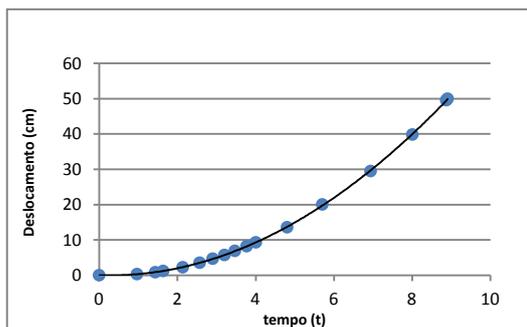


Figura 5.23 – Gráfico do deslocamento x tempo para o rolete médio construído pelo Aluno A3. A linha que une os pontos foi traçada adicionando a linha de tendência.

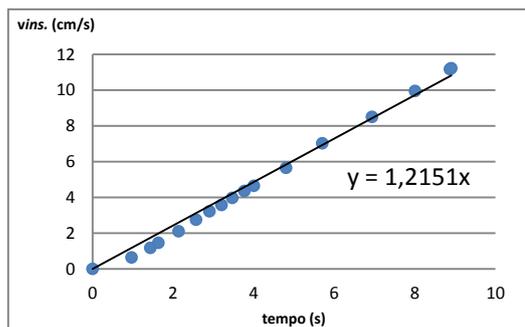


Figura 5.24 – Gráfico da velocidade instantânea x tempo para o rolete médio construído pelo Aluno A3. A linha que une os pontos foi traçada adicionando a linha de tendência.

O Aluno A5 conseguiu fazer a aquisição dos dados dos três roletes, determinar a velocidade instantânea e construir os gráficos como era esperado. As Figuras 5.25 e 5.26 representam os gráficos construídos por este aluno.

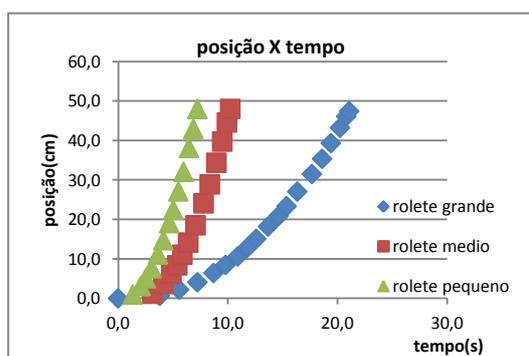


Figura 5.25 – Gráfico da posição contra o tempo para os três roletes construído pelo aluno A5.

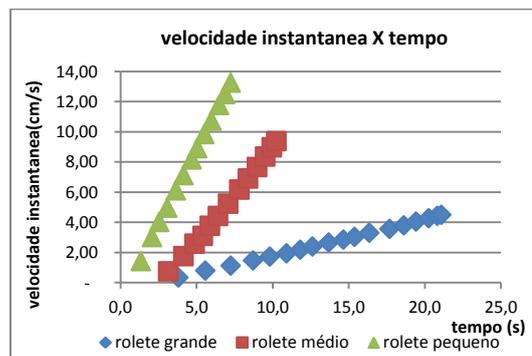


Figura 5.26 – Gráfico da velocidade instantânea contra o tempo dos três roletes construído pelo aluno A5.

O aluno A6 também conseguiu fazer a aquisição dos dados para os três roletes. De acordo com os gráficos (Figuras 5.27 e 5.28) podemos verificar que este aluno teve dificuldade na obtenção inicial dos dados, provavelmente ele não zerou o vídeo no início do movimento dos roletes. Esta correção poderia ser facilmente resolvida se o aluno tivesse solicitado nossa ajuda. Os gráficos construídos não apresentam unidade das grandezas físicas e poderiam ter uma legenda informando quais dados são pertencentes a cada rolete. Estas correções certamente seriam feitas se tivéssemos mais tempo para a realização da atividade.

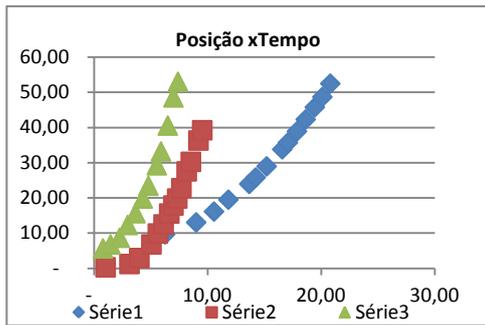


Figura 5.27 – Gráfico da posição x tempo dos três roletes construído pelo aluno A6.

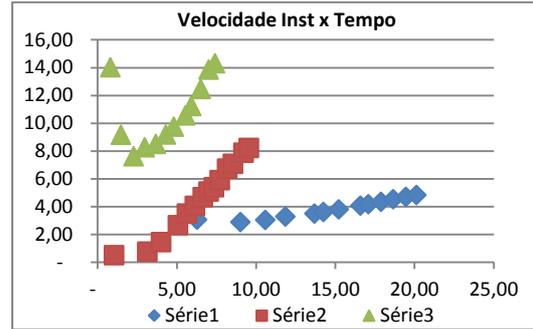


Figura 5.28 – Gráfico da velocidade instantânea x tempo dos três roletes construído pelo aluno A6.

5.3.4. Encontro 4 – Continuação da análise do movimento unidimensional com aceleração constante de três roletes diferentes, sob o ponto de vista da cinemática e da lei da conservação de energia mecânica

Esta atividade foi realizada no Laboratório de Informática no dia 31 de outubro de 2013, no horário da 15h às 17h30min. Neste encontro estavam presentes 15 alunos e os quatro professores da rede estadual que fazem parte do PIBID, assim como a professora Cleci Werner da Rosa, coordenadora do projeto.

O encontro teve por objetivo finalizar a aquisição dos dados dos três roletes, bem como a construção dos gráficos da posição contra o tempo e da velocidade instantânea contra o tempo, visto que na aula anterior somente o aluno (A5) conseguiu terminar a atividade e não foi realizado um fechamento da mesma. Buscávamos ainda esclarecer dúvidas sobre as ferramentas básicas do Excel e do Tracker.

Inicialmente realizamos um resgate do encontro realizado dia três de outubro, lembrando que utilizamos as gravações de três vídeos e o *software* Tracker para realizar a aquisição dos dados do movimento de três roletes diferentes que descem sobre um trilho inclinado.

Todos os alunos e professores instalaram novamente o *software* Tracker no computador em que estavam trabalhando, desta vez, não tivemos problemas com a reprodução dos vídeos no *software* Tracker.

Três alunos optaram por iniciar a coleta dos dados novamente, não utilizando os arquivos salvos no encontro anterior. Outros dois alunos e um professor não trouxeram os arquivos e também começaram a coleta novamente. Os demais aproveitaram os arquivos já salvos e trabalharam a partir dos dados já coletados.

Como não tivemos problemas com o *software* Tracker, este encontro teve um clima diferente do anterior pois os alunos e professores estavam mais entusiasmados e animados em trabalhar. Questionei os alunos se eles lembravam as ferramentas que deveríamos utilizar para fazer a aquisição dos dados. Neste momento muitos se manifestaram sobre as ferramentas, o que serviu como uma revisão. Em seguida, comentamos sobre alguns cuidados que devemos ter durante a aquisição dos dados, como: calibração, zerar o vídeo no instante que inicia o movimento e inserir os pontos de massa sempre sobre o eixo.

O grupo trabalhou livremente e quando o primeiro aluno questionou como se procedia para fazer a troca dos pontos por vírgulas para inserir os dados no Excel. Alertamos a turma explicando como procedemos no bloco de notas. Neste momento, o Aluno (A8) comentou que era possível selecionar os dados da tabela do Tracker e escolher a opção (copiar os dados selecionados com precisão total ou como formatados). Desta maneira os dados podem ser inseridos na planilha Excel sem que ocorram erros.

Aproveitamos esta dica para destacar que quando trabalhamos com o computador como ferramenta educacional estamos sempre aprendendo e, em qualquer *software* existem muitas possibilidades e recursos que só vamos aprender quando o exploramos, sendo que o trabalho colaborativo favorece esta aprendizagem, pois cada aluno ensina algo novo ao outro.

Dando sequência questionamos como faríamos a análise dos três roletes a partir dos dados coletados e inseridos na planilha Excel, ou seja, quais grandezas físicas deveriam ser analisadas na investigação do movimento dos roletes.

Os alunos logo responderam:

“Vamos determinar a aceleração a partir dos gráficos.” (Aluno A12).

“Construímos os gráficos da posição e tempo, tempo ao quadrado e velocidade.”
(Aluno A2).

Aproveitamos e comentamos que não seria necessária a construção do gráfico do deslocamento contra o tempo ao quadrado, lembrando que esta análise foi feita para verificarmos se o gráfico da posição em função do tempo, para o caso do rolete, é realmente uma função de segundo grau, visto que nossos pressupostos teóricos partem desta relação. Mas, se avaliassem necessário, eles estavam livres para fazer.

Um aluno questionou se deveríamos construir um gráfico para cada rolete ou colocar todos no mesmo gráfico. Explicamos que seria mais fácil fazermos a análise dos roletes comparando os dados dos três roletes em um único gráfico. Esclarecemos que para construir este gráfico devemos proceder da mesma maneira, ou seja, inserindo as séries de dados de

cada rolete no mesmo gráfico, sendo que o nome desta série nos informa os dados que são referentes a cada rolete.

Neste segundo contato com o *software* Tracker os alunos apresentaram menos dificuldades, mas novamente tiveram problemas em zerar o vídeo no instante em que o movimento iniciou.

Antes de encerrarmos a atividade, às 17h30min, discutimos sobre os resultados obtidos. Questionamos os alunos sobre qual dos três roletes apresentou velocidade maior ao final do plano. Alguns alunos responderam o rolete menor, e os demais concordaram. O aluno A5 destacou: “*é possível ver isso através do gráfico da posição e tempo, o menor demora menos tempo para atravessar o trilho, logo à velocidade dele é maior*”.

Outro aluno, respondeu: “*no gráfico da velocidade contra o tempo a declividade da reta dos dados do rolete maior é menor do que os outros dois, este rolete tem aceleração menor do que os outros. Com os dados dos três juntos fica fácil comparar.*” (Aluno A13).

Dando sequência comentamos que o fenômeno combinado de translação e rotação de um corpo, é pouco abordado nos livros de Física do ensino médio e por isso a escolha de tal atividade.

Para finalizar solicitamos aos alunos que enviassem os arquivos do Excel para nosso *e-mail*. Alguns perguntaram se poderiam terminar em casa para fazer as correções necessárias e melhorar a apresentação dos gráficos. Diante do interesse em fazer um trabalho melhor, falamos que poderiam concluir a tarefa em casa. No que segue, apresentamos alguns gráficos elaborados pelos alunos.

As Figuras 5.29 e 5.30 mostram os gráficos construídos pelo aluno A1. Podemos verificar nestes gráficos uma grande quantidade de dados coletados. Os gráficos elaborados estão de acordo com o propósito da atividade. Através da visualização dos gráficos fica fácil verificar a diferença nas velocidades apresentados ao final do plano pelos três roletes.

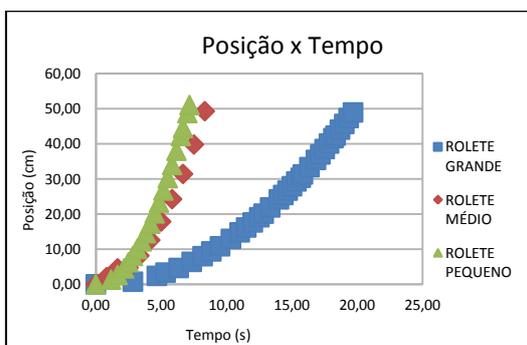


Figura 5.29 – Gráfico da posição x tempo dos três roletes construídos pelo Aluno A1.

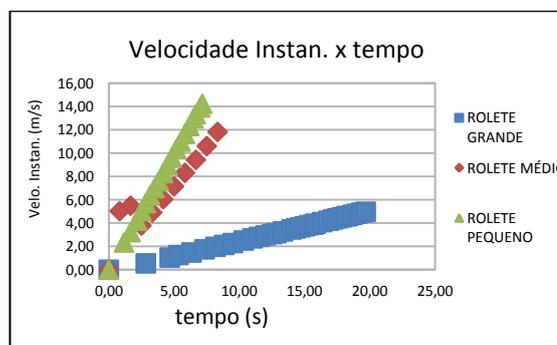


Figura 5.30 – Gráfico da posição x tempo dos três roletes construído pelo Aluno A1.

O aluno A8 também elaborou o gráfico da posição x tempo e da velocidade instantânea contra o tempo como era esperado, Figuras 5.31 e 5.32.

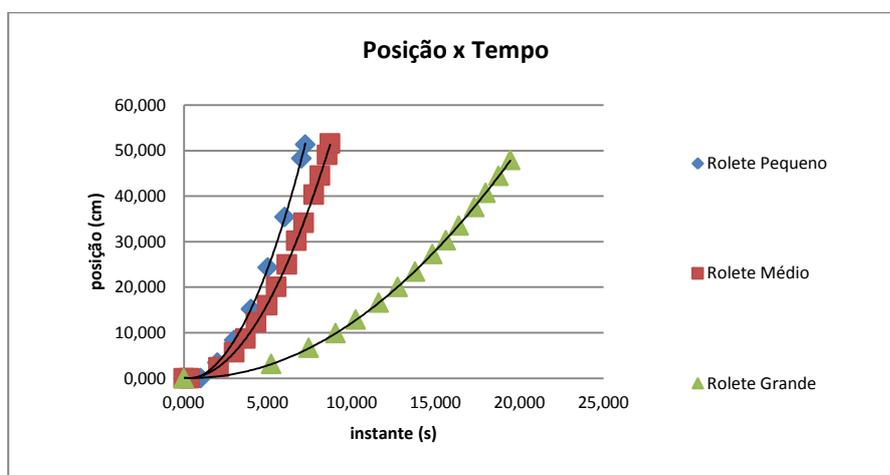


Figura 5.31 – Gráfico da posição x tempo dos três roletes elaborado pelo aluno A8.

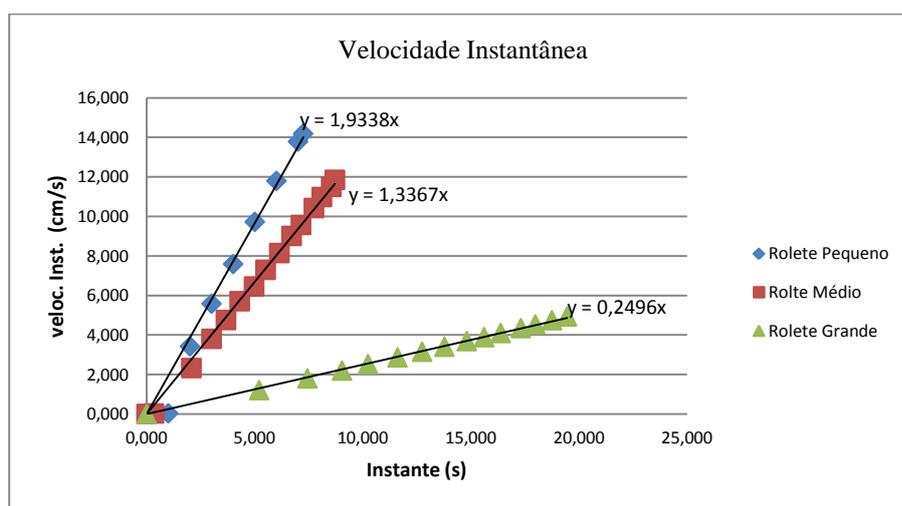


Figura 5.32 - Gráfico da velocidade instantânea x tempo dos três roletes elaborado pelo aluno A8.

Analisando o gráfico da velocidade instantânea x tempo elaborado pelo aluno A8, que apresenta a chamada linha de tendência e a expressão que descreve os dados experimentais, com o gráfico da velocidade instantânea x tempo apresentado pelo aluno A10, Figura 5.34, verificamos que a aceleração dos roletes determinada com esta ferramenta é praticamente igual para os dois alunos. A aceleração é obtida calculando-se o coeficiente angular da função de primeiro grau. Outro fator importante a se destacar é referente às unidades apresentadas em cada caso. Um aluno utilizou como unidade de medida do comprimento o metro e o outro expressou esta grandeza em centímetros.

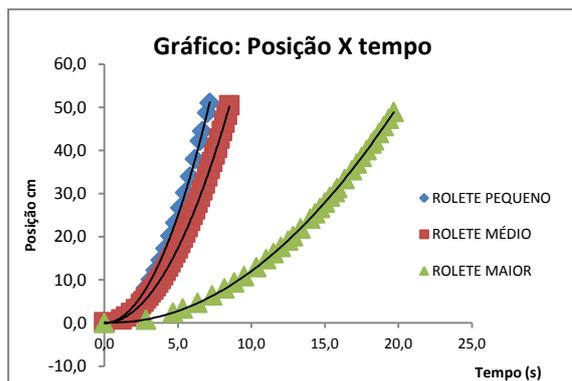


Figura 5.33 – Gráfico da posição x tempo para os três roletes elaborado pelo Aluno A10.

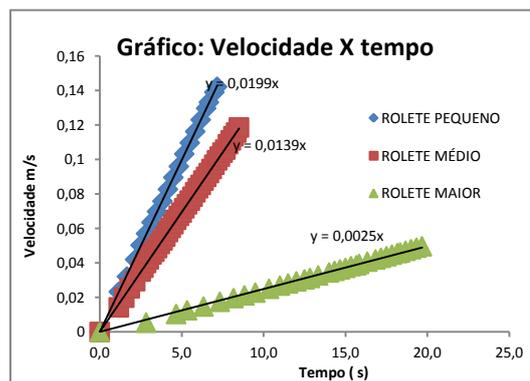


Figura 5.34 – Gráfico da velocidade instantânea x tempo para os três roletes elaborado pelo Aluno A10.

Todos os alunos e professores enviaram por e-mail a planilha eletrônica contendo os dados coletados e os gráficos conforme solicitado. Alguns gráficos ficaram a desejar por não apresentarem unidades de medida e o nome da grandeza física que estava sendo representada em cada eixo. Outro fato que nos chamou a atenção foi a quantidade de dados coletados pelos alunos.

Faz parte dos objetivos desta atividade relacionar e analisar as transformações de energia que ocorrem durante o movimento do rolete e traçar um gráfico da energia x tempo para cada um dos roletes. Devido ao pouco tempo disponível para realizarmos as outras atividades, optamos em discutir este conteúdo na atividade de modelagem.

5.3.5. Encontro 5 – Discussão sobre modelagem no ensino/aprendizagem de Física

Esta atividade foi realizada no Laboratório de Física no dia 21 de novembro de 2013, no horário da 14h20min às 17h30min. Neste encontro estavam presentes 15 alunos e os quatro professores da rede estadual que fazem parte do programa PIBID. A professora orientadora Dr. Cleci Werner da Rosa não pode acompanhar as atividades, pois tinha outros compromissos com a instituição. Os alunos optaram novamente em manter a mesma configuração dos grupos.

Inicialmente comentamos que neste encontro daríamos sequência ao nosso estudo e finalizaríamos a atividade dos três roletes. O objetivo deste encontro era construir com o grande grupo, um modelo que pudesse nos ajudar a descrever o movimento dos roletes sobre o trilho, sob o ponto de vista da cinemática e da conservação de energia, movimentos estes já analisados nas atividades anteriores. Salientamos que a construção destes modelos poderia ter sido realizada antes de iniciarmos a coleta e análise dos dados, ou seja, antes de iniciarmos as

atividades na qual trabalhamos com o Excel e com o Tracker o que nos ajudaria na interpretação e compreensão de nosso estudo.

Na oportunidade, retomamos, de forma rápida, os *slides* da apresentação sobre modelagem no ensino/aprendizagem de Física²⁶, abordando os elementos necessários para a construção de um modelo, e foi entregue duas cópias impressas deste material para cada grupo. Retomada esta parte (~20 min), entregamos para cada grupo o Guia de Atividade para o Aluno (Apêndice A).

A fim de construir um modelo seguindo a apresentação e o GAA, os alunos trabalharam nos grupos durante cerca de 30 minutos trocando informações e realizando muitas discussões. Muitas vezes estas discussões ocorriam entre os grupos, favorecendo a troca de ideias, informações e a busca pelo conhecimento. Concluída a atividade, cada grupo apresentou suas respostas e, no grande grupo, elaboramos no quadro-negro um modelo para descrever o movimento do rolete. Este foi um momento de muito interesse e participação dos alunos e professores e a todo instante surgiam novas dúvidas e opiniões.

Inicialmente elaboramos um título para a atividade: Construção de um modelo científico para descrever o movimento de roletes que descem sobre o trilho.

Para elaborar este título, ocorreu uma troca de ideias entre os grupos. Ficamos com dúvida se deveríamos escrever “de um rolete ou de roletes” que “descem ou rolam sem deslizar sobre o trilho”. Decidimos “roletes que descem”, pois o modelo vai servir para os três roletes. Optamos em escrever somente descem, mas poderíamos, sem nenhum problema, deixar “rolam sem deslizar sobre o trilho”, pois com a análise sabemos que é isso que ocorre durante o movimento.

Após, seguimos as questões levantadas no GAA. Quando questionados sobre as questões-foco em estudo, as respostas foram:

“O movimento dos roletes sobre o trilho é um movimento com aceleração constante? Qual a relação da velocidade com a inclinação do rolete? E qual é a relação da velocidade com a massa do rolete?” (Grupo A).

“Qual dos três roletes vai chegar antes ao final do trilho?” (Grupo B).

“O movimento dos roletes pode ser comparado com o movimento de uma “caixa” que desce sobre um plano inclinado?” (Grupo C).

“Qual dos três roletes terá velocidade maior no final do trilho?” (Grupo D).

No grande grupo formulamos:

²⁶ A apresentação elaborada para esta apresentação encontra-se no Apêndice C.

- Que tipo de movimento apresenta o rolete que desce sobre o trilho?
- A dimensão (massa) do rolete interfere na velocidade com que ele chega ao final do trilho?

O próximo passo era listar os referentes. Todos os grupos citaram como referentes: rolete, trilho ou plano inclinado, sendo que o grupo A listou também “Terra”. Diante desta resposta, comentamos que, neste caso, poderíamos desconsiderar a terra como referente, pois estamos interessados em descrever o movimento sob o ponto de vista da cinemática, apesar de sabermos que a Terra é um agente externo e responsável pelo movimento. Acrescentamos então ao lado da palavra Terra um ponto de interrogação, mas não apagamos do quadro a resposta do grupo A. Os grupos concordaram com esta análise e sugeriram que fosse acrescentada ao título a palavra cinemática.

Dando sequência, passamos as grandezas físicas. Todos os grupos listaram tempo, posição, velocidade, deslocamento e aceleração. Na transição para o quadro-negro achamos conveniente colocarmos velocidade instantânea, ficamos na dúvida se deveríamos inserir também velocidade média, já que na análise utilizamos esta relação.

Como alguns alunos trabalharam com a posição em milímetros e outros em centímetros, definimos ser mais conveniente colocar as duas unidades no quadro. Ao lado das grandezas e dos símbolos que as representam, acrescentamos se as mesmas são dependentes ou independentes. As Figuras 5.35 e 5.36 mostram a elaboração do modelo no quadro-negro.

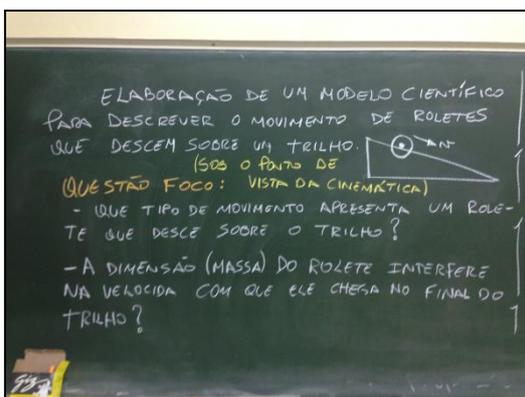


Figura 5.35 - Imagem do quadro-negro, elaboração de um modelo para descrever o movimento de roletes que descem sobre um trilho (questão-foco).

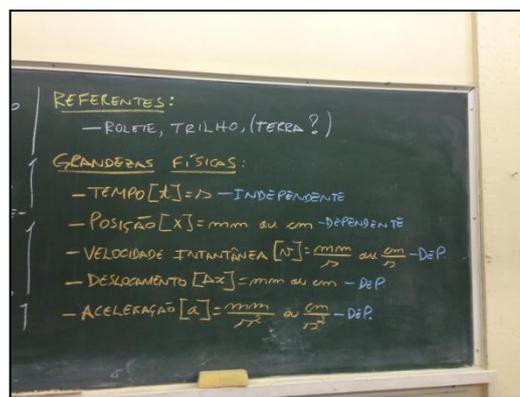


Figura 5.36 - Imagem do quadro-negro, elaboração de um modelo para descrever o movimento de roletes que descem sobre um trilho (referentes e grandezas físicas).

Continuamos, listando as simplificações/idealizações. As respostas dos grupos foram transcritas no quadro-negro e estão apresentadas na Figura 5.37. Após listarmos as simplificações/idealizações, e percebemos que esquecemos de comentar sobre as condições

iniciais, conforme solicitava o GAA. Aachamos conveniente acrescentá-las após as relações teóricas. Dando sequência, listamos as relações teóricas e as condições iniciais.

Ao listarmos a relação da velocidade média, sentimos a necessidade de inseri-la na listagem das grandezas físicas feita anteriormente. O Grupo C listou também a equação de Torricelli. Como não utilizamos esta equação na análise do rolete, achamos conveniente não acrescentá-la em nosso modelo. Por fim, escrevemos a teoria geral ou específica e ficamos em dúvida se deveríamos escrever Mecânica Clássica ou só Mecânica. Diante desta dúvida, sugeri que os alunos pesquisassem como esse conteúdo é abordado em livros de Física²⁷ do ensino médio e superior. Após alguns minutos de pesquisa, chegamos à conclusão que, segundo as bibliografias, o mais conveniente seria tratar a teoria como Mecânica, e a específica seria Cinemática do movimento retilíneo. A Figura 5.38 mostra a parte final da construção do modelo.

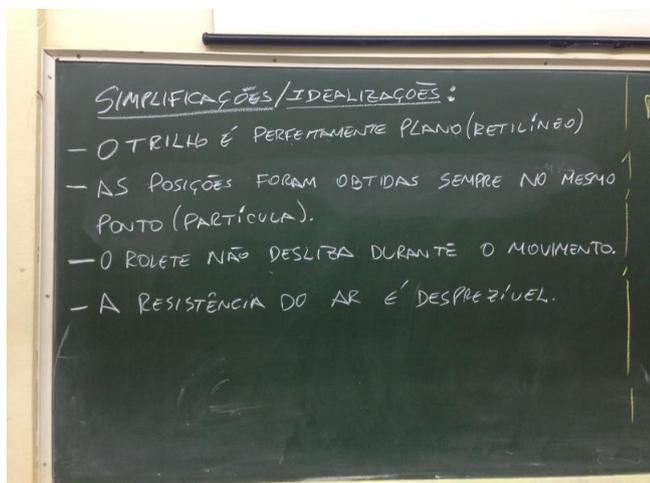


Figura 5.37 - Imagem do quadro-negro, simplificações e idealizações listadas para a construção do modelo.

²⁷ - RAMALHO, F. J; TOLEDO S. P. A; FERRARO, N. G. **Os Fundamentos da Física**. Vol 1, mecânica. 10. Ed. São Paulo: Moderna, 2009.

- ALVARENGA, B. e LUZ, A. M. R. da. **Física, ensino médio**. Vol 1. São Paulo: Scipione, 2005.

- ALVARENGA, B. e LUZ, A. M. R. da. **Física, contexto & aplicações, ensino médio**. Vol 1. 1 ed. São Paulo: Scipione, 2011 – (coleção Física contexto & aplicações).

- YOUNG, H. D. **Física I Mecânica**/ Young e Freedman; tradução Sonia Midori Yamamoto; revisão técnica Adir Moyses Luiz. 12. Ed. São Paulo: Addison Wesley, 2008.

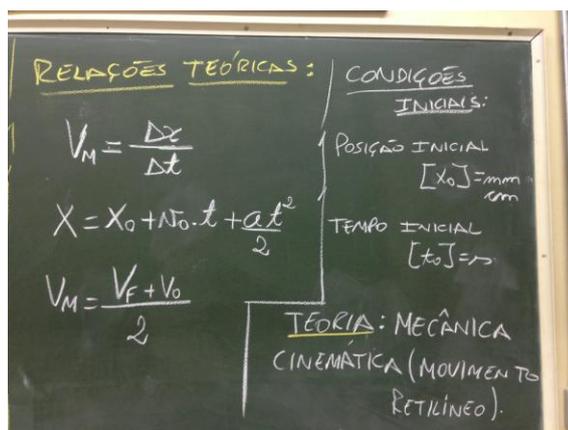


Figura 5.38 Imagem do quadro-negro, relações teóricas, condições iniciais e teoria adotada para a construção do modelo..

Finalizada esta etapa, realizamos um intervalo de 20 minutos. Ao retornar, sugerimos que fosse construído um modelo para descrever o movimento do rolete sob o ponto de vista da conservação de energia. Ressaltamos que não faríamos esta análise pela questão de tempo, mas que em outro momento, poderíamos trabalhar novamente com a atividade e explorar esta parte de conservação de energia, utilizando o Tracker e a planilha Excel.

Solicitamos que os alunos pesquisassem nos livros disponíveis os conteúdos e relações necessárias para elaborarmos o modelo a partir da conservação de energia. Cada grupo recebeu novamente um GAA para elaborar este modelo. Os alunos trabalharam durante 40 minutos, e após, no grande grupo, sintetizamos nossas ideias, utilizando novamente o quadro-negro para expor as respostas. Este foi um momento de muito interesse por parte dos alunos pelo fato de ser um conteúdo novo e desconhecido por eles. Podemos dizer que houve muita participação e colaboração de toda a turma, inclusive na hora da pesquisa bibliográfica.

Dando início elaboramos um título para o novo modelo: Modelo científico sob o ponto de vista da conservação de energia.

Após, cada grupo apresentou as questões-foco elaboradas.

“Ocorre conservação de energia mecânica durante o movimento do rolete que desce sobre o trilho?” (Grupo A).

“Qual a relação da energia gravitacional com a velocidade no final do trilho?” (Grupo B).

“Qual a relação da massa com a velocidade de translação ao final do trilho? E com a velocidade de rotação?” (Grupo C).

“O momento de inércia do disco é diretamente ou inversamente proporcional à velocidade de translação ao final do plano?” (Grupo D).

Após muitas discussões e sugestões, decidimos listar duas questões-foco, conforme segue.

- Que tipo de energia é responsável pelo movimento?
- Qual a relação entre as energias cinéticas de translação e rotação com a velocidade no final do plano?
- Qual a relação da energia cinética de rotação com a massa do rolete?

Após, destacamos que não existe um modelo correto e único para o fenômeno em estudo, que este depende de nossos objetivos e da ênfase que queremos dar ao nosso estudo, sendo que o mesmo pode sofrer alterações e melhorias a qualquer momento. A Figura 5.39 apresenta a imagem do quadro-negro com a questão-foco elaborada pelo grande grupo.

Dando sequência, listamos os referentes: rolete, trilho e terra. Nas grandezas físicas ficamos com dúvida se deveríamos colocar altura ou posição vertical. Achamos conveniente fazer uma representação do trilho com o rolete, para representar o sistema em estudo, e inserimos um eixo de coordenada como referência para a posição vertical do rolete. As grandezas já listadas no modelo anterior só foram novamente escritas, sem o símbolo e respectivas unidades. A Figura 5.40 apresenta a imagem do quadro-negro.

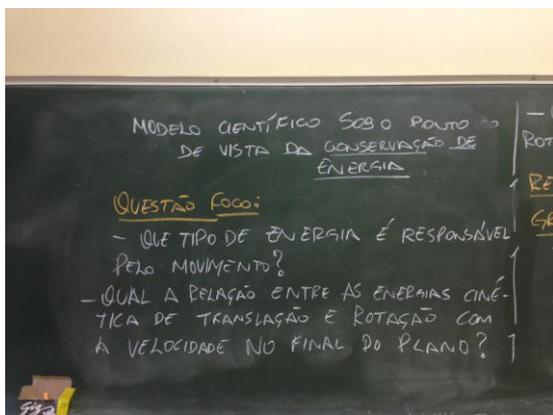


Figura 5.39 – Imagem do quadro-negro, título da atividade e questão-foco elaborada pelo grupo.

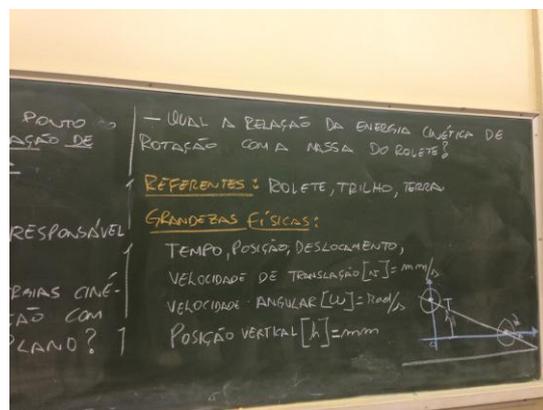


Figura 5.40 – Imagem do quadro-negro, referentes e grandezas físicas listadas pelo grupo.

Dando sequência, listamos as condições iniciais e as relações teóricas. Neste momento os grupos comentaram que o conteúdo de energia cinética de rotação e momento de inércia só está presente no livro do Young (2008).

O Grupo B questionou se o momento de inércia, que agora está presente nas relações, não deveria estar listado juntamente com as grandezas físicas. O grupo D aproveitou e explicou que eles colocaram o momento de inércia como parâmetro, já que o mesmo é constante durante o movimento. Acrescentamos que estava correta esta interpretação, e que este momento de inércia deve ser o total, ou seja, temos que somar o momento de inércia do

disco e do eixo que formam o rolete. Na oportunidade comentamos que para calcularmos o momento de inércia total deveríamos conhecer a massa do eixo e do disco, o diâmetro do eixo e o diâmetro externo e interno do disco, ou seja, precisaríamos listar várias grandezas físicas a mais para o nosso modelo que não foram citadas anteriormente.

Após este comentário o Grupo D expôs que tinham avaliado estas grandezas, mas ficaram na dúvida se deviam ou não listá-las, ou se era suficiente somente listar o momento de inércia.

Durante a listagem das relações teóricas sentimos a necessidade de inserirmos as grandezas físicas: energia potencial gravitacional, energia cinética de translação e energia cinética de rotação na listagem anterior.

Na sequência, listamos os parâmetros. Todos os grupos citaram a aceleração da gravidade e a massa do rolete como parâmetro. O Grupo A listou também o raio do eixo pelo fato de o mesmo relacionar a velocidade de translação com a velocidade angular.

Para finalizar, escrevemos a teoria geral ou específica. Decidimos escrever: Mecânica. Dinâmica do movimento circular, princípio de conservação de energia, conforme mostra a Figura 5.41.

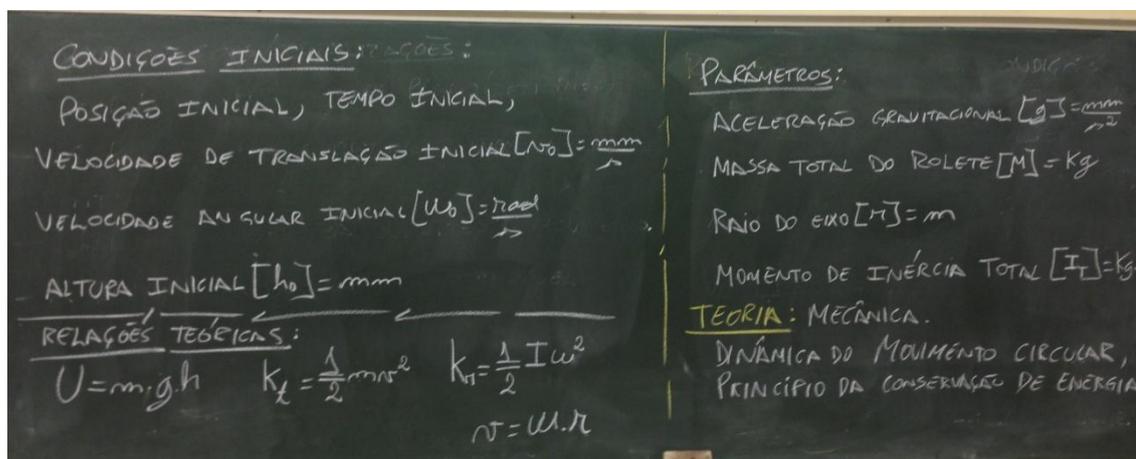


Figura 5.41 – Imagem do quadro-negro, condições iniciais, relações teóricas, parâmetros e teoria listadas pelos alunos para a elaboração do modelo.

Finalizada esta etapa, questionamos os alunos e professores sobre a opinião deles diante da atividade realizada. Apresentamos algumas respostas:

“Achei legal e ao mesmo tempo difícil, é muita coisa, bem complicado esta segunda parte.” (Aluno A2).

“Nunca imaginei fazer isso para uma atividade prática, sempre começamos com a coleta de dados sem saber ao certo o que queremos, mas bem legal, tínhamos que ter feito antes mesmo, como o professor falou.” (Aluno A4).

“Se fizermos isso aqui antes, fica mais fácil entender os gráficos, as grandezas não ficam sem unidade, e se fosse um relatório qualquer um entenderia, gostei apesar de achar difícil.” (Aluno A13).

“Bem legal eu aprendi bastante, nunca tinha trabalhado com este conteúdo, parece bem engenharia, mas em sala de aula acho bem difícil, aqui já foi, e lá não da para ficar com dúvida, os alunos querem certo ou errado, mas foi bem válido e divertido apesar de cansativo.” (Professor P1).

“Aprendi muito sobre um fenômeno que aparentemente era tão simples, nunca tínhamos trabalhado desta forma e nunca tinha parado para pensar nesta questão do momento de inércia, só estávamos preocupados com o MRUV e a abordagem era completamente diferente, bem válido, mas em sala de aula teríamos que elaborar outra metodologia, como a professora falou, eles estão preocupados em ter respostas certas.” (Professor P4).

Diante destas respostas, o autor deste trabalho acrescentou que também considera difícil esta parte de modelagem. Ressaltou que enfrentou muita dificuldade no mestrado, pois nunca havia trabalhado com esta metodologia em experimentos na UPF. Destacou ainda a importância desta prática para uma visão adequada sobre investigação científica o ensino de ciências tanto no laboratório didático quanto em sala de aula, pois, é imprescindível que sejam discutidos com os alunos as idealizações, simplificações, o modelo adotado e os resultados obtidos para darmos significado ao que estamos estudando e compreendermos realmente o fenômeno em análise.

5.3.6. Encontro 6 – Determinação da rapidez de propagação do som em barras metálicas de diversos materiais

Esta atividade foi realizada em uma sala de aula do ICEG no dia 28 de novembro de 2013, no horário da 14h às 17h30min. Neste encontro estavam presentes os 14 alunos e quatro professores da rede estadual que fazem parte do PIBID, assim como a professora Cleci Werner da Rosa, coordenadora do projeto. Os alunos tiveram a liberdade, mas optaram novamente em manter a mesma configuração dos grupos.

Inicialmente realizamos uma breve introdução sobre os objetivos do encontro e mencionamos que iríamos trabalhar com um *software* de aquisição, análise e geração de áudio que foi desenvolvido para fins comerciais. O mesmo é muito utilizado por profissionais de rádio, TV e músicos, mas também pode ser muito útil para o ensino de Física quando se

pretende trabalhar conteúdos de acústica além de inúmeros outros que envolvem aquisição de dados e seriam exemplificados posteriormente.

Como havíamos solicitado para que os alunos que tivessem *notebooks* trouxessem, todos os grupos estavam equipados com no mínimo dois computadores. Inicialmente solicitamos que os alunos instalassem o *software* Audacity e em suas máquinas. A instalação ocorreu sem problema e levou cerca de 10 minutos. Para testarmos e começarmos a explorar as ferramentas básicas do *software*, produzimos sons utilizando um diapásão de 440 Hz. Neste momento os alunos foram orientados a:

- gravar e salvar o som gerado;
- determinar as grandezas físicas envolvidas na representação da onda sonora;
- identificar as grandezas físicas que podem ser analisadas com a ampliação da onda sonora gerada;
- interpretar os dados de seleção fornecidos pelo programa.

Os alunos conseguiram facilmente identificar as grandezas físicas envolvidas na representação da onda sonora e também utilizaram as ferramentas de zoom e seleção para determinar o período do som capturado. Através do período, os alunos determinaram a frequência do som capturado. Os alunos ficaram impressionados quando obtiveram um valor muito próximo ao valor indicado no diapásão. A única orientação passada, para os alunos neste momento, foi a de selecionar diversos períodos, a fim de diminuirmos o erro associado à seleção de início e fim da onda.

Realizado este primeiro contato com o *software*, os alunos solicitaram para analisar o som produzido pelo outro diapásão disponível na UPF (294 Hz). Feito isso, pedimos que eles gravassem o sinal capturado e a representação da onda sonora formada pelo *software* na tela do computador, pois o próximo passo seria a comparação da representação de um som com a mesma frequência mas produzido por outra fonte sonora. Solicitamos então, que os alunos acessassem um teclado virtual²⁸ para que fossem produzidos diversos sons a fim de analisarem o timbre.

Durante este momento os alunos estavam muito animados e vários comentaram que seria uma atividade muito legal para realizar com os alunos e poderíamos utilizar um violão o outro instrumento para gerar diversos sons. A Figura 5.42 representa a montagem feita pelo Grupo D ao partir do som produzido por dois instrumentos disponíveis no teclado virtual para a mesma nota musical.

²⁸ O teclado virtual utilizado foi o Virtual Keyboard disponível no endereço: http://www.bgfl.org/bgfl/custom/resources_ftp/client_ftp/ks2/music/piano/.

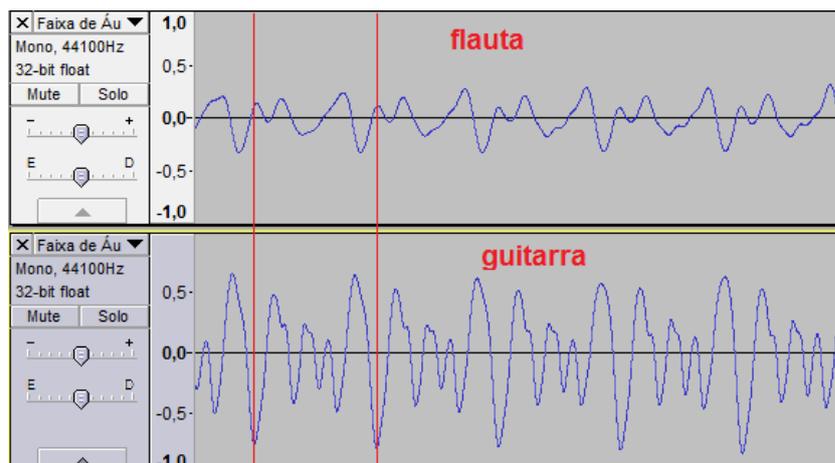


Figura 5.42 – Imagem da montagem feita pelo grupo B com a representação da onda sonora produzida por dois instrumentos diferentes no teclado virtual para a mesma nota musical e analisada no *software* Audacity.

Diante do empenho dos alunos, solicitamos que o grupo enviasse esta montagem por *e-mail* para que a mesma fosse projetada por nós para o grande grupo. Este também foi um momento de muito entusiasmo para os alunos e principalmente para os professores que ficaram encantados com a imagem produzida, pois esta é uma imagem típica dos livros de Física para representar o conceito de timbre e que foi elaborada em questão de poucos minutos pelo grupo D.

Na sequência entregamos o Guia de Apoio ao Aluno e mencionamos que o objetivo da atividade era determinar a velocidade de propagação do som em diferentes materiais. Destacamos que os instrumentos que iríamos analisar seriam o computador e o *software* Audacity um martelo e diversas barras metálicas de cobre, ferro e alumínio.

Antes de iniciarmos a atividade, questionamos se a velocidade de propagação do som seria a mesma para os três materiais. Os alunos comentaram que não sabiam, mas que achavam que não, por serem materiais diferentes. Um aluno comentou: *“sempre trabalho com meus alunos que a velocidade de propagação depende da densidade do meio, sendo maior nos sólidos do que nos líquidos e gases. Pensando deste jeito, a velocidade de propagação será menor no alumínio, pois é o que tem menor densidade.”* (Aluno A5).

Aproveitamos a resposta e comentamos que a densidade é uma propriedade que está relacionada à velocidade de propagação do som, mas não é a única, ou seja, para este caso devemos levar em consideração o módulo de elasticidade do material, uma propriedade que diz respeito à resistência do material. Devido a esta dependência não podemos afirmar que a velocidade de propagação no alumínio é menor do que os outros dois materiais que possuem densidade maior.

Dando sequência mencionamos que a escolha por esta atividade ocorreu justamente por estar cientes que a grande maioria dos livros didáticos do ensino médio não abordam esta questão, e levam em consideração para a velocidade de propagação do som somente a densidade do meio conforme o aluno mencionou anteriormente.

Após os comentários, os alunos trabalharam durante aproximadamente 20 minutos com o GAA e realizaram vários testes para responderem as questões sugeridas. As questões foram então discutidas no grande grupo para após iniciarmos a coleta e análise dos dados. Com esta discussão foi possível chegar as seguintes conclusões:

- O melhor lugar para se percutir a barra é nas extremidades e no sentido longitudinal da mesma;

- A posição onde a barra deve ser segurada para termos a formação de um som por um período de tempo maior é na metade ou em 1/4, 1/6, 1/8 do comprimento da barra;

- Através da análise do som capturado é possível identificar a formação de uma onda estacionária e através das ferramentas de zoom e seleção do *software* Audacity é possível determinar o período e a frequência da onda sonora capturada;

- O local onde a barra é segurada influencia no comprimento da onda estacionária obtida e na frequência do som produzido, ou seja, segurando em posições diferentes estaremos alterando o modo de vibração da barra, sendo que o primeiro modo de vibração é garantido quando seguramos a barra na metade, o segundo quando a barra é segurada a 1/4 de seu comprimento e assim por diante. Quanto maior o modo de vibração maior será a frequência e menor será o comprimento de onda.

Para entendermos esta questão sobre os modos normais de vibração e como podemos proceder para determinar o comprimento de onda, realizamos três desenhos para representar a onda que estava sendo formada na barra em cada situação, ou seja, quando seguramos a barra na metade, 1/3 e 1/4 de seu comprimento.

Na sequência os alunos foram orientados a realizar a coleta e análise dos dados para a barra de alumínio segurando a mesma na metade. Para tal, foi necessário medir comprimento da barra, percutir a barra, gravar o som gerado, determinar o período do som capturado, calcular a frequência do som, o comprimento de onda e após, utilizando a relação ($v = \lambda.f$) determinar a velocidade de propagação do som no material que constitui a barra, onde:

v = rapidez de propagação

λ = comprimento de onda

f = frequência

Para realizar esta atividade, três grupos se dirigiram para outras salas de aula. Acompanhei os quatro grupos e quando todos tinham concluído esta etapa solicitamos que eles retornassem para a sala para que fosse explicado o restante da atividade. As Figuras 5.43, 5.44 e 5.45 apresentam os grupos realizando a atividade. Três grupos realizaram as anotações e cálculos no próprio GAA e um grupo fez as anotações no quadro-negro, conforme Figura 5.46. Todos os grupos chegaram a valores próximos de 5000 m/s.



Figura 5.43 – Imagem dos alunos trabalhando com o software Audacity.



Figura 5.44 – Imagem dos alunos realizando a medida do comprimento da barra metálica.



Figura 5.45 – Imagem dos alunos percutindo a barra metálica e realizando a aquisição dos dados.

$$\begin{aligned}
 X &= \frac{\lambda}{2} \Rightarrow \lambda = 2 \cdot 0,98\text{m} \\
 & \lambda = 1,96\text{m} \\
 T_{10} &= 0,004\text{s} \\
 T_1 &= 0,0004\text{s} \\
 f_1 &= 2500\text{Hz} \\
 v &= \lambda \cdot f \\
 v &= 1,96\text{m} \cdot 2500\text{Hz} \\
 v_{\text{Al}} &= 4900\text{m/s} \\
 v_{\text{Fe}} &= 340\text{m/s}
 \end{aligned}$$

Figura 5.46– Imagem do quadro-negro com as anotações do Grupo A para a barra de alumínio.

Na sequência explicamos que a velocidade de propagação de cada material seria determinada a partir dos dados de todos os grupos, sendo necessário que cada grupo realizasse a aquisição de dados várias vezes para cada barra. Assim estaremos determinando a velocidade de propagação com um número maior de amostras, o que é importante em uma atividade experimental.

Com a planilha *online*²⁹ projetada para o grande grupo, comentamos a respeito da ferramenta de compartilhamento de dados, ou seja, como funciona este compartilhamento e suas principais características. Junto com os alunos, construímos a planilha da Figura 5.47, destacamos que os grupos deveriam preencher a planilha apenas com o nome do grupo, a medida do comprimento da barra, o modo normal de vibração que estavam analisando, o período total selecionado no *software* Audacity e o número de períodos selecionados e que preenchimento do restante da tabela ficaria a cargo de cada grupo. Sugerimos que após todos terem inseridos os dados, cada grupo exportasse as informações para uma planilha Excel e determinasse a velocidade média para cada material.

Barras de ALUMÍNIO							
Grupo	comprimento da barra (m)	modo de vibração	Período Total (s)	Nº de períodos selecionados	Comprimento de onda (m)	Frequência (hz)	Velocidade (m/s)

Figura 5.47 – Imagem da planilha elaborada para o compartilhamento dos dados.

A Figura 5.48 mostra a planilha compartilhada com os dados inseridos pelos quatro grupos para as barras de alumínio.

Barras de ALUMÍNIO							
Grupo	comprimento da barra (m)	modo de vibração	Período Total (s)	Nº de períodos selecionados	Comprimento de onda (m)	Frequência (hz)	Velocidade (m/s)
C	0,98	1º	0,002	5			
C	0,98	1º	0,004	10			
C	0,98	1º	0,006	15			
B	1,02	1	0,008	20			
B	1,02	1	0,005	10			
A	0,97	1º	0,003	7			
D	1,02	1º	0,006	15			
D	1,02	1º	0,002	6			
D	1,02	2º	0,002	10			
D	1,02	2º	0,006	30			
A	0,97	2º	0,004	20			
A	0,97	2º	0,003	15			
A	0,5	1	0,002	10			
A	0,5	1	0,005	25			
C	0,51	1	0,002	10			
C	0,51	1	0,004	20			
C	0,51	1	0,006	30			

Figura 5.48 – Imagem da planilha contendo os dados dos três grupos para as barras de alumínio.

²⁹ A planilha foi elaborada através da Google Form. O link foi disponibilizado para os alunos através do grupo do PIBID no FACEBOOK.
 <https://docs.google.com/spreadsheets/d/1orpas_EKkKeWWxgzAvGlo-M6wNRtTeJGRBIXhncZjTI/edit?usp=sharing>.

A Figura 5.49 mostra a tabela elaborada pelo Grupo B para a determinação da velocidade de propagação do som para a barra de alumínio. A tabela apresentada pelo grupo esta excelente. Para facilitar a análise dos dados, eles organizaram os dados de acordo com o modo de vibração. Podemos verificar que os Grupos A e C utilizaram também a barra metálica menor (~0,50m).

Barras de ALUMÍNIO - ANÁLISE GRUPO B							
Grupo	Comprimento da barra (m)	modo de vibração	Período Total (s)	Nº de períodos selecionados	Comprimento de onda (m)	Frequência (hz)	Velocidade de propagação do som (m/s)
C	0,98	1º	0,002	5	1,96	2500,00	4900,00
C	0,98	1º	0,004	10	1,96	2500,00	4900,00
C	0,98	1º	0,006	16	1,96	2666,67	5226,67
B	1,02	1	0,008	20	2,04	2500,00	5100,00
B	1,02	1	0,005	10	2,04	2000,00	4080,00
A	0,97	1º	0,003	7	1,94	2333,33	4526,67
D	1,02	1º	0,006	15	2,04	2500,00	5100,00
D	1,02	1º	0,002	6	2,04	3000,00	6120,00
A	0,5	1	0,002	10	1	5000,00	5000,00
A	0,5	1	0,005	25	1	5000,00	5000,00
C	0,51	1	0,002	10	1,02	5000,00	5100,00
C	0,51	1	0,004	20	1,02	5000,00	5100,00
C	0,51	1	0,006	30	1,02	5000,00	5100,00
D	1,02	2º	0,002	10	1,02	5000,00	5100,00
D	1,02	2º	0,006	30	1,02	5000,00	5100,00
A	0,97	2º	0,004	20	0,97	5000,00	4850,00
A	0,97	2º	0,003	15	0,97	5000,00	4850,00
Velocidade média							5009

Figura 5.49 – Imagem da tabela elaborada pelo Grupo B para a análise das barras de alumínio.

A Figura 5.50 representa a tabela elaborada pelo Grupo A sobre a análise das barras de cobre. Verificamos que os alunos inseriram uma nova coluna e determinaram o valor de um único período. A tabela também esta organizada, mas os alunos poderiam ter tomado certo cuidado com os algarismos significativos.

Barras de COBRE								
Grupo	comprimento da barra (m)	modo de vibração	Período Total (s)	Nº de períodos selecionados	Período (s)	Frequência (Hz)	Comprimento de onda (m)	Velocidade (m/s)
A	1	1º	0,006	10	0,0006	1666,666667	2	3333,333
A	1	1º	0,009	15	0,0006	1666,666667	2	3333,333
A	1	1º	0,012	20	0,0006	1666,666667	2	3333,333
C	0,97	1	0,009	15	0,0006	1666,666667	1,94	3233,333
C	0,97	1	0,009	15	0,0006	1666,666667	1,94	3233,333
C	0,97	1º	0,009	15	0,0006	1666,666667	1,94	3233,333
D	1	1º	0,006	10	0,0006	1666,666667	2	3333,333
D	1	1º	0,011	18	0,000611111	1636,363636	2	3272,727
D	1	1º	0,013	23	0,000565217	1769,230769	2	3538,462
D	1	1º	0,018	30	0,0006	1666,666667	2	3333,333
B	0,98	1º	0,006	10	0,0006	1666,666667	1,96	3266,667
B	0,98	1º	0,006	10	0,0006	1666,666667	1,96	3266,667
							Média	3309,266

Figura 5.50 - Imagem da tabela elaborada pelo Grupo A para a análise das barras de cobre.

Na Figura 5.51 temos a tabela elaborada pelo Grupo D para a análise das barras de ferro. A tabela esta bem elaborada e podemos verificar um número menor de dados em

relação as barras de alumínio e cobre, certamente os alunos já estavam cansado de realizar a aquisição dos dados.

Barras de FERRO								
Grupo	comprimento da barra (m)	modo de vibração	Período Total (s)	Nº de períodos selecionados	Comprimento de onda (m)	Período (s)	Frequência (hz)	Velocidade (m/s)
A	1,05	1º	0,004	10	2,10	4,00E-04	2500	5250
A	1,05	1º	0,008	20	2,10	4,00E-04	2500	5250
C	1,00	1º	0,008	22	2,00	3,64E-04	2750	5500
C	1,00	1º	0,011	30	2,00	3,67E-04	2727	5455
B	1,00	1º	0,004	10	2,00	4,00E-04	2500	5000
B	1,00	1º	0,004	10	2,00	4,00E-04	2500	5000
D	1,00	1º	0,006	10	2,00	6,00E-04	1667	3333
							Velocidade de propagação média do som no ferro	4970

Figura 5.51 – Imagem da tabela elaborada pelo Grupo D para a análise das barras de ferro.

A atividade encerrou às 17h30min, com a projeção destas planilhas para o grande grupo. Os alunos comentaram que a atividade foi cansativa por terem realizados varias coletas de dados e som produzido causa certo desconforto auditivo. Mas também destacaram a importância da atividade, pois foi possível verificar que a velocidade não depende somente da densidade do meio, pois a velocidade de propagação do som no ferro e no alumínio é aproximadamente igual. Entretanto suas densidades são bem diferentes.

5.3.7. Encontro 7 – Indução eletromagnética

Esta atividade foi realizada em um dos Laboratórios de Física no dia 19 de dezembro de 2013, no horário da 14h às 17h30min. Neste encontro estavam presentes os 16 alunos e quatro professores da rede estadual que fazem parte do PIBID, assim como a professora Cleci Werner da Rosa, coordenadora do projeto. Os alunos tiveram a liberdade, mas optaram novamente em manter a mesma configuração dos grupos.

Inicialmente apresentamos os *slides*³⁰ sobre aquisição automática de dados (~20 min) a fim de realizarmos um fechamento da atividade anterior. Também abordamos alguns dos propósitos e objetivos de se trabalhar com sistemas de aquisição de dados utilizando o computador no laboratório didático de Física e em sala de aula. Na oportunidade, demonstramos outras aplicações do *software* Audacity em atividades que não envolvem o conteúdo de acústica.

Dando sequência, entregamos duas cópias impressas do GAA (vide Apêndice A) para cada grupo, destacamos os conteúdos que seriam trabalhados, os objetivos e os materiais que estariam disponíveis para realização da atividade proposta. Os grupos trabalharam livremente

³⁰ A apresentação elaborada para esta apresentação encontra-se no Apêndice C.

durante 15 minutos para responderem as quatro questões propostas. Esse foi um momento de muita explicação por parte dos professores e dos alunos dos níveis mais avanços para os dos primeiros níveis que ainda não tinham trabalhado este conteúdo na graduação.

Dois grupos decidiram realizar o experimento da bússola, enquanto respondiam às questões. Eles também aproveitaram este momento para explicar aos colegas o que estava acontecendo.

Quando todos acabaram de responder as questões, solicitamos que cada grupo comentasse a sua resposta para o grande grupo. Na sequência explanamos as questões e algumas das respostas.

Questão: Quando colocamos sobre a agulha da bússola um fio que é percorrido por uma corrente elétrica contínua, o que verificamos na bússola?

“A agulha se orienta com o campo magnético gerado no fio e assim fica enquanto houver corrente.” (Grupo A).

“Quando a corrente elétrica passa pelo fio condutor cria um campo magnético fazendo com que a agulha da bússola mude de orientação.” (Grupo B).

“Devido a criação de um campo magnético gerado pelo fio faz com que a agulha se movimente.” (Grupo D).

Os alunos apresentaram respostas corretas para esta pergunta, o que indica que eles já estudaram este conteúdo.

Questão: O sentido de oscilação da bússola depende de alguma grandeza física?

“Sim, depende do campo magnético e do sentido das linhas de campo que decorrem do sentido da corrente.” (Grupo C).

“O sentido da oscilação depende do sentido das linhas de campo o que decorre do sentido da corrente elétrica.” (Grupo B).

“Depende do sentido da corrente elétrica como pode ser visto na atividade quando invertamos a pilha.” (Grupo A).

Novamente os alunos apresentaram resposta corretas. O Grupo A respondeu esta pergunta com base nas observações da atividade da bússola e o fio percorrido por corrente elétrica.

Questão: Se a corrente for alternada qual o resultado esperado?

“Deverá ficar alternando a sua orientação.” (Grupo A).

“A agulha da bússola oscilará na mesma frequência da corrente elétrica.” (Grupo B).

“Vai ficar oscilando no sentido da corrente, logo alternado.” (Grupo D).

Questão: Qual a explicação para este fenômeno físico?

“Qualquer corrente que circula por um condutor produz um campo magnético em torno do condutor que será estável ou variável. Porém em função da elevada frequência não há variação da posição da agulha magnética.” (Grupo D).

“O sentido da corrente elétrica implica no sentido das linhas de campo magnético.” (Grupo B).

“Porque o sentido da corrente se altera e por tanto o campo magnético sobre a agulha também.” (Grupo A).

As respostas apresentadas pelos alunos foram avaliadas e discutidas no grande grupo. Finalizada esta etapa, utilizamos o ferro de soldar, o fio de 2,5 mm² e a bússola para demonstrar conforme sugestão do GAA, o que ocorre quando o fio retilíneo sobre a bússola esta sendo percorrido por uma corrente alternada, Figura 5.52. Neste caso verificamos que a bússola tende a oscilar, mas continua alinhada devido ao campo magnético da terra. Esse fenômeno se deve ao fato da frequência da rede elétrica estar variado de acordo com a frequência da rede elétrica local.

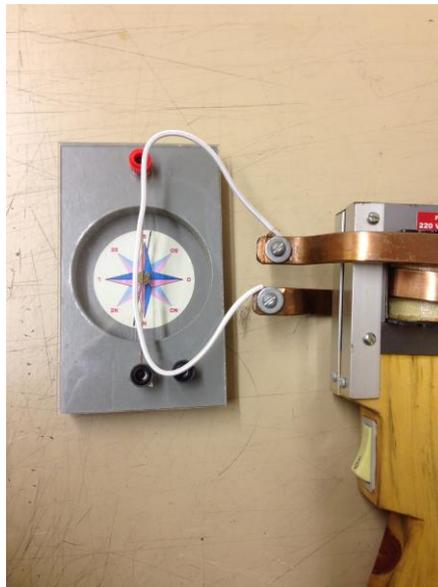


Figura 5.52 – Imagem do fio ligado ao ferro de soldar e posicionado na mesma direção de orientação da agulha da bússola magnética.

Na sequência, os alunos prosseguiram com as orientações do GAA e construíram o dispositivo experimental. Utilizando o fio de cobre esmaltado, os alunos construíram próximo, a cada extremidade do cano de PVC, uma bobina (diversas espiras agrupadas de modo compacto). A orientação passada por nós neste momento, foi a de construir as bobinas com um número diferentes de espiras (por exemplo, 10 e 20), e para que o sentido de enrolamento das duas bobinas fosse contrário.

Construídas as bobinas, os grupos soldaram nas extremidades do fio um LED e segurando o cano na vertical soltaram de sua extremidade superior um ímã. O objetivo desta atividade era demonstrar que a variação do campo magnético, através da espira, gera uma corrente induzida na bobina e esta corrente poderia ascender o LED. Nenhum grupo conseguiu visualizar o acendimento do LED.

Visto que não conseguimos atingir os objetivos propostos, utilizamos um galvanômetro, uma bobina formada por um grande número de espiras e um ímã, para demonstrarmos o surgimento de uma corrente induzida na bobina. Isso ocorre quando aproximamos e afastamos o ímã desta bobina, Figura 5.53.

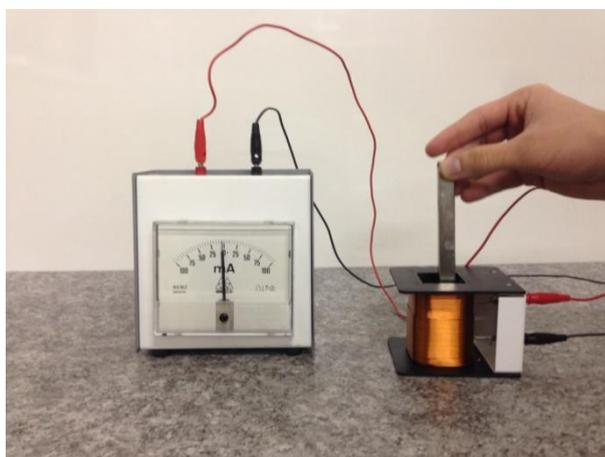


Figura 5.53 – Imagem do galvanômetro, bobina e ímã utilizado para demonstrar o princípio de indução eletromagnética.

Após esta demonstração, os grupos foram orientados a substituir o LED soldado nas extremidades do fio pelo *Plug* P2 mono, e realizar alguns testes. Para tal, os alunos deveriam: conectar o *Plug* na entrada de áudio do computador, segurar o cano na vertical, deixar cair o ímã da extremidade superior do cano, gravar o sinal gerado no *software* Audacity quando o ímã se aproxima, atravessa e se afasta das bobinas. Após, esse encaminhamento, deveriam analisar o sinal através do *software* Audacity, identificando as grandezas que estão sendo representadas no gráfico e fazer uma relação com o fenômeno físico em estudo.

Os alunos conseguiram verificar que o sentido do enrolamento da bobina interfere no sentido da corrente induzida, e que o sentido da variação do campo magnético é outro fator que determina o sentido desta corrente.

Soltando o ímã com o polo Sul para baixo, por exemplo, temos um sinal no *software* Audacity, e invertendo o polo do ímã, temos um sinal contrário ao anterior. Isso também pode ser observado durante a aproximação, passagem e afastamento do ímã pela bobina. As Figuras 5.54 e 5.55 ilustram as análises realizadas por dois grupos que dizem respeito a esta análise.

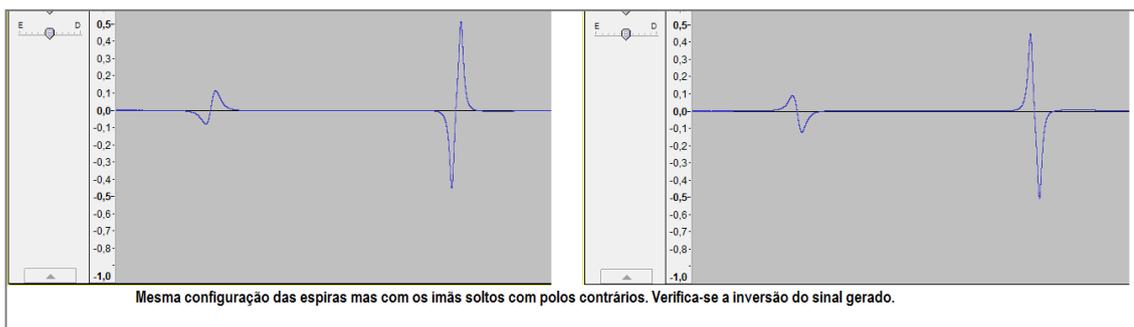


Figura 5.54 – Imagem da análise apresentada pelo Grupo B para verificar a dependência do sentido da corrente com a aproximação e afastamentos de polos diferentes. A figura foi elaborada a partir da tela do *software* Audacity.

Observa-se claramente na Figura 5.54 a inversão dos dois sinais capturados pelo *software* Audacity nas duas situações. Conforme anotação do Grupo B, os sinais capturados foram realizados invertendo o polo do ímã.

O Grupo B também apresentou uma análise correta quanto ao sentido de enrolamento das espiras, e, acrescentou que a inversão de sinal depende da aproximação ou do afastamento do ímã pela bobina (Figura 5.55).

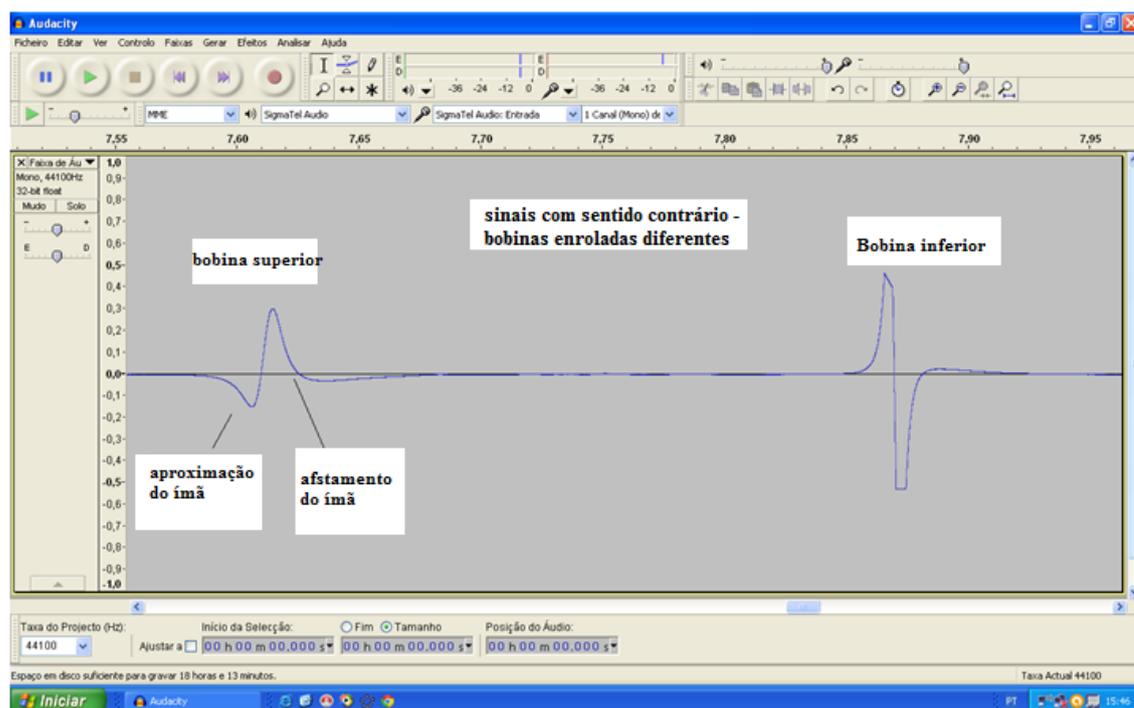


Figura 5.55 – Imagem da análise apresentada pelo Grupo C. A figura apresenta a tela do *software* Audacity, e a análise mostra que o sentido de enrolamento das bobinas interfere no sentido da corrente induzida.

Dando sequência, os alunos analisaram algumas grandezas que interferem na intensidade da corrente induzida gerada na bobina. Antes de iniciarmos esta avaliação, listamos, juntamente com os alunos, quais variáveis poderiam ser analisadas com os materiais que dispúnhamos. Este foi um momento de muita discussão nos grupos e no grande grupo. As

variáveis (velocidade (rapidez) de variação do fluxo magnético, área da bobina, intensidade magnética e número de espiras) foram listas no quadro, e após, cada grupo organizou-se para realizar a aquisição e análise dos dados.

Pedimos que os alunos realizassem as análises e as apresentassem em forma de figuras. As interpretações e explicações poderiam ser feitas nas próprias imagens. Os materiais elaborados deveriam ser enviados posteriormente por e-mail ao professor.

Apresentamos na sequência, algumas imagens que demonstram o trabalho realizado pelos alunos.

A Figura 5.56, elaborada pelo Grupo C, mostra que a intensidade da corrente induzida gerada na bobina depende da rapidez da variação do fluxo magnético, e conforme explicação do grupo, a variação do fluxo esta ligado ao tempo que o ímã leva para chegar até a bobina “*maior tempo de queda – maior velocidade*”. Os alunos destacaram nesta figura, que o ímã utilizado para fazer esta análise foi o mesmo, ou seja, a intensidade do campo magnético não foi alterada, assim como, o número de espiras.



Figura 5.56 – Imagem da análise apresentada pelo Grupo C. A figura foi elaborada a partir do sinal capturado pelo *software* Audacity. A análise mostra que a intensidade da corrente induzida depende da rapidez da variação do fluxo magnético.

O grupo A também realizou a análise da influência da rapidez da variação do fluxo magnético com a intensidade da corrente induzida. O grupo conseguiu explicar claramente esta dependência, e destacou na imagem, o tempo total dos dois sinais capturados (Figura 5.57). Desta forma, demonstraram a diferença de tempo durante a passagem do ímã pela bobina localizada na parte superior e inferior do cano. Neste caso, a rapidez da variação do fluxo foi maior para a bobina localizada na extremidade inferior do cano. O grupo poderia ter

acrescentado nas explicações da figura, que o ímã e a bobina utilizados foram os mesmos para as duas experiências.

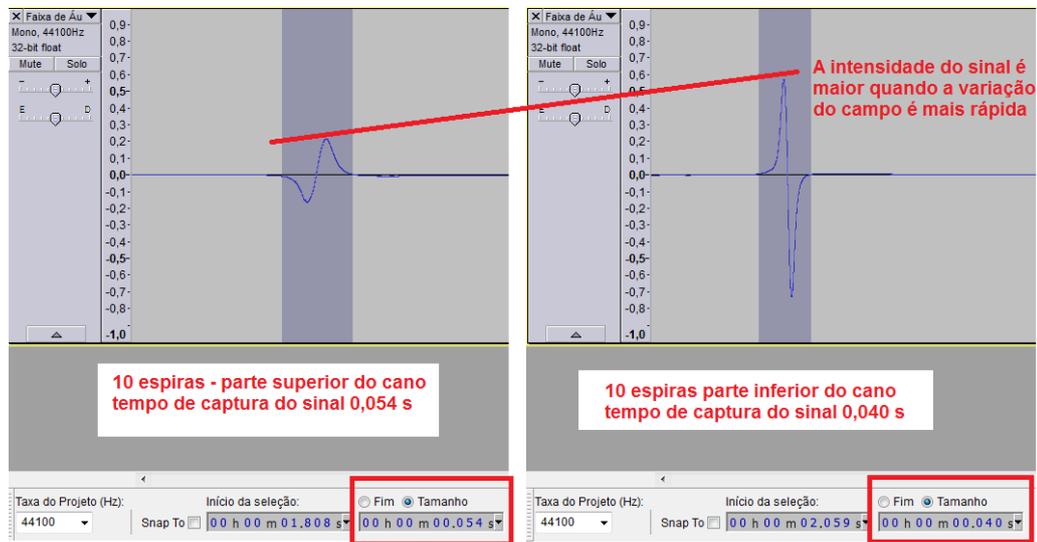


Figura 5.57 - Imagem da análise apresentada pelo Grupo A. A figura foi elaborada a partir de duas telas do sinal capturado pelo *software* Audacity. A análise mostra que a intensidade da corrente induzida depende da rapidez da variação do fluxo magnético.

A Figura 5.58 representa a análise realizada pelo Grupo D sobre a influência do número de espiras com a intensidade da corrente induzida. O grupo ressaltou que o ímã utilizado foi o mesmo. Apresentou uma explicação sobre as grandezas que estão sendo representadas no gráfico, e com a explicação, também foi possível entender que invertendo o cano entre uma aquisição e outra, a velocidade da variação do fluxo magnético será igual para os dois sinais, pois as duas bobinas ficaram posicionadas na parte superior ou inferior do cano.

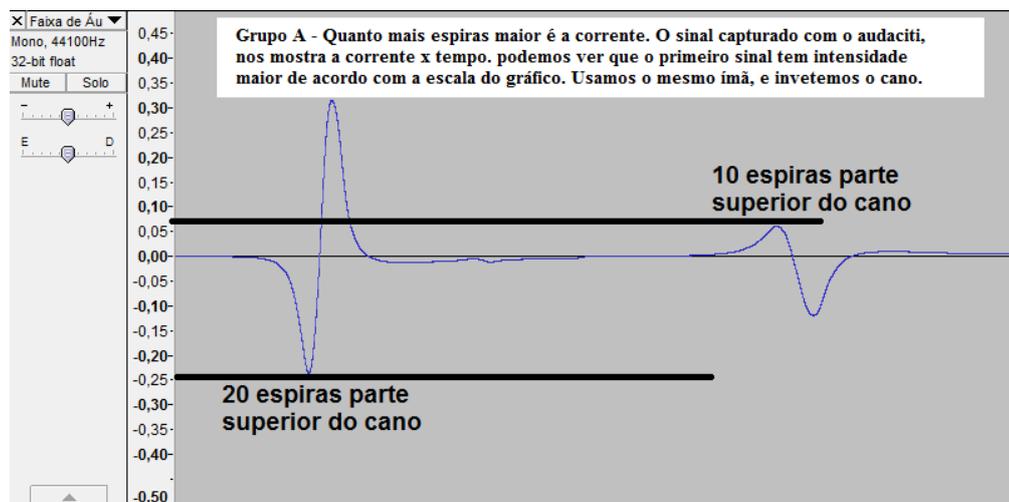


Figura 5.58 - Imagem da análise apresentada pelo Grupo D. A figura foi elaborada a partir de dois sinais capturado pelo *software* Audacity. A análise mostra que a intensidade da corrente induzida depende do número de espiras que constituem a bobina.

O grupo C também apresentou a análise da influência do número de espiras com a intensidade da corrente induzida (Figura 5.59). A linha traçada pelo grupo demonstra claramente esta dependência. O grupo não acrescentou na figura as grandezas que foram mantidas constantes nesta experiência, mas podemos observar que a análise está correta.

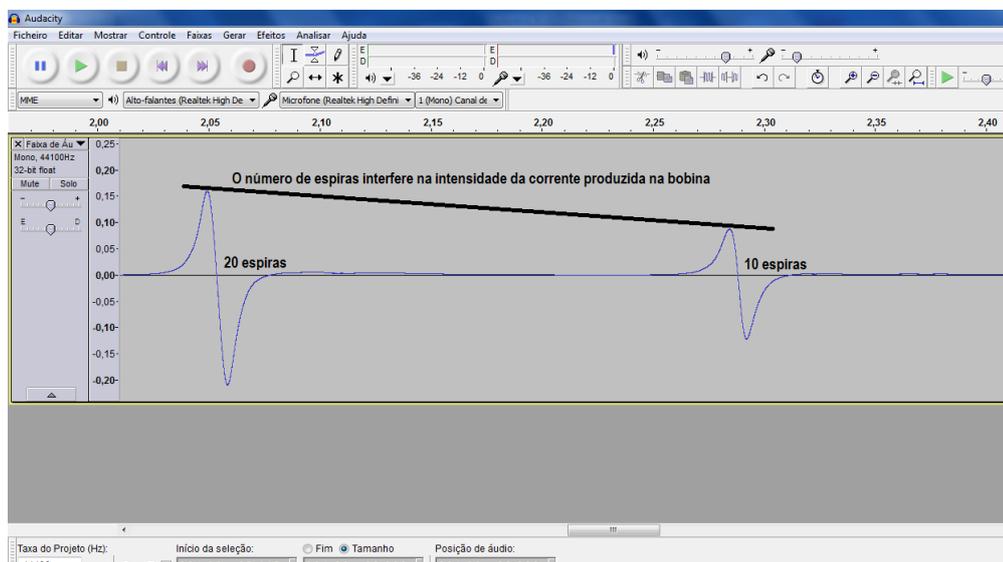


Figura 5.59 - Imagem da análise apresentada pelo Grupo C. A figura foi elaborada a partir de dois sinais capturado pelo *software* Audacity. A análise mostra que a intensidade da corrente induzida depende do número de espiras que constitui a bobina.

Outra análise apresentada pelos grupos, diz respeito à intensidade do campo magnético. A Figura 5.60 apresenta a avaliação realizada pelo Grupo B. Fica claro nesta figura, que a intensidade da corrente induzida é maior quando se tem uma intensidade de campo magnético maior. Neste caso, a intensidade está relacionada com a quantidade de pastilhas utilizadas para compor o ímã. Os alunos frisaram que durante a aquisição dos dados utilizaram a mesma bobina localizada na parte superior do cano. Desta forma, o grupo assegurou que a velocidade da variação do fluxo magnético e o número de espiras permaneceu constante durante a aquisição dos dados nas três situações.

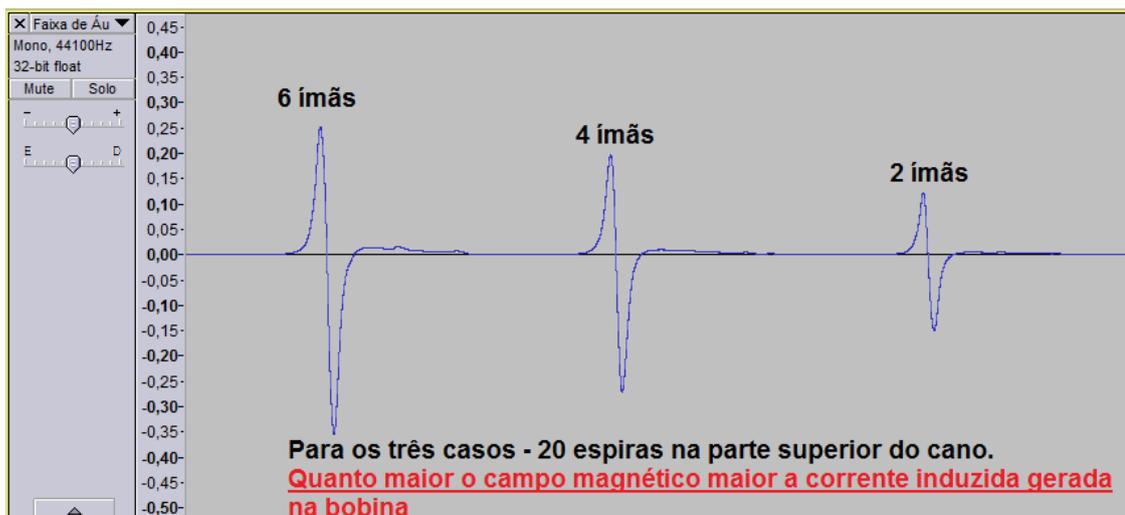


Figura 5.60 - Imagem da análise apresentada pelo Grupo B. A figura foi elaborada a partir de três sinais capturado pelo *software* Audacity. A análise mostra que a intensidade da corrente induzida depende da intensidade do campo magnético.

Dando sequência, apresentamos na Figura 5.61 a análise do Grupo A, que diz respeito à influência da área das espiras na intensidade do campo magnético. Observando a figura, é possível verificar que a intensidade da corrente induzida foi maior para a situação onde as espiras possuem uma área maior, neste caso, no cano de 40 mm de diâmetro. O grupo destacou que o ímã utilizado foi o mesmo, sendo formado por 10 pastilhas, mas não fez comentários quanto às outras variáveis e aos resultados.

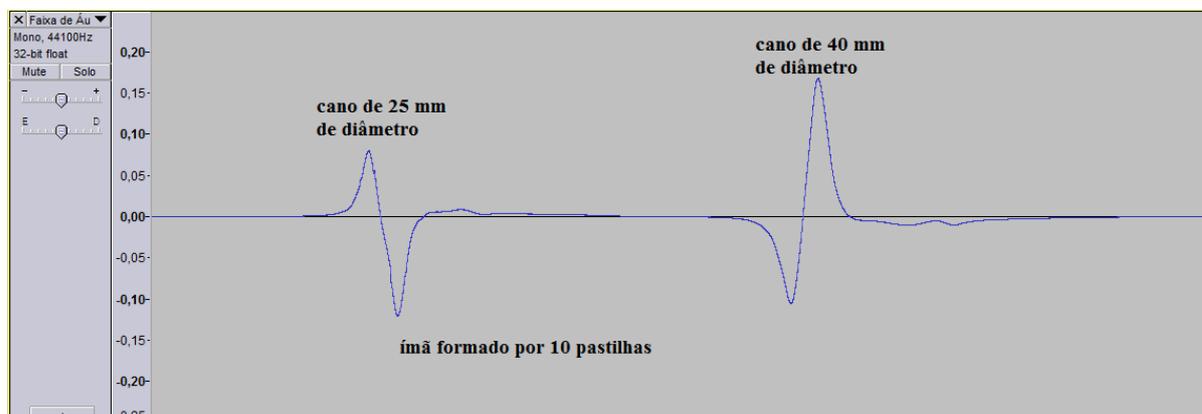


Figura 5.61 - Imagem da análise apresentada pelo Grupo A. A figura foi elaborada a partir de dois sinais capturado pelo *software* Audacity. A análise mostra que a intensidade da corrente induzida depende da da área das espiras que formam a bobina.

6. Resultados finais dessa aplicação

Neste capítulo fazemos uma análise crítica da aplicação do módulo didático, apontando aspectos positivos e negativos da metodologia de trabalho, do planejamento das atividades e do material de apoio elaborado. Essa avaliação teve como base nossas observações em sala de aula assim como a análise das tarefas entregues pelos alunos. Ao final apresentamos manifestações dos alunos obtidas através de uma entrevista realizada após o último encontro.

Mesmo que a aplicação tenha ocorrido com alunos heterogêneos, quanto ao nível que se encontram no curso, podemos ressaltar que em grupos, e com muita troca de conhecimentos, os alunos conseguiram, com certa autonomia, solucionar os desafios propostos nas atividades. Eles exploraram diversos fenômenos físicos determinando as grandezas físicas envolvidas e apresentando resultados satisfatórios através de representações em gráficos, tabelas, imagens, respostas orais e escritas (dissertativas). Em alguns momentos aumentamos o tempo de apresentação dos resultados para que as respostas fossem elaboradas com maior embasamento e pudessem ser revisadas.

A aplicação da primeira atividade foi de extrema importância, pois abordou questões relacionadas a cuidados necessários quando se usam simulações computacionais para o ensino e aprendizagem de Física, anteriormente não trabalhadas com esses alunos. Eles se mostraram surpresos com a quantidade de deficiências rapidamente identificadas, em simulações disponíveis na internet. Essa ação serviu de alerta sobre a atenção que um professor precisa ter ao selecionar criteriosamente as simulações a serem usadas, assim como a importância do cuidado aos construir representações dos fenômenos físicos.

Consideramos os resultados satisfatórios, pois em um pequeno período de tempo, os alunos conseguiram explorar e listar 10 simulações diferentes que apresentam erros ou alguma irregularidade, participando ativamente e com entusiasmo na tarefa. Se tivéssemos mais tempo, poderíamos ter solicitado que eles apresentassem tais simulações aos colegas explicando o erro encontrado e ter explorado as metodologias didáticas para se trabalhar com esta ferramenta.

Nas atividades envolvendo Excel, percebemos grande evolução que está relacionada às habilidades manuais na utilização das ferramentas e de recursos deste *software*. Ao final, os alunos conseguiram elaborar os gráficos quase que de forma autônoma. Infelizmente alguns deixaram a desejar na apresentação dos resultados (como por exemplo, mencionar as grandezas físicas que estão sendo representadas em cada eixo e suas unidades de medida).

Apesar de termos enfrentado problemas com a instalação do *software* Tracker, os alunos conseguiram realizar a aquisição dos dados e elaborar os gráficos solicitados para efetivar o estudo do movimento dos roletes sob o ponto de vista da cinemática. Para um melhor andamento das atividades também poderíamos ter explicado em partes as ferramentas do *software*, ao invés de fazê-la em um único momento, no início do encontro. Isso resultou em muitas dúvidas, durante a aquisição de dados, por parte dos alunos e professore. Devido à falta de tempo, não conseguimos explorar com os alunos a análise da conservação de energia para os três roletes.

Como podemos ver nos relatos dos alunos, apesar de terem achado difícil, foi notória a valorização que conferiram à atividade sobre modelagem. Por não termos experiência didática com este tipo de atividade, talvez tenhamos deixado a desejar em alguns momentos. De fato não sabemos se avaliamos corretamente as colocações dos alunos durante a elaboração do modelo. Entretanto, o grupo percebeu a importância da elaboração de um modelo para representar e estudar determinados fenômenos físicos. Durante esta atividade os alunos realizaram inúmeras buscas nos livros didáticos, o que ocasionou um aprofundamento teórico sobre o conteúdo em estudo.

Na atividade das barras metálicas, não tivemos grandes problemas com os conteúdos. Enfrentamos apenas dificuldades na representação dos modos normais de vibração. Esta dúvida foi esclarecida com representações no quadro branco. O compartilhamento dos dados ocorreu sem problema e a análise dos dados foi satisfatória, pois os valores condizem com a bibliografia. Apesar de não termos conseguido reunir um número grande de dados, os alunos puderam ampliar seus conhecimentos sobre a velocidade do som em sólidos.

Na última atividade, tivemos a maior quantidade de materiais elaborados e enviados pelos alunos. As diversas comparações realizadas através dos sinais capturados pelo *software* Audacity estão corretas, apesar de algumas não apresentarem os procedimentos realizados na aquisição dos dados. Essa explicação poderia ter sido melhor elaborada se não tivéssemos solicitado para que os alunos apresentassem suas respostas em uma única imagem. Um relatório neste caso seria pertinente.

Observando os materiais apresentados e o envolvimento durante todas as atividades, é possível destacar que os alunos trabalharam no sentido de desenvolver habilidades e competências sugeridas pelos PCN+ e listadas no quadro 3.1, realizando diversas ações sugeridas nas Diretrizes Curriculares Nacionais para a Formação de Professores e nas Diretrizes Curriculares para os Cursos de Física. Eles também realizaram estudos de

aprofundamento teórico sobre conteúdos específicos através de atividades experimentais e computacionais e puderam conhecer novas estratégias didáticas para a sua futura ação docente, vindo ao encontro dos objetivos do PIBID.

Após o último encontro, entrevistamos 10 alunos e dois professores para obtermos uma avaliação sobre as atividades realizadas, no que diz respeito aos materiais usados, a metodologia adotada, os *softwares* apresentados e a possibilidade da utilização de tais recursos em sua futura prática docente.

Durante as entrevistas o grupo fez diversas observações mais diretamente relacionadas à nossa atuação, que consideramos pertinentes, e que devem contribuir para melhorarmos a nossa prática didática. Sete alunos de um total de dez entrevistados consideram que é possível adaptar as atividades para o ensino médio. Outros cinco também afirmaram que estudaram conteúdos, antes não trabalhados, utilizando *softwares* e ferramentas desconhecidas. O grupo sugeriu que nos próximos semestres fossem trabalhadas mais atividades com essa perspectiva. Neste contexto, apresentamos algumas citações das entrevistas.

O professor P1 destacou a importância da análise realizada sobre as atividades de simulação, tendo sugerido que esses tipo de avaliação também deveria ser realizado em relação às representações do livro didático e as que são feitas no quadro. *“No uso das simulações, um problema que eu muitas vezes passo e passei despercebido foram os erros encontrados no software relacionados ao tema em estudo conforme discussão no grande grupo. Excelente alerta e oportunidade para discutirmos os desenhos, representações que fizemos no quadro e também as do livro didático”* (Professor P1).

Ficou visível durante a atividade do Excel e dos roletes que os alunos consideraram o conteúdo difícil e esta dificuldade foi frisada na entrevista por dois alunos. *“A experiência que tive foi um aprendizado muito bem sucedido, meio complicado no início para as atividades do excel, mas logo as dificuldades foram superadas”* (Aluno A2), *“As atividades foram bem corridas, achei difícil a atividade dos roletes, mas aprendi bastante, nunca tinha pensado nestas diferenças de velocidade que podíamos ter. Tive dificuldade mas o professor estava sempre atento e ajuda quando necessário. Poderíamos ter utilizados mais encontros do PIBID”* (Aluno A10).

Apesar das dificuldades, os alunos reconhecem a potencialidade do *software* Tracker e das planilhas eletrônicas: *“as atividades realizadas com o Tracker podem se mostrar muito eficazes no ensino médio,* (Aluno A1). *“Ao coletar dados relacionados a um fenômeno físico*

e analisa-los por meio de um gráfico, o aluno pode perceber o significado daqueles valores e a sua relação com a natureza” (Aluno A9).

Também perceberam a importância da realização das atividades e dos conteúdos abordados, conforme ilustrado nos depoimentos a seguir: *“Conseguimos aprender muito, conhecendo um monte de recursos que nunca tinha imaginado que podiam ser utilizados no ensino de física” (Aluno A4) e “Os conteúdos abordaram questões que acho que poucos já tinha estudado, bem valido mesmo. Espero que ano que vem mais professores utilizem o computador, ou vocês podem dar sequência e realizar mais atividades” (Aluno A7).*

O relato de um professor também reforça como positivo as atividades trabalhadas e os conteúdos abordados: *“Estudamos muitas coisas, a parte da velocidade de propagação do som, foi a que mais gostei, eu trabalhava de forma errada e não sabia, agora vou poder explorar mais e até calcular com eles em sala de aula, pois é só pegar o material emprestado” (Professor P2).*

Diante da resposta do professor P2 e de alguns relatos (Quadro 6.1), percebemos que os alunos e professores veem possibilidade da aplicação de algumas destas ferramentas no ensino de Física, entretanto salientam que devemos fazer adaptações conforme a realidade de cada turma.

<i>“As atividades com o auxílio do software Audacity podem se mostrar muito significativas e de fácil compreensão por parte dos estudantes, auxiliando o professor na realização de sua aula. O interessante no uso desse software é que ele é de fácil manipulação podendo cada aluno realizar as atividades explorando os seus recursos” (Aluno A5).</i>
<i>“Por fim penso que qualquer uma das atividades realizadas, podem e devem ser implementadas na Educação Básica. Porém constantemente devem ser feitas adequações, levando em conta a realidade da escola, do estudante, assim como seu nível de escolaridade e seus conhecimentos prévios sobre Física, tal como sobre a ferramenta que será utilizada, no caso a informática” (Aluno A6).</i>
<i>“No meu ponto de vista das ferramentas utilizadas o mais fácil de aplicar em sala de aula seria o audacity, pois as outras ferramentas são um pouco mais complexas para se trabalhar com os alunos” (Aluno A4).</i>

Quadro 6.1 – Trechos da entrevista com os alunos.

Os alunos também conseguiram apresentar alguns cuidados e dificuldades que podemos vir a enfrentar quando trabalhamos com estes recursos (Quadro 6.2), assim como algumas sugestões.

<i>“como em qualquer outra atividade é preciso estar atento à realidade e as habilidades dos estudantes para que a aula não se torne uma aula de informática ao invés de uma aula de Física” (Aluno A3).</i>
<i>“Eu sugeriria construir os gráficos à mão e depois construí-los também no Excel e assim demonstrar as duas possibilidades para os alunos, pois é uma boa alternativa para tornar a aula mais interessante e interativa” (Professor P2).</i>
<i>Dependendo da turma em que estivesse trabalhando, eu particularmente utilizaria o Tracker de forma demonstrativa e não exigiria que cada um dos estudantes realiza-se a atividade analisando os dados” (Aluno A5).</i>

Quadro 6.2 - Trechos da entrevista com os alunos.

Quanto à metodologia e os materiais utilizados, os alunos relataram que estavam bem elaborados e tiveram a liberdade de expressar as respostas de diversas maneiras. Alguns também acrescentaram outros pontos que devemos relatar (Quadro 6.3).

“A comparação dos gráficos foi bem positiva, relacionamos as grandezas físicas de uma forma diferentes das aulas tradicionais, a maneira de expressar as respostas também foi bem válida, acho que os grupos deveriam ter apresentado as respostas para o grande grupo. (Aluno A2)”

“O material impresso é necessário, caso contrário não saberíamos como proceder em algumas situações. Quando trabalho com aulas experimentais sempre dou os procedimentos que os alunos devem seguir. Em algumas atividades ficamos meio perdidos justamente por termos liberdade de optar como fazer, isso exige muito dos alunos pois eles precisam pensar mais no que estão fazendo” (Professor P1).

“A parte de modelagem ajuda a organizar as ideias, e é justamente isso o ponto fraco dos alunos, podemos ver por nos mesmos. Deveríamos sempre trabalhar assim, mas sabemos que não temos tempo, pois temos que vencer muitos conteúdos” (Professor P2).

Quadro 6.3 - Trechos da entrevista com os alunos.

Na sequência apresentamos as considerações finais e as conclusões a respeito deste trabalho.

CONSIDERAÇÕES FINAIS E CONCLUSÕES

Durante a aplicação da proposta verificamos que os alunos, exceto três, nunca tinham trabalhado com uma planilha eletrônica para estudar Física. Todos, alunos e professores, desconheciam os *softwares* Tracker e Audacity. A ferramenta com a qual os alunos mais estavam familiarizados eram as simulações computacionais.

Frente a essa realidade, a proposta didática cumpriu com o objetivo de abrir os horizontes dos alunos e professores, possibilitando-lhes um primeiro contato com algumas das possibilidades da utilização do computador no ensino de Física, e abrindo novas perspectivas para o uso de tecnologias na sua futura prática docente.

O objetivo de conduzir os licenciandos à reflexão e discussão sobre as tecnologias na sociedade versus seu uso nas escolas e suas potencialidades, como ferramenta, para levar os alunos a atingirem várias das habilidades e competências previstas nos PCN+ contou não somente com o tempo dedicado às atividades descritas nesta dissertação, mas com o restante das atividades dos alunos do PIBID conduzidas pela sua coordenadora. Foge ao escopo desta dissertação descrevê-las.

O objetivo de torná-los ativos na aprendizagem de Física com o uso de computadores foi o que teve maior destaque. Nas seis atividades propostas, os alunos tiveram a oportunidade de estudar diferentes conteúdos utilizando o computador como ferramenta na aquisição e análise dos dados experimentais e com muito engajamento, cognitivo e emocional. As atividades desenvolvidas foram simples, não exigindo a construção de circuitos ou sistemas complexos na aquisição dos dados, porque foram utilizados como sensores os próprios recursos do computador. Estes fatores somados representam aspectos positivos da escolha das atividades, e da sua elaboração na qual levou-se, em consideração dificuldades e cuidados que deve-se ter quando se pretende desenvolver atividades com tais recursos.

Mesmo tomando esses cuidados, houve uma falha no que diz respeito à introdução da atividade de modelagem, que poderia ter sido trabalhada já no segundo encontro e não no quinto, como ocorreu. Também poderíamos ter dedicado mais tempo para a discussão dos resultados, como sugerem às referências bibliográficas. Entretanto, pelo tempo que dispúnhamos, e pela pouca experiência didática, optamos por seguir e aplicar todas as seis atividades elaboradas. Cabe destacar, ainda, que o fato de que os alunos questionaram porque a atividade de modelagem não foi introduzida antes é um forte indício de que reconheceram a importância do papel central dos modelos no planejamento e interpretação dos dados.

Apesar de que não realizamos nenhum tipo de avaliação formal com os alunos, ou pré e pós-atividades para comparar o desempenho e aprendizado, consideramos satisfatórios os resultados alcançados nas tarefas resolvidas durante os encontros e entregues ao final de cada atividade, conforme detalhadamente descrito anteriormente. As colocações apresentadas nas entrevistas também demonstram a importância da aplicação deste projeto, pois os alunos se envolveram de fato com as atividades e conseguiram, ao final, expor sua ideia referente aos materiais utilizados. O grupo apresentou sugestões e metodologias, apontou dificuldades com os conteúdos, mas reconheceu a importância de terem realizado tais estudos para enriquecer ainda mais a sua formação. Essas manifestações serão de extrema importância para as nossas futuras práticas docentes.

Cabe frisar que a experiência se mostrou de grande valia para os estudantes, conforme as manifestações deles, e para o grupo de Física da UPF, que nos convidou para desenvolver novas atividades em diferentes contextos do curso de Física ao longo do próximo semestre.

Além desses pontos, o autor deste trabalho reconhece a importância de ter realizado o estudo nesta área, pois o mesmo contribuiu para a sua formação docente, mudando suas concepções sobre o ensino de Física e sobre as atividades experimentais e computacionais. Possibilitou também ter novas experiências didáticas a partir da construção de modelos e da utilização de diferentes recursos tecnológicos, despertando desta forma o interesse em prosseguir desenvolvendo atividades deste tipo.

Desta forma, esperamos ter contribuído, mesmo que modestamente, na formação de nossos futuros professores de Física despertando o interesse pela utilização das tecnologias de informação e comunicação como ferramenta didática em sala de aula e em conjunto com o laboratório de Física. Através da investigação científica, também oportunizamos um olhar crítico acerca das representações e dos modelos de sistemas físicos.

REFERÊNCIAS

- AGUIAR, C. E. **Informática para o ensino de Física**. [Material didático] Instituto de Física, Universidade do Rio de Janeiro, CEDERJ. Disponível em: <http://www.if.ufrj.br/~pef/producao_academica/material_didatico/2008/informatica_ensino_fisica.pdf>. Acesso em: 01 abr. 2014.
- AGUIAR, C. E. e LAUDARES, F. Aquisição de Dados Usando Logo e a Porta de Jogos do PC. **Revista Brasileira de Ensino de Física**, v. 23, n. 4, p. 371-380, 2001.
- AGUIAR, C. E. e PEREIRA, M. M. O computador como cronômetro. **Revista Brasileira de Ensino de Física**, v. 34, n. 3, 3303, 2012.
- ALVARENGA, B. G. de. e LUZ, A. M. R. da **Física, ensino médio**. Vol 1. São Paulo: Scipione, 2005.
- ALVARENGA, B. G. da. e LUZ, A. M. R. da. **Física, contexto & aplicações, ensino médio**. Vol 1. 1 ed.- coleção Física contexto & aplicações .São Paulo: Scipione, 2011.
- ARANTES, A. R; MIRANDA, M. S. e STUDART, N. Objetos de aprendizagem no ensino de física: usando simulações do PhET. **Física na Escola**, v. 11, n. 1, p. 27-31, 2010. Disponível em: <<http://www.sbfisica.org.br/fne/Vol11/Num1/a08.pdf>>. Acesso em: 01 abr. 2014.
- ARAUJO, I. S. **SIMULAÇÃO E MODELAGEM COMPUTACIONAIS COMO RECURSOS AUXILIARES NO ENSINO DE FÍSICA GERAL**. Tese (Doutor em Física) – Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2005. Disponível em: <<http://www.lume.ufrgs.br/handle/10183/5771>>. Acesso em: 03 abr. 2014.
- ARAUJO, I. S.; VEIT, E. A. e MOREIRA, M. A. UMA REVISÃO DA LITERATURA SOBRE ESTUDOS RELATIVOS A TECNOLOGIAS COMPUTACIONAIS NO ENSINO DE FÍSICA. **Revista Brasileira de Pesquisa em Educação em Ciências**, v. 4, n. 3, p. 5-18, 2004a. Disponível em: <<http://www.if.ufrgs.br/cref/ntef/producao/IIIEIBIEC.PDF>>. Acesso em: 17 mar. 2014.
- ARAUJO, I. S.; VEIT, E. A. e MOREIRA, M. A. Atividades de modelagem computacional no auxílio à interpretação de gráficos da Cinemática. **Revista Brasileira de Ensino de Física**, v. 26, n. 2, p. 179-184, 2004b.
- ARAUJO, I. S. e MAZUR, E. INSTRUÇÃO PELOS COLEGAS E ENSINO SOB MEDIDA: UMA PROPOSTA PARA O ENGAJAMENTO DOS ALUNOS NO PROCESSO DE ENSINO-APRENDIZAGEM DE FÍSICA. **Caderno Brasileiro de Ensino de Física**, v. 30, n. 2, p. 362-384, 2013.
- ARAÚJO, V. D. de L. O impacto das redes sociais no processo de ensino e aprendizagem. In: **Anais Eletrônicos do 3º Simpósio Hipertexto e Tecnologia na Educação**. UFPE, Recife, 2010. Disponível em: <<http://www.ufpe.br/nehte/simposio/anais/Anais-Hipertexto-2010/Veronica-Danieli-Araujo.pdf>> Acesso em: 03 abr. 2014.

BARBETA, V. B. e YAMAMOTO, I. Desenvolvimento e Utilização de um Programa de Análise de Imagens para o Estudo de Tópicos de Mecânica Clássica. **Revista Brasileira de Ensino de Física**, v. 24, n. 2, p. 158-167, 2002.

BARBOSA, A. C. de C.; CARVALHAES, C. G. e COSTA, M. V. T. A computação numérica como ferramenta para o professor de Física do Ensino Médio. **Revista Brasileira de Ensino de Física**, v. 28, n. 2, p. 249-254, 2006.

BAROSSO, M. F.; FELIPE, G. e SILVA, T. da. APLICATIVOS COMPUTACIONAIS E ENSINO DE FÍSICA. In: **Ata do X Encontro de Pesquisa em Ensino de Física**, 2006. Disponível em: <<http://www.sbf1.sbfisica.org.br/eventos/epf/x/atas/resumos/T0113-1.pdf>>. Acesso em: 27 mar. 2013.

BETZ, M. E. M. e RIBEIRO-TEIXEIRA, R. M. MATERIAL INSTRUCIONAL APRESENTANDO CONTEÚDOS DE MÉTODOS COMPUTACIONAIS PARA O ENSINO DE FÍSICA. **Caderno Brasileiro de Ensino de Física**, v. 29, n. Especial 2, p. 787-811, 2012.

BEZERRA Jr.; OLIVEIRA, L. P. de; LENZ, J. A.; SAAVEDRA, N. VIDEOANÁLISE COM O SOFTWARE LIVRE TRACKER NO LABORATÓRIO DIDÁTICO DE FÍSICA: MOVIMENTO PARABÓLICO E SEGUNDA LEI DE NEWTON. **Caderno Brasileiro de Ensino de Física**, v. 29, n. Especial 1, p. 469-490, 2012.

BLOCH, S. C. **Excel para engenheiros e cientistas**. 5 ed. São Paulo: LTC Editora, 2014.

BORGES, A. T. NOVOS RUMOS PARA O LABORATÓRIO ESCOLAR DE CIÊNCIAS. **Caderno Brasileiro de Ensino de Física**, v. 19, n. 3, p. 291-313, 2002.

_____. Implementação dos PCN em Sala de Aula: Dificuldades e Possibilidades. Coleção **explorando a física**, v.7, p. 18-23, 2006.

BRANDÃO, R. V.; ARAUJO, I. S. e VEIT, E. A. A modelagem científica de fenômenos físicos e o ensino de física. **Física na Escola**, v. 9, n. 1, p. 10-14, 2008.

_____. **Introdução à modelagem científica**. Textos de apoio ao professor de Física, v. 21, n. 6, 2010. Disponível em: <http://www.if.ufrgs.br/public/tapf/v21_n6_brandao_araujo_veit_.pdf>. Acesso em: 15 abr. 2014.

_____. A MODELAGEM CIENTÍFICA VISTA COMO UM CAMPO CONCEITUAL. **Caderno Brasileiro de Ensino de Física**, v. 28, n. 3, p. 507-545, 2011.

_____. APLICANDO MODELAGEM DIDÁTICO-CIENTÍFICA NAS AULAS DE FÍSICA. **VIII Conferência Nacional Sobre Modelagem na Educação Matemática**, Santa Maria – RS, 2013.

BRASIL. Lei Nº 9.394, de 20 de dezembro de 1996. **Diretrizes e Bases da Educação Nacional**. Brasília: Editora do Brasil; MEC, Disponível em: <http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/leis/19394.htm>. Acesso em: 15 abr. 2014.

_____. Ministério da Educação. **Rede Interativa Virtual de Educação**. Secretaria de Educação a Distância. Disponível em: <<http://rived.mec.gov.br/>>. Acesso em: 03 abr. 2014.

_____. Ministério da Educação e Desporto. **Parâmetros Curriculares Nacionais do Ensino Médio (PCNEM)**. Brasília: Ministério da Educação e Desporto 2000. Disponível em: <<http://portal.mec.gov.br/seb/arquivos/pdf/blegais.pdf>>. Acesso em: 15 abr. 2014.

_____. Portaria Nº 096, de 18 de Julho de 2013. **Regulamento do Programa Institucional de Bolsa de Iniciação à Docência**. Disponível em: <<http://www.capes.gov.br/educacao-basica/capespibid/documentos-pibid>>. Acesso em: 30 jul. 2014.

_____. Parecer CNE/CES 1.304/2001. **Diretrizes Nacionais Curriculares para os Cursos de Física**. Brasília: Ministério da Educação, 2001. Disponível em: <<http://portal.mec.gov.br/cne/arquivos/pdf/CES1304.pdf>>. Acesso em: 15 abr. 2014.

_____. Secretaria de Educação Média e Tecnologia. **PCN+ Ensino Médio: orientações educacionais complementares aos parâmetros Curriculares Nacionais**. Ciências da Natureza, Matemática e suas Tecnologias. Brasília: Ministério da Educação, Secretária da Educação Básica, 2002. Disponível em: <<http://portal.mec.gov.br/seb/arquivos/pdf/CienciasNatureza.pdf>>. Acesso em: 25 abr. 2014.

_____. Resolução CNE/CP Nº1, de 18 de Fevereiro de 2002. **Diretrizes Curriculares Nacionais para a Formação de Professores da Educação Básica, em nível superior, curso de licenciatura, de graduação plena**. Brasília: Ministério da Educação, 2002. Disponível em: <http://portal.mec.gov.br/cne/arquivos/pdf/rcp01_02.pdf>. Acesso em: 15 abr. 2014.

BRONDINO, N. C. M. e BRONDINO, O. C. UMA SUGESTÃO DE USO DE PLANILHAS ELETRÔNICAS NO ENSINO DE TRANSFORMAÇÕES LINEARES. **XL Congresso Brasileiro de Educação em Engenharia (COBENGE)**, Belém, 2012.

BROW, D. e COX, A. J. Innovative uses of video analysis. **The Physics Teacher**, v. 47, p. 145–150, 2009.

CALLONI, G. J. **A FÍSICA DOS MOVIMENTOS ANALISADA A PARTIR DE VÍDEOS DO COTIDIANO DO ALUNO: UMA PROPOSTA PARA A OITAVA SÉRIE**. Dissertação (Mestre em Ensino de Física) - Universidade Federal do Rio Grande do Sul, 2010. Disponível em: <<http://www.lume.ufrgs.br/handle/10183/28179>>. Acesso em: 22 abr. 2014.

CARDOSO, S. O. de O. e DICHMAN, A. G. SIMULAÇÃO COMPUTACIONAL ALIADA À TEORIA DA APRENDIZAGEM SIGNIFICATIVA: UMA FERRAMENTA PARA ENSINO E APRENDIZAGEM DO EFEITO FOTOELÉTRICO. **Caderno Brasileiro de Ensino de Física**, v. 29, n. Especial 2, p. 891-934, 2012.

CATELLI, F; MARTINS, J. A. e SILVA, F. S. Um estudo de cinemática com câmera digital. **Revista Brasileira de Ensino de Física**, v. 32, n. 1,1503, 2010.

CAVALCANTE, M. A. NOVAS TECNOLOGIAS NO ESTUDO DE ONDAS SONORAS. **Caderno Brasileiro de Ensino de Física**, v. 30, n. 3, p. 579-613, 2013.

_____. Medir a Velocidade do Som pode Ser Rápido e Fácil. **Física na Escola**, v. 4, n. 1, p. 29-30, 2003.

CAVALCANTE, M. A.; BONIZZIA, A e GOMES, L. C. P. O ensino e aprendizagem de física no Século XXI: sistemas de aquisição de dados nas escolas brasileiras, uma possibilidade real. **Revista Brasileira de Ensino de Física**, v. 31, n. 4, 4501, 2009.

CAVALCANTE, M. A e TAVOLARO, C. R. C. Cuidados na Utilização de Sistemas de Aquisição de Dados no Ensino de Física. **Revista Brasileira de Ensino de Física**, v. 22, n. 2, p. 247-258, 2000.

CAVALCANTE, M. A; TAVOLARO, C. R. C. e MOLISANI, E. Física com Arduino para iniciantes. **Revista Brasileira de Ensino de Física**, v. 33, n. 4, 4503, 2011.

DIAS, M. A. **UTILIZAÇÃO DE FOTOGRAFIAS ESTROBOSCÓPICAS DIGITAIS PARA O ESTUDO DA QUEDA DOS CORPOS**. Dissertação (Mestre em Ensino de Física). Universidade Federal do Rio de Janeiro, 2011. Disponível em: <http://www.if.ufrj.br/~pef/producao_academica/dissertacoes/2011_Marco_Adriano_Dias/dissertacao_Marco_Adriano_Dias.pdf>. Acesso em: 04 abr. 2014.

DIAS, M. A.; AMORIM, H. S. de. e BARROS, S. S. de. PRODUÇÃO DE FOTOGRAFIAS ESTROBOSCÓPICAS SEM LÂMPADA ESTROBOSCÓPICA. **Caderno Brasileiro de Ensino de Física**, v. 26, n. 3, p. 492-513, 2009.

DORNELES, P. F. T. **INTEGRAÇÃO ENTRE ATIVIDADES COMPUTACIONAIS E EXPERIMENTAIS COMO RECURSO INSTRUCIONAL NO ENSINO DE ELETROMAGNETISMO EM FÍSICA GERAL**. Tese (Doutor em Ciências), Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2010. Disponível em: <<http://www.lume.ufrgs.br/bitstream/handle/10183/60658/000737932.pdf?sequence=1>> Acesso em: 24 abr. 2014.

DORNELES, P. F. T.; ARAUJO, I. S. e VEIT, E. A. INTERAÇÃO ENTRE ATIVIDADES COMPUTACIONAIS E EXPERIMENTAIS COMO RECURSO INSTRUCIONAL NO ENSINO DE ELETROMAGNETISMO EM FÍSICA GERAL. **Ciência e Educação**, v. 18, n.1, p. 99-122, 2012.

FIGUEIRA, J. S. e VEIT, E. A. USANDO O EXCEL PARA MEDIDAS DE INTERVALO DE TEMPO NO LABORATÓRIO DE FÍSICA. **Revista Brasileira de Ensino de Física**, v. 26, n. 3, p. 203-211, 2004.

FIOLHAIS, C. e TRINDADE, J. Física no Computador: O Computador como uma Ferramenta no Ensino e na Aprendizagem das Ciências Físicas. **Revista Brasileira de Ensino de Física**, v. 25, n. 3, p. 259-272, 2003.

GASPAR, A.; MONTEIRO, I. C. de C. ATIVIDADES EXPERIMENTAIS DE DEMONSTRAÇÕES EM SALA DE AULA: UMA ANÁLISE SEGUNDO O REFERENCIAL DA TEORIA DE VYGOTSKY. **Investigações em Ensino de Ciências**, v. 10, n. 2, p. 227-254, 2005.

HAAG, R. Utilizando a Placa de Som do Micro PC no Laboratório Didático de Física. **Revista Brasileira de Ensino de Física**, v. 23, n. 23, p. 176-183, 2001.

HAAG, R.; ARAUJO, I. S. e VEIT, E. A. Por que e como introduzir a aquisição automática de dados no laboratório didático de Física?. **Física na Escola**, v. 6, n. 1, p. 69-74, 2005.

HEIDEMANN, L. A.; ARAUJO, I. S. e VEIT, E. A. CICLOS DE MODELAGEM: UMA PROPOSTA PARA INTEGRAR ATIVIDADES BASEADAS EM SIMULAÇÕES COMPUTACIONAIS E ATIVIDADES EXPERIMENTAIS NO ENSINO DE FÍSICA. **Caderno Brasileiro de Ensino de Física**, v. 29, n. Especial 2, p. 295-1007, 2012.

LOPES, R. e FEITOSA, E. Applets Como Recursos Pedagógicos no Ensino de Física – Aplicação em Cinemática. In: **Anais do XVIII Simpósio Nacional de Ensino de Física**, Vitória, 2009. Disponível em: http://www.cienciamao.usp.br/tudo/exibir.php?midia=snef&cod=_appletscomorecursopedago >. Acesso em: 27 mar. 2014.

MAGNO, W. M.; ARAUJO, A. E. P. de; LUCENA, M. A. e MONTARROYOS, E. Realizando experimentos didáticos com o sistema de som de um PC. **Revista Brasileira de Ensino de Física**, v. 6, n. 1, p. 117-123, 2004.

MARTINS, A. A. e GARCIA, M. N. D. Ensino de Física e as Novas Tecnologias da Informação e Comunicação: Uma Análise da Produção Recente. In: **V Encontro Nacional de Pesquisa em Educação em Ciências**, 2010. Disponível em: <http://www.nutes.ufrj.br/abrapec/viiienpec/resumos/R0529-1.pdf>>. Acesso em 04 abr. 2014.

MARTINS, M. M; RECCHI, A. M. S.; DUGATO, D. A. e LEDUR, C. M. TRACKER – SOFTWARE DE ANÁLISE DE VÍDEOS E IMAGENS PARA O ENSINO DE FÍSICA E CIÊNCIAS. In: **VI Encontro Regional de Ensino de Biologia (EREBIO – SUL)**. Disponível em: http://santoangelo.uri.br/erebiosul2013/anais/wp-content/uploads/2013/07/comunicacao/13551_153_Ana_Maria_Spohr_Recchi.pdf>. Acesso em: 27 mar. 2014.

MEDEIROS, A e MEDEIROS, C. F. de. Possibilidades e Limitações das Simulações Computacionais no Ensino da Física. **Revista Brasileira de Ensino de Física**, v. 24, n. 2, p. 77-86, 2002.

MINHOTO, P. e MEIRINHOS, M. As redes sociais na promoção da aprendizagem colaborativa: um estudo no ensino secundário. **Educação, Formação & Tecnologias**, v. 4, n. 2, p. 25-34, 2011. Disponível em: <http://educa.fcc.org.br/pdf/eduform/v04n02/v04n02a04.pdf> >Acesso em: 03 abr. 2014.

MODELLUS. Interactive Modelling with Mathematics. Disponível em: <http://modellus.fct.unl.pt/>>. Acesso em: 03 abr. 2014.

MOREIRA, M. A. **Teorias de Aprendizagem**. 2 ed. ampl., São Paulo: EDU, 2011.

OLIVEIRA, L. P. de; LENZ, J. A.; SAAVEDRA FILHO, N. C e BEZERRA Jr., A. G. Divulgando e ensinando análise de vídeo em sala de aula: experimentos de mecânica com o software *Tracker*. In: **Anais do XIX Simpósio Nacional de Ensino de Física**, Manaus, 2011. Disponível em: <http://www.sbf1.sbfisica.org.br/eventos/snef/xix/sys/resumos/T0094-1.pdf>>. Acesso em: 23 abr. 2014.

OLIVEIRA, L. P. de; LENZ, J. A.; SAAVEDRA FILHO, N. C e BEZERRA Jr., A. G. UTILIZAÇÃO DE TECNOLOGIAS DE INFORMAÇÃO E COMUNICAÇÃO PARA O ESTUDO DE MECÂNICA ATRAVÉS DE VÍDEOANÁLISE: APLICAÇÕES DESENVOLVIDAS COM O SOFTWARE *TRACKER*. In: **XXXIX Congresso Brasileiro de Educação em Engenharia** (COBENGE), Blumenau, 2011. Disponível em: <<http://www.abenge.org.br/CobengeAnteriores/2011/sextoestec/art1682.pdf>>. Acesso em: 22 abr. 2014.

OPEN SOURCE PHYSICS. Disponível em: <<http://www.compadre.org/osp/index.cfm>>. Acesso em: 22 abr. 2014.

PAIXÃO, A. C. O “A – E – I – O – U” DA CINEMÁTICA NO ENSINO MÉDIO: A CONTRIBUIÇÃO DA FOTOGRAFIA ESTROBOSCÓPICA DIGITAL NA SALA DE AULA. Dissertação (Mestre em Ensino de Física). Universidade Federal do Rio de Janeiro, 2011. Disponível em: <http://www.if.ufrj.br/~pef/producao_academica/dissertacoes/2011_Alexsander_Paixao/dissertacao_Alexsander_Paixao.pdf>. Acesso em: 22 abr. 2014.

PASCO. Disponível em: <<http://www.pasco.com/>>. Acesso em: 24 abr. 2014.

PEDRO, N. e FERREIRA, C. FACEBOOK, FÍSICA E SOCIAL NETWORK ANALYSIS. In: **Atas do II Congresso Internacional TIC e Educação**, Lisboa, 2012. Disponível em: <<http://ticeduca.ie.ul.pt/atas/pdf/337.pdf>>. Acesso em: 03 abr. 2014.

PHET Interactive Simulations. Boulder: University of Colorado, 2014. Disponível em: <<http://phet.colorado.edu/>>. Acesso em: 22 abr. 2014.

PICO. Technology. Disponível em: <<http://www.picotech.com/>>. Acesso em 24 abr. 2014.

PIETROCOLA, M. CONSTRUÇÃO E REALIDADE: O REALISMO CIENTÍFICO DE MÁRIO BUNGE E O ENSINO DE CIÊNCIAS ATRAVÉS DE MODELOS. **Investigações em Ensino de Ciência**, v. 3, n. 4, p. 213-227, 1999.

Physlet. Davidson, NC: Department of Physics. Davidson College, 2014. Disponível em: <<http://webphysics.davidson.edu/Applets/Applets.html>>. Acesso em: 22 abr. 2014.

PHYWE PHYSICS. Disponível em: <<http://www.phywe.com/345/University/TESS-expert-experiments/Experiments-Physics.htm>>. Acesso em: 24 abr. 2014.

PINHO-ALVES, J. **Atividades experimentais**: do método à prática construtivista. Tese (Doutor em Educação), Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2000.

RAMALHO, F. J; TOLEDO S. P. A e FERRARO, N. G. Os **Fundamentos da Física**. Vol 1, mecânica. 10. Ed. São Paulo: Moderna, 2009.

REZENDE, F. AS NOVAS TECNOLOGIAS NA PRÁTICA PEDAGÓGICA SOB A PERSPECTIVA CONSTRUTIVISTA. **Ensaio Pesquisa em Educação em Ciências**, v. 2, n. 1, p. 75-98, 2008.

RIO GRANDE DO SUL. Secretaria da Educação do Rio Grande do Sul. **PROPOSTA PEDAGÓGICA PARA O ENSINO MÉDIO POLITÉCNICO E EDUCAÇÃO PROFISSIONAL INTEGRADA AO ENSINO MÉDIO - 2011-2014**. Porto Alegre, 2011. Disponível em: <http://www.educacao.rs.gov.br/dados/ens_med_proposta.pdf>. Acesso em: 15 abr. 2014.

RICARDO, E. C. Implementação dos PCN em Sala de Aula: Dificuldades e Possibilidades. **Coleção Explorando o Ensino**, v. 7, 2006.

ROCHA, F. S. de; MARRANGHELLO, G. F. e LUCCHESI, M. M. Acelerômetro eletrônico e a placa Arduino para ensino de Física em tempo real. **Caderno Brasileiro de Ensino de Física**, v. 31, n. 1, p. 98-123, 2014.

ROSA, C. T. W. da. **LABORATÓRIO DIDÁTICO DE FÍSICA DA UNIVERSIDADE DE PASSO FUNDO: CONCEPÇÕES TEÓRICO-METODOLÓGICAS**. Dissertação (Mestre em Educação), Universidade de Passo Fundo, Passo Fundo, 2000.

ROSA, C. T. W. da. A experimentação como estratégia de ação no ensino de Física: Da história as novas tendências. In: ROSA, C. T. W. da.; MARASINI, S. M. e MISTURA, C. M. (orgs.). **Reflexões pedagógicas: cenários de iniciação à docência**. Subprojetos Física – Matemática – Química. Passo Fundo: Ed. Universidade de Passo Fundo, p. 19-43, 2014.

SILVA, B. L. de. e ROSA, C. T. W. da. A importância da escola na formação dos futuros professores: reflexões sobre o Pibid/Capes/UPF subprojeto Física. In: ROSA, C. T. W. da.; MARASINI, S. M. e MISTURA, C. M. (orgs.). **Reflexões pedagógicas: cenários de iniciação à docência**. Subprojetos Física – Matemática – Química. Passo Fundo: Ed. Universidade de Passo Fundo, p. 43-57, 2014.

SILVA, J. R.; GERMANO, J. S. E. e MARIANO, R. S. SimQuest - ferramenta de modelagem computacional para o ensino de Física. **Revista Brasileira de Ensino de Física**, v. 33, n. 1, 1508, 2011.

SILVA, L. F. da. e VEIT, E. A. **O microcomputador como instrumento de medida no laboratório didático de Física**. Textos de apoio ao professor de Física, v. 16, n. 2, 2005. Disponível em: <<http://www.if.ufrgs.br/ppgenfis/index.php>>. Acesso em: 24 abr. 2014.

SILVA, L. F. da. e VEIT, E. A. UMA EXPERIÊNCIA DIDÁTICA COM AQUISIÇÃO AUTOMÁTICA DE DADOS NO LABORATÓRIO DE FÍSICA NO ENSINO MÉDIO. **Experiências em Ensino de Ciências**, v. 1, p. 18-33, 2006. Disponível em: <http://if.ufmt.br/eenci/artigos/Artigo_ID12/pdf/2006_1_3_12.pdf>. Acesso em: 24 de abr. 2014.

SILVEIRA, F. L. e OSTERMANN, F. A. A INSUSTENTABILIDADE DA PROPOSTA INDUTIVISTA DE “DESCOBRIR A LEI A PARTIR DOS RESULTADOS EXPERIMENTAIS”. **Caderno Brasileiro de Ensino de Física**, v. 19, n. Especial, p. 7-27, 2002.

SISMANOGLU, B. N.; GERMANO, J. S. E.; AMORIN, J. e CAETANO, R. A utilização da filmadora digital para o estudo do movimento dos corpos. **Revista Brasileira de Ensino de Física**, v. 31, n. 1, 1501, 2009.

SOUZA, P. A. L. de; OLIVEIRA, G. S.; BENITE, C. R. M.; BENITE, A. M. C. ESTUDOS SOBRE A AÇÃO MEDIADA NO ENSINO DE FÍSICA EM AMBIENTE VIRTUAL. **Caderno Brasileiro de Ensino de Física**, v. 29, n. Especial 1, p. 420-447, 2012.

STEFFENS, C. A. **UM OLHAR SOBRE MEDIDAS EM FÍSICA**. Dissertação (Mestre em Ensino de Física) – Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2008. Disponível em: <<http://www.if.ufrgs.br/ppgenfis/index.php>>. Acesso em: 03 abr. 2014.

TAVARES, R. Animações interativas e mapas conceituais: uma proposta para facilitar a aprendizagem significativa em ciências. **Revista online Ciência & Cognição**, v. 13, n. 2, p. 99-108, 2008. Disponível em: <<http://www.fisica.ufpb.br/~romero/pdf/2008AIMC.pdf>>. Acesso em: 27 mar. 2014.

TAVARES, R. Disponível em: <<http://www.fisica.ufpb.br/~romero/>>. Acesso em: 15 abr. 2014.

TRACKER. Video Analysis and Modeling Tool. Disponível em: <<http://www.compadre.org/osp>>. Acesso em: 15 abr. 2014.

UNIVERSIDADE DE PASSO FUNDO. Disponível em: <<http://www.upf.br>>. Acesso em: 22 de abr. 2014.

VALENTE, J. A. e ALMEIDA, F. J. de. VISÃO ANALÍTICA DA INFORMÁTICA NA EDUCAÇÃO NO BRASIL: A QUESTÃO DA FORMAÇÃO DO PROFESSOR. **Revista Brasileira de Informática na Educação**, v.1, n. 1,1997.

VEIT, E. A. O LABORATÓRIO DIDÁTICO DE FÍSICA E OS PARÂMETROS CURRICULARES NACIONAIS PARA O ENSINO MÉDIO. In: **XV Simpósio Nacional de Ensino de Física**, Curitiba, 2003. Disponível em: <http://www.if.ufrgs.br/cref/ntef/producao/XVSNEF/XVSNEF_textoMesaRedonda_ElianeVeit.pdf>. Acesso: 03 abr. 2014.

VEIT, E. A e ARAUJO, I. S. MODELAGEM COMPUTACIONAL NO ENSINO DE FÍSICA. **Revista do Centro de Educação da Universidade Federal de Alagoas**. CEDU, 2005. Disponível em: <http://www.if.ufrgs.br/cref/ntef/producao/modelagem_computacional_Maceio.pdf>. Acesso em: 22 de abr. 2014.

VEIT, E. A e TEODORO, V. D. Modelagem no Ensino /Aprendizagem de Física e os Novos Parâmetros Curriculares Nacionais para o Ensino Médio. **Revista Brasileira de Ensino de Física**, v. 24, n. 2, p. 87-96, 2002.

VEIT, E. A. e MORS, P. M. **Física geral universitária: mecânica interativa**. Belo Horizonte: Editora UFMG, 2010.

VERNIER. Disponível em: <<http://www.vernier.com/>>. Acesso em: 24 abr. 2014.

YOUNG, H. D. **Física I Mecânica** / Young e Freedman; tradução Sonia Midori Yamamoto; revisão técnica Adir Moyses Luiz. 12. Ed. São Paulo : Addison Wesley, 2008.

APÊNDICE A – Guias de Atividade para o Aluno

Este apêndice contém os cinco Guias de Atividade para o Aluno (GAA) e uma questão sobre gráficos da cinemática utilizados durante a aplicação da proposta, bem como uma questão a ser resolvida em pequenos grupos, conforme pode ser visto no Quadro A.1. Os guias impressos entregues aos alunos, diferentemente dos reproduzidos aqui, possuíam um espaço maior entre as questões para a resolução.

Análise de um movimento unidimensional com aceleração constante, sob o ponto de vista da cinemática.
Questão sobre gráficos da cinemática
Análise do movimento unidimensional com aceleração constante de três roletes diferentes, sob o ponto de vista da cinemática e da lei da conservação de energia mecânica.
Discussão sobre modelagem no ensino/aprendizagem de Física.
Determinação da rapidez de propagação do som em barras metálicas de diversos materiais.
Indução eletromagnética.

Quadro A.1 - Relação das atividades desenvolvidas pelos alunos.

GUIA DE ATIVIDADE PARA O ALUNO ANÁLISE DE UM MOVIMENTO UNIDIMENSIONAL COM ACELERAÇÃO CONSTANTE, SOB O PONTO DE VISTA DA CINEMÁTICA

INTRODUÇÃO

A *cinemática* é a parte da *mecânica* que estuda o movimento dos corpos sem importar-se com as suas causas. Na presente atividade vocês vão analisar o movimento de um rolete que desce um trilho sob o ponto de vista da cinemática, utilizando uma planilha eletrônica na análise dos dados coletados.

MATERIAIS

- um computador com uma planilha eletrônica (no nosso laboratório temos o Excel);
- um relógio ou cronômetro (pode ser o de um telefone celular);
- um trilho (haste metálica com duas canaletas);
- rolete e calço de madeira, conforme a Figura A.1.



Figura A.1 - Kit experimental para o estudo de movimentos retilíneos com aceleração constante: trilho (haste metálica com duas canaletas), rolete, calço de madeira.

PROCEDIMENTOS COLETA DOS DADOS

Espera-se que vocês se dividam em grupos de três ou quatro alunos para a realização da atividade.

Caberá aos membros dos grupos de trabalho, planejarem:

- como coletar dados, com o equipamento disponível, que permitam investigar um movimento retilíneo com aceleração constante diferente de zero;
- como organizar os dados em tabelas;
- quais as informações que se poderá extrair dos dados construídos.

Levem em conta, neste planejamento, que uma medida experimental não deve ser feita uma única vez. Sugerimos que sejam feitas cinco medidas para cada situação.

Vocês deverão apresentar o planejamento ao professor e somente após passarão à coleta dos dados. Caso queiram, o registro dos dados poderá ser feito diretamente em uma planilha eletrônica, em vez de em papel.

ANÁLISE DOS DADOS

A análise de dados será feita com uma planilha eletrônica³¹.

Isso implica

- registrar os dados na planilha;
- calcular a média dos dados coletados para as cinco medidas feitas;
- construir um gráfico que permita estudar o comportamento da posição do rolete em função do tempo. (No gráfico só devem aparecer os dados experimentais, não linhas que os unam).

É importante que vocês identifiquem qual variável é dependente e qual é independente para a devida elaboração do gráfico.

Com o gráfico feito procurem responder às quatro questões que seguem:

- 1 – Qual é a forma do gráfico posição contra tempo?
- 2 – O que representa a declividade da reta tangente à curva em cada ponto?
- 3 – A declividade está aumentando ou diminuído, é positiva ou negativa?
- 4 – Que conclusão pode se chegar a partir deste gráfico?

³¹ Caso vocês tenham alguma dúvida no uso da planilha eletrônica, consultem a Ajuda da própria planilha ou chamem o professor.

Propomos, agora, que vocês construam um gráfico do deslocamento do rolete em função do quadrado do tempo e após respondam:

1 – Qual é a forma do gráfico?

2 – Que informação pode ser retirada deste gráfico?

Comparando os dois gráficos construídos, respondam à seguinte pergunta: por que se poderia denominar o procedimento aplicado a esses dados de método de linearização?

Como os dados experimentais podem ser aproximados por uma reta, concluímos que a aceleração do rolete durante seu deslocamento sobre o trilho foi constante. Tracem, com a planilha eletrônica, a chamada “curva de tendência”, ou seja, uma curva (no caso uma reta) que melhor se ajusta aos dados.

Calculuem a inclinação dessa reta. Como vocês podem extrair desses dados a aceleração do rolete? Dica: Usem as conhecidas relações da Cinemática para expressar a aceleração em função do tempo ao quadrado e do deslocamento.

Passamos agora para a análise da velocidade do rolete.

A tarefa consiste em calcular a velocidade média para cada intervalo de tempo e, após, utilizando novamente as relações da Cinemática, calcular as velocidades instantâneas.

Utilizando os dados obtidos, construam um gráfico da velocidade instantânea contra o tempo.

Tracem, novamente com a planilha eletrônica, a chamada “curva de tendência”, ou seja, uma curva (no caso uma reta) que melhor se ajusta aos dados. Calculuem a inclinação dessa reta.

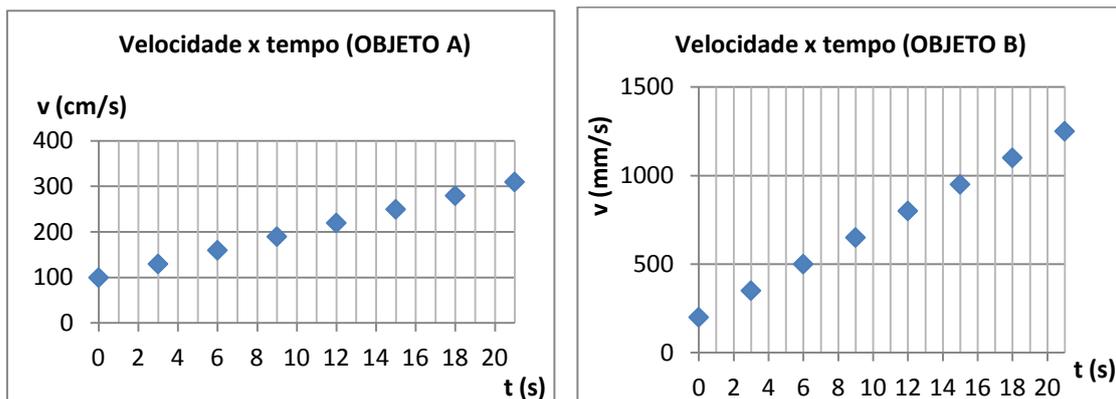
O que esta inclinação representa?

QUESTÃO SOBRE GRÁFICOS DA CINEMÁTICA

Na atividade anterior foi possível determinar experimentalmente a aceleração do rolete durante seu movimento sobre o trilho. Obtivemos o valor da aceleração analisando os gráficos construídos (deslocamento x tempo ao quadrado e da velocidade instantânea x tempo). Este valor foi obtido através da declividade da reta que corresponde ao melhor ajustamento linear dos dados, determinada pelo programa Excel através da chamada linha de tendência para cada um dos gráficos. PARABÉNS, BOM TRABALHO!

Antes de continuarmos nossas atividades, gostaríamos que vocês melhor entendessem o que significa a equação da linha de tendência obtida com o Excel, para isso, respondam as duas perguntas referentes aos gráficos que seguem.

Os gráficos estão representando a velocidade e o tempo de dois OBJETOS A e B que se movimentam em linha reta sobre um trilho.



Qual dos dois objetos se moveu com maior aceleração?

Qual a relação entre a aceleração do gráfico da esquerda e o da direita?

GUIA DE ATIVIDADE PARA O ALUNO
ANÁLISE DO MOVIMENTO UNIDIMENSIONAL COM ACELERAÇÃO CONSTANTE DE
TRÊS ROLETES DIFERENTES, SOB O PONTO DE VISTA DA CINEMÁTICA E DA LEI
DA CONSERVAÇÃO DE ENERGIA MECÂNICA

INTRODUÇÃO

Na presente atividade vocês terão a oportunidade de analisar, sob o ponto de vista da cinemática e da lei de conservação de energia, o movimento de diversos roletes que descem sobre um trilho inclinado a fim de ampliarem seus conhecimentos sobre movimentos de translação e rotação.

MATERIAIS

- um computador contendo o programa TRACKER disponível no endereço: <http://www.cabrillo.edu/~dbrown/tracker/>;
- um trilho (haste metálica com duas canaletas) e calço de madeira (igual ao utilizando na atividade anterior, Figura A.1);
- roletes formados por disco com diferentes diâmetros soldados a eixos de metal idênticos conforme Figura A.2;
- câmera fotográfica;
- tripé para câmera fotográfica.



Figura A.2 - Kit experimental para o estudo de movimentos retilíneos com aceleração constante: trilho (haste metálica com duas canaletas), roletes e calço de madeira.

PROCEDIMENTOS

Espera-se que vocês se dividam em grupos de três ou quatro alunos para avaliarem algumas questões propostas, planejarem a coleta de dados e elaborarem um modelo que descreverá o movimento em estudo. Após, deseja-se que cada um de vocês trabalhe com o próprio computador para fazer a aquisição e análise dos dados.

Esta é uma atividade aberta, onde a colaboração e a participação de todos é tarefa importante na construção do conhecimento e para o bom andamento da atividade.

Procurem discutir com seus colegas as seguintes questões:

Se duas caixas de massas diferentes forem abandonadas sobre um plano inclinado, em que as perdas de energia por atrito e resistência do ar podem ser consideradas desprezíveis, qual das duas caixas apresentará maior velocidade ao findar o plano? Essas duas velocidades poderão ser iguais? A inclinação do plano interfere na velocidade final?

Utilizando seus conhecimentos de dinâmica tente demonstrar através de equações a velocidade de cada caixa ao final do plano em função do tempo, da altura ou do ângulo de inclinação do plano.

Esta análise serve para a situação em que um rolete rola sem deslizar sobre um trilho? Justifique a sua resposta.

Se os três roletes da Figura A.2 forem abandonados de uma mesma posição, eles apresentarão a mesma velocidade ao final do plano? Segure-se que vocês façam alguns testes utilizando os roletes e o trilho para avaliar a resposta a essa questão.

Vocês teriam sugestões de como poderiam prosseguir para fazer a coleta dos dados referentes à posição em diferentes instantes de tempo?

A sugestão aqui apresentada é que seja filmado o movimento de cada rolete sobre o trilho, e a aquisição dos dados seja feita utilizando o *software* tracker. Mãos a obra!!

GUIA DE ATIVIDADE PARA O ALUNO

DISCUSSÃO SOBRE MODELAGEM NO ENSINO/APRENDIZAGEM DE FÍSICA

INTRODUÇÃO

Utilizando o recurso de vídeo, os *softwares* Tracker e Excel, investigamos experimentalmente a velocidade de translação de cada rolete sob o ponto de vista de *cinemática*.

Para isso foi imprescindível assumirmos um modelo para descrevermos tal movimento com base em nossos conhecimentos. Discutiremos agora no grande grupo o modelo adotado.

Qual é a questão foco em estudo?

Quais referentes (ou seja, objetos do mundo físico) levamos em consideração?

Que grandezas físicas estão envolvidas nesta análise? Classifique-as em grandezas dependentes ou independentes. Existem condições iniciais a serem consideradas?

Quais simplificações ou idealizações são necessárias para que esse movimento possa ser descrito por um modelo não muito complicado?

Qual é o conhecimento teórico adotado e quais relações matemáticas são necessárias para a descrição deste movimento?

Qual a teoria geral ou específica é adotada?

GUIA DE ATIVIDADE PARA O ALUNO DETERMINAÇÃO DA RAPIDEZ DE PROPAGAÇÃO DO SOM EM BARRAS METÁLICAS DE DIVERSOS MATERIAIS

INTRODUÇÃO

A Acústica é a parte da Física que estuda o som, um fenômeno ondulatório presente em todos os instantes em nossa vida. Nesta atividade, propomos que você utilize um *software* de captura, análise e geração de som para fazer o estudo de diversos sons produzidos em barras metálicas, abordando de forma atrativa os conceitos e relações que envolvem este fenômeno físico.

MATERIAIS

- um computador equipado com microfone, contendo o *software* Audacity instalado (acessado gratuitamente no endereço: <http://audacity.sourceforge.net/>), seguindo as instruções para baixá-lo e instalá-lo;
- barras metálicas de diferentes materiais (ferro, cobre, alumínio...), diâmetros (1 polegada, 1/2 polegada e 3/4 de polegada) e comprimentos (Figura A.3);
- um martelo de metal;
- uma fita métrica;
- fita adesiva.

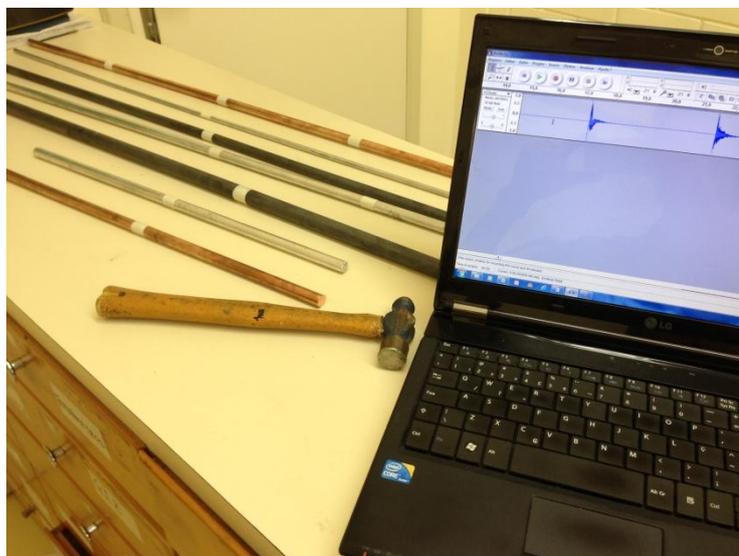


Figura A.3 - Materiais (computador, diferentes barras metálicas, martelo).

PROCEDIMENTOS

COLETA DOS DADOS

Sugere-se que o grande grupo seja dividido em subgrupos de três ou quatro alunos.

Inicialmente, propomos que vocês sugiram alguns sons para serem produzidos e capturados pelo *software* Audacity, para depois explorarmos suas ferramentas.

Procurem neste primeiro contato com o *software*:

- gravar e salvar o som gerado;
- determinar as grandezas físicas envolvidas na representação da onda sonora;
- identificar as grandezas físicas que podem ser analisadas com a ampliação da onda sonora gerada;
- interpretar os dados de seleção fornecidos pelo programa;
- analisar diferentes frequências, explorando a ferramenta de seleção;
- analisar o espectro de frequência do som gravado, interpretando o gráfico gerado;
- gerar diferentes frequências, utilizando o *software*;

Passamos, agora, para o estudo do som produzido pelas barras metálicas.

Utilizando um martelo, procure percutir de diversas formas uma das barras.

Qual é o melhor lugar para percutir a barra? Por quê?

Você nota alguma diferença no som produzido quando você segura a barra em diferentes posições?

Estas diferentes posições influenciam quais características da onda?

Existem posições na qual você segura a barra e o som gerado é ouvido por mais tempo? Quais seriam estas posições?

Que tipo de onda sonora é formada quando o som gerado tem uma duração de tempo maior? ?

Você consegue identificar (visualizar) este som com *software*?

Como você procederia para determinar a frequência do som capturado?

Você consegue determinar o comprimento de onda do som gerado a partir da posição que está segurando a barra? E o modo de vibração?

Agora que você identificou os parâmetros importantes para a geração, coleta e análise do som em barras metálicas, proceda para obter a velocidade de propagação do som em cada barra metálica, analisando o primeiro e o segundo modo normal de vibração.

Lembre-se que a velocidade das ondas progressivas que constituem a onda estacionária é:

$$v = \lambda \cdot f$$

A análise será feita a partir dos dados experimentais obtidos por todos os grupos, para cada barra metálica, de acordo com o material. Para isso, cada grupo deverá inserir os dados coletados em uma planilha eletrônica compartilhada. Utilizaremos o Google Docs para desenvolver esta planilha.

Cada grupo deverá organizar os dados coletados de forma clara e determinar a velocidade média de propagação para cada metal a partir das duas frequências obtidas.

GUIA DE ATIVIDADE PARA O ALUNO INDUÇÃO ELETROMAGNÉTICA

INTRODUÇÃO

Na presente atividade vocês terão a oportunidade de estudar o fenômeno físico de indução eletromagnética utilizando materiais de baixo custo e um *software* de captura e análise de sinais que são introduzidos na placa de som do computador (entrada de som para microfone).

MATERIAIS

- um computador equipado com microfone, contendo o *software* Audacity instalado (acessado gratuitamente no endereço: <http://audacity.sourceforge.net/>, seguindo as instruções para baixá-lo e instalá-lo);
- dois canos de PVC de 20 e 25 mm de diâmetro, com aproximadamente um metro de comprimento;
- fio de cobre esmaltado para motores elétricos número 9 AWG;
- 30 cm de fio de 2,5mm²;
- bússola;
- suporte para pilhas;
- pilhas;
- lixa;
- arruela de aço;
- tampas de caneta para quadro branco;
- três *plug* (ou plugue) do tipo P2 mono com capa plástica;
- estanhador (soldador) e estanho para solda;
- ímãs (preferencialmente neodímio-ferro-boro);
- um led;
- um ferro de soldar do tipo pistola (550W ou 750W).

PROCEDIMENTOS

Espera-se que vocês se dividam em grupos de três ou quatro alunos para avaliarem algumas questões propostas, e planejem como proceder para fazer a aquisição dos dados.

Questões:

Quando colocamos sobre a agulha de uma bússola um fio que é percorrido por uma corrente elétrica contínua, o que verificamos na bússola?

A orientação da bússola depende de alguma grandeza física?

Se a corrente for alternada qual é o resultado esperado?

Qual é a explicação para este fenômeno físico de orientação da bússola?

Vocês realizarão dois experimentos para visualizar este fenômeno.

1 - Utilize uma bússola, fio esmaltado de cobre e uma bateria de 1,5 V.

2 – Utilize uma bússola, ferro de solda e o fio de 1,5 mm².

Através desta atividade verificamos que um condutor retilíneo transportando corrente elétrica gera ao seu redor um campo magnético, e que as linhas de campo magnético dependem do sentido da corrente, podendo ser determinada pela regra da mão direita.

Se uma corrente elétrica gera um campo magnético, será que um campo magnético pode gerar uma corrente elétrica? Em que condições isso pode ocorrer?

Para responder a essa pergunta, sugerimos que você utilize o cano contendo as duas bobinas formadas pelas espiras. Ligue um LED nas extremidades do fio que forma as bobinas.

Segurando o cano na vertical, solte da extremidade superior um ímã e verifique o que acontece com o LED. Como você pode descrever este fenômeno físico?

A partir de agora, vocês usarão o *software* Audacity para estudarem as variáveis que interferem na intensidade e no sentido da corrente induzida que surge em uma bobina quando ocorre uma variação de campo magnético através da área de seção transversal. Para tal, será necessário conectar o *plug* P2 mono nas extremidades do fio que forma as duas bobinas.

Conecte o *plug* na entrada de áudio do computador e utilizando o *software* Audacity, grave o som por alguns segundos.

O que você percebe na gravação? O *software* capturou algum som?

Segurando o cano na posição vertical, solte da extremidade superior um ímã e novamente grave o som. O que você percebe na gravação? De um zoom na tela do *software* e procure dar uma explicação para o sinal capturado. Que grandeza física está sendo representada em cada eixo do gráfico?

Com este experimento percebemos que a aproximação, passagem e afastamento do ímã pelas bobinas, provocou uma variação do fluxo magnético através da área delimitada em cada uma das espiras da bobina. Esta variação do fluxo magnético gerou em cada uma das bobinas uma corrente e uma tensão (força eletromotriz) induzida nos terminais soldados ao *plug* P2 proporcional a ela. A placa de som interpreta esta tensão como um sinal de áudio e este sinal é capturado pelo *software* Audacity e representado no gráfico.

Dando sequência, vocês analisarão algumas grandezas físicas que interferem no sentido e na intensidade da corrente induzida produzida na bobina, de acordo com a variação do fluxo magnético gerado por um ímã em movimento.

Quais fatores interferem no sentido da corrente induzida produzida na bobina? Como podemos proceder para fazer esta análise? Mãos a obra!

No grande grupo, listem as variáveis que possivelmente interferem na intensidade da corrente induzida, dizendo se esta variável é diretamente ou inversamente proporcional à corrente induzida.

Procurem avaliar no grande grupo algumas destas variáveis. Os resultados serão apresentados no grande grupo, para tal capture a imagem da tela do *software* com os sinais gerados.

APÊNDICE B – Guias de Atividade para o Professor

Este apêndice contém os quatro Guias de Atividade para o Professor (GAP). Cada um dos GAP apresenta uma introdução sobre a atividade que foi desenvolvida, os objetivos gerais e específicos da atividade, os materiais e *softwares* utilizados, um embasamento teórico a cerca do conteúdo abordado, a descrição da metodologia de trabalho e os procedimentos realizados na aquisição e análise dos dados.

O leitor irá encontrar ao longo do texto, explicações sobre as ferramentas dos *softwares* utilizados, sobre os conceitos físicos envolvidos, conclusões a respeito dos resultados e sugestões e/ou cuidados que devem ser tidos na realização das atividades. O Quadro B.1 apresenta a relação das atividades desenvolvidas.

Análise de um movimento unidimensional com aceleração constante, sob o ponto de vista da cinemática.
Análise do movimento unidimensional com aceleração constante de três roletes diferentes, sob o ponto de vista da cinemática e da lei da conservação de energia mecânica.
Determinação da rapidez de propagação do som em barras metálicas de diversos materiais.
Indução eletromagnética.

Quadro B.1 - Relação das atividades.

GUIA DE ATIVIDADE PARA O PROFESSOR ANÁLISE DE UM MOVIMENTO UNIDIMENSIONAL COM ACELERAÇÃO CONSTANTE, SOB O PONTO DE VISTA DA CINEMÁTICA

INTRODUÇÃO

Durante as aulas de *Mecânica* (estudo das relações entre movimento, massa e força), um conteúdo abordado no ensino médio é o conhecido MRUV (movimento retilíneo uniformemente variado), que faz parte da *Cinemática* (que trata do movimento dos corpos sem se importar com as suas causas).

Os métodos adotados pelos docentes para abordar este conteúdo, relacionando as grandezas físicas envolvidas (*posição, deslocamento, tempo, velocidade e aceleração*), com o propósito de descrever movimentos, são os mais variados. Muitos se contentam com o “formulismo matemático”, outros exploram a construção de gráficos a partir de dados fornecidos nos livros, alguns exemplificam os fenômenos com situações cotidianas, (por exemplo, um caminhão que trafega sobre uma ponte...), ou, desenvolvem atividades experimentais variadas.

Nesta atividade faremos um estudo sobre o movimento (MRUV) de uma peça descendo um plano inclinado e buscaremos explorar o uso de *softwares* que produzem planilhas de cálculo e gráficos.

Não é o propósito deste trabalho comparar diferentes métodos de ensino, com suas vantagens e desvantagens. Propomos aqui uma atividade com o objetivo de demonstrar aos futuros docentes algumas *possibilidades* da utilização das Tecnologias da Informação e Comunicação (TICs) em sala de aula e, em conjunto com as atividades experimentais de Física.

Existem diversos modos de estudar o movimento retilíneo uniformemente variado a partir de dados coletados experimentalmente. Assim como existem *distintas maneiras* de coleta de dados, dependentes do tipo de ferramenta disponível (cronômetro, celular, relógio), e também do método adotado. Detalhamos neste material de apoio ao professor os procedimentos adotados durante a realização da atividade, assim como, a análise dos dados obtidos.

OBJETIVOS GERAIS

Oportunizar a reflexão sobre a exploração e construção de modelos de sistemas físicos voltados para a aprendizagem de Física a partir da análise do movimento de um rolete que desce um trilho, sob o ponto de vista da *Cinemática*, utilizando uma planilha eletrônica.

Desenvolver habilidades relacionadas ao trabalho em laboratório didático de Física no que se refere à coleta, organização e análise de dados.

OBJETIVOS ESPECÍFICOS

Descrever qual é a questão foco em estudo, os referentes selecionados, as idealizações assumidas, o modelo conceitual adotado e as relações teóricas.

Coletar dados da posição do movimento do rolete.

Organizar os dados em uma planilha eletrônica, identificando as variáveis e parâmetros (grandezas independentes, dependentes e condições iniciais). Calcular valores médios dos diversos dados coletados.

Calcular a velocidade média durante cada intervalo de tempo e as velocidades em cada instante.

Construir os gráficos da posição em função do tempo, do deslocamento em função do tempo ao quadrado e da velocidade instantânea em função do tempo.

A partir da análise dos gráficos do deslocamento em função do quadrado do tempo, e da velocidade instantânea em função do tempo, calcular a aceleração do rolete.

MATERIAIS

- um computador com uma planilha eletrônica (pode ser o *software* Excel, proprietário da Microsoft Office ou o *software* Cal, também chamado de Planilha, *software* livre do LibreOffice, disponível no endereço: <http://pt-br.libreoffice.org>);
- um relógio ou cronômetro (pode ser o de um telefone celular);
- um trilho (haste metálica com duas canaletas);
- rolete e calço de madeira, conforme a Figura B.1.



Figura B.1 – Kit experimental para o estudo do movimento retilíneo uniformemente variado: rolete, calço de madeira e trilho (haste metálica com duas canaletas).

EMBASAMENTO TEÓRICO

O planejamento de um experimento precisa levar em conta conhecimentos teóricos. Antes de iniciar a coleta e a análise dos dados experimentais é importante refletir sobre o modelo científico que se pretende usar para descrever o fenômeno físico em estudo. Que pergunta se pretende responder? Quais os pressupostos teóricos que serão adotados? Quais as variáveis relevantes para descrever o sistema?

A questão foco do presente estudo é: Como descrever o movimento de translação do rolete que desce pelo trilho? Ou, como varia a posição e a velocidade do rolete em função do tempo? Nosso sistema físico de interesse tem um único corpo, o rolete. Como só estamos interessados na translação, nos interessa apenas o movimento do centro de massa do rolete, situado sobre o seu eixo de simetria.

As grandezas físicas necessárias para descrever o movimento do rolete, constam no Quadro B.2.

Nome da grandeza física	[símbolo da grandeza] = unidade de medida da grandeza	Variáveis
Tempo	$[t] = s$	Independente
Posição	$[x] = mm$	Dependente
Deslocamento	$[\Delta x] = mm$	Dependente
Velocidade média	$[v_m] = mm/s$	Dependente
Velocidade instantânea	$[v] = mm/s$	Dependente
Aceleração	$[a] = mm/s^2$	Dependente

Quadro B.2 - Grandezas físicas necessárias para a descrição do movimento.

É importante resaltar que não faz sentido falar em posição e velocidade, sem deixar claro qual é o referencial adotado. Para facilitar a análise pode-se adotar como referencial um eixo paralelo ao plano inclinado, apontando no sentido de descida do plano. Também é preciso especificar qual será o ponto considerado como zero do referencial ($x = x_0$) e o instante de tempo inicial ($t = t_0$). A posição e velocidade no instante de tempo considerado inicial são chamadas de condições iniciais. Veja o Quadro B.3.

Condições iniciais	[símbolo da grandeza] = unidade de medida da grandeza
Posição inicial	$[x_0] = mm$
Velocidade inicial	$[v_0] = mm/s$

Quadro B.3 - Condições iniciais para descrição do movimento.

Vamos supor que o trilho é perfeitamente plano, sem irregularidades e que o rolete não desliza, portanto a sua aceleração será constante. A análise dos dados poderá nos levar a conclusão que essa suposição não é boa, mas se for esse o caso, poderemos melhorar o modelo posteriormente.

Em síntese, em nosso modelo o centro de massa do rolete se move com aceleração constante. Espera-se, portanto, poder descrever o movimento usando a equação:

$$x = x_0 + v_0 t + \frac{1}{2} a t^2. \quad (1)$$

Como a velocidade inicial é zero, então:

$$x - x_0 = \frac{1}{2} a t^2. \quad (2)$$

Estamos também interessados em velocidades. Então, precisamos relembrar a definição de velocidade média, dada por:

$$v_m \equiv \frac{\Delta x}{\Delta t}. \quad (3)$$

E ainda lembrar que para movimentos com aceleração constante:

$$v_m = \frac{v_0 + v}{2}, \quad (4)$$

ou seja, a velocidade média pode ser obtida da média da velocidade inicial e final do intervalo considerado. Mais ainda, essa velocidade é igual à velocidade instantânea no ponto médio do intervalo de tempo.

Por se tratar de um movimento com aceleração constante, a aceleração média (a_m) é igual à aceleração em qualquer instante de tempo (a) e por definição tem-se:

$$a = a_m \equiv \frac{\Delta v}{\Delta t}. \quad (5)$$

Concluindo o planejamento da experiência, vamos fazer medidas da posição do rolete para diferentes instantes de tempo pré-determinados, largando o rolete sempre da mesma posição e com velocidade inicial zero. Essa coleta de dados deve ser repetida diversas vezes para se obter resultados melhores. A partir desses resultados determinaremos velocidades médias e instantâneas e a aceleração do rolete.

PROCEDIMENTOS COLETA DOS DADOS

A seguir, descrevemos os procedimentos que adotamos para coletar os dados relativos à posição do objeto em relação ao tempo. Apresentamos também os dados coletados já inseridos na planilha eletrônica.

Inicialmente, o trilho foi regulado utilizando o calço de madeira com uma inclinação apropriada para permitir que o movimento do rolete ao longo de todo o trilho durasse aproximadamente 20 segundos. Esse ajuste foi feito para conseguirmos visualizar a olho nu as posições do objeto em determinados instantes de tempo (separados por intervalos de aproximadamente 3 (três) segundos).

No trilho existe uma régua graduada em milímetros que permite especificar a posição do rolete. Por isso usou-se como sistema de referência um eixo na direção e sentido da régua graduada em milímetros, sendo o zero do eixo coincidente com o zero da régua.

Para a coleta dos dados se faz necessário o envolvimento de duas pessoas (alunos), que devem proceder da seguinte maneira:

- o aluno 1 posiciona o rolete na extremidade superior do trilho, $x = x_0$ (Figura B.2);
- esse aluno ficará encarregado de visualizar as posições em que o rolete se encontra em determinados instantes de tempo e anotar tais posições (a anotação poderá ser feita em papel ou diretamente na planilha eletrônica). Também é responsável por soltar o rolete para que a partir do repouso, o mesmo inicie o movimento (Figura B.2);
- esses instantes de tempo serão mencionados pelo aluno 2, a partir do início do movimento, utilizando um cronômetro. (Ex.: 0 s, 3 s, 6 s, 9 s, 12 s, 15 s, 18 s, 21 s,...);
- a experiência foi realizada cinco vezes;
- cuidamos para não alterar a inclinação do trilho, e para não imprimir no rolete uma força quando o mesmo inicia o movimento.

Esta parte da tarefa encerra quando os dados são colocados na planilha conforme mostrado na Tabela B.1.



Figura B.2 - Aluno posicionando o rolete na extremidade superior do trilho e liberando o mesmo para dar início ao movimento.

A Tabela B.1 apresenta os valores obtidos para a posição (x) do rolete para cada instante de tempo (t) pré-determinado em cinco experimentos. É importante notar que o movimento ocorre em uma única direção, ou seja, ao longo de uma reta e por isso é dito retilíneo e que a análise está sendo efetuada em relação a um sistema de referência (eixo de coordenadas) que coincide com a graduação existente nos trilhos.

Tabela B.1 - Para cada um dos cinco lançamentos do rolete, consta o valor medido para a sua posição em diferentes instantes de tempo.

	Resultado experimental 1	Resultado experimental 2	Resultado experimental 3	Resultado experimental 4	Resultado experimental 5
t (s)	x (mm)				
0	30	30	30	30	30
3	40	40	45	45	40
6	80	75	85	90	75
9	140	130	160	170	130
12	240	220	240	250	220
15	350	340	370	370	330
18	500	510	500	500	460

ANÁLISE DOS DADOS

Passamos agora para a análise dos dados experimentais. Com os dados dispostos em uma planilha eletrônica Excel³², calculamos, para cada instante de tempo medido, o valor médio obtido para a posição em cada um dos lançamentos, resultando na Tabela B.2. Toda a análise do movimento será realizada a partir destes dados.

Tabela B.2 - Valor médio da posição em cada um dos instantes de tempo.

Média dos resultados experimentais	
t (s)	x (mm)
0	30
3	42
6	81
9	146
12	234
15	352
18	494

A partir dos dados apresentados da Tabela B.2, construímos o gráfico da posição em função do tempo do movimento do rolete.

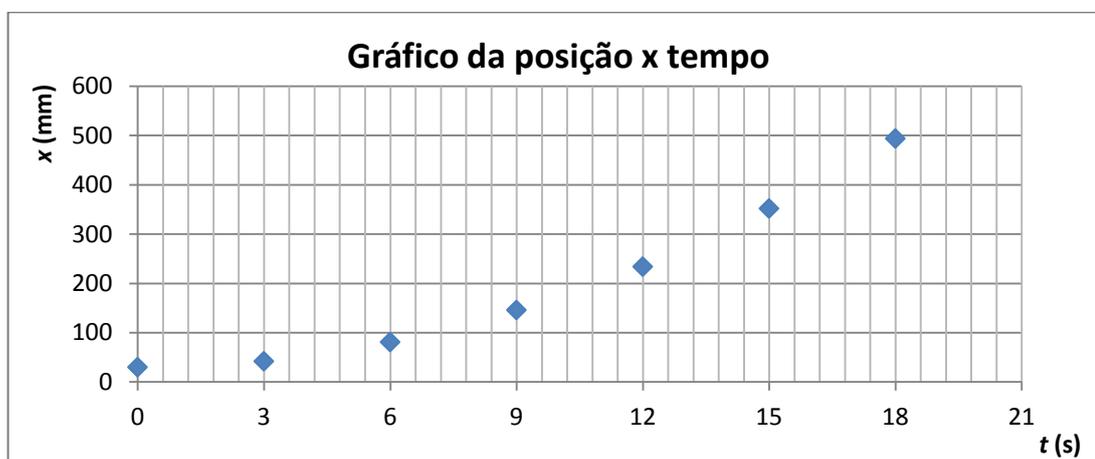


Figura B.3 - Gráfico da posição do rolete em função do tempo. (Dados constantes na Tabela B.2).

A curva da Figura B.3 se assemelha a uma parábola, porém visualmente não é possível avaliar se é, de fato, uma parábola. Para certificar-se disso, seria preciso verificar quão boa é a descrição por uma equação do segundo grau conforme as relações teóricas do modelo adotado na expressão (1). Como $v_0 = 0$ a expressão (2) indica que o deslocamento é proporcional ao

³² Caso você tenha alguma dúvida no uso da planilha eletrônica consulte a Ajuda da própria planilha. Ou como sugestão, consulte o material: *Métodos computacionais para o ensino de Física*, disponível em: <http://www.if.ufrgs.br/computador_ensino_fisica/impressao>.

tempo ao quadrado. Ou seja, um gráfico do deslocamento contra o tempo elevado ao quadrado (t^2) deve fornecer uma reta. Tal procedimento é o que se chama método de linearização, pois permite transformar uma curva (neste caso uma parábola) em uma reta. A vantagem que se tem é que visualmente se pode averiguar quão boa é a reta para descrever os resultados experimentais.

A Tabela B.3 relaciona os quadrados dos tempos com o deslocamento do rolete ($\Delta x = x - x_0$).

Tabela B.3 - Quadrado do tempo e deslocamento do rolete.

t^2 (s ²)	Δx (mm)
0	0
9	12
36	51
81	116
144	204
225	322
324	464

Utilizando os dados da Tabela B.3, construímos o gráfico do deslocamento contra o quadrado do tempo.

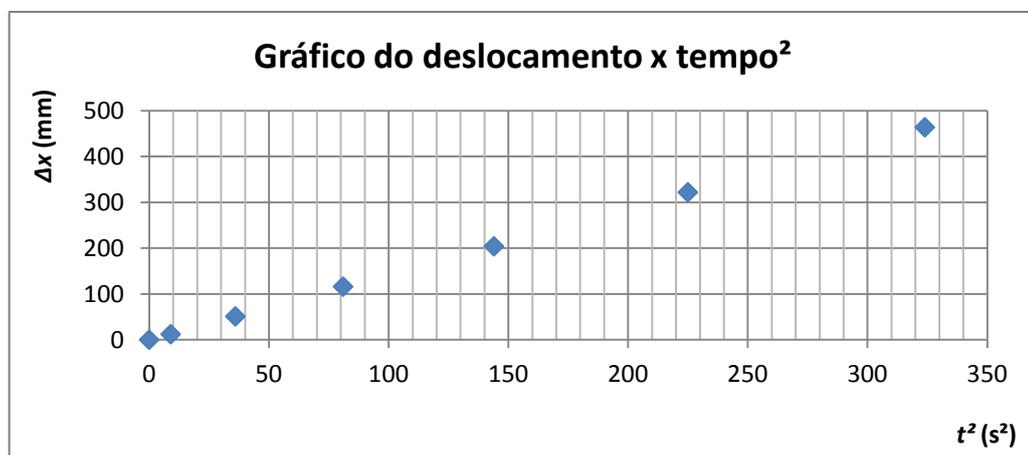


Figura B.4 - Gráfico do deslocamento do rolete contra o quadrado do tempo. (Dados da Tabela B.3).

Como pode ser observado na Figura B.4, o deslocamento aumenta em função do quadrado do tempo de forma aparentemente linear, mostrando que foi apropriada a suposição de que a aceleração do rolete seria constante durante o movimento. Para melhor caracterizar o comportamento, podemos traçar a “linha de tendência”, ou seja, uma curva (no caso uma reta) que melhor se ajusta aos dados segundo o método dos mínimos quadrados, utilizando a própria planilha eletrônica.

Para tal, selecionamos os dados no gráfico e inserimos a função “Adicionar Linha de Tendência³³...”.

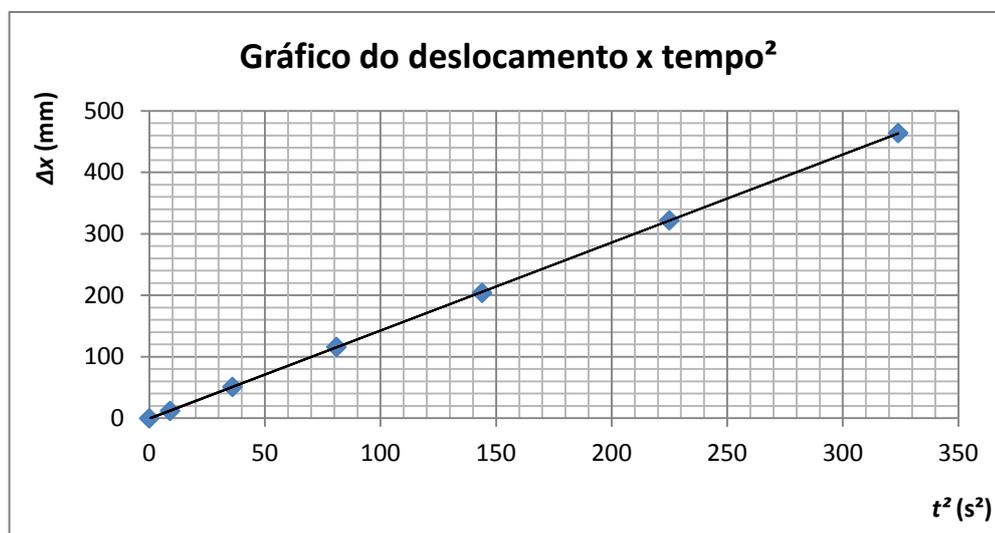


Figura B.5 - Gráfico do deslocamento do rolete contra o quadrado do tempo. A linha que une os pontos foi traçada adicionando a linha de tendência no próprio programa Excel.

Finalmente, com base no gráfico da Figura B.5, podemos calcular o valor da aceleração, pois a declividade da reta é a metade da aceleração, de acordo com a Eq. 2.

Para realizar o cálculo escolhemos os pontos (0 mm, 0 s²) e (300 mm, 210 s²), entretanto, poderíamos ter escolhido qualquer outros dois pontos da reta.

$$a = \left(\frac{300 \text{ mm} - 0 \text{ mm}}{210 \text{ s}^2 - 0 \text{ s}^2} \right) 2 = 2,86 \frac{\text{mm}}{\text{s}^2}.$$

Dando sequência, apresentamos na Tabela B.4 o deslocamento (Δx), do instante $t_0 = 0$ s até cada instante de tempo t considerado na medida da posição e a velocidade média (v_m) durante o respectivo intervalo de tempo, calculada a partir da expressão (3).

Tabela B.4 - Deslocamento e velocidade média para cada intervalo de tempo, considerado a partir de $t_0 = 0$ s.

Δt (s)	Δx (mm)	v_m (mm/s)
3	12	4,0
6	51	8,5
9	116	12,9
12	204	17,0
15	322	21,5
18	464	25,8

³³ Na planilha a opção “Opções de Linha de Tendência” permite escolher o tipo de tendência/regressão que melhor se ajusta os dados, caso desejado também é possível obter a equação da curva de ajuste do gráfico e o grau de precisão do ajustamento da curva (R^2).

Na Tabela B.4 consideramos os deslocamentos desde o instante inicial até o instante em que foi feita a medida. Calculamos, então, a velocidade instantânea no instante final do intervalo de tempo utilizando a expressão (4), que pode ser reescrita na forma

$$v = 2v_m - v_o, \quad (6)$$

considerando sempre $t_0 = 0$ s e $v_0 = 0$ mm/s. A Tabela B.5 apresenta os valores da velocidade instantânea do rolete.

Tabela B.5 - Velocidade instantânea do rolete.

t (s)	v (mm/s)
0	0,0
3	8,0
6	17,0
9	25,8
12	34,0
15	42,9
18	51,6

Para finalizar a análise dos dados, traçamos o gráfico da velocidade instantânea do rolete contra o tempo conforme Figura B.6.

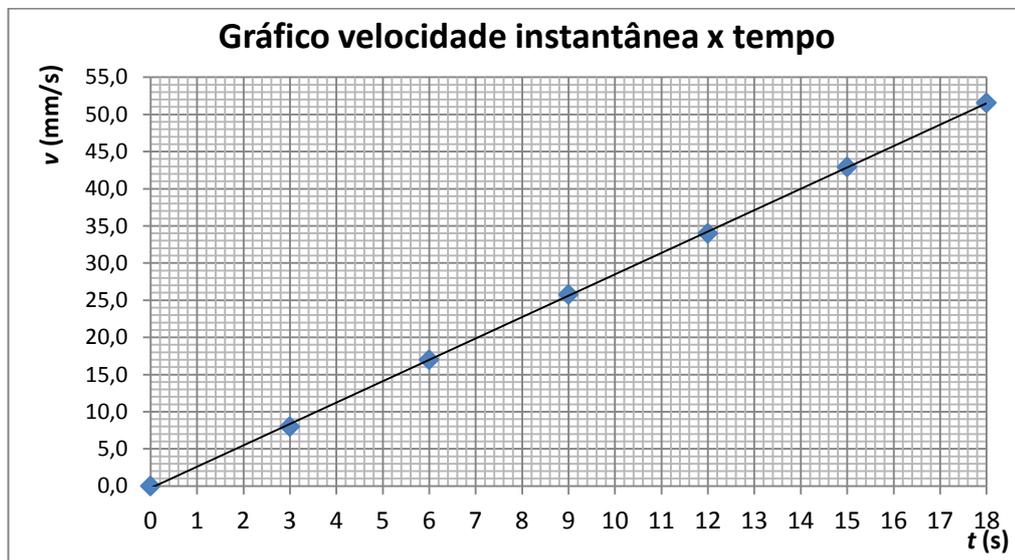


Figura B.6 - Gráfico da velocidade instantânea do rolete contra o tempo. A linha que une os pontos foi traçada adicionando a linha de tendência no próprio programa Excel.

A partir da definição de aceleração média conforme a expressão (5) e tomando por base dois pontos da reta traçada pela “linha de tendência”, determinamos a aceleração do rolete ao longo do seu deslocamento. Os pontos escolhidos foram (13,0 mm/s, 4,6 s) e (29,0

mm/s, 10,2 s). Entretanto, quaisquer outros dois pontos da reta traçada servem para determinar a aceleração.

$$a = \frac{29,0 \text{ mm/s} - 13,0 \text{ mm/s}}{10,2 \text{ s} - 4,6 \text{ s}} = \frac{16,0 \text{ mm/s}}{5,6 \text{ s}} = 2,86 \frac{\text{mm}}{\text{s}^2}.$$

Como pode ser observado, os valores da aceleração do rolete obtidos a partir da declividade das retas, nos gráficos do deslocamento contra o tempo e da velocidade instantânea contra o tempo, são consistentes, indo ao encontro do modelo adotado.

Para finalizarmos, ressaltamos que a inclinação do trilho não deve ser muito grande, para garantirmos que o rolete não deslize durante o seu movimento e esta inclinação deve ser mantida durante a aquisição dos dados. A aquisição dos dados pode ser adaptada conforme a realidade de cada turma, ficando a metodologia ao encargo dos alunos. Sugestões são dadas no quadro a seguir.

SUGESTÕES/ALTERNATIVAS METODOLÓGICAS

Podemos utilizar outros métodos para fazer a coleta dos dados referentes ao movimento do rolete. Vejam alguns deles:

Fixam-se as posições em que um aluno fará a leitura da posição do rolete. A cada deslocamento percorrido de, por exemplo, 50 mm, o aluno responsável avisa ao colega. Esse, com o cronômetro, anota o instante de tempo.

Utilizando o cronômetro regressivo, disponível em qualquer celular ou *smartphone* e até mesmo relógios. Como na sugestão anterior, fixam-se as posições e obtêm-se os instantes de tempo no próprio celular, apenas com um clic. Tome cuidado! A forma de apresentação dos intervalos de tempo varia de aparelho para aparelho, cabe a você fazer uma análise dos resultados obtidos.

Que tal filmar? Caso você tenha achado difícil obter os dados utilizando os recursos anteriores, você pode gravar o vídeo do movimento do rolete, e avançando gradativamente o vídeo, fazer as pausas necessárias para obter a posição para cada instante de tempo pausado.

GUIA DE ATIVIDADE PARA O PROFESSOR
ANÁLISE DO MOVIMENTO UNIDIMENSIONAL COM ACELERAÇÃO CONSTANTE DE
TRÊS ROLETES DIFERENTES, SOB O PONTO DE VISTA DA CINEMÁTICA E DA LEI
DA CONSERVAÇÃO DE ENERGIA MECÂNICA

INTRODUÇÃO

Em muitas situações cotidianas temos a combinação de movimentos de translação e rotação de corpos, um exemplo, é o movimento do pneu de uma bicicleta que se desloca em uma via horizontal ou sobe e desce uma ladeira. A análise deste movimento pode se tornar complexa, quando mudamos a direção do eixo em relação a qual estão ocorrendo os movimentos (no caso, isso aconteceria se a bicicleta tombasse para um dos lados).

Entretanto, o estudo destes movimentos pode ser simplificado analisando o movimento em linha reta de corpos que descem planos inclinados como, por exemplo, a situação da Atividade anterior (Análise de um movimento unidimensional com aceleração constante, sob o ponto de vista da cinemática).

Outra forma de simplificar o estudo é aplicando a lei da conservação de energia mecânica, relacionando as transformações de energia mecânica que ocorrem durante o movimento do rolete (energia potencial gravitacional em energia cinética translacional e rotacional) que rola sobre o trilho apresentando um movimento de translação do seu centro de massa e de rotação em torno do seu eixo.

Propomos aqui, uma atividade experimental que permite a análise do movimento translacional sob o ponto de vista da *Cinemática*, e a partir desta análise propomos a aplicação da lei da conservação de energia mecânica a fim de estudarmos as suas relações.

Para a realização desta atividade utilizamos três roletes de massas diferentes, e analisamos a relação da forma geométrica de cada rolete com a velocidade de translação e as transformações de energia durante o seu movimento de rolagem sobre um trilho.

Para a aquisição dos dados, o movimento de cada rolete foi filmado e posteriormente analisado no *software* Tracker, que é gratuito e foi desenvolvido para o ensino de Física. Este *software* permite que o vídeo seja reproduzido na tela do computador, quadro a quadro, ou seja, como uma sequência de imagens. A partir destas imagens, criam-se condições para o aluno fazer a aquisição e tratamento de dados experimentais.

Para a análise dos dados faz-se necessário à formulação de um modelo que venha auxiliar na representação do fenômeno.

Com esta atividade pretendemos apresentar para os professores uma possibilidade da utilização do *software* Tracker, enriquecer o conhecimento sobre o movimento de corpos sobre planos inclinados e trabalhar noções básicas de modelagem.

OBJETIVOS GERAIS

Analisar o movimento de translação de diferentes roletes que descem um trilho sob o ponto de vista da *Cinemática*.

Formular um modelo que auxilie na representação e análise deste movimento.

Relacionar e analisar as transformações de energia que ocorrem durante o movimento, traçando gráficos a partir de dados experimentais.

Desenvolver habilidades de coleta, interpretação e organização de dados a partir de vídeos utilizando o *software* Tracker e uma planilha eletrônica.

OBJETIVOS ESPECÍFICOS

Descrever qual é questão foco em estudo, os referentes selecionados, as idealizações assumidas, o modelo conceitual adotado e as relações teóricas.

Identificar as grandezas físicas envolvidas no fenômeno físico em estudo, listando variáveis, parâmetros e condições iniciais.

Coletar dados referentes à posição ao longo do trilho e do deslocamento vertical do rolete em relação a um sistema de referência com o passar do tempo.

Traçar os gráficos da posição contra o tempo, deslocamento contra o tempo ao quadrado e velocidade de translação instantânea contra o tempo.

Determinar a velocidade translacional instantânea do rolete, assim como a aceleração.

Calcular e relacionar em um gráfico as energias: potencial gravitacional, cinética de translação e de rotação.

MATERIAIS

- um computador contendo o *software* Tracker disponível no endereço: <http://www.cabrillo.edu/~dbrown/tracker/>;
- um trilho (haste metálica com duas canaletas) e calço de madeira (igual ao utilizando na Atividade anterior);
- roletes formados por um disco com diferentes diâmetros, soldados a eixos de metal idênticos conforme Figura B.7;
- balança;

- régua ou paquímetro;
- filmadora da câmara fotográfica;
- tripé para câmara fotográfica.



Figura B.7 - Kit experimental para o estudo do movimento retilíneo uniformemente variado: trilho (haste metálica com duas canaletas), roletes formados por discos diferentes soldados em eixos idênticos e calço de madeira.

EMBASAMENTO TEÓRICO

Para esta atividade foram elaboradas duas questões foco, as mesmas estão relacionadas entre si e procuram explorar o movimento sob o ponto de vista de dois conteúdos de Física.

Questão foco 1 – Se abandonarmos a partir do repouso, roletes com massas diferentes, mas formados por eixos idênticos (Figura B.7), sobre um trilho que apresenta a mesma inclinação, a velocidade de translação ao final do trilho será a mesma para os três roletes?

Para responder esta pergunta faremos a análise do movimento do rolete considerando o mesmo referencial teórico, grandezas físicas e condições iniciais listadas e assumidas na atividade anterior (Análise de um movimento unidimensional com aceleração constante, sob o ponto de vista da cinemática). Nosso sistema de referência continua sendo um eixo paralelo ao plano inclinado, apontando no sentido de descida do plano. Os dados experimentais serão obtidos em relação ao centro do eixo do rolete e a determinação da velocidade de translação (v) será realizada com base nas relações teóricas também listas na Atividade anterior.

Questão foco 2 – Como ocorre a variação da energia cinética de translação, cinética de rotação e potencial gravitacional para cada rolete com o passar do tempo? Qual a relação entre a variação da energia e o movimento do rolete?

Nesta questão faz-se necessário considerar como referentes à terra, o rolete e o trilho, não listados anteriormente, por se tratar da análise de um ponto material sob o ponto de vista da *Cinemática*.

Para esta análise listamos as seguintes grandezas físicas, Quadro B.4:

Nome da grandeza física	[símbolo] = unidade de medida	Variáveis
Tempo	$[t] = s$	Independente
Altura	$[h] = m$	Dependente
Velocidade de translação	$[v] = m/s$	Dependente
Velocidade angular	$[\omega] = rad/s$	Dependente
Energia cinética de translação	$[K_t] = J$	Dependente
Energia cinética de rotação	$[K_r] = J$	Dependente
Energia potencial gravitacional	$[U] = J$	Dependente
Energia mecânica total	$[E_t] = J$	Dependente

Quadro B.4 - Grandezas físicas necessárias para a descrição do movimento.

O ponto considerado como zero de energia potencial gravitacional será a posição do rolete no final do trilho ($h_f = 0$ m). A altura (h) que o rolete se encontra a cada instante de tempo será definida a partir deste ponto de referência e a posição inicial (h_0) do rolete será considerada no instante de tempo inicial ($t = t_0$). A altura inicial e velocidade no instante de tempo considerado inicial são chamadas de condições iniciais. Veja o Quadro B.5.

Condições iniciais	[símbolo] = unidade de medida
Altura inicial	h_0 (m)
Velocidade inicial	v_0 (m/s)

Quadro B.5 - Condições iniciais para a descrição do movimento.

Nesta análise temos algumas grandezas físicas que não variam durante o movimento, estas são chamadas de parâmetros e precisam ser levadas em consideração na elaboração do modelo, conforme Quadro B.6:

Parâmetros	[símbolo] = unidade de medida
Massa do eixo	$[M_e] = kg$
Massa do disco	$[M_d] = kg$
Massa total do rolete	$[M] = kg$
Raio do eixo	$[R_1] = m$
Raio externo do disco	$[R_2] = m$
Momento de inércia do disco	$[I_d] = kg.m^2$
Momento de inércia do eixo	$[I_e] = kg.m^2$
Momento de inércia total do rolete	$[I_t] = kg.m^2$

Aceleração gravitacional	$[g] = \text{m/s}^2$
--------------------------	----------------------

Quadro B.6 - Parâmetros listados para a descrição do movimento.

Para analisarmos a variação da energia cinética de translação (K_t), vamos considerar a velocidade de translação do eixo do rolete determinada utilizando os conhecimentos da *cinemática*, e a relacionamos de acordo com:

$$K_t = \frac{1}{2} M v^2, \quad (8)$$

onde

M - massa total do rolete

v - velocidade de translação

A energia cinética de rotação (K_r) de um corpo rígido é descrita em termos da velocidade angular do rolete e de seu momento de inércia, conforme:

$$K_r = \frac{1}{2} I \omega^2, \quad (9)$$

onde

I - momento de inércia total do rolete

ω - velocidade angular do rolete

Sendo que a velocidade angular pode ser relacionada com a velocidade translacional de acordo com

$$v = R \omega, \quad (10)$$

onde R é o raio do eixo.

Devemos considerar ainda que o rolete e o eixo são formados por dois cilindros com distribuição contínua e uniforme de massa.

O momento de inércia de um corpo depende da maneira de como a sua massa é distribuída no espaço. Para um corpo com um dado eixo de rotação e uma dada massa total como é no caso de nossos roletes, quanto mais afastadas as partícula estiverem do seu eixo de rotação, maior será o momento de inércia.

O momento de inércia de corpos com formas geométricas definidas e conhecidas com distribuição contínua e uniforme de massa pode ser calculado de forma simples, de acordo com a bibliografia³⁴. Para o caso em análise, é necessário conhecer as equações: do momento

³⁴ YOUNG, H. D. **Física I Mecânica** / Young e Freedman; tradução Sonia Midori Yamamoto; revisão técnica Adir Moyses Luiz. 12. Ed. São Paulo : Addison Wesley, 2008.

de inércia de um cilindro maciço em relação ao seu eixo de rotação para o cálculo do momento de inércia do eixo; e, do momento de inércia de um cilindro oco em relação ao seu eixo de rotação, que coincide com o eixo de simetria do cilindro para o cálculo do momento de inércia do disco.

A Figura B.8 representa as formas geométricas e as respectivas equações dos momentos de inércia. Devemos lembrar que o momento de inércia sempre deve ser calculado em relação a um eixo de rotação.

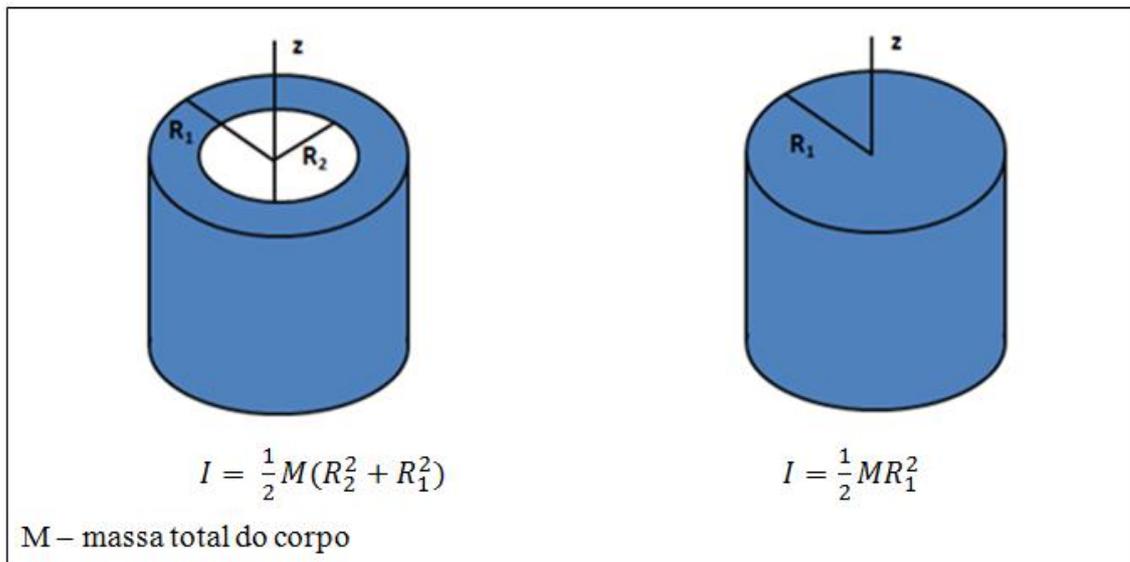


Figura B.8 - Momento de inércia para o cilindro oco e para o cilindro maciço.

O momento de inércia total do rolete (I_t) em relação ao eixo que passa pelo centro do disco e coincide com o centro de massa do rolete pode ser calculado através da soma dos momentos de inércia do eixo (I_e) e do disco (I_d), conforme as equações a seguir:

$$I_t = I_e + I_d \quad (11)$$

$$I_t = \frac{1}{2} m_e R_1^2 + \frac{1}{2} m_d (R_1^2 + R_2^2) \quad (12)$$

onde

m_e - massa do eixo

m_d - massa do disco

R_1 - raio externo do cilindro

R_2 - raio interno do cilindro

A energia potencial gravitacional em relação à última posição do rolete ($h_f = 0$), determinada no final do movimento, é dada por:

$$U = Mgh, \quad (13)$$

onde

M - massa total do corpo

g - aceleração gravitacional

h - altura em relação à última posição do rolete

De acordo com a lei da conservação de energia, a energia mecânica total do sistema (E_t) se dá pela soma da energia cinética associada ao movimento de translação (K_t), com a energia cinética associada ao movimento de rotação (K_r) e da energia potencial gravitacional (U).

$$E_t = K_t + K_r + U \quad (14)$$

$$E_t = \frac{1}{2}Mv^2 + \frac{1}{2}I_t\omega^2 + Mgh \quad (15)$$

Para a análise foi considerado que, durante o movimento, não ocorre deslizamento do eixo sobre o trilho e os dados foram coletados sempre em relação ao centro do eixo do rolete.

PROCEDIMENTOS COLETA DOS DADOS

A seguir, descrevemos os procedimentos que adotamos para coletar os dados necessários para realizar a análise dos três roletes.

Ao trabalhar com três roletes de diâmetros e massas diferentes, é necessário conhecer as propriedades geométricas de cada rolete. Utilizando uma balança analítica e um paquímetro, foram medidas a massa total do rolete formado pelo eixo e disco, a massa somente do eixo, o diâmetro do eixo e do disco de cada rolete. A Tabela B.6 apresenta os valores obtidos.

Tabela B.6 - Massa e raios dos três roletes utilizados na atividade.

Rolete	M (kg)	m_e (kg)	m_d (kg)	R_2 (m)	R_1 (m)
Rolete Pequeno	0,0201	0,00829	0,01181	0,00195	0,0155
Rolete Médio	0,0255	0,00829	0,01721	0,00195	0,0185
Rolete Grande	0,0805	0,00829	0,07221	0,00195	0,0355

Realizadas estas medidas, filmamos o movimento de cada um dos roletes e seguidamente realizamos a aquisição dos dados utilizando o *software* Tracker. Para identificar os roletes, chamaremos eles de: rolete pequeno, rolete médio e rolete grande.

A seguir, descrevemos o procedimento realizado para gravar os vídeos do movimento de cada rolete.

Inicialmente foi posicionado o tripé e a câmera filmadora em uma posição que permitisse a captura de todo o movimento do rolete ao longo do trilho. Foram realizadas três filmagens, uma para cada rolete, mantendo a inclinação do trilho constante durante as gravações, e sempre procurando soltar o rolete da mesma posição inicial, de acordo com a marcação existente no trilho.

É importante, antes de efetuar a filmagem, testar se a inclinação do trilho possibilita que cada rolete, quando solto, inicie seu movimento (rotacional e translacional) sem a aplicação de nenhuma força.

Com os três vídeos salvos (rolete_pequeno.mov, rolete_medio.mov, rolete_grande.mov)³⁵, passamos para a aquisição dos dados referentes ao movimento de translação do rolete.

Com um dos vídeos aberto (por exemplo, rolete_pequeno.mov) no *software* Tracker, inicialmente inserimos um sistema de dois eixos coordenados³⁶ x e y , cuja origem deve ser fixada no início do movimento e o eixo x orientado paralelo a a direção do trilho. O *software* nos dará a especificação da coordenada da posição do rolete em relação a este sistema de referência. Seguidamente o *software* deverá ser calibrado³⁷ a partir de uma medida de comprimento conhecida e observada no vídeo (Figura B.9).

Durante a reprodução do vídeo, o tempo é obtido a partir da taxa de quadros de acordo com a filmagem. Filmagens feitas com aparelhos celular ou câmeras fotográficas digitais não profissionais, realizam gravações geralmente a uma taxa de 25 ou 30 frames/segundo.

³⁵ Os vídeos estão disponíveis em: <<http://www.if.ufrgs.br/cref/mecanica/roletes>>.

³⁶ Para inserir o eixo de coordenada basta clicar no ícone . As medidas das coordenadas em x e y serão feitas a partir deste eixo e a unidade será a mesma utilizada na calibração.

³⁷ A calibração é feita através da ferramenta da fita métrica , clicando em bastão de calibração. Esta calibração é feita a partir de uma medida real informada no vídeo e a quantidade de pontos (*pixels*) na tela. Optamos em calibrar o *software* utilizando a unidade de medida em centímetros.

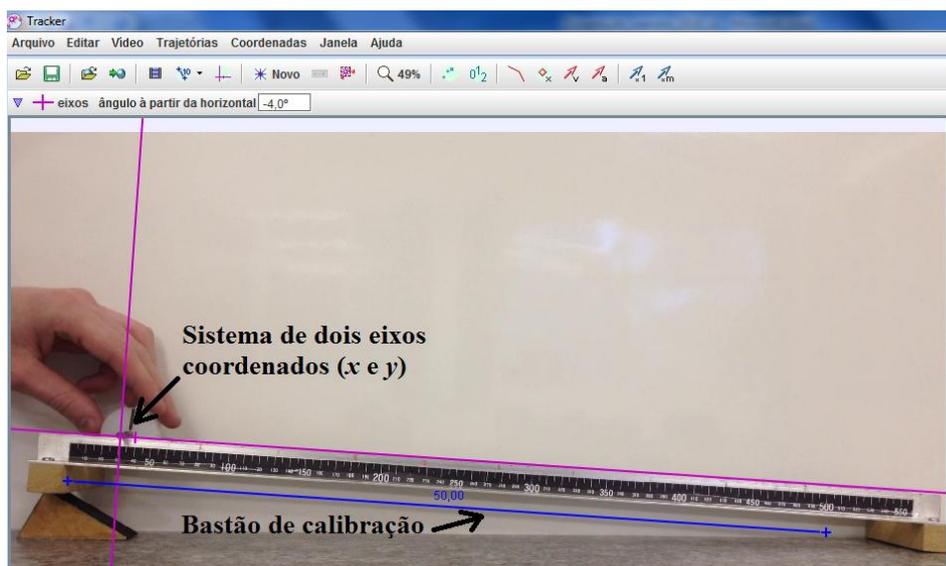


Figura B.9 – Imagem da tela do *software* Tracker. Rolete posicionado sobre o trilho, sistema de coordenadas com origem no início do movimento e bastão de calibração calibrado com a medida fornecida na canaleta.

Podemos optar em visualizar o vídeo de acordo com estes frames ao invés do tempo, para isso basta clicar na opção “tempo” e selecionar Display e frames.

É importante neste momento, desconsiderar o tempo que antecede o início do movimento do rolete. Para isso, determinamos o instante que o movimento inicia, e com a opção “set time to zero” do *software* Tracker, é possível iniciar a contagem a partir deste instante de tempo.

A posição do rolete é obtida inserindo pontos de massa³⁸ (nomenclatura do Tracker) sobre o rolete durante a reprodução do vídeo, Figura B.10. Os dados da posição do ponto de massa em relação ao sistema de referência e o respectivo tempo, são informados em uma tabela ao lado do vídeo conforme Tabela B.7. Ao inserir os pontos de massa, deve-se ter o cuidado para que os mesmos sejam inseridos sempre sobre o eixo do rolete.

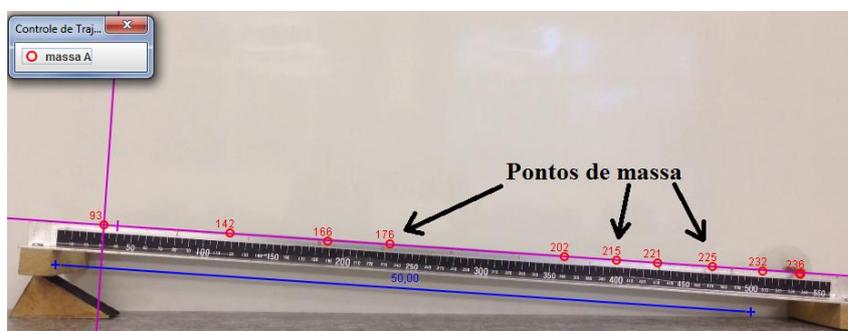


Figura B.10 - Pontos de massa inseridos sobre o eixo do rolete durante seu deslocamento sobre o trilho.

³⁸ Para inserir um ponto de massa, basta clicar em  e selecionar ponto de massa. Este ponto nos dará o controle da trajetória. Clicando sobre ele, algumas configurações quanto às marcações são possíveis de serem feitas.

A Tabela B.7 apresenta as posições x e y medidas a partir do sistema de referência para cada instante de tempo de acordo com os pontos de massa marcados no vídeo. Os dados desta tabela deverão ser gravados em um arquivo para posteriormente serem utilizados na análise.

Tabela B.7 - Posição x e y do rolete (ponto de massa) de acordo com o tempo em relação ao sistema de referência adotado.

t	x	y
0	-0	0
3,002	9,059	-0,002
4,003	16,124	-0,002
4,503	20,381	-0,001
5,003	25,09	-0
5,505	30,404	-0,001
6,005	36,102	0,001
6,305	39,656	-0,01
6,605	43,611	0
6,905	47,65	-0,002
7,105	50,315	-0,01

Note, que não é necessário seguir um intervalo de tempo igual para efetuar a marcação dos pontos de massa, no entanto, lembramos que os pontos devem coincidir com os eixos dos roletes (observe que os valores da coordenada vertical y em relação ao sistema de referência nesta atividade apresentam valores em torno de zero, indicando que todos os pontos de massa foram inseridos no centro do eixo do rolete, podendo o trilho ser considerado retilíneo).

O *software* Tracker gera o gráfico dos dados da posição x ou y em função do tempo. A Figura B.11 ilustra o gráfico da posição x do rolete em função do tempo.

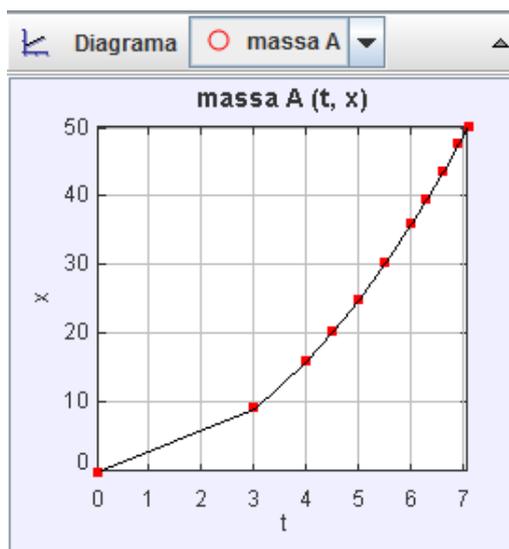


Figura B.11 - Gráfico gerado pelo *software* Tracker da posição (x) do rolete em função do tempo de acordo com os pontos de massa marcados no vídeo.

É importante observar que as grandezas físicas apresentadas na Tabela B.7 e no gráfico da Figura B.11, não apresentam unidades. As unidades deverão ser determinadas pelo usuário do *software* Tracker de acordo com a calibração. No caso apresentado (x é dado em centímetros e t em segundos).

A Figura B.12 ilustra uma tela do *software* Tracker, a área de reprodução do vídeo, o gráfico e a tabela com dados obtidos.

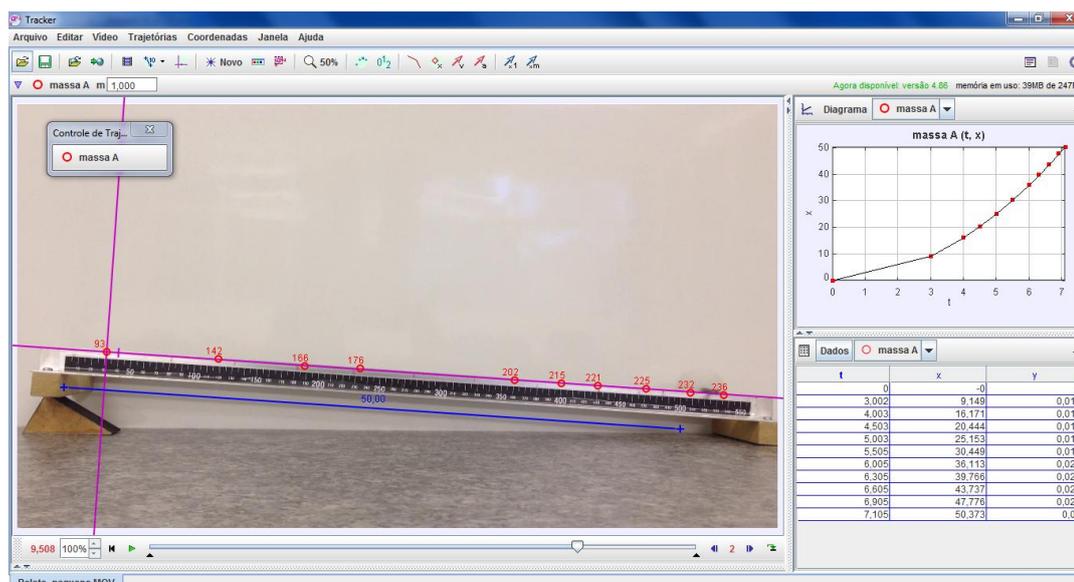


Figura B.12 - Imagem de uma tela do *software* Tracker. Pontos de massa inseridos sobre o eixo do rolete durante seu deslocamento, sistema de coordenadas, eixo de calibração, gráfico da posição (x) do rolete em relação ao tempo e tabela com os dados obtidos.

Depois de coletados os dados referentes à posição do rolete ao longo do trilho em relação ao tempo que serão utilizados para a análise translacional do rolete sob de ponto de vista da cinemática, passamos para a coleta dos dados referentes à variação de altura durante o movimento de descida sobre o plano inclinado (trilho) que possibilitaram a análise através da lei da conservação de energia.

Para fazer isso devemos novamente orientar o sistema de eixos coordenados x e y , para que agora coincida com a direção horizontal e vertical respectivamente. Seguidamente, ajustamos os eixos de tal maneira que a direção do eixo x coincida com o último ponto de massa e a direção do eixo y coincida com o primeiro ponto de massa inseridos na análise anterior. Isto permite que a posição final do rolete coincida com $h_f = 0$.

Fazendo isto, o *software* ira proporcionar uma nova tabela contendo a coordenada, horizontal e vertical de cada ponto de massa em função do tempo. A Figura B.13 ilustra o sistema de eixos coordenados em sua nova orientação e a Tabela B.8 apresenta os valores de cada ponto de massa em relação a este referencial.



Figura B.13 - Sistema de eixos coordenados (x) e (y) na direção horizontal e vertical.

Tabela B.8 - Posição horizontal (x) e vertical (y) em relação ao eixo de coordenadas mostrado na Figura B.14.

t	x	y
0	0,004	2,209
3,002	9,054	1,812
4,003	16,112	1,505
4,503	20,365	1,32
5,003	25,07	1,115
5,505	30,378	0,882
6,005	36,071	0,636
6,305	39,621	0,47
6,605	43,573	0,308
6,905	47,608	0,13
7,105	50,271	0,005

É importante ressaltar, que os valores de interesse são os da coordenada y . Estes valores nos informam a altura do ponto de massa em relação ao último ponto (de massa) e consequentemente a variação de altura durante o movimento. Os dados desta tabela logo serão utilizados para realizar a análise da conservação de energia.

Os dados da coordenada x contidos na Tabela B.8, não serão necessário para esta análise, e representam unicamente a posição do rolete em relação a horizontal. Podemos verificar que estes valores não coincidem com os valores obtidos anteriormente (Tabela B.7) quando a sistema de coordenadas coincidia com a direção do plano.

Passamos agora para a análise dos dados coletados.

ANÁLISE DOS DADOS

Nesta atividade temos três roletes formados por discos de diâmetros diferentes soldados em eixos de metal idênticos (Figura B.7). A abordagem da primeira questão foco

em estudo: análise da velocidade de translação do rolete durante seu deslocamento sobre o plano inclinado, será efetuada a partir das equações da *cinemática* para um ponto material que se move com aceleração constante.

Seguidamente utilizando a lei de conservação de energia mecânica será analisado o comportamento das energias cinética translacional, cinética rotacional e potencial gravitacional durante o deslocamento de cada um dos roletes, de acordo com a segunda questão foco.

Inicialmente realizamos a análise do movimento de translação de cada rolete ao longo do trilho.

Para a análise foram utilizados os dados da posição (x) dos roletes em função do tempo em relação ao sistema de referência paralelo ao plano, (Tabela B.7). Estes dados foram exportados para uma planilha Excel e seguindo os mesmos procedimentos da Atividade anterior foram calculados o deslocamento, a velocidade média, a velocidade instantânea e a aceleração para cada um dos roletes. As Tabelas B.9, B.10 e B.11 apresentam os resultados desta análise.

Tabela B.9 - Dados experimentais do tempo, posição, deslocamento, tempo ao quadrado, velocidade média e velocidade instantânea do movimento de translação do rolete Pequeno.

Rolete Pequeno					
t (s)	x (cm)	Δx (cm)	t^2 (s ²)	v_m (cm/s)	v (cm/s)
0,00	3,55	0,00	0,00	0,00	0,00
3,00	9,15	5,60	9,01	1,86	3,73
4,00	16,17	12,62	16,03	3,15	6,30
4,50	20,44	16,89	20,28	3,75	7,50
5,00	25,15	21,60	25,03	4,32	8,63
5,51	30,45	26,90	30,31	4,89	9,77
6,01	36,11	32,56	36,06	5,42	10,84
6,31	39,77	36,21	39,75	5,74	11,49
6,61	43,74	40,18	43,63	6,08	12,17
6,91	47,78	44,22	47,68	6,40	12,81
7,11	50,37	46,82	50,48	6,59	13,18

Tabela B.10 - Dados experimentais do tempo, posição, deslocamento, tempo ao quadrado, velocidade média e velocidade instantânea do movimento de translação do rolete Médio.

Rolete Médio					
t (s)	x (cm)	Δx (cm)	t^2 (s ²)	v_m (cm/s)	v (cm/s)
0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
3,00	6,04	6,04	9,01	2,01	4,03
4,00	10,71	10,71	16,03	2,68	5,35
5,00	16,81	16,81	25,03	3,36	6,72
6,01	24,09	24,09	36,06	4,01	8,02
6,50	28,37	28,37	42,32	4,36	8,72
7,00	32,88	32,88	49,07	4,69	9,39
7,51	37,78	37,78	56,35	5,03	10,07
8,01	43,19	43,19	64,11	5,39	10,79
8,21	45,40	45,40	67,35	5,53	11,06
8,51	48,81	48,81	72,36	5,74	11,48

Tabela B.11 - Dados experimentais do tempo, posição, deslocamento, tempo ao quadrado, velocidade média e velocidade instantânea do movimento de translação do rolete Grande.

Rolete Grande					
t (s)	x (cm)	Δx (cm)	t^2 (s ²)	v_m (cm/s)	v (cm/s)
0,00	0,04	0,00	0,00	0,00	0,00
3,00	1,07	1,03	9,02	0,34	0,68
6,01	4,37	4,32	36,06	0,72	1,44
9,01	9,72	9,68	81,15	1,07	2,15
12,01	17,41	17,37	144,28	1,45	2,89
15,01	27,64	27,60	225,40	1,84	3,68
17,02	35,54	35,50	289,51	2,09	4,17
18,02	39,94	39,89	324,60	2,21	4,43
18,82	43,71	43,67	354,07	2,32	4,64
19,32	46,18	46,14	373,20	2,39	4,78

A partir dos dados apresentados nestas tabelas, foram construídos os gráficos da posição contra o tempo, deslocamento contra o tempo ao quadrado e da velocidade instantânea contra o tempo conforme Figuras B.14, B.15 e B.16.

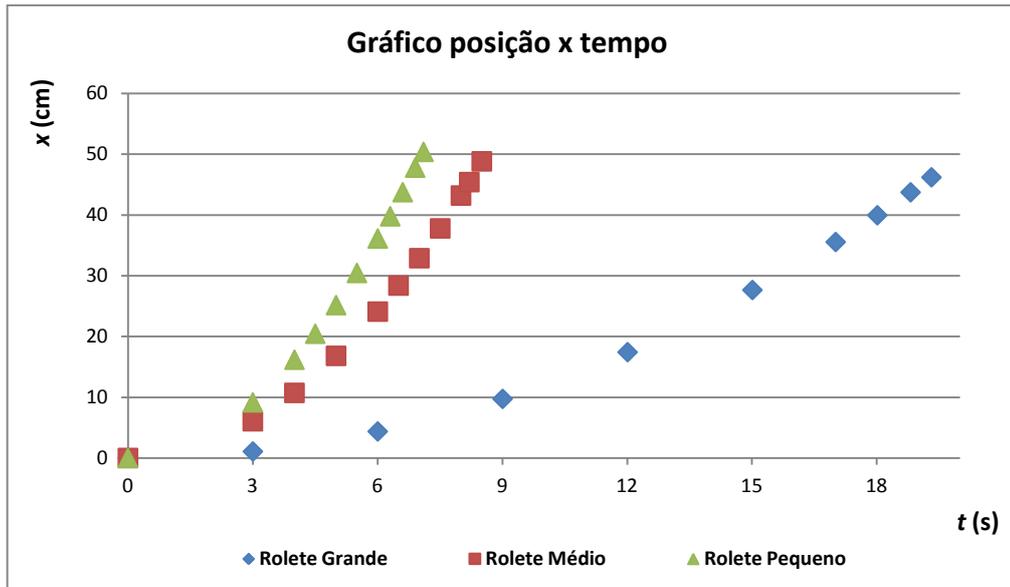


Figura B.14 - Gráfico da posição contra o tempo de cada rolete.

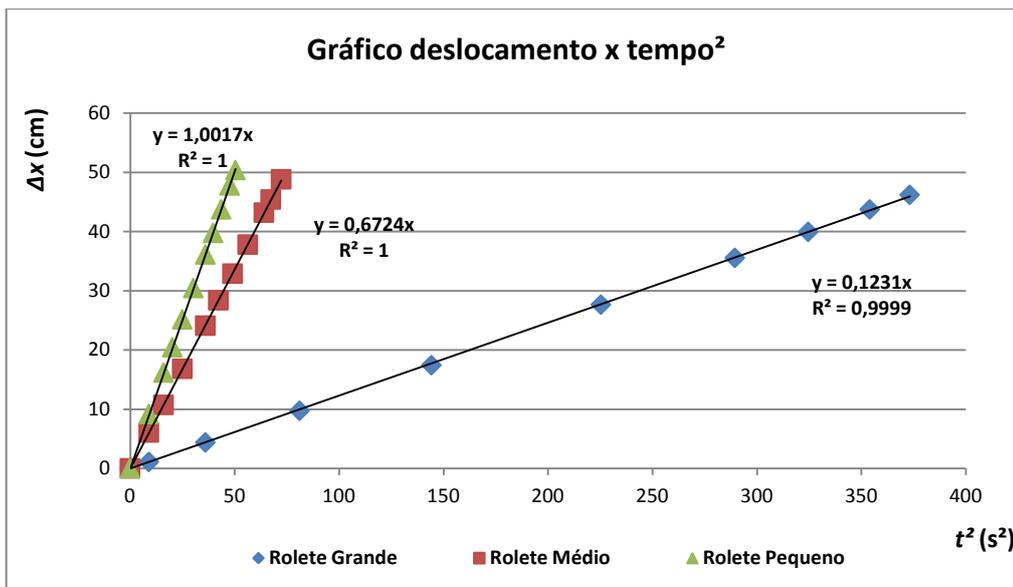


Figura B.15 - Gráfico do deslocamento contra o tempo ao quadrado dos três roletes. A linha que une os pontos foi traçada adicionando a linha de tendência no próprio programa Excel.

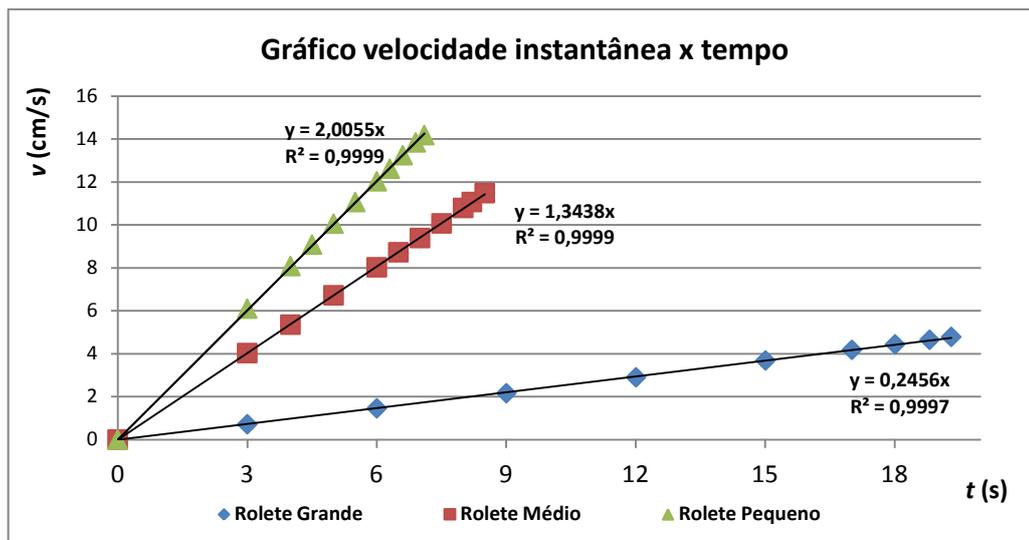


Figura B.16 - Gráfico da velocidade instantânea contra o tempo dos três roletes. A linha que une os pontos foi traçada adicionando a linha de tendência no próprio programa Excel.

Observando o gráfico do deslocamento contra o tempo ao quadrado e da velocidade instantânea contra o tempo concluímos que a aceleração translacional de cada rolete é praticamente constante, pois a equação linear tem boa aderência aos pontos experimentais conforme mostra o resíduo dos quadrados³⁹ ($R^2 \approx 1$).

O coeficiente angular da equação que corresponde ao melhor ajustamento linear dos dados, determinada pelo programa, nos fornece o valor da metade da aceleração, para o gráfico do deslocamento contra o tempo ao quadrado, e o valor da aceleração para o gráfico da velocidade instantânea contra o tempo.

Utilizando as velocidades de translação instantâneas podemos fazer a análise do comportamento da *energia mecânica total*.

A energia mecânica de translação cinética (K_t) do rolete a cada instante de tempo será calculada de acordo com a expressão (8).

Para determinar a energia cinética de rotação (K_r) faz-se necessário calcular o momento de inércia total de cada rolete de acordo com as equações apresentadas na Figura B.8. A Tabela B.12 apresenta os valores das propriedades geométricas do eixo e do disco, suas respectivas massas, antes apresentadas na Tabela B.6. A Tabela B.13 apresenta os valores calculados do momento de inércia de cada rolete.

³⁹ R^2 indica o grau de precisão de ajuste da curva. Quanto mais próximo de 1,0 o valor de R^2 , melhor o grau de relação estabelecido entre as grandezas; quanto maior R^2 tanto melhor a função escolhida reproduz os valores experimentais (SILVEIRA e OSTERMANN, 2002).

Tabela B.12 - Propriedades geométricas dos roletes.

Rolete	m_e (kg)	m_d (kg)	R_1 (m)	R_2 (m)
Rolete Pequeno	8,29E-03	1,18E-02	1,80E-03	1,57E-02
Rolete Médio	8,29E-03	1,72E-02	1,80E-03	1,83E-02
Rolete Grande	8,29E-03	7,22E-02	1,80E-03	3,57E-02

Tabela B.13 - Momento de inércia calculado para cada rolete.

Rolete	I_e (kg.m ²)	I_d (kg.m ²)	I_t (kg.m ²)
Rolete Pequeno	1,34E-08	1,47E-06	1,48E-06
Rolete Médio	1,34E-08	2,91E-06	2,92E-06
Rolete Grande	1,34E-08	4,61E-05	4,61E-05

De acordo com as Eq. 2 e 3, a energia cinética de rotação (K_r) pode ser determinada como:

$$K_r = \frac{1}{2} I \frac{v^2}{R_1^2}, \quad (16)$$

e a energia potencial gravitacional será calculada de acordo com a expressão (13), lembrando que a altura (h) do rolete é determinada a partir da posição final do rolete ($h_f = 0$). É muito importante nesta análise levar em consideração a consistência das unidades das grandezas físicas.

A energia mecânica total do sistema (E_t), a cada instante de tempo é determinada pela Eq. 8. Seus valores são apresentados nas Tabelas B.14, B.15 e B.16.

Tabela B.14 - Dados da altura, velocidade de translação, energia potencial gravitacional, energia cinética de translação e rotação e da energia mecânica total do rolete Pequeno.

Rolete Pequeno						
t (s)	y (cm)	v (m/s)	U (J)	K_t (J)	K_r (J)	E_t (J)
0,00	2,51	0,0000	4,95E-03	0,00E+00	0,00E+00	4,95E-03
3,00	2,06	0,0610	4,06E-03	3,73E-05	7,63E-04	4,86E-03
4,00	1,71	0,0808	3,37E-03	6,56E-05	1,34E-03	4,77E-03
4,50	1,49	0,0908	2,94E-03	8,29E-05	1,69E-03	4,71E-03
5,00	1,26	0,1005	2,48E-03	1,02E-04	2,08E-03	4,65E-03
5,51	0,99	0,1106	1,95E-03	1,23E-04	2,51E-03	4,58E-03
6,01	0,70	0,1203	1,39E-03	1,45E-04	2,97E-03	4,50E-03
6,31	0,52	0,1261	1,02E-03	1,60E-04	3,27E-03	4,45E-03
6,61	0,32	0,1324	6,27E-04	1,76E-04	3,60E-03	4,40E-03
6,91	0,12	0,1384	2,31E-04	1,92E-04	3,93E-03	4,36E-03
7,11	0,00	0,1418	0,00E+00	2,02E-04	4,13E-03	4,33E-03

Tabela B.15 - Dados da altura, velocidade de translação, energia potencial gravitacional, energia cinética de translação e rotação e da energia mecânica total do rolete Médio.

Rolete Médio						
t (s)	y (cm)	v (m/s)	U (J)	K_t (J)	K_r (J)	E_t (J)
0,00	2,39	0,0000	5,98E-03	0,00E+00	0,00E+00	5,98E-03
3,00	2,07	0,0403	5,19E-03	2,07E-05	6,57E-04	5,86E-03
4,00	1,86	0,0535	4,64E-03	3,65E-05	1,16E-03	5,84E-03
5,00	1,55	0,0672	3,89E-03	5,75E-05	1,83E-03	5,78E-03
6,01	1,20	0,0802	3,01E-03	8,21E-05	2,61E-03	5,70E-03
6,50	0,99	0,0872	2,47E-03	9,70E-05	3,09E-03	5,65E-03
7,00	0,77	0,0939	1,92E-03	1,12E-04	3,57E-03	5,61E-03
7,51	0,54	0,1007	1,34E-03	1,29E-04	4,11E-03	5,58E-03
8,01	0,27	0,1079	6,69E-04	1,48E-04	4,72E-03	5,54E-03
8,21	0,17	0,1106	4,18E-04	1,56E-04	4,96E-03	5,54E-03
8,51	0,00	0,1148	0,00E+00	1,68E-04	5,34E-03	5,51E-03

Tabela B.16 - Dados da altura, velocidade de translação, energia potencial gravitacional, energia cinética de translação e rotação e da energia mecânica total do rolete Grande.

Rolete Grande						
t (s)	y (cm)	v (m/s)	U (J)	K_t (J)	K_r (J)	E_t (J)
0,00	2,41	0,0000	1,90E-02	0,00E+00	0,00E+00	1,90E-02
3,00	2,36	0,0071	1,87E-02	2,05E-06	3,25E-04	1,90E-02
6,01	2,19	0,0145	1,73E-02	8,51E-06	1,35E-03	1,87E-02
9,01	1,91	0,0216	1,51E-02	1,88E-05	2,98E-03	1,81E-02
12,01	1,51	0,0290	1,19E-02	3,38E-05	5,38E-03	1,73E-02
15,01	0,99	0,0368	7,81E-03	5,46E-05	8,67E-03	1,65E-02
17,02	0,57	0,0418	4,50E-03	7,02E-05	1,12E-02	1,57E-02
18,02	0,35	0,0443	2,78E-03	7,91E-05	1,26E-02	1,54E-02
18,82	0,15	0,0465	1,19E-03	8,69E-05	1,38E-02	1,51E-02
19,32	0,02	0,0478	1,32E-04	9,20E-05	1,46E-02	1,48E-02

Com os dados apresentados nas Tabelas B.14, B.15 e B.16, construímos para cada rolete um gráfico da variação de energia cinética de translação, de rotação, potencial gravitacional e total em função do tempo. Considerando que a ordem de grandeza da energia total é pequena e as incertezas das medidas experimentais, podemos considerar que a mesma se manteve quase constante durante o movimento de descida dos roletes, apesar dos gráficos

indicarem que há pequenas perdas de energia mecânica enquanto ao rolete desce pela calha. Observa-se que a energia cinética de translação e rotação aumenta na medida que a energia potencial diminui.

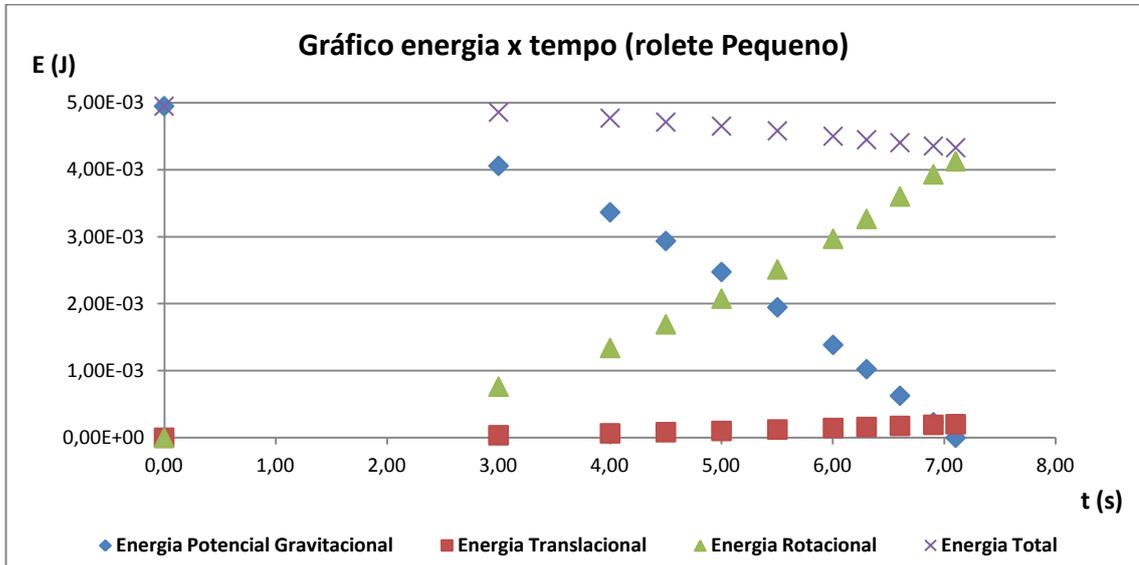


Figura B.17 - Gráfico da energia potencial gravitacional, energia translacional, energia rotacional e energia total contra o tempo do rolete Pequeno.

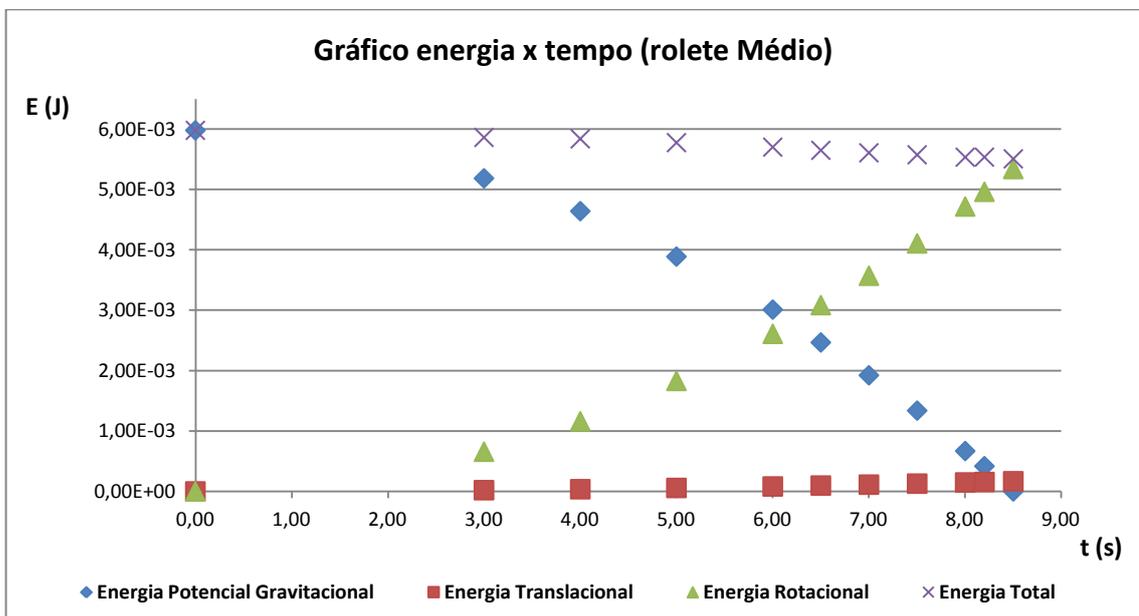


Figura B.18 - Gráfico da energia potencial gravitacional, energia translacional, energia rotacional e energia total contra o tempo do rolete Médio.

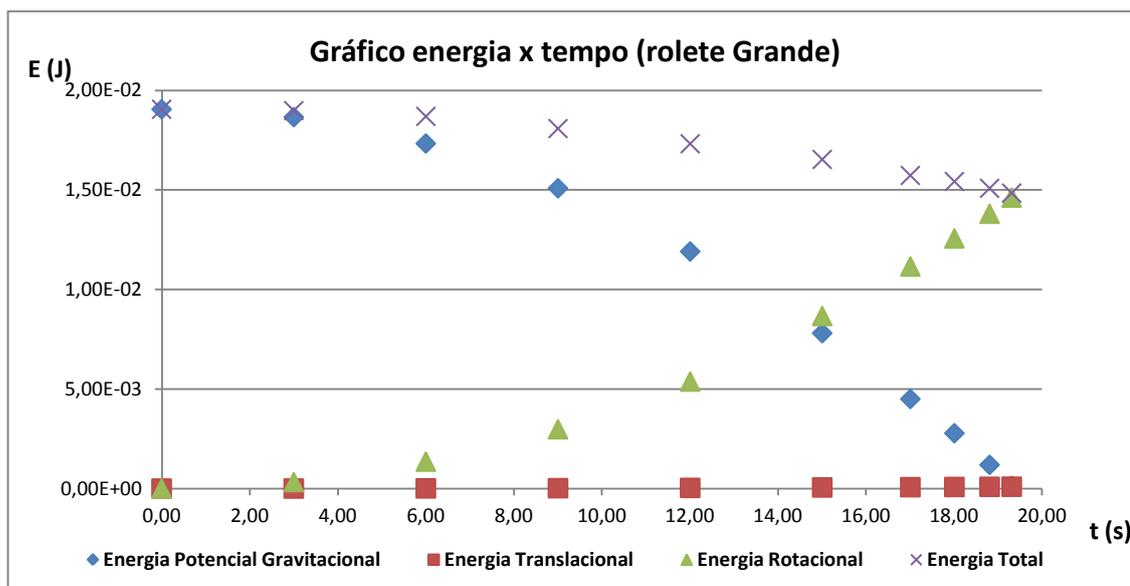


Figura B.19 - Gráfico da energia potencial gravitacional, energia translacional, energia rotacional e energia total contra o tempo do rolete Grande.

Esta atividade analisou uma situação pouco enfatizada nos livros de ensino médio. Geralmente, em tais livros, são investigadas situações onde temos caixas ou blocos que descem sobre planos inclinados. Nestas situações, a velocidade destes objetos ao findar o plano, independe da massa, sendo a inclinação do plano, a única responsável pela velocidade. Esta dependência pode ser facilmente demonstrada aplicando a segunda lei de Newton do movimento ou a lei da conservação de energia.

Para o caso dos roletes, verifica-se que a velocidade de translação ao findar o plano, não foi igual. Sendo maior, para o rolete que tem menor massa, Figura B.17, mostra claramente esta diferença. A explicação para este fenômeno pode ser dada, analisando a massa total de cada rolete, a sua distribuição em relação ao eixo, e analisando as transformações de energia que ocorrem durante a sua descida pelo trilho. Ou seja, precisamos levar em consideração o momento de inércia e associar os movimentos de translação e rotação.

Na posição inicial, o rolete Grande apresenta maior energia potencial gravitacional se comparado com os outros dois, devido a sua maior massa. Analisado os gráficos das Figuras B.17, B.18 e B.19, observa-se que este rolete, apresenta a maior conversão de energia potencial gravitacional em energia cinética de rotação, e apresenta a menor conversão de energia potencial gravitacional em energia cinética de translação. Ou seja, por ter um momento de inércia maior, necessita uma maior quantidade de energia para rotacionar, conforme o embasamento teórico, equação (9). Como consequência a velocidade de translação ao final do plano deste rolete é menor se comparado com os outros dois.

GUIA DE ATIVIDADE PARA O PROFESSOR

DETERMINAÇÃO DA RAPIDEZ DE PROPAGAÇÃO DO SOM EM BARRAS METÁLICAS DE DIVERSOS MATERIAIS

INTRODUÇÃO

Fenômenos ondulatórios estão presentes a todo o momento em nosso cotidiano, e o som é um exemplo. A Acústica é a parte da Física que estuda este fenômeno (som). Uma maneira simples de explorar este conteúdo é através das ondas sonoras senoidais, as quais possuem valores definidos para a amplitude, a frequência e o comprimento de onda.

Utilizando o *software* Audacity e algumas barras metálicas constituídas por diferentes materiais, faremos um estudo sobre ondas mecânicas. A análise do som produzido nestas barras permite que seja determinada a velocidade de propagação do som nesses materiais.

Para fazer a aquisição dos dados, o som produzido nas barras é capturado através do microfone do computador e gravado no *software* Audacity. Reproduzindo os sons no próprio *software*, e analisando os gráficos gerados, é possível relacionar as grandezas físicas envolvidas e coletar os dados necessários para determinar a velocidade de propagação do som nos materiais que constituem cada barra.

Pretende-se demonstrar para os futuros docentes uma possibilidade da utilização deste *software* de captura, análise e geração de som no estudo de Acústica, abordando de forma atrativa os conceitos e as grandezas físicas envolvidas neste fenômeno físico.

OBJETIVOS GERAIS

Determinar a velocidade (rapidez) de propagação do som em diferentes materiais sólidos utilizando o computador como instrumento para aquisição e análise dos dados experimentais.

Desenvolver habilidades de coleta, organização e compartilhamento de dados experimentais e de análise de gráficos.

OBJETIVOS ESPECÍFICOS

Utilizando o *software* Audacity analisar o som capturado pelo computador, identificando as grandezas físicas que estão sendo representadas.

Determinar a partir das grandezas físicas informadas nos gráficos o período e a frequência do som capturado.

Analisar o espectro de frequência gerado pelo *software* Audacity relacionando os modos normais de vibração com as frequências correspondentes.

Inserir os dados coletados de cada barra metálica em uma planilha eletrônica e determinar a partir das duas frequências a rapidez média de propagação do som.

Comparar os valores de rapidez obtidos experimentalmente com os valores informados na literatura.

MATERIAIS

- um computador equipado com microfone, contendo o *software* Audacity instalado (acessado gratuitamente no endereço: <http://audacity.sourceforge.net/>), seguindo as instruções para baixá-lo e instalá-lo;
- barras metálicas de diferentes materiais (ferro, cobre, alumínio), diâmetros (1 polegada, 1/2 polegada e 3/4 de polegada) e diferentes comprimentos;
- um martelo de metal;
- uma fita métrica;
- fita adesiva.

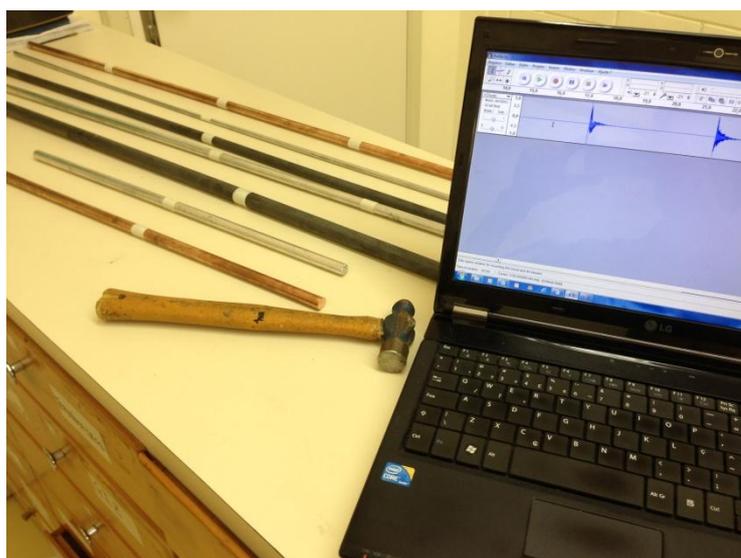


Figura B.20 - Materiais (computador, diferentes barras metálicas e martelo de metal).

EMBASAMENTO TEÓRICO

Ondas mecânicas são oscilações (vibrações) em meios materiais que surgem quando um meio elástico é perturbado, propagando-se de uma região para outra do meio. Quando uma onda mecânica se propaga, ela carrega energia mecânica.

Ondas mecânicas podem se propagar em fluidos (gases e líquidos) ou em sólidos. Quando o meio oscila na mesma direção de propagação da onda, temos a uma onda longitudinal. O som é uma onda mecânica longitudinal em qualquer tipo de meio.

Quando o som se propaga em algum meio ocorrem variações na pressão do meio, associadas a compressões e expansões, devido ao deslocamento das partículas do meio. O ouvido humano e os microfones funcionam captando as variações de pressão no ar em contato com eles.

Em muitos casos a onda sonora é produzida no ar a partir da vibração de sólidos em contato com o ar. Como exemplo, podemos citar a ação de martelar (percutir) uma barra metálica (Figura B.21). Essa pancada (martelada) produz oscilações na barra; como a barra está em contato com o ar, acaba gerando ondas sonoras no próprio ar.



Figura B.21 - Barra metálica sendo percutida pelo martelo de metal.

A rapidez de propagação do som pode ser medida dividindo-se a distância percorrida por um pulso sonoro pelo tempo gasto durante o percurso. Entretanto há outras maneiras de se fazer isso conforme veremos a seguir.

Para o caso de um meio como uma barra metálica, a rapidez de propagação de um pulso longitudinal depende de propriedades do meio, como a densidade (ρ) e o módulo de elasticidade (módulo de Young) (Y), sendo relacionados pela equação:

$$v = \sqrt{\frac{Y}{\rho}} \quad (17)$$

A Tabela B.17 exemplifica valores aproximados do Módulo de Young e da densidade para alguns materiais metálicos de acordo com a bibliografia consultada. A velocidade de propagação foi calculada a partir da equação (17).

Tabela B.17 - Módulo de Young, densidade e rapidez de propagação em alguns metais.

Material	Y (Pa)	ρ (kg/m ³)	v (m/s)
Alumínio	$7,0 \times 10^{10}$	$2,7 \times 10^3$	$5,1 \times 10^3$
Cobre	11×10^{10}	$8,9 \times 10^3$	$3,5 \times 10^3$
Ferro	21×10^{10}	$7,8 \times 10^3$	$5,2 \times 10^3$
Aço	20×10^{10}	$7,8 \times 10^3$	$5,1 \times 10^3$

Fonte: YOUNG, H. D. **Física I Mecânica** / Young e Freedman; tradução Sonia Midori Yamamoto; revisão técnica Adir Moyses Luiz. 12. Ed. São Paulo : Addison Wesley, 2008.

É importante notar aqui, que o material alumínio, apesar de ser menos denso do que o ferro e o aço apresenta quase a mesma rapidez de propagação, ou seja, não é correto falar que a rapidez de propagação é maior nos meios que possuem maior densidade.

Para determinar experimentalmente a rapidez de propagação do som nos metais utilizando as barras como recurso, faz-se necessário discutir os diversos modos normais de vibração possíveis para a barra. Em um modo normal todas as partes de um sistema oscilam em fase e na mesma frequência embora a amplitude de oscilação de cada parte seja diferente, variando harmonicamente no espaço.

Ao percutir a barra, conforme a Figura B.21 formam-se antinodos nas suas extremidades, ou seja, nestes pontos ocorre a vibração máxima da barra. Na região na qual a barra esta sendo segurada, temos a formação de um nó de deslocamento, região onde a vibração da barra será nula.

A Figura B.22 representa a frequência fundamental (f_1) ou primeiro harmônico de vibração de uma configuração de onda estacionária. Neste caso barra esta sendo segurada na metade ($L/2$) e tem-se um antinodo em cada extremidade, uma partícula neste ponto oscila com amplitude máxima, e no meio da barra para o caso deste harmônico, temos um nó de deslocamento, pois o deslocamento de uma partícula nesta região é nulo. É importante destacar que a representação abaixo não pode ser interpretada literalmente já que se trata de uma onda longitudinal e não uma onda transversal como a figura sugere. Todas as partes da barra vibram na própria direção na qual a extensão L está indicada.

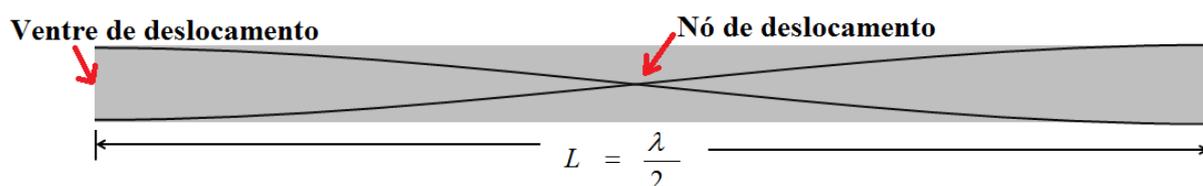


Figura B.22 – Representação da barra metálica e da frequência fundamental de vibração (f_1) de suas partículas. Neste caso a barra esta sendo segurada na metade ($L/2$), neste ponto temos um nó de deslocamento e nas extremidades um antinodo.

Durante a propagação do som nesta barra, as partículas repetem inúmeras vezes uma oscilação completa, ou um ciclo. O tempo correspondente a esta oscilação é denominado de período (T). A frequência de oscilação do meio (f) nos informa quantos ciclos são realizados por unidade de tempo. A unidade no Sistema Internacional (SI) de frequência é o hertz:

$$1 \text{ hertz} = 1 \text{ Hz} = 1 \text{ ciclos/s} = 1 \text{ s}^{-1}$$

De acordo com as definições do período (T) e da frequência (f), vemos que cada uma dessas grandezas é o inverso da outra:

$$f = \frac{1}{T}, \quad (18)$$

$$T = \frac{1}{f}. \quad (19)$$

Como a distância entre dois ventres adjacentes é sempre igual a meio comprimento de onda (λ) e, nesse caso, ele é igual ao comprimento da barra, temos:

$$\lambda = 2 \cdot L. \quad (20)$$

A partir da frequência fundamental correspondente a esse comprimento de onda, é possível determinar a rapidez de propagação do som nessa barra, de acordo com a relação:

$$v = f \cdot \lambda, \quad (21)$$

ou

$$v = f \cdot 2 \cdot L, \quad (22)$$

onde

v = rapidez de propagação

f = frequência

L = comprimento do tubo

A frequência de uma onda sonora é o fator principal que determina a **altura** de um som, a qualidade que nos permite distinguir um som 'agudo' de um 'grave'. Quanto maior for a frequência do som (dentro do intervalo audível), mais elevada será a altura do som que um ouvinte perceberá, ou seja, o som será mais agudo.

Podemos obter, ainda, outros modos normais de vibração para a mesma barra, além do primeiro harmônico. As Figuras B.23 e B.24 mostram o segundo (f_2) e o terceiro harmônico (f_3). Seus padrões de vibração apresentam dois e três nós de deslocamento, respectivamente.

Para esses, meio comprimento de onda é igual a $L/2$ e $L/3$, respectivamente, e as frequências são o dobro e o triplo da frequência fundamental, ou seja, $f_2 = 2f_1$ e $f_3 = 3f_1$.

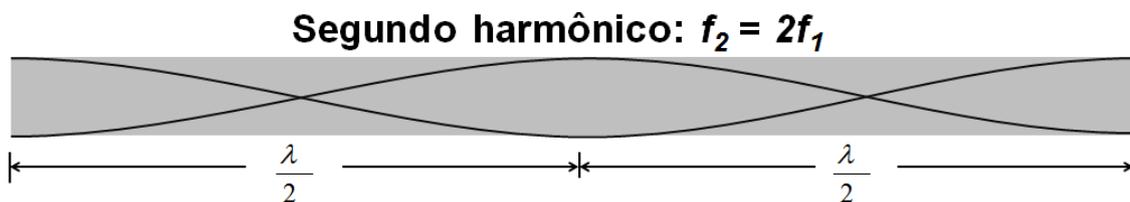


Figura B.23 – Representação da barra metálica e do segundo modo normal de vibração (f_2) de suas partículas. Neste caso a barra esta sendo segurada à $1/4$ do comprimento total, neste ponto temos um nó de deslocamento e nas extremidades um antinodo.

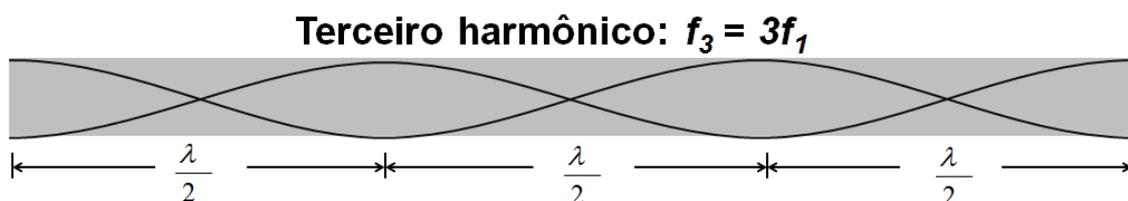


Figura B.24 - Representação da barra metálica e do terceiro modo normal de vibração (f_3) de suas partículas. Neste caso a barra esta sendo segurada à $1/6$ do comprimento total, neste ponto temos um nó de deslocamento e nas extremidades um antinodo.

Para qualquer modo normal de vibração de uma barra de comprimento (L) deve existir um múltiplo inteiro (n) de meios comprimentos de onda, e os comprimentos de onda (λ_n) possíveis são dados por:

$$\lambda_n = \frac{2L}{n}. \quad (23)$$

Desta maneira podemos determinar a velocidade do som nas diferentes barras metálicas a partir da equação:

$$v = \frac{f_n 2L}{n}. \quad (24)$$

PROCEDIMENTOS COLETA DOS DADOS

Inicialmente, produzimos vários sons percutindo com um martelo uma das barras metálicas e alterando a posição onde a segurávamos. Este som foi capturado pelo microfone do computador e salvo no *software* Audacity. Explorando as ferramentas do *software* (zoom, seleção e análise de frequência), é possível identificar e analisar a forma da onda gerada, o intervalo de duração do som, a formação das ondas sonoras estacionárias e as grandezas físicas apresentadas pelo *software* nos dois tipos gráficos gerados.

Esse primeiro contato serviu para identificar parâmetros importantes para a elaboração dos procedimentos necessários para produzir o som nas barras, coletar os dados e analisar o som, dentre eles:

- o lugar para percutir a barra é em suas extremidades no sentido longitudinal da mesma, desta forma a vibração irá se propagar ao longo da barra e no ar em contato com as extremidades, produzindo um som contínuo, limpo e durante um longo período;

- a posição onde a barra é segurada também influencia na produção deste som, esta posição deve ser na metade da barra, ou a 1/4, 1/6, 1/8 do comprimento (L), caso a barra não seja segurada nesta posição, verifica-se a produção de um som sem intensidade e sem duração, ou seja, não há formação de um som contínuo;

- alterando a posição onde seguramos a barra, estamos alterando o modo normal de vibração, como consequência, altera-se o período, a frequência e o comprimento de onda. Esta alteração pode ser percebida pela audição sem o uso do *software*, pois quanto maior o modo normal de vibração menor o comprimento de onda e conseqüentemente maior a frequência de vibração, logo escutamos um som mais agudo;

- reproduzindo o som gravado no *software*, verifica-se a formação de ondas sonoras senoidais somente depois de um intervalo de tempo, pois no início da gravação tem-se um som que corresponde à batida do martelo na barra e a análise deste som não permite que sejam identificadas as grandezas físicas necessárias para a determinação da velocidade de propagação, deve-se então eliminar esta parte do som capturado.

Em nossa atividade utilizamos barras de três materiais diferentes (alumínio, cobre e ferro), com diferentes diâmetros (Φ) (1 polegada, 1/2 polegada e 1/4 de polegada) e diferentes comprimentos (L). As barras foram identificadas por A1, A2, A3, C1, C2, F1 e F2, de acordo com o material, diâmetro e comprimento, conforme a Tabela B.18.

Tabela B.18 - Identificação de cada barra de acordo com o material, diâmetro e comprimento.

Barra	Material	Φ (in)	L (m)
A1	Alumínio	1/4	0,981
A2	Alumínio	1/4	0,981
A3	Alumínio	1/4	0,500
C1	Cobre	1/2	1,000
C2	Cobre	1/2	0,500
F1	Ferro	1/2	0,984
F2	Ferro	1	1,020

Os procedimentos descritos a seguir foram aplicados em cada uma das sete barras e os dados estão apresentados na seção “análise dos dados”.

Para produzirmos uma onda estacionária em uma barra metálica, é necessária a formação de algum modo normal de vibração. Optamos em analisar, inicialmente, o primeiro modo normal de vibração (primeiro harmônico).

A formação do primeiro modo normal de vibração ocorre quando temos um nó de deslocamento na parte central da barra metálica. Esse nó é garantido, segurando a barra nessa posição. Para tal faz-se necessário medir o comprimento total da barra (L) e determinar a posição central ($L/2$), esta posição foi marcada com a fita adesiva. Com este comprimento também é possível determinar o comprimento da onda estacionária (λ) que será formada nesta configuração de acordo com a Eq. 20.

Segurando a barra metálica na posição marcada, percutimos com o martelo uma de suas extremidades (Figura B.25). Dessa forma, produzimos ondas sonoras (ondas longitudinais) que se propagaram de uma extremidade à outra da barra, refletindo-se nas extremidades, formando uma onda estacionária.



Figura B.25 - Barra metálica sendo segurada na metade do comprimento e sendo percutida com o martelo na extremidade superior.

A Figura B.26 representa o sinal gerado pelo *software* Audacity a partir do som produzido pela barra metálica de alumínio com diâmetro de 1/4 de polegada e 0,981 m de comprimento (A1), quando segurada na posição central. O gráfico da Figura B.26 representa a flutuação da pressão capturada pelo microfone em função do tempo.

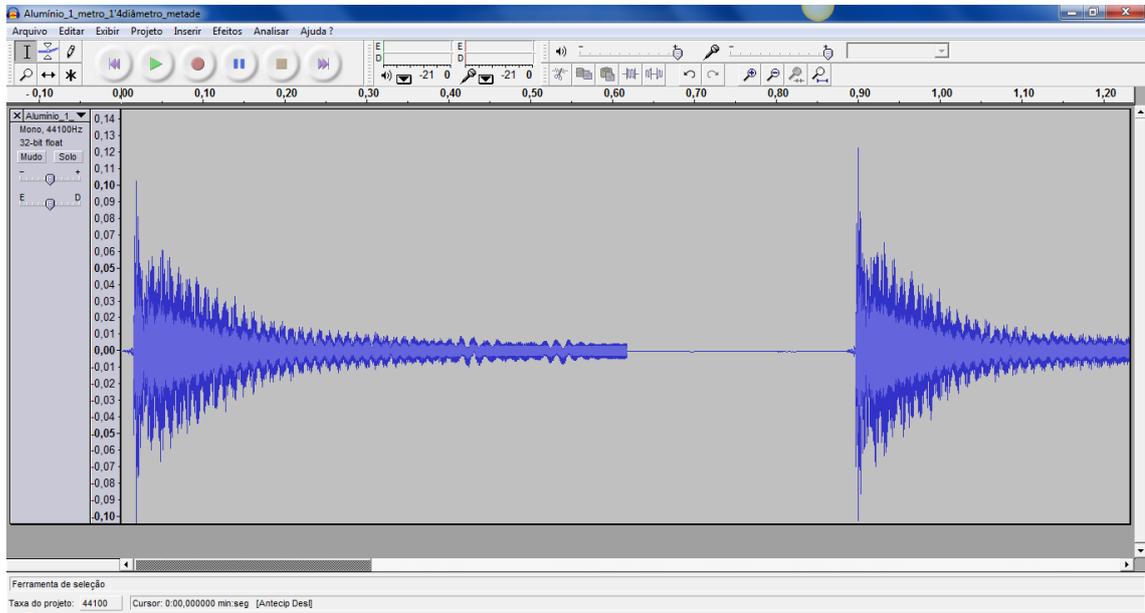


Figura B.26 - Imagem da gravação da onda sonora no *software* Audacity a partir do som produzido pela barra de alumínio com diâmetro de 1/4 de polegada e 0,981 m (A1), quando segurada em sua metade e percutida duas vezes com o martelo.

Através da ferramenta de zoom, é possível visualizar a formação de um sinal senoidal correspondente à onda estacionária no final do som capturado. A Figura B.27 apresenta o sinal total capturado e a seleção que servirá para a análise e a Figura B.28, mostra a partir da ampliação do sinal selecionado, a parte que corresponde à onda estacionária.

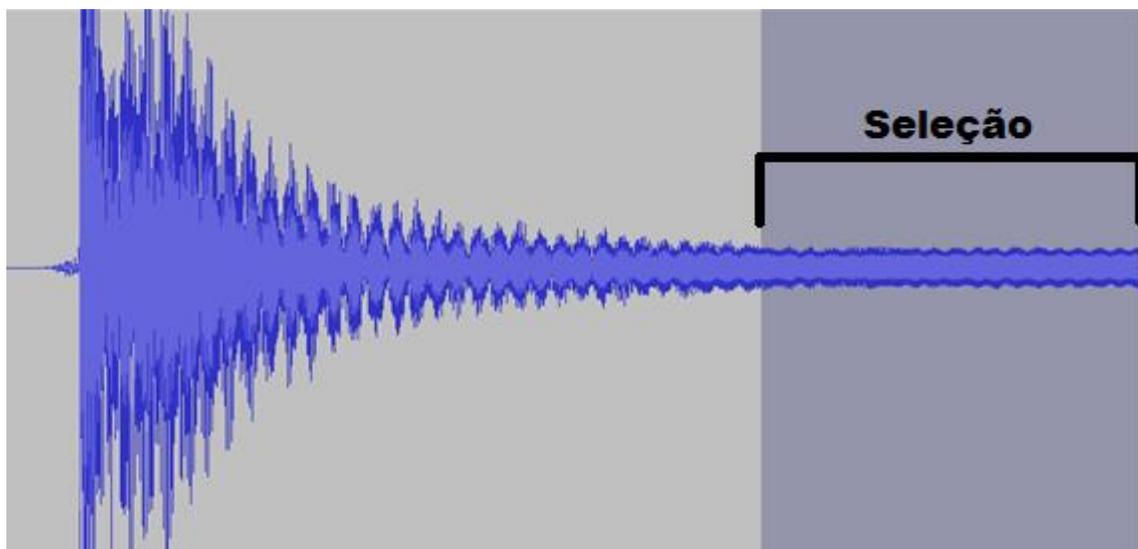


Figura B.27 - Imagem da gravação da onda sonora no *software* Audacity e da seleção que servirá para a análise.

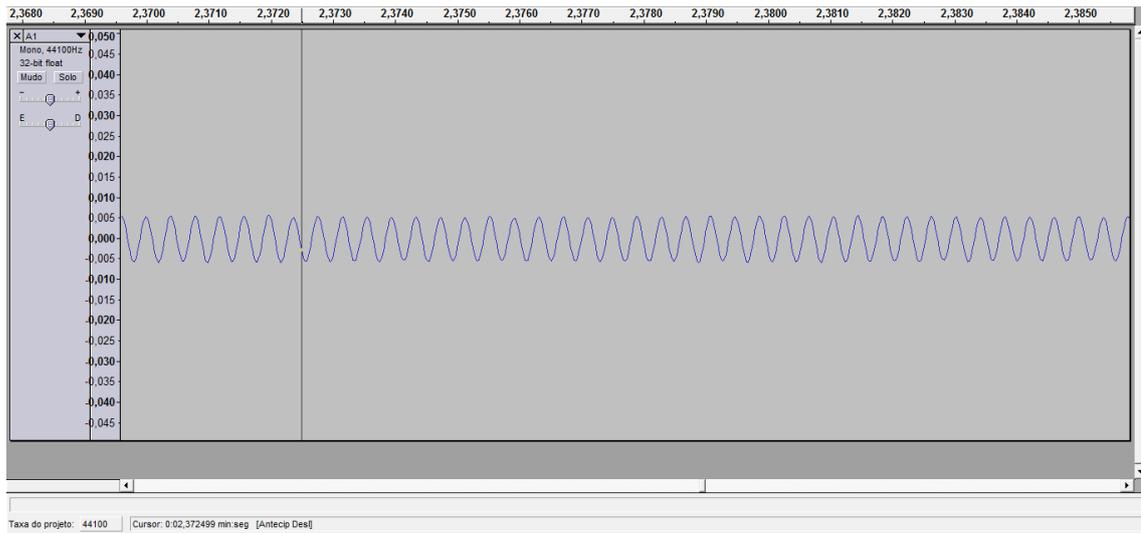


Figura B.28 - Imagem ampliada da seleção anterior mostrada na Figura B.27. Seleção que corresponde às ondas estacionárias.

A partir desta seleção é possível determinar a frequência do som através de dois métodos. Optamos por fazer a aquisição dos dados da frequência pelos dois métodos pelo fato de levarem em conta grandezas e conceitos físicos diferentes.

Inicialmente, utilizando a ferramenta de seleção se obtém o período do sinal e, a partir dele é possível calculamos a respectiva frequência. É conveniente, neste caso, selecionar diversos períodos, a fim de diminuirmos o erro associado à seleção de início e fim da onda.

A partir do sinal na região ampliada, foi selecionado um número qualquer de períodos (a Figura B.29 mostra a seleção de 20 ciclos). O intervalo selecionado e o tempo total (T_T) correspondente foram obtidos diretamente na tela do computador (Figura B.29).

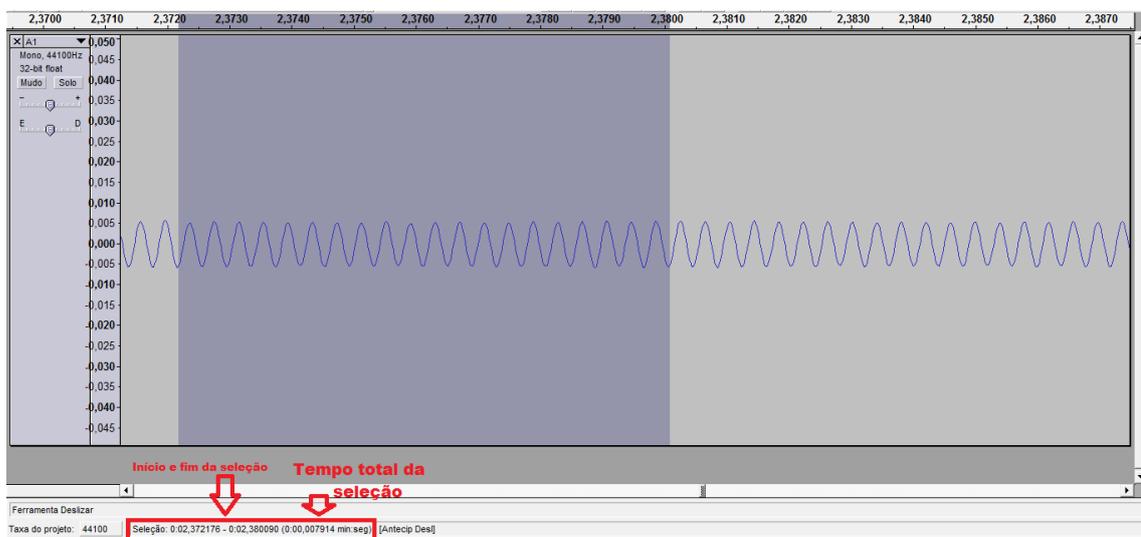


Figura B.29 - Imagem ampliada da seleção de 20 ciclos. Início, fim e tempo total da seleção.

Dividindo o tempo total da seleção pelo número de períodos selecionados obtemos o período do sinal que corresponde à da onda sonora (T). A partir desse período, determinamos a frequência do som, de acordo com a Eq. 18. Designamos esta frequência por (f_1).

Para a análise deste som temos os resultados na Tabela B.19:

Tabela B.19 - Dados obtidos e calculados para a determinação da frequência do som produzido pela barra (A1) quando segurada em sua metade e percutida com o martelo.

T_T (s)	Número de períodos selecionados	T (s)	f_1 (Hz)
7,91E-03	20	3,96E-04	2527

A segunda análise da frequência do som capturado foi realizada com base no gráfico do espectro de frequência gerado pelo *software* Audacity. Para tal, utilizamos o mesmo intervalo selecionado anteriormente e com a ferramenta (Espectro de frequência) disponível no *menu* Analisar, se obtém uma nova janela com o espectro de frequência do som (Figura B.30).

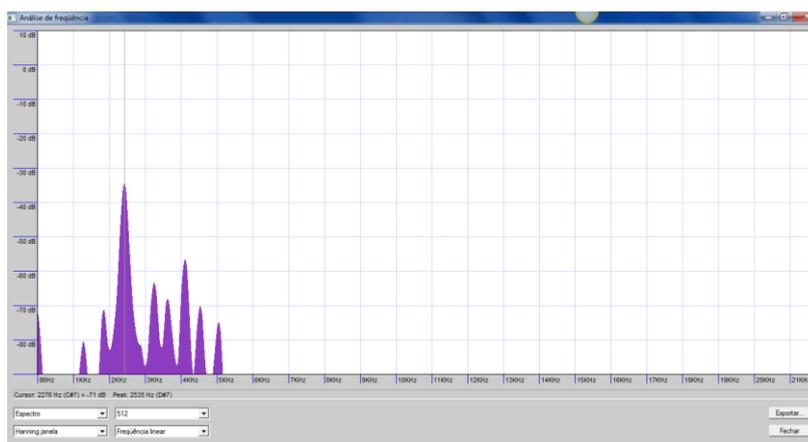


Figura B.30 - Imagem do espectro de frequência gerado pelo *software* Audacity, a partir da seleção do som produzido pela barra (A1), quando segurada em sua metade e percutida com o martelo.

O gráfico da Figura B.30 indica o nível de intensidade sonora (dB) para diferentes frequências. O valor da frequência para cada pico podem ser lidos diretamente na tela do computador.

Como o som capturado refere-se ao primeiro modo normal de vibração, o pico de maior intensidade representa a frequência deste modo de vibração. Os demais picos representam outras frequências de vibração que se formaram na barra com menor intensidade. A frequência obtida para esse som foi de 2535 Hz. Vamos designar a frequência obtida por este procedimento de (f_2).

Para cada barra metálica foi realizado este procedimento cinco vezes. Para as barras A1, A2 e F1 foi analisado também, o segundo modo normal de vibração (segundo harmônico), este harmônico foi garantido segurando a barra na posição 1/4 de L .

Os dados coletados para cada uma das barras metálicas foram inseridos em uma planilha eletrônica e estão apresentados nas tabelas na seção “análise dos dados”.

ANÁLISE DOS DADOS

A rapidez de propagação do som em cada uma das barras metálicas foi determinada utilizando as duas frequências obtidas (f_1) e (f_2). Designamos por v_1 a rapidez calculada com base na frequência obtida através do período da onda (f_1), e v_2 , a rapidez calculada a partir da frequência obtida pelo espectro de frequência (f_2).

Com os dados coletados organizados em uma planilha eletrônica, calculamos a rapidez média (v_m) de propagação do som para a barra. A Tabela B.20 apresenta os valores da rapidez média calculada para cada barra. Os dados coletados para cada barra são apresentados na tabela *online*⁴⁰.

Tabela B.20 - Características de cada barra analisada (material, diâmetro e comprimento). Harmônico gerado e rapidez média calculada a partir das duas frequências.

Barra	Material	Φ (in)	L (m)	Harmônico	λ (m)	v_{m1} (m/s)	v_{m2} (m/s)
A1	Alumínio	¼	0,981	1°	1,962	5,0E+03	5,0E+03
A2	Alumínio	½	0,981	1°	1,962	5,1E+03	5,1E+03
A3	Alumínio	½	0,500	1°	1,000	5,1E+03	5,1E+03
A1	Alumínio	¼	0,981	2°	0,981	5,0E+03	5,0E+03
A2	Alumínio	½	0,981	2°	0,981	5,1E+03	5,1E+03
C1	Cobre	½	1,000	1°	2,000	3,4E+03	3,4E+03
C2	Cobre	½	0,500	1°	1,000	3,4E+03	3,5E+03
F1	Ferro	½	0,984	1°	1,968	5,2E+03	5,2E+03
F2	Ferro	1	1,020	1°	2,040	5,2E+03	5,2E+03
F1	Ferro	½	0,984	2°	0,984	5,2E+03	5,2E+03

Esta tabela nos informa que as velocidades obtidas a partir das duas frequências apresentam valores iguais em todos dos casos, exceto para a barra C2. Os valores determinados condizem com os informados na bibliografia. Podemos desta forma, demonstrar para os alunos que a velocidade de propagação do som não depende somente da densidade do meio, conforme abordado em muitos livros do ensino médio.

⁴⁰ Os dados coletados estão apresentados da planilha *online* disponível em:
<<https://docs.google.com/spreadsheets/d/16KEHWVSLtEHhBWKSEHCrix74-jG92-hxuGOSD59nVkw/edit?usp=sharing>>.

GUIA DE ATIVIDADES PARA O PROFESSOR INDUÇÃO ELETROMAGNÉTICA

INTRODUÇÃO

Muitos dos dispositivos eletrônicos que utilizamos diariamente funcionam a partir do fenômeno de indução eletromagnética, como por exemplo, os motores elétricos, os discos rígidos de nossos computadores os fornos de indução, transformadores, etc.

Este fenômeno é também, responsável pelo funcionamento dos dispositivos que são ligados na rede elétrica, seja em nossas residências ou nas indústrias, como: TVs, ar condicionados, fornos elétricos, máquinas de lavar roupa, etc. A energia elétrica necessária para “alimentar” estes equipamentos, provem de uma usina geradora de energia elétrica. Tal usina converte outras formas de energia (potencial gravitacional, energia química, energia eólica..) em energia elétrica a partir do princípio de indução eletromagnética.

O princípio central da indução eletromagnética é a lei de Faraday. Esta lei relaciona a força eletromotriz induzida (fem) ao fluxo magnético variável no tempo através de um circuito fechado, como, por exemplo, uma espira condutora.

Para entendermos esta lei é necessária uma abordagem inicial sobre ímãs e sobre fontes geradoras de campo magnético. Tais estudos envolvem comumente um número muito grande de representações, muitas vezes dependentes da imaginação dos estudantes. Esta atividade busca dar subsídios para que os professores possam abordar tais conteúdos a partir de diversas atividades práticas, e de modo quase quantitativo consigam fazer relações entre os resultados práticos e os conhecimentos teóricos.

Os dados necessários para as diversas análises serão capturados via placa de áudio do computador, e utilizando o *software* Audacity faremos a aquisição e análise dos dados.

OBJETIVOS GERAIS

Realizar diferentes experiências de indução eletromagnética utilizando materiais de baixo custo e um computador para capturar e analisar os dados das grandezas físicas envolvidas neste fenômeno.

OBJETIVOS ESPECÍFICOS

Verificar a ocorrência de um campo magnético nas mediações de um condutor retilíneo percorrido por uma corrente elétrica e sua dependência com o sentido da corrente.

Identificar o surgimento de uma corrente induzida em uma bobina quando a mesma é submetida a uma variação de fluxo magnético provocado pela passagem de um ímã ao longo do seu eixo.

Evidenciar a partir do sinal capturado pelo *software* Audacity o sentido da corrente elétrica gerada na bobina e relaciona-lo a lei de Faraday-Lenz.

Identificar e interpretar as variáveis que interferem na intensidade da corrente induzida gerada na bobina, como: número de espiras da bobina, rapidez da variação do fluxo magnético, módulo do campo magnético e área da espira.

Verificar a ocorrência de um campo magnético variável quando uma bobina é percorrida por uma corrente elétrica variável.

Determinar a frequência da rede elétrica local utilizando um solenóide toroidal e um ferro de soldar.

MATERIAIS

- um computador equipado com microfone, contendo o *software* Audacity instalado (acessado gratuitamente no endereço: <http://audacity.sourceforge.net/>, seguindo as instruções para baixá-lo e instalá-lo);
- dois canos de PVC de 25 e 40 mm de diâmetro, com aproximadamente um metro de comprimento;
- fio de cobre esmaltado para motores elétricos número 9 AWG;
- 30 cm de fio de 2,5mm²;
- bússola;
- suporte para pilhas;
- pilhas;
- lixa;
- arruela de aço;
- três *plug* (ou plugue) do tipo P2 mono com capa plástica;
- tampas de caneta para quadro branco;
- estanhador (soldador) e estanho para soldar;
- ímãs (preferencialmente de neodímio-ferro-boro);
- um ferro de soldar do tipo pistola (550W ou 750W).



Figura B.31 - Materiais (ferro de soldar, estanho, fio de 1,5 mm², fio de 2,5 mm², ímãs em formato de pastilhas 18 x 2 mm, tampa de caneta, canos de PVC, arruela de ferro, *plug* P2 mono, lixa, bússola, suporte para pilhas e pilhas).

EMBASAMENTO TEÓRICO

Fenômenos magnéticos foram observados há muitos anos em fragmentos de minério de ferro imantados, estes fragmentos hoje são conhecidos como ímãs permanentes e estão presentes em diversos equipamentos eletrônicos, brinquedos, utensílios domésticos e ferramentas.

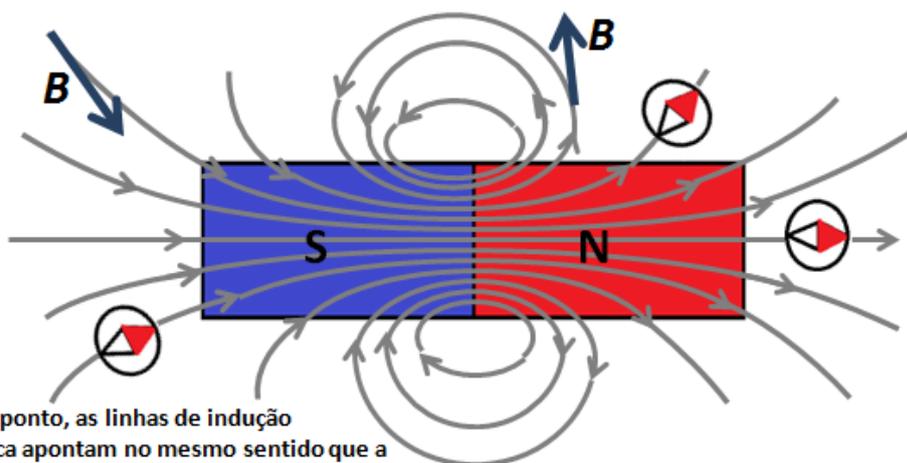
Um ímã apresenta algumas características essenciais que devemos aqui destacar: qualquer ímã possuem necessariamente dois polos magnéticos conhecidos como polos Sul (S) e Norte (N); quando estão próximos ou em contato, ímãs com polos opostos se atraem e com polos iguais se repelem; materiais ferromagnéticos não imantados permanentemente podem ser atraídos por qualquer polo de um ímã; a interação entre dois ímãs ou entre um ímã e um material ferromagnético pode ocorrer à distância, ou seja, existindo certo afastamento entre eles verifica-se esta atração, este fenômeno ocorre devido ao campo magnético (descrito pelo vetor indução magnética e representado por ***B***) existente em torno do ímã.

Sabemos que a terra é um grande ímã e seu campo magnético possui formato similar ao produzido por um ímã em forma de barra, e este campo magnético é o responsável pelo alinhamento, por exemplo, da agulha magnética de uma bússola.

Como os campos magnéticos, tanto da Terra como o de um ímã não são visíveis, para fins didáticos a representação é feita através de linhas, chamadas de linhas de indução magnética. Nas representações os locais onde as linhas de indução estão mais densas o campo

magnético é mais intenso, e quando estão mais espaçadas, o módulo da indução magnética é menor. É importante destacar que as linhas de indução representam o campo magnético em qualquer região do espaço e no caso de um ímã, elas apontam para fora do polo norte e em direção ao polo sul, continuando pelo interior do ímã, ou seja, sempre são linhas fechadas.

A Figura B.32 representa os polos magnéticos para um ímã na forma de barra e as linhas de indução magnética.



Em cada ponto, as linhas de indução magnética apontam no mesmo sentido que a agulha magnética de uma bússola apontaria.

Figura B.32 - Representação de um ímã em forma de barra e as linhas de indução magnética. Em cada ponto, a linha de indução magnética é tangente ao vetor indução magnética, representado por B .

As Figuras B.33 e B.34 mostram duas imagens de uma atividade demonstrativa sobre linhas de campo magnético. Na Figura B.33 temos um ímã em formato de barra cilíndrica posicionada abaixo de um vidro. Os polos são representados pelas cores azul e vermelha. Sobre este mesmo ímã, Figura B.34, foram despejadas limalhas de ferro. Observa-se que o alinhamento das limalhas ocorre de acordo com as linhas de indução magnética em torno do ímã.



Figura B.33 – Imagem de um ímã com formato de barra cilíndrica. As cores azul e vermelha representam os polos Sul e Norte do ímã.

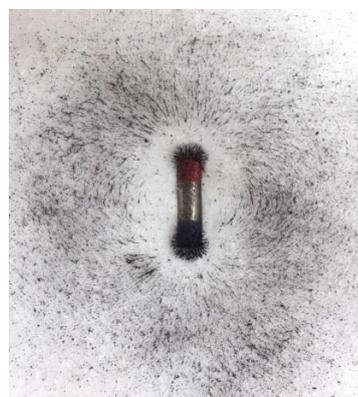


Figura B.34 – Imagem da orientação das limalhas de ferro que foram despejadas sobre o ímã da Figura F.33. O alinhamento das limalhas ocorre de acordo com as linhas de indução magnética em torno do ímã.

Este campo magnético existente nos arredores de um ímã pode também ser criado pelo movimento de cargas elétricas. Daremos ênfase neste momento ao campo magnético gerado por um fio percorrido por uma corrente elétrica (I). Se a movimentação de cargas elétricas é capaz de gerar um campo magnético, este campo também deverá ser percebido pela agulha magnética de uma bússola. Este fenômeno foi evidenciado em 1820 por Oersted. As Figuras B.35 (a) e (b) representam esquematicamente este fenômeno.

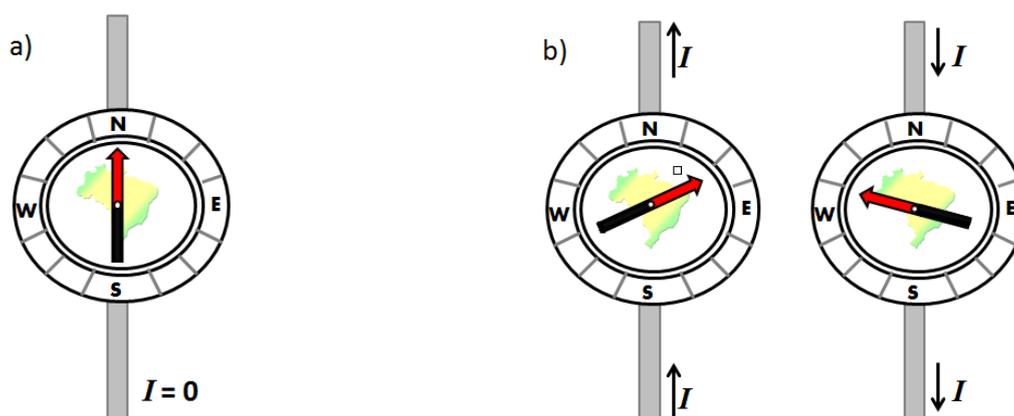


Figura B.35 - As Figuras (a) e (b) representam uma bússola que é colocada diretamente sobre um fio horizontal (aqui visto de cima). Em (a), a agulha magnética da bússola aponta para o Norte devido ao campo magnético da Terra e não existe corrente elétrica (I) no fio. Em (b), a agulha magnética muda de direção (oscila) devido à existência de uma corrente elétrica (I) no fio, o sentido de oscilação depende do sentido da corrente que está representado pelas setas.

A intensidade da indução magnética gerada em torno desse fio é proporcional a intensidade da corrente elétrica (I), e experimentalmente observa-se que quanto mais afastado estivermos do fio menor será a intensidade do campo. Observa-se também, que o sentido do campo magnético varia de acordo com o sentido da corrente elétrica. Para determinar o sentido do campo magnético é utilizada a regra da mão direita. De acordo com esta regra, aponta-se o dedo polegar da mão direita na direção da corrente e os dedos devem ser dobrados em torno no fio indicando o sentido do campo magnético.

A Figura B.36 representa três situações possíveis onde temos um condutor sendo percorrido por uma corrente elétrica e um campo magnético é gerado em torno do fio condutor.

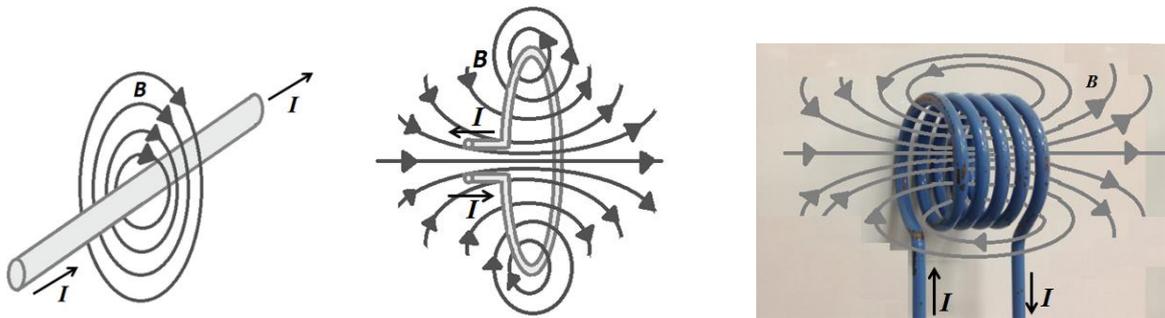


Figura B.36 – Representação em perspectiva das linhas de indução magnética produzidas por um fio retilíneo longo, por uma espira circular e por uma bobina formada por várias espiras que conduzem uma corrente elétrica (I). As linhas de indução magnética são linhas fechadas e o sentido é indicado pela regra da mão direita.

Quando as linhas de indução magnética atravessam uma região delimitada por uma área (A), dizemos que temos um fluxo magnético (Φ) através desta área. As Figuras B.37 (a) e (b) representam duas situações de fluxo magnético. Em (a), as linhas estão perpendiculares à área, neste caso temos um fluxo máximo, onde todas as linhas estão atravessando a área. Em (b), as linhas de indução estão paralelas à superfície, neste caso, o fluxo é nulo, pois nenhuma linha de indução magnética está atravessando a área.

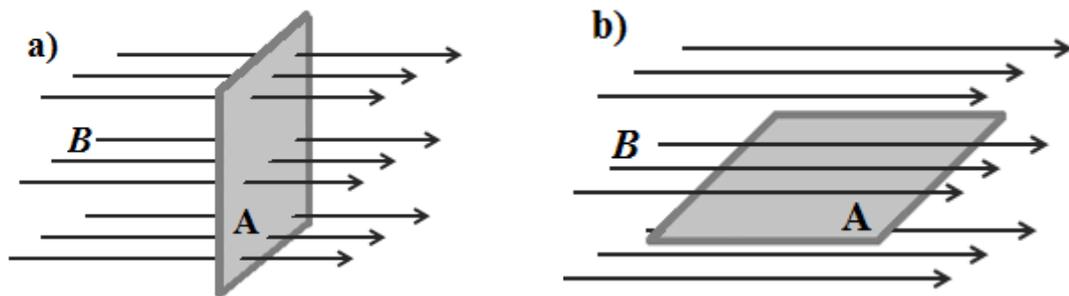


Figura B.37 – Representação das linhas de indução magnética sobre atravessando uma área plana. Em (a), o fluxo magnético é máximo. Em (b), o fluxo magnético é nulo.

O princípio de indução eletromagnética como já mencionamos na introdução, é um fenômeno que faz parte da vida diária de todas as pessoas, e é de extrema importância na sociedade tecnológica que nos cerca. Este fenômeno relaciona a variação do fluxo magnético através de um circuito elétrico, em um certo tempo, com uma força eletromotriz (fem) que surge neste circuito.

Algumas experiências simples podem ser realizadas a fim de estudarmos este fenômeno de indução. Na figura B.38 temos uma bobina formada por diversas espiras conectadas a um galvanômetro⁴¹. Quando o ímã está em repouso, o galvanômetro não indica nenhuma corrente, e portanto, inferimos que não existe força eletromotriz no circuito.

⁴¹ O galvanômetro, que é um medidor de corrente capaz de detectar valores muito pequenos (ordem de miliampère ou menor), está ligado em série com a bobina, logo ele mede a intensidade de corrente elétrica através do circuito.

Na Figura B.39 temos a mesma configuração da bobina e galvanômetro, mas desta vez o ímã é posto em movimento, para cima e para baixo. Enquanto o ímã se move, temos uma variação do fluxo magnético através do circuito que é formado pelas espiras, pois temos um número diferente de linhas de indução que à atravessam e com uma intensidade diferente, a variação da intensidade esta relacionada com a distância entre o ímã e as espiras. Durante o movimento do ímã, verifica-se que o galvanômetro acusa uma corrente no circuito, esta corrente é chamada de corrente induzida, e a fem correspondente que seria necessária para produzir essa corrente denomina-se fem induzida.

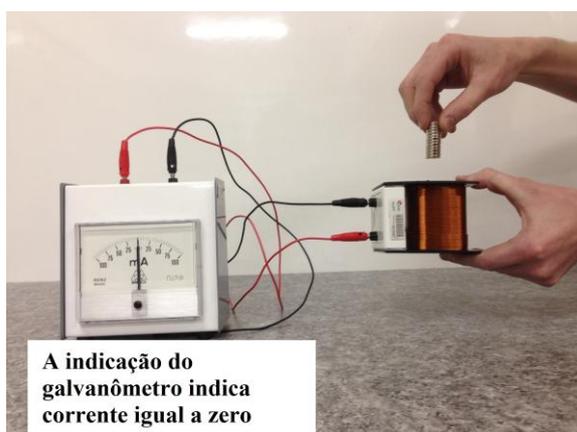


Figura B.38 – Quando o ímã permanece em repouso, não existe nenhuma corrente induzida na bobina.



Figura B.39 – Aproximando ou afastando o ímã da bobina temos uma variação do fluxo magnético e uma corrente induzida é gerada na bobina.

Como vimos a recém, um campo magnético pode ser criado por uma corrente elétrica. Substituindo o ímã por uma bobina ligada a uma fonte de corrente contínua (Figura B.40) e fazendo esta bobina se movimentar em relação à bobina que está ligada ao galvanômetro, verificamos o mesmo efeito, ou seja, uma corrente induzida é gerada.

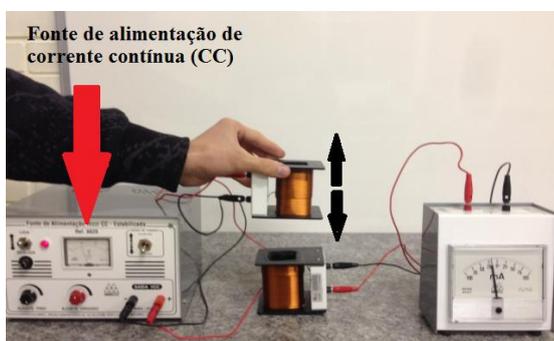


Figura B.40 – Aproximando ou afastando uma bobina que transporta corrente elétrica verificamos o mesmo efeito de indução eletromagnética verificada na Figura B.40.

Aproximando ou afastando um dos polos do ímã, conforme Figura B.39, ou a bobina que transporta corrente elétrica (Figura B.40), observam-se situações similares para o sentido

da corrente induzida. Lembremos que a variação do fluxo magnético depende, do polo do ímã que está sendo aproximado (ou afastado) das espiras, e para o caso da bobina ligada fonte, Figura B.40, depende do sentido da corrente elétrica através desta bobina.

Diante das situações anteriores, a corrente induzida gerada na bobina terá um sentido que irá depender de como ocorre à variação do fluxo magnético no tempo. A Lei de Lenz nos permite determinar o sentido da corrente induzida gerada na bobina a partir da variação do fluxo magnético.

Para as situações ilustradas até aqui, temos a variação do fluxo magnético através de um circuito em repouso, e vamos nos deter nesta situação. O sentido da corrente elétrica gerada neste circuito deverá ser tal, que o campo magnético produzido por esta corrente deve se opor a variação do fluxo magnético original. Ou seja, a corrente induzida gera linhas de indução que se opõe à variação do fluxo magnético indutor através do circuito.

As Figuras B.41 e B.42 ilustram a aproximação e o afastamento dos polos Norte e Sul de um ímã em forma de barra em relação a uma espira. Nestas figuras estão representados os polos dos ímãs, as linhas de indução magnética, o sentido da corrente induzida gerada na espira e o vetor indução magnética gerado pela corrente induzida (*B induzido*).

Na Figura B.41 temos duas situações (a) e (b), onde a corrente induzida gerada na espira ocorre em sentido anti-horário quando observada de cima para baixo em relação à espira, e na Figura B.42 (a) e (b), situações em que a corrente induzida gerada na espira ocorre em sentido horário se observada de cima para baixo em relação à espira. Nas quatro situações, utilizamos um ímã para provocar uma variação de fluxo magnético através da área delimitada pela espira, poderíamos ter utilizados outras fontes de campo magnético, como por exemplo, a própria bobina da Figura F.40.

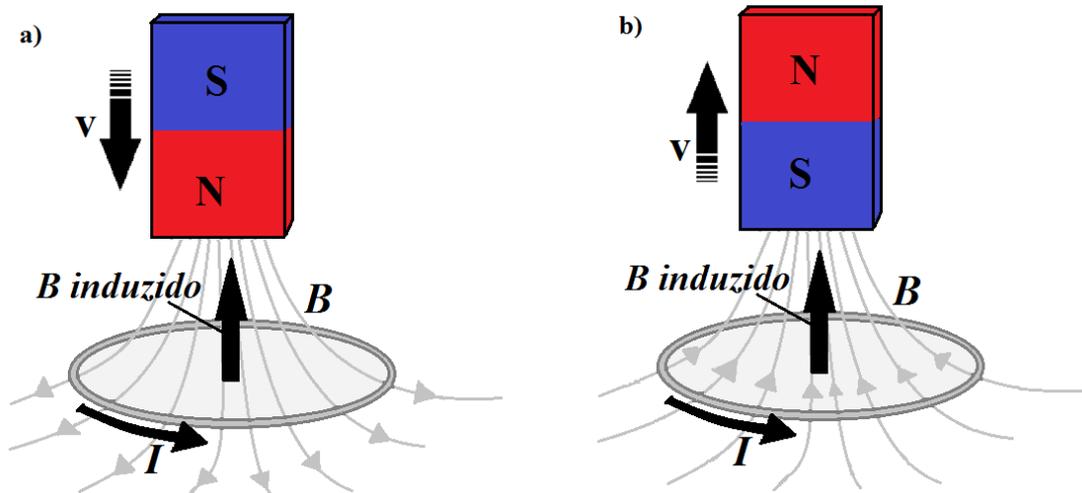


Figura B.41 – Em (a), a aproximação do polo Norte causa uma variação de fluxo crescente de cima para baixo através da espira, em (b), o movimento de afastamento do polo Sul causa uma variação de fluxo decrescente de baixo para cima através da espira. Nas duas situações o campo magnético induzido está orientado de baixo para cima para se opor a variação do fluxo. Para produzir esse campo induzido ($B_{induzido}$), a corrente deve estar no sentido-horário, se observado de cima para baixo em relação à espira.

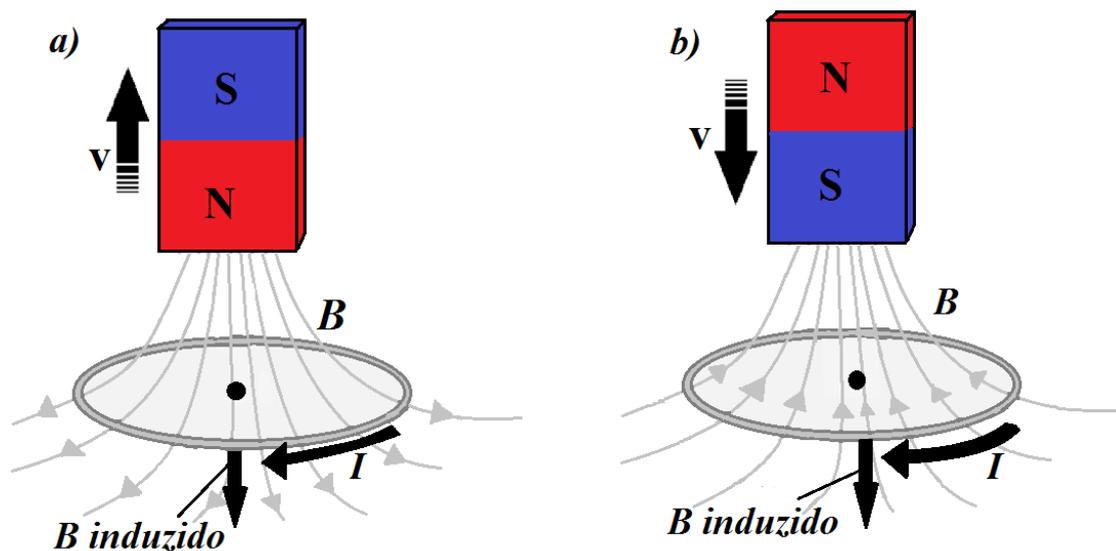


Figura B.42 - Em (a), o afastamento do polo Norte causa uma variação de fluxo decrescente de cima para baixo através da espira, em (b), o movimento de aproximação do polo Sul causa uma variação de fluxo crescente de baixo para cima através da espira. Nas duas situações o campo magnético induzido está orientado de cima para baixo para se opor a variação do fluxo. Para produzir esse campo induzido ($B_{induzido}$), a corrente deve estar no sentido-anti-horário, se observado de cima para baixo em relação à espira.

PROCEDIMENTOS
COLETA DOS DADOS

A seguir, descrevemos os procedimentos realizados na construção dos equipamentos experimentais, e na aquisição dos dados para as diferentes situações.

Para iniciarmos os estudos sobre o fenômeno de indução eletromagnética realizamos várias experiências semelhantes à realizada por Oersted utilizando uma bússola, fio e pilhas.

A primeira experiência consiste em colocar um fio condutor metálico retilíneo sobre uma bússola fazendo coincidir a direção do fio com direção da agulha magnética, Figura B.43. Seguidamente ligamos as extremidades do fio aos polos de duas pilhas de 1,5 V que estão ligadas em série e observamos a oscilação da agulha. Na sequência, as extremidades do fio são ligadas nos polos inversos à configuração anterior e observamos novamente o sentido da oscilação da agulha.

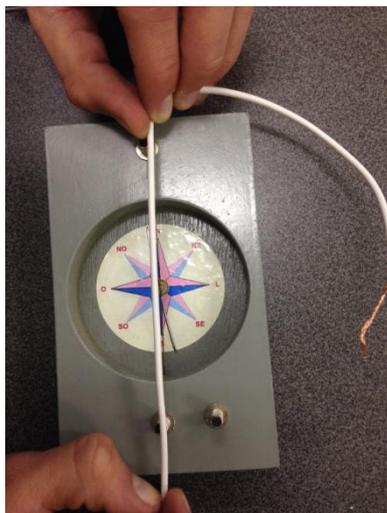


Figura B.43 – Imagem do fio condutor metálico posicionado no mesmo sentido da orientação da agulha.

Esta experiência mostra a forma tradicional de ilustrar o fenômeno de indução magnética em um fio retilíneo, os resultados desta experiência estão apresentados na seção análise dos dados.

A seguir, são descritas algumas atividades que podem ser efetuadas utilizando novas tecnologias (computador e *software*) para o estudo mais detalhado deste fenômeno. Para as atividades propostas será necessário construir diversos equipamentos experimentais, que chamaremos de Dispositivo 1, 2, 3 e 4.

O Dispositivo 1 irá possibilitar: i) o estudo do sentido da corrente induzida gerada em uma espira de acordo com a variação do fluxo magnético provocado por um ímã; ii) identificar e interpretar as variáveis que interferem na intensidade da corrente induzida gerada na bobina, como: número de espiras, rapidez da variação do fluxo magnético e o módulo da campo magnético.

Para construir este dispositivo, primeiramente, utilizando o fio esmaltado de cobre, constituímos próximo a cada extremidade do cano de PVC de 25 mm de diâmetro, uma bobina (diversas espiras agrupadas de modo compacto). Cada uma das bobinas é formada por

um número diferente de espiras, uma com 10 (que chamaremos de Bobina 1), e a outra com 20 (que chamaremos de Bobina 2). As duas bobinas foram construídas com sentido contrário de enrolamento, e com um único fio, logo, estão ligadas em série (Figura B.44).

Na extremidade do fio que constitui as bobinas soldamos um *plug* P2 mono, que será conectado na entrada de áudio do computador (microfone) para realizar a aquisição dos dados. (Como o fio é esmaltado é necessário lixar as extremidades para garantir o contato com o *plug*).

Para realizar diversas experiências seguramos o cano de PVC na posição vertical, e, deixamos cair, de sua extremidade superior um ímã a partir do repouso. Para garantir que os ímãs em formato de pastilha não rotacionassem durante a queda, deve se prender os mesmos a uma tampa de caneta (Figura B.45).

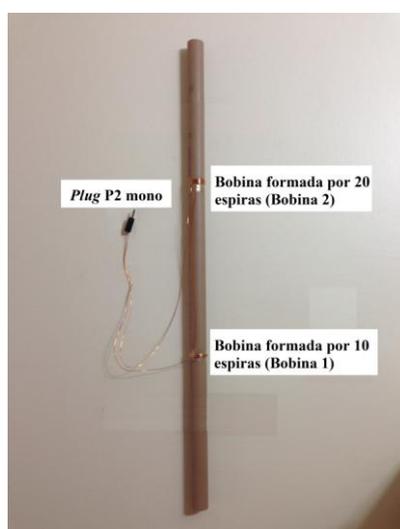


Figura B.44 – Dispositivo 1. Bobinas de 10 e 20 espiras constituídas nas extremidades do cano de PVC, as extremidades do fio estão conectados a um *plug* P2 mono.

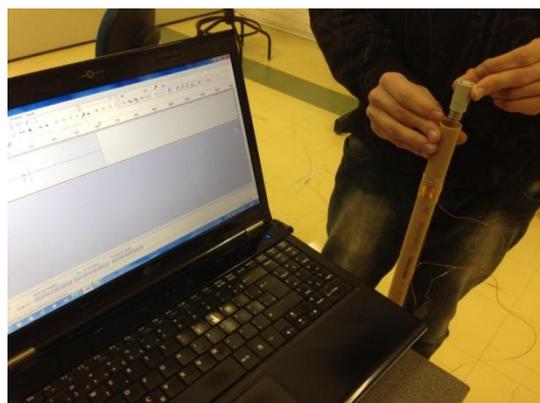


Figura B.45 – Imagem do ímã sendo solto na extremidade superior do cano. O *plug* P2 está conectado na entrada de áudio (microfone) do *notebook*.

Ao soltarmos o ímã, a aproximação, passagem e afastamento pelas duas bobinas, provoca uma variação do fluxo magnético através da área delimitada em cada uma das espiras que constituem as bobinas. Esta variação do fluxo magnético gera em cada uma das bobinas uma corrente induzida, como consequência, uma tensão (força eletromotriz) nos terminais soldados ao *plug* P2 proporcional a corrente.

Estando este *plug* P2 conectado à entrada de áudio do computador, a placa de som do computador registra esta tensão como se fosse um sinal de áudio fornecido por um microfone. Utilizando o *software* Audacity podemos gravar e analisar o sinal gerado na bobina, desta forma, o computador está servindo como um voltímetro e/ou osciloscópio.

O sinal de áudio gerado está diretamente relacionado com às grandezas físicas em estudo, a força eletromotriz e a corrente induzida. Em nosso estudo, relacionamos a intensidade do sinal capturado, com a intensidade da corrente induzida na bobina (não iremos trabalhar com a fem). Em princípio, não estamos preocupados em medir a intensidade de corrente, e sim, analisar como esta intensidade varia. Em virtude disso, adotamos apenas a escala dos gráficos, unidades arbitrárias, gerados pelo *software* Audacity, como padrões quantitativos da corrente induzida embora em unidade de medida arbitrária.

Atenção deve ser prestada ao fato de que quando a variação do fluxo magnético é provocada pela queda do ímã, ao longo do cano, contendo as duas bobinas, são obtidos dois sinais de áudio, o primeiro, gerado pela bobina que estará localizada na extremidade superior do cano, e o segundo, gerado pela bobina localizada na extremidade inferior. Utilizando a ferramenta de seleção e corte do *software* Audacity, selecionamos somente o sinal desejado, conforme o objetivo de cada análise proposta.

Capturando a imagem da tela do computador que mostra o sinal gerado pelo *software*, estabelecemos relações entre as grandezas analisadas. Em algumas experiências, o cano foi invertido e também utilizamos um número diferente de pastilhas para constituir o ímã. As imagens e a análise dos dados estão apresentadas na seção seguinte.

Para demonstrar a dependência entre a corrente induzida e a área da seção transversal do fluxo magnético, é necessário construir um novo dispositivo (Dispositivo 2). Para tal, deve-se construir duas novas bobinas, com o mesmo número de espiras (optamos em formar as bobinas com 10 espiras) utilizando o mesmo fio de cobre esmaltado. Para construir as bobinas foram utilizadas dois pedaços de cano de PVC com comprimentos iguais e diâmetros de 25 e 40 mm. Deve-se ter o cuidado para que as bobinas fiquem nas mesmas posições do cano (Figura B.46).



Figura B.46 – Dispositivo 2. Imagem das bobinas formadas nos canos de 25 e 40 mm de diâmetro. As duas bobinas possuem 10 espiras e estão localizadas na mesma posição.

A aquisição e análise dos dados foram realizadas da mesma forma que os experimentos anteriores, onde utilizamos o Dispositivo 1, e estão apresentados na próxima seção.

Como maneira de relacionar os conteúdos abordados com o cotidiano dos estudantes é proposta uma atividade que permite determinar a frequência da rede elétrica local. Para tal construímos uma bobina em forma toroidal usando o fio esmaltando de cobre e uma arruela. Nas extremidades do fio, soldamos um *plug* P2 mono. Um segundo fio de 2,5 mm² foi passado pelo centro da arruela e as extremidades do mesmo foram conectadas nos terminais do ferro de soldar. Observe que para construir este dispositivo foi necessário retirar a parte metálica que é utilizada para soldar. A Figura B.47 mostra o Dispositivo 3.

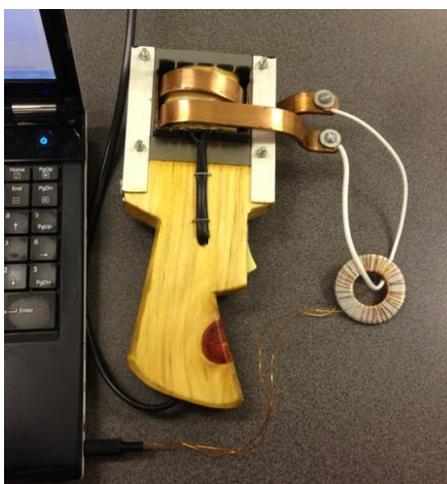


Figura B.47 – Dispositivo 3. Imagem da montagem do experimento para determinar a frequência da rede elétrica local.

Para a aquisição dos dados, conectamos o *plug* P2 na entrada de áudio do computador e com o *software* Audacity gravamos o sinal gerado quando ligamos por alguns instantes o ferro de soldar. Analisando o sinal capturado é possível determinar o período e a frequência do sinal capturado. Os resultados são apresentados na próxima seção.

Outra atividade que permite determinar a frequência da rede elétrica consiste em construir com o fio de 2,5 mm² uma bobina de 10 espiras em um dos canos de PVC, e conecta-la ao ferro de soldar. Esta bobina deverá ser construída próxima a uma das bobinas já utilizada nas atividades anteriores. Optamos por utilizar a bobina construída por 10 espiras no cano de 25 mm de diâmetro (Bobina 1). A Figura B.48 mostra o Dispositivo 4.



Figura B.48 – Dispositivo 4. Imagem da montagem do experimento para determinar a frequência da rede elétrica. Na imagem temos: o fio de 2,5 mm² conectado ao ferro de soldar formando uma bobina no cano de 25 mm de diâmetro. O cano possui outra bobina formada por 10 espiras que esta conectada na entrada de áudio do computador através do *plug* P2.

Para realizar a aquisição dos dados procedemos da mesma maneira que na atividade anterior. Este experimento também pode ser utilizado para verificar que a intensidade do campo magnético é menor quanto maior for a distância da fonte que o produz. Para confirmar esta dependência, podemos realizar a aquisição dos dados em duas, três ou mais situações diferentes. Optamos por fazer três análises, em cada uma, aumentamos a distância entre as duas bobinas. As Figuras B.49 (a), (b) e (c), mostram a configuração do Dispositivo 4, para realizar a aquisição dos dados.

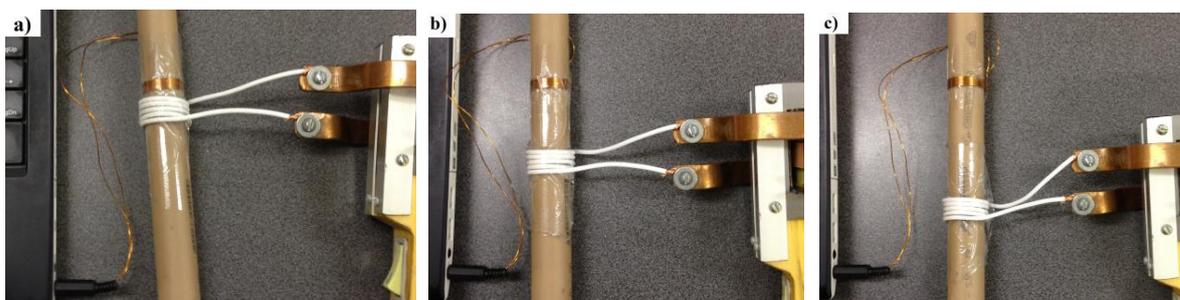


Figura B.49 – Dispositivo 4. As imagens (a) (b) e (c) mostram diferentes afastamentos entre as duas bobinas.

A análise foi realizada a partir da comparação dos três sinais capturados pelo *software* Audacity, quando o ferro de soldar foi ligado por alguns instantes de tempo para cada situação. Passamos agora para a análise dos dados.

ANÁLISE DOS DADOS

A análise dos diversos experimentos será feita a partir das imagens dos dispositivos e dos gráficos gerados pelo *software* Audacity.

As atividades envolvendo a bússola, as pilhas e o fio (Dispositivo 1), permitem verificar o surgimento de um campo magnético em torno do fio condutor, e verifica-se que o sentido do campo depende do sentido da corrente elétrica que percorre o fio.

A Figura B.50 mostra a orientação da agulha magnética da bússola quando o fio condutor não está sendo percorrido por nenhuma corrente elétrica; nesta situação a agulha está orientada de acordo com o campo magnético da Terra.

Ao ligar as extremidades do fio nos polos das duas pilhas em série, verifica-se a oscilação da agulha. Na Figura B.51 a extremidade A do fio esta conectada no polo positivo da pilha e a extremidade B no polo negativo da pilha, logo o sentido da corrente elétrica no fio é da extremidade A para a extremidade B. Aplicando a regra da mão direita, veremos que o sentido do campo magnético abaixo do fio condutor, que é tangente a linha do campo magnético, aponta para a direita, fazendo com que a bússola tenha a mesma orientação.

Na Figura B.52 a extremidade A do fio esta conectado no polo negativo da pilha e a extremidade B do fio está ligada no polo positivo da pilha. Nesta configuração, o sentido da corrente elétrica no fio ocorre de B para A. Aplicando a regra da mão direita temos um campo magnético abaixo do fio condutor tangente às linhas de campo que aponta para a esquerda.

Conforme podemos observar nas Figuras, B.50, B.51 e B.52, as orientações da agulha magnética da bússola nas diversas situações são consistentes com as previsões realizadas a partir da regra da mão direita.

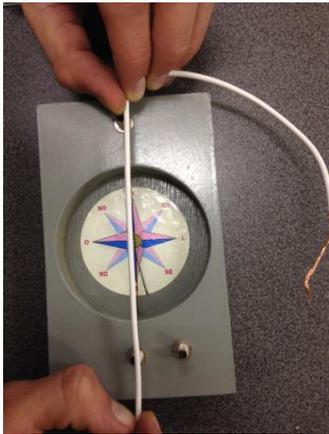


Figura B.50 – Imagem da bússola e do fio. A bússola está orientada de acordo com o campo magnético da Terra.

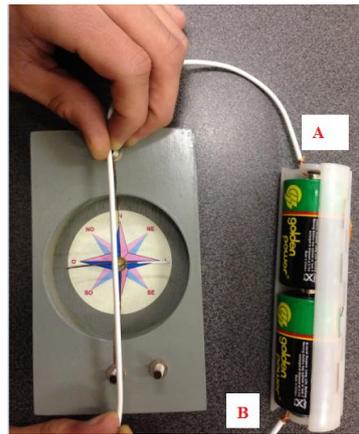


Figura B.51 - Imagem da bússola e do fio. A orientação da bússola ocorre de acordo com o sentido do campo magnético gerado no fio.

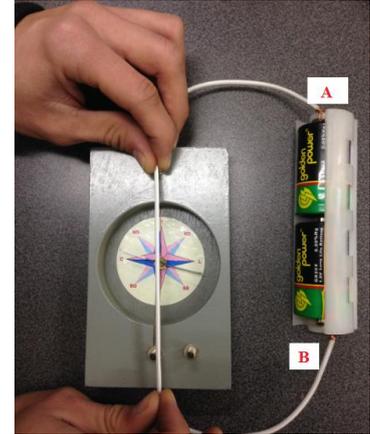


Figura B.52 - Imagem da bússola e do fio. A orientação da bússola ocorre de acordo com o sentido do campo magnético gerado no fio.

Passamos agora para a análise da corrente induzida gerada nas bobinas quando ocorre uma variação do fluxo magnético através da área delimitada pelas espiras.

As experiências a seguir permitem verificar o sentido da corrente induzida produzida na bobina de acordo com a variação do fluxo magnético gerado por um ímã em movimento. Para esta experiência utilizamos o Dispositivo 1, e a análise foi realizada com sinal gerado na bobina de 20 espiras (Bobina 2) formada no cano de PVC com 25 mm de diâmetros que estava localizada na parte superior do cano. Utilizamos um ímã constituído por 3 pastilhas.

A Figura B.53 mostra o sinal obtido quando o ímã é solto com o polo Norte para baixo dentro do cano e se desloca ao longo do eixo da bobina, atravessando-a. Como pode-se observar, utilizando a ferramenta de seleção e corte do *software* desconsideramos um dos sinais gerado pela passagem do ímã. Neste caso optamos em desconsiderar o sinal formado pelas 10 espiras (Bobina 1) localizada na extremidade inferior do cano.

O sinal na Figura B.53 é formado por um pico negativo seguido de um pico positivo. Como estes picos estão diretamente relacionados com a corrente induzida gerada na bobina, verifica-se que durante a aproximação do ímã a corrente aumenta em um sentido atingindo um máximo, a seguir diminui tornando-se zero, e logo começa a aumentar indicando uma inversão no sentido da corrente.

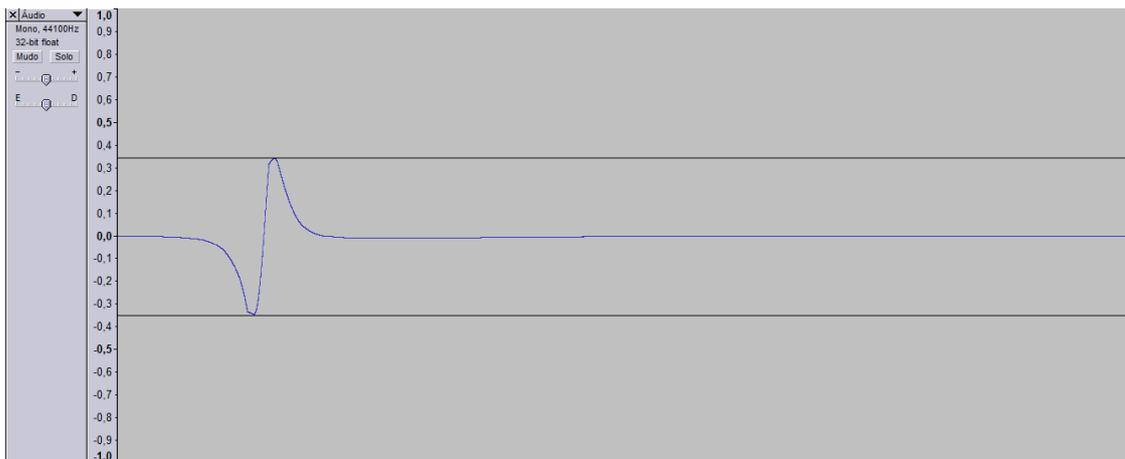


Figura B.53 – Imagem da gravação do sinal gerado pelo *software* Audacity que representa a corrente induzida gerada na bobina de 20 espiras localizada na extremidade superior do cano quando o ímã foi solto com o polo Norte para baixo em função do tempo.

Teoricamente a inversão dos picos pode ser explicada da forma seguinte: Devido ao movimento de aproximação do polo Norte do ímã na bobina, a variação do fluxo magnético foi crescente de cima para baixo através da espira, pois temos um aumento do campo magnético através da espira, devido às linhas de indução magnética no polo Norte estarem saindo do ímã e apontando para baixo, ou seja em direção a espira. De acordo com a Lei de Lenz, a corrente induzida deve gerar um campo magnético que se opõe à variação do fluxo, neste caso o campo magnético induzido B estará orientado de baixo para cima. Para produzir esse campo induzido a corrente induzida deve estar no sentido anti-horário, se observado de cima para baixo em relação à espira. A Figura B.54 é uma representação da aproximação do ímã, das linhas de campo magnético e da corrente induzida gerada na bobina. Neste caso, o sinal de áudio gerado foi negativo conforme a Figura B.53.

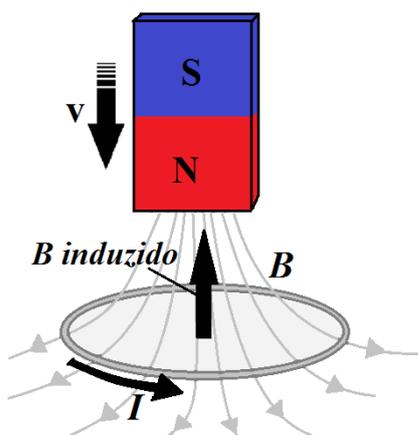


Figura B.54 - A aproximação do polo Norte do ímã causa um fluxo crescente de cima para baixo através da espira. O campo induzido está orientado de baixo para cima para se opor à variação do fluxo. Para produzir esse campo induzido, a corrente induzida deve estar no sentido anti-horário, se observado de cima para baixo em relação à espira.

Após o ímã cruzar a espira ocorre o afastamento do polo Sul, provocando uma variação de fluxo decrescente de cima para baixo através da espira, pois temos um número menor de linhas de indução magnética atravessando a espira, visto que as linhas de indução entram no polo Sul do ímã. De acordo com a Lei de Lenz a corrente induzida deve gerar um campo magnético que se opõe à variação do fluxo, neste caso, o campo magnético induzido estará orientado de cima para baixo. Para produzir esse campo induzido, a corrente induzida deve estar no sentido horário, se observado de cima para baixo em relação à espira. Ou seja, em sentido contrário ao gerado pela aproximação do ímã pela espira. A Figura B.55 representa o afastamento do ímã, as linhas de indução magnética do ímã e o sentido da corrente elétrica gerada na espira. Neste caso, o sinal de áudio gerado e capturado pelo *software* Audacity foi positivo (Figura B.53).

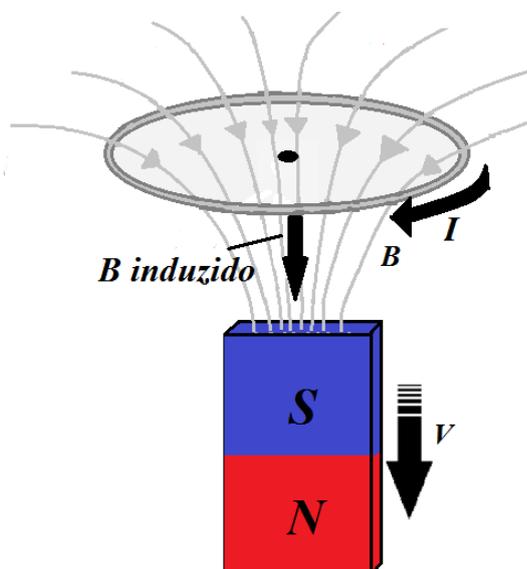


Figura B.55 – O afastamento do polo Sul do ímã causa um fluxo decrescente de cima para baixo através da espira. O campo induzido está orientado de baixo para cima para se opor à variação do fluxo. Para produzir esse campo induzido, a corrente induzida deve estar no sentido horário, se observado de cima para baixo em relação à espira.

Na sequência repetimos a experiência anterior invertendo os polos dos ímãs, ou seja, o ímã foi solto com o polo Sul para baixo. A Figura B.56 mostra a imagem do sinal obtido com esta experiência. Como pode ser observado o sinal está invertido em relação ao sinal da experiência anterior (Figura B.53)

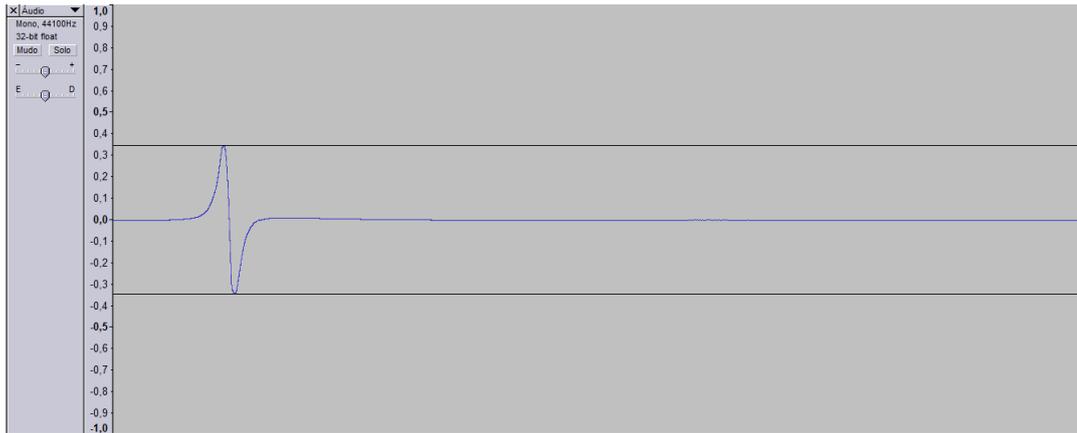


Figura B.56 - Imagem da gravação do sinal gerado pelo *software* Audacity que representa a corrente induzida em função do tempo gerada na bobina de 20 espiras localizada na extremidade superior do cano quando o ímã foi solto com o polo Sul para baixo.

Teoricamente a inversão dos picos pode ser explicada pela forma seguinte: com a aproximação do polo Sul, o fluxo magnético gerado na espira é crescente de baixo para cima. Para se opor à variação do fluxo, o campo magnético induzido estará orientado de cima para baixo. Para produzir esse campo induzido, a corrente induzida deve estar no sentido horário, se observado de cima para baixo em relação à espira. A Figura B.57 representa a aproximação do ímã, as linhas de indução magnética do ímã e o sentido da corrente elétrica gerada na espira. Neste caso, o sinal de áudio capturado pelo *software* Audacity foi positivo (Figura B.56).

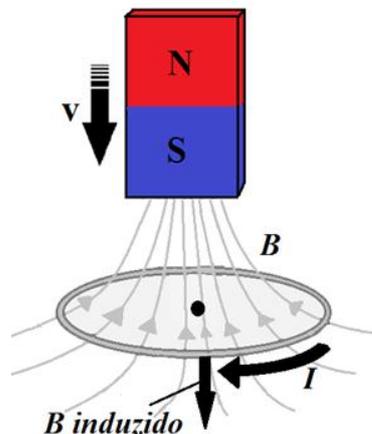


Figura B.57 – A aproximação do polo Sul do ímã causa um fluxo crescente de baixo para cima através da espira. O campo induzido está orientado de cima para baixo para se opor à variação do fluxo. Para produzir esse campo induzido, a corrente induzida deve estar no sentido horário, se observado de cima para baixo em relação à espira.

Após o ímã cruzar a espira ocorre o afastamento do polo Norte, provocando uma variação de fluxo decrescente de baixo para cima através da espira. Para se opor à variação do fluxo, o campo magnético induzido estará orientado de baixo para cima. Para produzir esse campo induzido, a corrente induzida deve estar no sentido anti-horário, se observado de cima

para baixo em relação à espira. A Figura B.58 representa o afastamento do ímã, as linhas de indução magnética do ímã e sentido da corrente elétrica gerada na espira. Neste caso, o sinal de áudio gerado no Audacity foi negativo (Figura B.56).

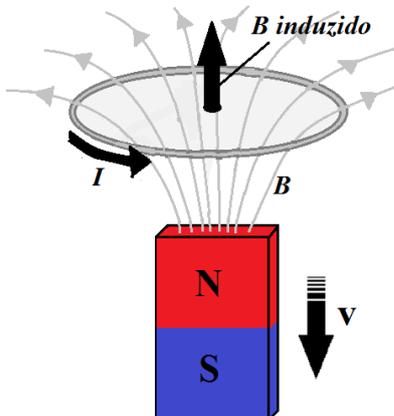


Figura B.58 - O afastamento do polo Norte do ímã causa um fluxo decrescente de cima para baixo através da espira. O campo induzido está orientado de baixo para cima para se opor à variação do fluxo. Para produzir esse campo induzido, a corrente induzida deve estar no sentido anti-horário, se observado de cima para baixo em relação à espira.

Dando sequência ao nosso estudo é possível demonstrar que o sentido da corrente induzida gerada na bobina também depende do sentido do enrolamento das espiras que formam as bobinas. Para tal soltamos o ímã com o polo Norte para baixo, e utilizamos os dois sinais capturados pelo *software* Audacity. O primeiro sinal corresponde à aproximação, passagem e afastamento do ímã pela primeira bobina localizada na extremidade superior do cano. O segundo sinal corresponde à aproximação, passagem e afastamento do ímã pela segunda bobina localizada na extremidade inferior do cano.

A Figura B.59 mostra os sinais capturados pelo *software* para esta experiência. Observa-se que o segundo sinal é invertido em relação ao primeiro, isso pode ser associado ao fato de que as bobinas construídas no cano possuem sentido contrário de enrolamento. Se for o caso, poderíamos repetir a mesma experiência deixando cair o ímã com o polo Sul para baixo. (Não nos interessa neste momento, saber qual bobina está na parte superior ou inferior do cano).

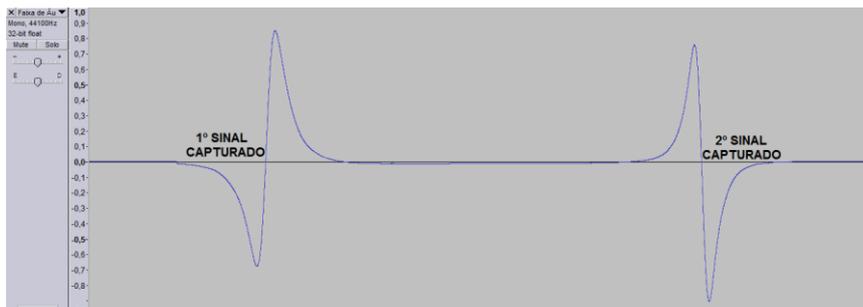


Figura B.59 – Imagem da gravação do sinal gerado pelo *software* Audacity que representa a corrente induzida gerada nas duas bobinas em função do tempo.

Para analisar os fatores que influenciam na intensidade da corrente induzida na bobina, efetuamos as experiências a seguir ainda utilizando o Dispositivo 1. Primeiro analisamos o sinal capturado pelo *software* em função do número de espiras que constituem as bobinas.

Para obter os sinais devemos manter três parâmetros fixos: a intensidade magnética (usar o mesmo ímã), rapidez de queda (as duas bobinas devem estar localizadas na mesma distância em relação a extremidade do cano na qual será solto o ímã) e área da seção transversal das bobinas (as duas estão constituídas no mesmo cano).

Mantendo o cano na posição vertical com a bobina de 10 espiras (Bobina 1) próxima a extremidade superior, soltamos o ímã e capturamos o sinal gerado. Utilizando a ferramenta de seleção e corte, salvamos o primeiro sinal, Figura B.60. Este sinal evidentemente corresponde a bobina de 10 espiras que esta localizada na parte superior. Seguidamente, invertemos o cano e soltamos o ímã. Dos sinais capturados, selecionamos novamente o primeiro sinal, Figura B.61. Este final corresponde a bobina formada por 20 espiras (Bobina 2) que esta localiza na extremidade superior do cano.

De acordo com a escala do gráfico gerado pelo *software* Audacity pode-se mostrar que a intensidade da corrente é maior na situação em que o número de espiras da bobina é maior (Figura B.61).

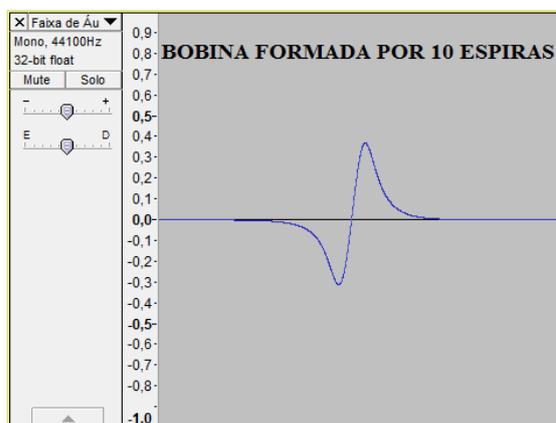


Figura B.60 - Imagem da gravação do sinal gerado pelo *software* Audacity que representa a corrente induzida em função do tempo gerada na bobina formada por 10 espiras localizada na extremidade superior do cano.

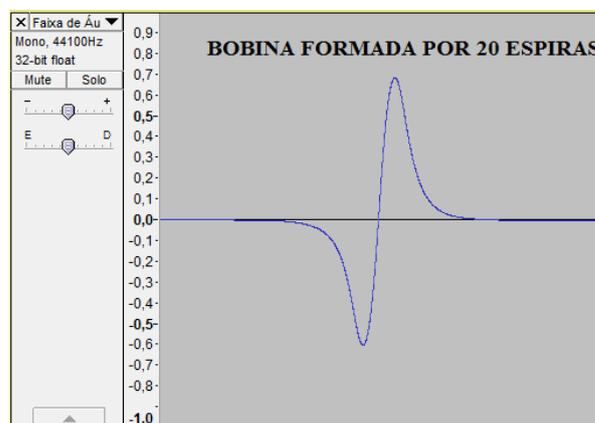


Figura B.61 - Imagem da gravação do sinal gerado pelo *software* Audacity que representa a corrente induzida em função do tempo gerada na bobina formada por 20 espiras localizada na extremidade superior do cano.

A rapidez na qual ocorre a variação do fluxo magnético é outra grandeza que interfere na intensidade da corrente induzida gerada na bobina. Para obter os sinais devemos manter três parâmetros fixos: a intensidade magnética (usar o mesmo ímã), número de espiras (utilizamos a bobina formada por 10 espiras) e área da seção transversal das bobinas (as duas estão constituídas no mesmo cano).

Para verificar esta variável, posicionamos o cano na posição vertical com a bobina com 10 espiras na parte superior e soltamos o ímã com o polo Norte para baixo. O primeiro sinal gravado pelo *software* foi salvo para posterior comparação (Figura B.62). Após, invertemos o cano e soltamos novamente o ímã da extremidade superior do cano com o polo Norte para baixo, desta forma o ímã se aproximará, passará e se afastará mais rapidamente pela bobina inferior, neste caso a bobina inferior é a formada por 10 espiras. O segundo sinal gravado pelo *software* foi salvo para posterior comparação. (Figura B.63)

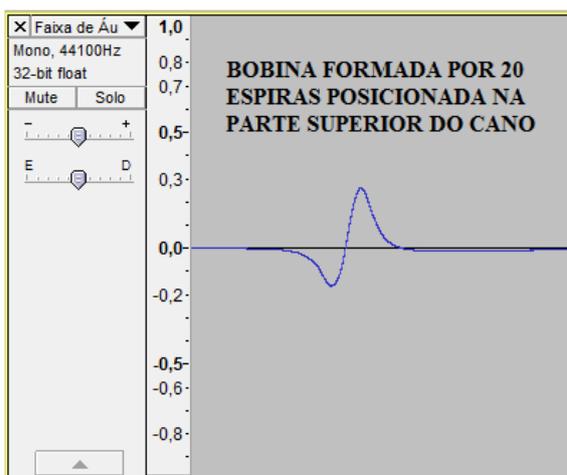


Figura B.62 – Imagem da gravação do sinal gerado pelo *software* Audacity que representa a corrente induzida em função do tempo gerada na bobina formada por 20 espiras localizada na extremidade superior do cano.

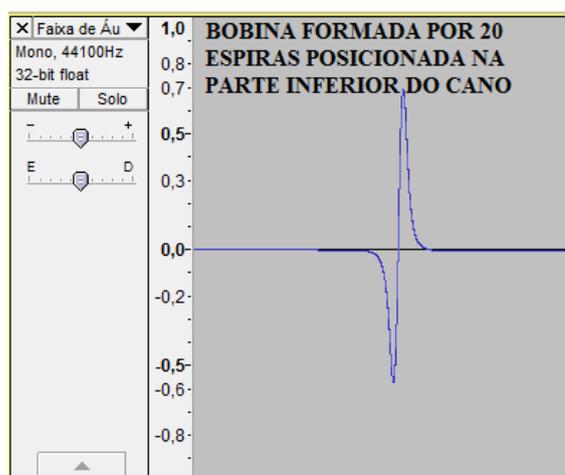


Figura B.63 – Imagem da gravação do sinal gerado pelo *software* Audacity que representa a corrente induzida em função do tempo gerada na bobina formada por 20 espiras localizada na extremidade inferior do cano.

A partir das Figuras B.62 e B.63 pode-se observar a diferença da amplitude entre os dois sinais. Isso evidencia o fato de que a intensidade de corrente depende da rapidez da variação do fluxo magnético através da espira.

Nas atividades descritas até aqui, o ímã utilizado foi sempre o mesmo, sendo este formado por 3 ímãs de neodímio-ferro-boro em formato de pastilha.

Para verificarmos que a corrente induzida gerada na bobina depende também da intensidade do fluxo magnético através da área da seção transversal das espiras, utilizamos diferentes números de pastilhas (duas, quatro e seis) para formar três ímãs diferentes e mantemos as outras três grandezas constantes: rapidez de queda, área da seção transversal das bobinas e número de espiras que constituem a bobina (para as três situações utilizamos a mesma bobina e soltamos o ímã da mesma posição). Para obter os dados, colocamos o cano na posição vertical com a bobina formada por 20 espiras (Bobina 2) próxima da extremidade inferior, e soltamos um a um os ímãs sempre registrando os sinais gerados com o *software* Audacity.

Para as três situações, utilizamos a ferramenta de corte do *software* para selecionar e analisar o sinal desejado, neste caso, o segundo sinal. Estes sinais estão apresentados nas Figuras B.64, B.65 e B.66.

Observando os três sinais é possível evidenciar que a corrente induzida depende da intensidade magnética dos ímãs. Para maior intensidade magnética maior corrente.

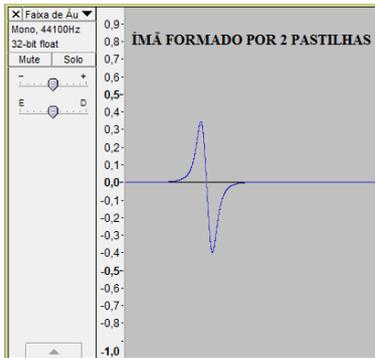


Figura B.64 - Imagem da gravação do sinal gerado pelo *software* Audacity que representa a corrente induzida em função do tempo gerada na bobina formada por 20 espiras localizada na extremidade inferior do cano. O ímã utilizado era formado por 2 pastilhas.

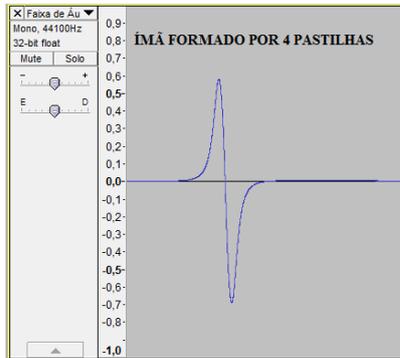


Figura B.65 - Imagem da gravação do sinal gerado pelo *software* Audacity que representa a corrente induzida em função do tempo gerada na bobina formada por 20 espiras localizada na extremidade inferior do cano. O ímã utilizado era formado por 4 pastilhas.

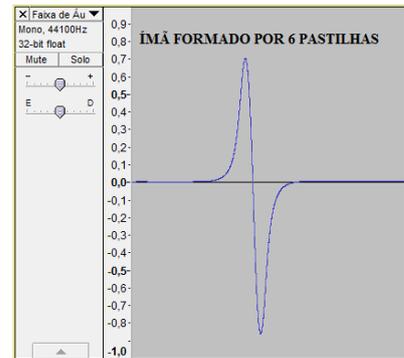


Figura B.66 - Imagem da gravação do sinal gerado pelo *software* Audacity que representa a corrente induzida em função do tempo gerada na bobina formada por 20 espiras localizada na extremidade inferior do cano. O ímã utilizado era formado por 6 pastilhas.

Para analisarmos a influência da área na intensidade da corrente induzida gerada na bobina, utilizamos as bobinas formadas nos canos com diferentes diâmetros (Dispositivo 2). Para esta análise mantemos três grandezas físicas constantes: números de espiras (as duas bobinas foram constituídas com 10 espiras), rapidez de queda (as duas bobinas foram construídas na mesma posição nos canos e o ímã foi solto da mesma posição) e intensidade magnética (utilizamos o mesmo ímã constituído por 6 pastilhas).

Com os canos posicionados na direção vertical, deixamos cair o ímã um a um ao longo do cano e capturamos o sinal utilizando o *software* Audacity. As Figuras B.67 e B.68 representam os sinais gerados em cada uma das bobinas (25 e 40 mm de diâmetro).

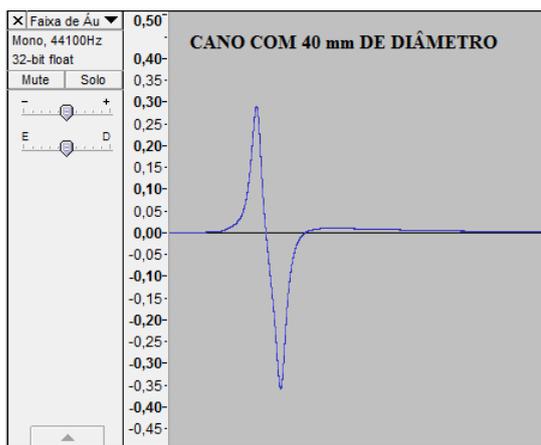


Figura B.67 - Imagem da gravação do sinal gerado pelo *software* Audacity que representa a corrente induzida em função do tempo gerada na bobina formada por 10 espiras no cano de 40 mm de diâmetro.

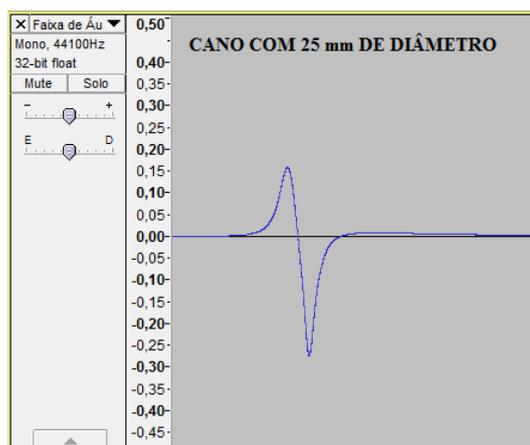


Figura B.68 - Imagem da gravação do sinal gerado pelo *software* Audacity que representa a corrente induzida em função do tempo gerada na bobina formada por 10 espiras formada no cano de 25 mm de diâmetro.

A experiência evidencia que para o mesmo ímã (campo magnético), a mesma rapidez de variação do fluxo e mesmo número de espiras, uma maior área de seção transversal da bobina tem uma indução maior.

As últimas experiências sugeridas tentam relacionar as atividades realizadas com o cotidiano dos estudantes ilustramos como pode ser determinada a frequência de oscilação da rede elétrica local. Para isso utilizamos a bobina toroidal construída e o ferro de soldar, Dispositivo 3 (Figura B.47). Conectamos o *plug* p2 na entrada de áudio do computador e gravamos o sinal gerado quando ligamos o ferro de soldar por um intervalo de tempo pequeno (Figura B.69).

Ao ligarmos o ferro de soldar, o fio que passa pelo centro da bobina toroidal é percorrido por uma corrente elétrica (I) que varia com uma frequência similar a da rede elétrica (~60 Hz). Esta corrente elétrica gera ao redor do fio condutor um campo magnético variável que produz uma corrente induzida, da mesma frequência, nas espiras da bobina toroidal.

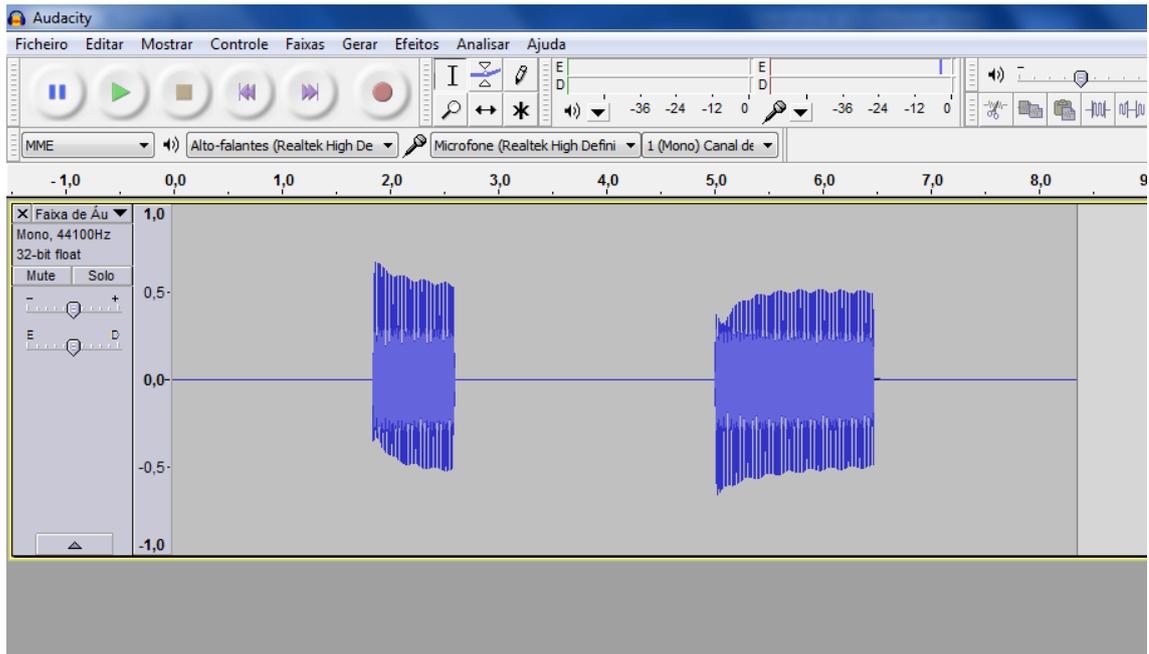


Figura B.69 - Imagem da gravação do sinal gerado pelo *software* Audacity que representa a corrente induzida em função do tempo gerada no torroide quando o ferro de soldar foi ligado durante dois intervalos pequeno de tempo.

Para determinarmos a frequência (da rede elétrica), ampliamos o sinal capturado (Figura B.69) e selecionamos 10 oscilações completas conforme a Figura B.70. O *software* fornece diretamente o tempo total da seleção, neste caso 0,167s. Seguidamente podemos determinar o período de oscilação dividindo o tempo total pelo número de oscilações, o que resulta em um período de 0,0167s. Como a frequência de oscilação é o inverso do período, obtém uma corrente induzida na espira cuja frequência é de 59,88 Hz.

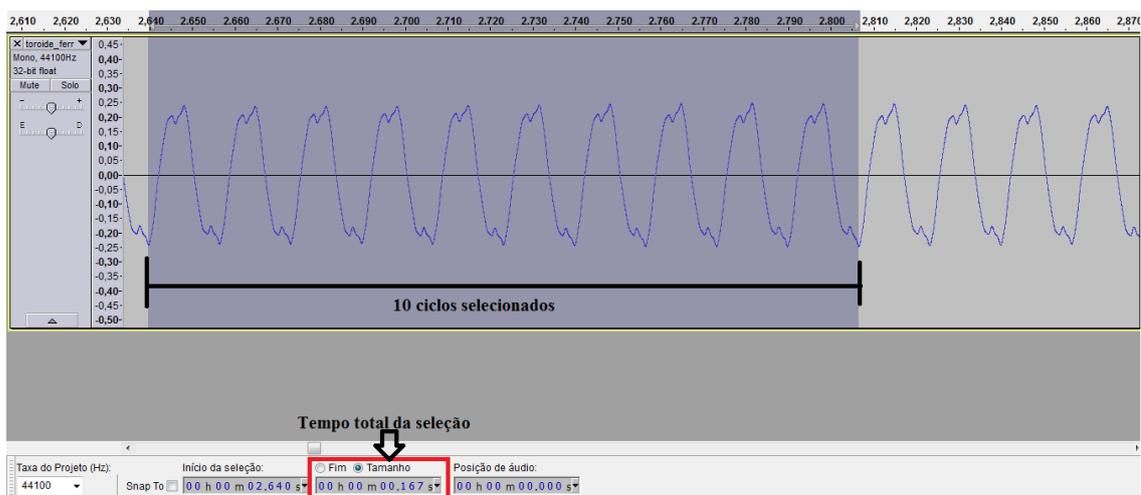


Figura B.70 - Imagem ampliada da gravação do sinal gerado pelo *software* Audacity que representa a corrente induzida em função do tempo gerada no torroide quando o ferro de soldar foi ligado durante um intervalo pequeno de tempo. A imagem mostra a seleção de 10 ciclos e o tempo período total desses ciclos.

Utilizando o Dispositivo 4, podemos realizar uma atividade semelhante a anterior, para tal, colocamos as duas bobinas próximas conforme Figura B.48 e ligamos o ferro de soldar por alguns instantes. Durante este período todas as espiras desta bobina que estão ligadas ao ferro de soldar são percorridas por uma intensidade de corrente (I) que varia com uma frequência similar a da rede elétrica (~ 60 Hz). Esta corrente gera um campo magnético quase uniforme no centro da bobina e um campo magnético mais fraco, com linhas de indução mais afastadas, fora da bobina, conforme a ilustração da Figura B.36. Como a corrente é alternada, temos a geração de um campo magnético variável.

Estando esta bobina próxima à bobina formada por 10 espiras no cano de PVC (Dispositivo 1), temos a variação do fluxo magnético através da área delimitada por estas espiras. A variação deste campo magnético deve ser igual à frequência da rede elétrica. Como consequência, a corrente induzida produzida na espira deve ter a mesma frequência. A corrente induzida gerada nesta bobina gerou um sinal que foi capturado pelo *software* Audacity. A Figura B.71 mostra o sinal gerado (ampliado) para a atividade descrita.

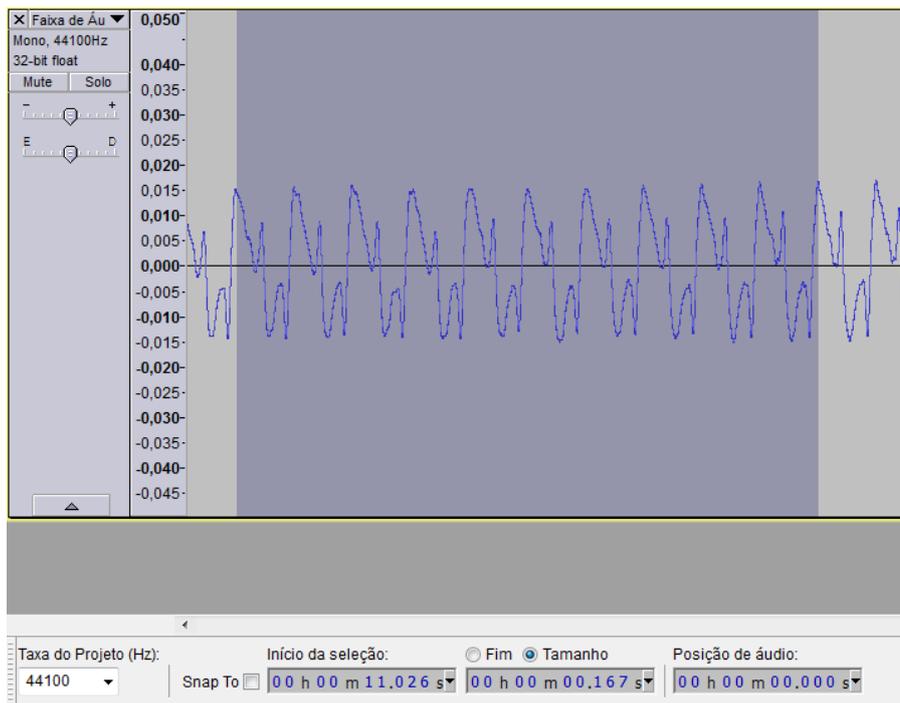


Figura B.71 - Imagem ampliada da gravação do sinal gerado pelo *software* Audacity que representa a corrente induzida em função do tempo gerada na bobina conectada ao *plug* P2 mono quando o ferro de soldar foi ligado durante um intervalo pequeno de tempo.

Observando a Imagem B.71 podemos verificar que para uma seleção de 10 ciclos, o *software* Audacity informa o mesmo tempo total de oscilação da atividade anterior, ou seja, 0,167 s. Isso representa que a frequência da corrente induzida é igual a determinada utilizando o torroide ($\sim 59,88$ Hz).

Afastando as duas bobinas, verificamos que quanto maior for o afastamento (x), menor será a intensidade da corrente induzida gerada na bobina conectada ao *plug* P2 mono (Figura B.72). A dependência da intensidade da corrente induzida com o campo magnético já foi explicada pela experiência, onde utilizamos os três ímãs e o Dispositivo 1 (Figuras B.64, B.65 e B.66), mas pode ser explicada novamente com este Dispositivo.

Quanto mais afastada estiver a bobina ligada ao ferro de soldar, menor será a intensidade do fluxo magnético através da bobina ligada ao *plug* P2 mono, pois, menos linhas de indução atravessam a área delimitada pelas espiras que constituem esta bobina, e, ao mesmo tempo, as que atravessam possuem intensidade pequena, por estarem mais distantes da bobina que as gerou.

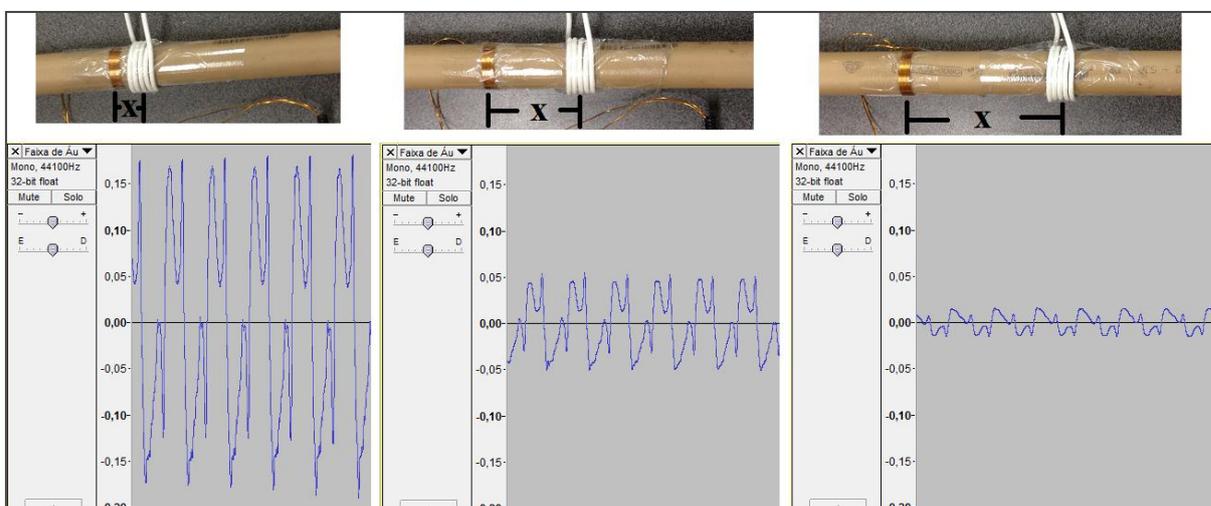


Figura B.72 - Imagem ampliada da gravação do sinal gerado pelo *software* Audacity que representa a corrente induzida em função do tempo gerada na bobina conectada ao *plug* P2 mono quando o ferro de soldar foi ligado durante um intervalo pequeno de tempo. Quanto menor a intensidade do sinal, maior é o afastamento entre as bobinas.

Das diversas experiências apresentadas neste GAP, evidenciamos diversas situações ilustradas nos livros didáticos, entretanto não utilizamos equações para analisar diversos fatores que estão relacionados com a geração de corrente induzida. Dentre os vários experimentos, cabe ao professor ajustar, os que considerarem pertinente, com a sua realidade escolar e realizar um planejamento para executa-los com seus alunos.

O ferro de soldar é o único material que apresenta certo custo (50,00 R\$) e normalmente não faz parte dos laboratórios didáticos de Física ou da infraestrutura das escolas. Entretanto, se o professor tiver conhecimento poderá substituí-lo por um cabo de energia (extensão) formado por dois fios paralelos (por exemplo, iguais ao utilizado nesta atividade), para tal, basta dividir os fios e utilizar somente um deles.

APÊNDICE C – Material elaborado para apresentação das atividades/*softwares*

Neste apêndice estão reproduzidos os *slides* que foram elaborados e utilizados nas apresentações das atividades/*softwares* com os alunos. A elaboração deste material foi feita com base nas referências anteriormente citadas. Para a apresentação sobre Modelagem no ensino/aprendizagem de Física utilizamos com autorização, o material elaborado por Brandão, Araujo e Veit para o curso de EAD – Fenômenos Físicos e Modelos Científicos.

Apresentação 1	O computador como ferramenta didática no ensino de Física
Apresentação 2	Modelagem no ensino/aprendizagem de Física
Apresentação 3	O computador como ferramenta didática no ensino de Física
Apresentação 4	Aquisição automática de dados no ensino de Física

Quadro C. 1 – Relação das apresentações.

Apresentação 1 – O computador como ferramenta didática no ensino de Física

 UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO GRANDE DO SUL
Instituto de Física

O COMPUTADOR COMO FERRAMENTA DIDÁTICA PARA O ENSINO DE FÍSICA

Leandro Paludo
Orientação: Profa. Eliane Angela Veit
Prof. Fernando Lang da Silveira



CONTEÚDO

Introdução

- Como e onde podemos utilizar o computador no ensino de Física?
- Simulações computacionais
- Modelagem computacional
- Cuidados na utilização das simulações no ensino de Física

INTRODUÇÃO

Diversas possibilidades dos computadores em sala de aula.



A realidade hoje:

- Acessibilidade por parte dos alunos
- Professores tem receio em utilizar
- Escolas equipadas – falta um planejamento
- Muitas vezes o computador é utilizado de forma desnecessária



Visando desenvolver nos alunos competências e habilidades

Parâmetros Curriculares Nacionais do Ensino Médio (BRASIL, 1999).

O professor deve:

- Adotar metodologias de ensino mais atuais e eficazes
- Assumir o papel de mediador entre:

ALUNO — PROFESSOR —> CONHECIMENTO
COMPUTADOR

Indo ao encontro das resoluções:

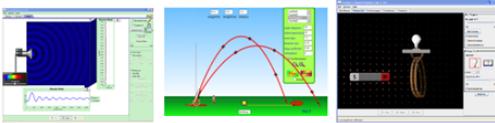
- Lei de Diretrizes e bases da Educação Nacional (LDB).
 - Preparo para o uso de tecnologias da informação e da comunicação e de metodologias, estratégias e materiais de apoio inovadores.
- Diretrizes curriculares para os Cursos de Física.
 - Utilizar diversos recursos de informática
 - Conhecer novas técnicas, métodos ou instrumentos de medições e análise de dados.
- Proposta Ensino Politécnico (RS).
 - O ensino das áreas do conhecimento dialogue com o mundo de trabalho interagindo com as novas tecnologias.

COMO E ONDE PODEMOS UTILIZAR O COMPUTADOR?

- Multimídia (textos, imagens, sons, vídeos...)
- EAD
- Internet
 - Pesquisa
 - Compartilhamento de dados
 - Redes sociais
- Simulações
- Modelagem
- Aquisição automática de dados

SIMULAÇÕES COMPUTACIONAIS

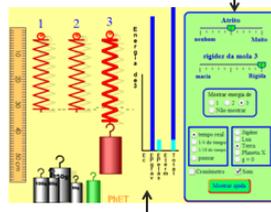
São animações que representam a partir de uma realidade virtual um determinado fenômeno físico.



A construção necessita de um MODELO que o aluno não tem acesso.

Pode ser visto como uma CAIXA PRETA

O aluno muda variáveis e parâmetros



Representação (gráficos ou animações)

Abordagens mais comuns	
Tentativa e erro	P.O.E
Arbitram-se valores para condições iniciais e parâmetros (as vezes algumas relações matemáticas) e, a partir do conhecimento de como devem ser os resultados, mudam-se as entradas até atingi-los.	Predizer como evoluirá uma determinada situação-problema
	Observar o que da fato ocorre em uma simulação do evento
	Explicar eventuais divergências entre o predito e o observado

VEIT, 2003.

MODELAGEM

O aluno pode construir um modelo para descrever um determinado fenômeno físico.

Lista parâmetros e equações de acordo com a teoria e dos objetivos desejados.

Modelo Matemático

$$\frac{dx}{dt} = vx$$

$$\frac{dy}{dt} = vy$$

$$\frac{dvy}{dt} = -g$$

$$fy = -D \cdot \text{abs}(vy) \cdot vy$$

$$fx = -D \cdot \text{abs}(vx) \cdot vx$$

$$Dy = m \cdot g$$

$$fa = \sqrt{fy^2 + fx^2}$$

$$vvt = \sqrt{vx^2 + vy^2}$$

$$v = \sqrt{vvt^2 + vy^2}$$

$$ang = \arctan\left(\frac{vy}{vx}\right)$$

Comp. Vel. Eixo x [Vx] 50.00 (m/s)

Comp. Vel. Eixo y [Vy] 50.00 (m/s)

Velocidade Inicial [V] 50.00 (m/s)

Ângulo (horizontal) 45.00 (graus)

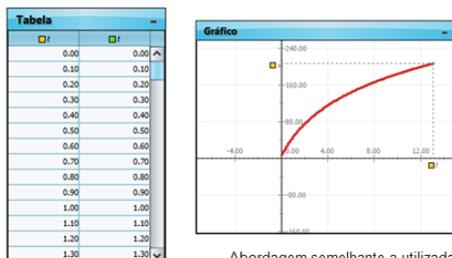
Massa 1.98 (kg)

Constante (AR) 0.02 (kg/s)

Aceleração Gravidade 10.00 (m/s²)

O aluno pode também explorar modelos construídos pelo professor.

Representações são gráficos, tabelas, animações, diagramas....



Abordagem semelhante a utilizada nas SIMULAÇÕES

Notas
Este modelo foi construído para descrever um lançamento de projétil, sob ação da gravidade e da resistência do ar utilizando o Software Modellus.



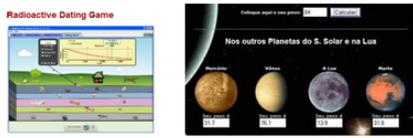
Animação construída no Software Modellus

SIMULAÇÕES/MODELAGEM



São bastante úteis para complementar a atividade experimental ou quando a mesma:

- é impossível ou difícil de ser reproduzida
- envolve um custo não acessível a instituição
- envolvem fenômenos muito lentos ou extremamente rápidos



CUIDADOS NA UTILIZAÇÃO DE SIMULAÇÕES NO ENSINO DE FÍSICA

Apesar das simulações apresentarem inúmeras possibilidades e vantagens para o ensino de Física, faz-se necessário um reflexão sobre as limitações e cuidados em sua utilização em sala de aula.

No que segue nosso intuito é alertar para cuidados que precisamos ter com as simulações, de forma alguma criticar as simulações e seu autores.

Existe uma diferença significativa entre o ato de experienciar-se um fenômeno através de um experimento real e de uma simulação computacional.



- Uma animação não é, jamais, uma cópia fiel do real.
- Toda animação e simulação está baseada em uma modelagem do real.
- O modelo adotado depende do interesse e da abordagem do autor.
- O modelo adotado na construção da simulação lhe dá suporte e significado.
- O modelo tem que ser razoável com a natureza.
- Muitas vezes o modelo e a teoria adotada podem estar aplicados erroneamente.

Quem utiliza a simulação (professores e alunos) necessitam saber qual foi o modelo adotado e quais são os limites de validade deste modelo (as idealizações, as simplificações).

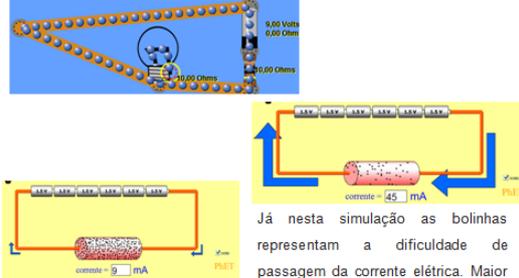
As simulações podem:

- Gerar imagens distorcidas da realidade confundindo o virtual com o real, gerando aparências ilusórias.



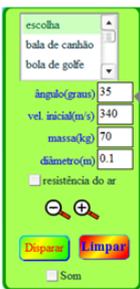
O aluno pode pensar que a pilha menor possui menor voltagem.

Qual é o problema que vocês veem na primeira figura?



Já nesta simulação as bolinhas representam a dificuldade de passagem da corrente elétrica. Maior número de bolinhas maior resistência elétrica.

- Não ser razoável com a natureza, não apresentar um modelo razoável e não respeitar ou discutir o limite de validade do modelo.



O aluno pode entrar com qualquer valor da velocidade e a simulação irá ser representada.

Podemos lançar uma bola de canhão com velocidade de 340 m/s?

Até que velocidade podemos desconsiderar a curvatura da terra para um movimento parabólico?



MEDEIROS & MEDEIROS, 2002.

- Pode não estar claro no modelo as grandezas físicas usadas, suas unidades, intervalos de variação,...



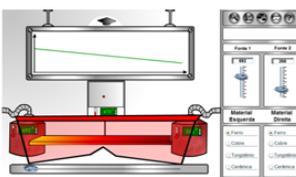
Professor?

Esta velocidade está sendo expressa em que unidade?

Por que a resistência do ar tem valor máximo "2"?

Por que não posso por "10" "15" ou "100" para a resistência do ar?

O que este gráfico quer representar?



Estamos interessados no gradiente de temperatura ou no fluxo (transferência de energia sob a forma de calor) entre as fontes?

Existem fontes de calor que mantenham sempre a mesma temperatura?

A barra é perfeitamente homogênea? A superfície lateral está envolvida por paredes adiabáticas que evitam a perda de energia para o meio? A barra encontra-se em regime estacionário?

VEIT; ARAUJO; BRANDÃO, 2008.

- Levar o aluno a pensar que aquilo é válido sempre para qualquer situação, qualquer objeto em estudo.

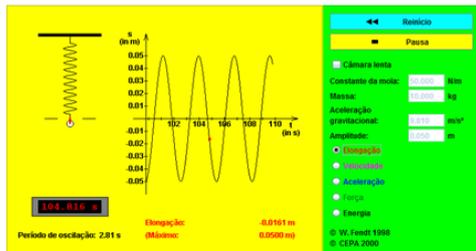
$$V = i R$$

• A lei de ohm é válida para qualquer tipo de resistor?

$$V = i R$$

• E se o resistor sofrer variações de temperatura?

A constante da mola é constante para qualquer deformação?
E a dissipação de energia? Em que condições pode ser desprezada?



Sabemos que estes meios, por si sós, não são capazes de trazer contribuições para a área educacional



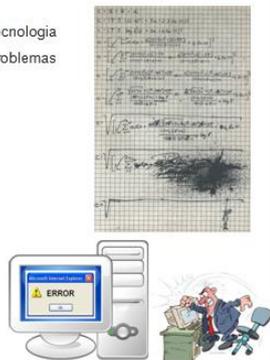
sendo **ineficientes** se usados como o ingrediente mais importante do processo educativo, ou **sem a reflexão**.

Temos que adequar a utilização das simulações de acordo com os conteúdos trabalhados e as necessidades de cada turma.

Sabemos ainda que a tecnologia educacional não irá resolver os problemas da educação, que são de natureza:

- Social
- Política
- Ideológica
- Econômica
- Cultural

Mas não podemos desistir.....



É preciso continuar pesquisando sobre o que as novas tecnologias têm a oferecer à educação...

...para que tenhamos condições de formar uma visão crítica fundamentada sobre o seu uso.

A introdução de tecnologias na educação não implica necessariamente novas práticas pedagógicas, pois podemos com ela apenas **vestir o velho com roupa nova**.



<https://www.youtube.com/watch?v=QzwNpyoX1xk>

Apresentação 2 – Modelagem no ensino/aprendizagem de Física

UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO GRANDE DO SUL
Instituto de Física

**MODELAGEM NO
ENSINO/APRENDIZAGEM DE FÍSICA**

Leandro Paludo
Orientação: Profa. Eliane Angela Veit
Prof. Fernando Lang da Silveira

Esta apresentação é uma síntese do material elaborado conforme referências para o curso de EAD – Fenômenos Físicos e Modelos Científicos.

Ministrante: Prof. Rafael Varques Brandão
Orientação: Prof. Dr. Ives Solano Araujo e
Profa. Dra. Eliane Angela Veit.

CONTEÚDO

- Introdução
- Fenômenos físicos e modelos científicos
- Questão-foco
- Referentes
- Idealizações
- Modelo conceitual
- Variáveis, parâmetros e condições iniciais
- Relações teóricas

O objetivo desta aula é discutir vantagens no uso da modelagem no ensino de Física.

Modelagem serve para dar noções do que é ciência:

- desmistificar a ideia de que ciência é uma verdade absoluta e perene.
- combater o empirismo-indutivismo puro, ou seja, a ideia que ciência é "descoberta" dos dados experimentais.
- mostrar que ciência se constrói coletivamente e não depende unicamente da existência de gênios.

Também pode servir para dar um novo significado à aprendizagem de Física, pois para os alunos, normalmente:

- a Física é difícil;
- precisa-se decorar fórmulas;
- resolver problemas é substituir valores em fórmulas;
- as leis da Física tem que ser "obedecidas" e pronto!
- o papel dos modelos é ignorado.

Por que cientistas fazem ciência?

- Pela curiosidade em conhecer a realidade da melhor maneira possível.
- Para produzirem explicações desta realidade.
- Para enriquecer o conhecimento pelo conhecimento.
- Resolverem problemas práticos, geralmente associados ao desenvolvimento tecnológico.



Em linhas muito gerais, pode-se dizer que se faz ciências:

"...formulando questões claras, imaginando modelos conceituais das coisas, às vezes teorias gerais e tentando justificar o que se pensa e o que se faz, seja através da lógica, seja através de outras teorias, seja através de experiências, aclaradas por teorias".⁴

Nesta linha modelos podem ser entendidos como 'blocos' fundamentais no processo de construção pela ciência.

⁴Bunge, apud VEIT, BRANDÃO; ARAUJO; Modelos científicos e Fenômenos Físicos.

Fenômenos Físicos e modelos científicos

Modelo pode ser entendido como uma representação simplificada, idealizada, de um sistema ou fenômeno natural.



Qual desses modelos é o mais adequado para representar um homem?

MONTEIRO, 2006.

Não existem modelos corretos, mas sim adequados. Alguns modelos são mais adequados do que outros por enfatizarem certos aspectos negligenciados pelos demais.

No fazer da Física, modelos são mediadores entre o mundo real que é complexo, holístico, e um mundo idealizado simplificado.

Modelo



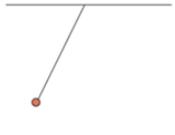
Sistema Físico Sistema Idealizado

- São um criação da mente humana!
- Não há um método único para a criação de modelos.
- Os modelos científicos não são, e jamais serão, uma descrição exata da natureza.

No processo de modelagem o cientista é "livre":

- decide o que considera ser essencial;
- ignora o que lhe parece irrelevante na descrição dos fatos.

No modelo do pêndulo simples considera-se
Fio inextensível e sem massa
O corpo que oscila é pontual (com toda a sua massa concentrada em um ponto)
Os efeitos de atrito entre as peças sólidas são desprezíveis
Desconsidera-se os efeitos do arrasto



- Sempre deve ser formulado com clareza e precisão a fim de que sua adequação aos fatos possa ser estimada, verificada e criticada.
- Logo o saber científico é uma construção eminentemente coletiva.

O processo de modelagem requer...

- Focar a atenção em aspectos particulares da natureza
- Realizar recortes da realidade
- Fazer simplificações do sistema real
- Postular entidades reais ou supostas como tais.

Este fatos são determinantes para a escolha dos referentes, das relações, das variáveis, parâmetros e condições iniciais que constituirão o modelo científico capaz de representar, com boa aproximação, o sistema ou fenômeno real.

Neste processo alguns conceitos fazem-se necessários:

- Questões-foco
- Idealizações
- Referentes
- Modelo conceitual
- Teorias
- Variáveis, parâmetros e aproximações
- Contexto de validade
- Grau de precisão
- Expansão e generalização

Construção de um modelo científico:

Qual é a questão-foco? O que pretendemos investigar? O que pretendemos responder?

Questão-foco: qual a máxima velocidade que o automóvel pode ter para não sobrar na curva, dada a curvatura da pista?



Questão-foco: como a energia liberada na combustão que ocorre no interior do motor é convertida em energia mecânica para movimentar o automóvel?

Para respondermos estas perguntas o que deve ser considerado como relevante?

O que são e quais são os referentes?

Referentes são objetos ou eventos do mundo que serão considerados no modelo. Eles podem fazer parte do sistema a ser modelado ou serem agentes externos relevantes que interagem com o sistema Físico.

Referentes sobre o ponto de vista de Dinâmica

Automóvel, terra, pista

Referentes sobre o ponto de vista de Termodinâmica

Motor, mistura ar-combustível

Idealizando a realidade

O processo de idealização não se restringe somente às simplificações de informações.

As idealizações dependem fundamentalmente das questões que procuram responder, isto é, podem ser considerados diferentes aspectos como relevantes a abordar um fenómeno físico.

Exemplos:

- Corpos são transformados em partículas
- Superfícies podem não oferecer resistência
- Objetos podem ser admitidos sem massa, sem elasticidade.

Idealizações sobre o ponto de vista de Dinâmica

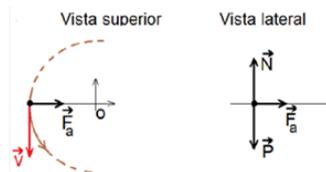
- Automóvel pontual
- Pista plana, sem inclinação lateral
- Trajetória do automóvel circular, sendo o módulo da velocidade do automóvel constante
- Ações do ar no automóvel desprezíveis.

Idealizações sobre o ponto de vista de Termodinâmica

- Não há troca de calor com as paredes do cilindro do motor
- As válvulas de admissão e escape se movem instantaneamente
- Não ocorrem processos irreversíveis, como atrito
- A energia liberada na combustão (calor de combustão) ocorre instantaneamente.

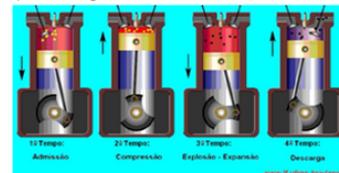
Modelo conceitual: Movimento circular uniforme

Uma partícula se move em movimento circular uniforme, sendo a força resultante centrípeta idêntica à força de atrito estático entre a partícula e a pista.



Modelo conceitual: Máquina térmica à combustão interna

Opera, em 4 tempos, com uma mistura de ar e combustível. No 1º tempo a mistura gasosa é absorvida até encher o cilindro e fechar a válvula. No 2º tempo a mistura é comprimida até que uma faísca provoque uma explosão, que leva à expansão do gás (3º tempo). No 4º, a válvula de escape se abre e são expelidos os gases.



Para não nos estendermos demais, continuaremos a construção de nosso modelo científico somente sob o ponto de vista da cinemática.

Uma vez construído este esquema conceitual é preciso estabelecer relações matemáticas e/ou proposicionais (como "quanto maior isso... menor aquilo") envolvendo as variáveis e os parâmetros.

Variáveis e parâmetros

Representam os estados e as propriedades dos referentes do modelo

- Grandezas físicas que variam ao longo de um evento físico são ditas variáveis
- Há variáveis independentes (por exemplo o tempo) e dependentes (por exemplo: posição, velocidade, corrente elétrica,...).
- Há ainda grandezas físicas que ao longo de certos intervalos não variam, e nesse caso são chamadas de parâmetros.
- Variáveis e parâmetros físicos excepcionalmente são adimensionais e, portanto normalmente é necessário que se saiba em que unidades as medidas estão expressas!

Variáveis		Parâmetros	
Nome	[símbolo] = unidade de medida	Nome	[símbolo] = unidade de medida
tempo	[t] = s	aceleração gravitacional	[g] = m/s ²
velocidade	[v] = m/s	aceleração radial	[a] = m/s ²
Deslocamento linear	[Δd] = m	raio da curva	[R] = m
		coeficiente de atrito estático	[μ _s]
		massa do carro	[m] = kg

Quando necessário devemos explicitar o referencial utilizado, as condições iniciais, os zeros de energias potencias, quando for o caso, e as convenções utilizadas:

Referencial: Fixo no sentido do eixo +ox orientado para o centro da curva.

Relações Teóricas

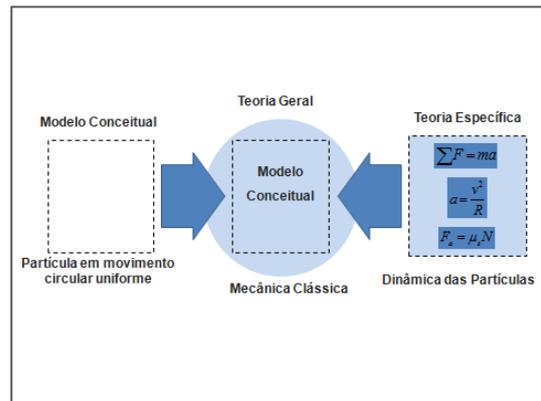
São obtidas a partir de leis, princípios e pressupostos teóricos que devem ser respeitados pelo sistema idealizado.

- Relações matemáticas envolvendo as variáveis e os parâmetros

Da segunda Lei de Newton:

$$F_{rad} = ma_{rad} = m \frac{v^2}{R} \quad F_a = \mu_s N$$

$$P = mg$$



A adequação dos modelos científicos aos fatos depende basicamente de três fatores:

- Das perguntas que se quer responder
- Da quantidade de informações disponíveis
- Das idealizações que são tomadas com respeito ao sistema ou fenômeno físico avaliado.

Sendo que a observação, razão e a intuição dos cientistas são ingredientes fundamentais e;

o contexto histórico cultural (ou os paradigmas vigentes) influenciam esse processo.



Novamente...

Não há um método único para a criação de modelos.

Apresentação 3 – O computador como ferramenta didática no ensino de Física


UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO GRANDE DO SUL
 Instituto de Física

ANÁLISE DE VÍDEOS NO ENSINO DE FÍSICA

Leandro Paludo
 Orientação: Profa. Eliane Angela Veit
 Prof. Fernando Lang da Silveira



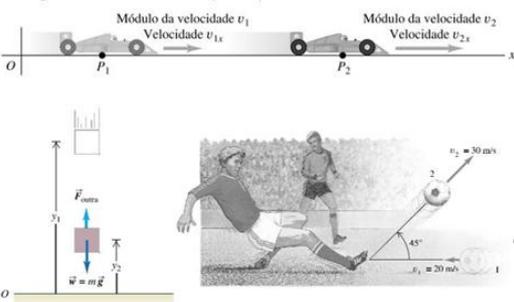
INTRODUÇÃO

Imagens são úteis para transmitir ideias!

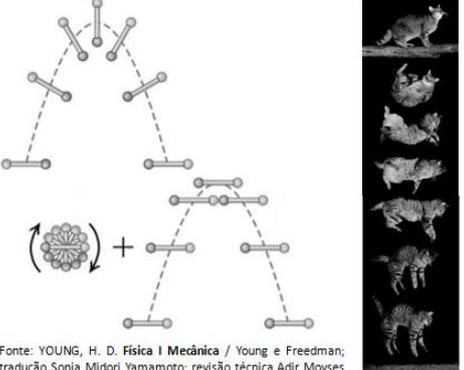


Fonte: YOUNG, H. D. *Física I Mecânica* / Young e Freedman; tradução Sonia Midori Yamamoto; revisão técnica Adir Moyses Luiz. 12. Ed. São Paulo : Addison Wesley, 2008

Imagens também são usadas para representar fenômenos dinâmicos.

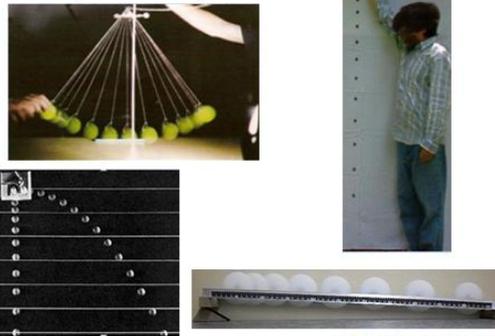


Fonte: YOUNG, H. D. *Física I Mecânica* / Young e Freedman; tradução Sonia Midori Yamamoto; revisão técnica Adir Moyses Luiz. 12. Ed. São Paulo : Addison Wesley, 2008



Fonte: YOUNG, H. D. *Física I Mecânica* / Young e Freedman; tradução Sonia Midori Yamamoto; revisão técnica Adir Moyses Luiz. 12. Ed. São Paulo : Addison Wesley, 2008

Fotografias estroboscópicas.



DIAS, AMORIN e BARROS, 2009



SILVEIRA e VARRIALE, 2009

A Vídeo análise é um recurso atrativo para o ensino de Física.

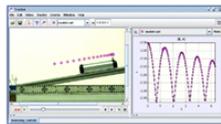


Software gratuito de vídeo análise

<http://www.cabrillo.edu/~dbrown/tracker/webstart/tracker.inlp>

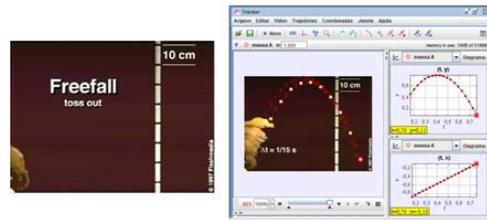
Seu uso pode abranger os diversos conteúdos de Física:

- Mecânica
- Eletromagnetismo
- Óptica
- Física moderna



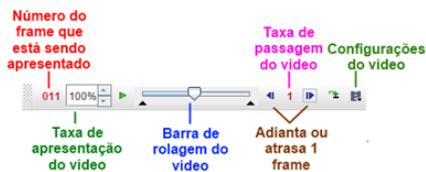
Potencialidades:

- análise de fenômenos que ocorrem em um intervalo de tempo pequeno;
- confecção rápida de gráficos;
- ajuste de curvas.

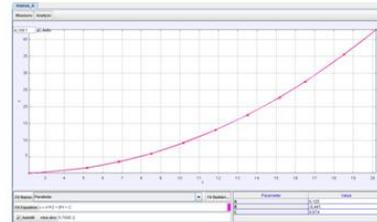
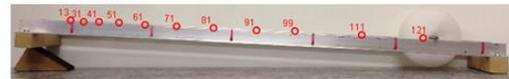


Como funciona!

O vídeo digital é constituído de uma sequência de fotos (fotogramas ou frames) digitais feitas em intervalos de tempo fixo.



Através da barra de ferramentas do software é possível visualizar um frame do vídeo por vez.



Alguns detalhes importantes devem ser mencionados:

- Formação de estrias



- Formatos de vídeo:

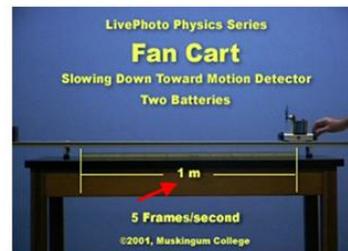
.mov .wav .wma .mpeg .mp3

- Enquadramento do vídeo
- Dimensões



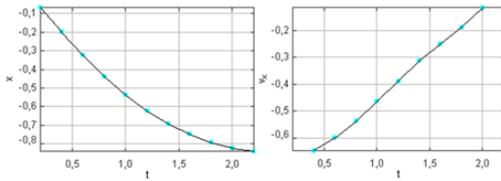
EXEMPLOS

Movimento de um carrinho sobre trilhos



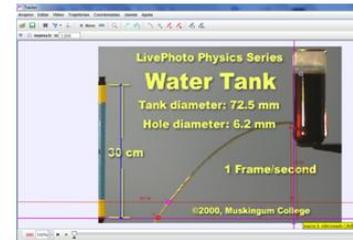
EXEMPLOS

Movimento de um carrinho sobre trilhos

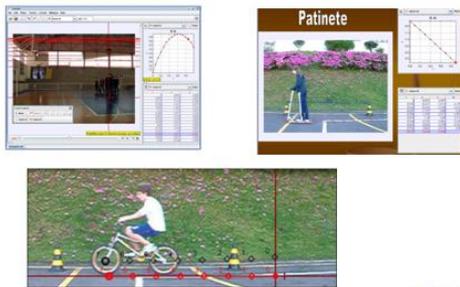


EXEMPLOS

Velocidade de escoamento de um fluido

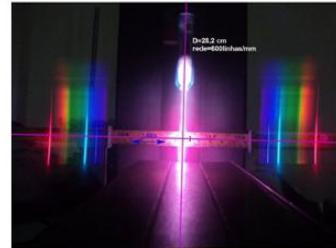


EXEMPLOS



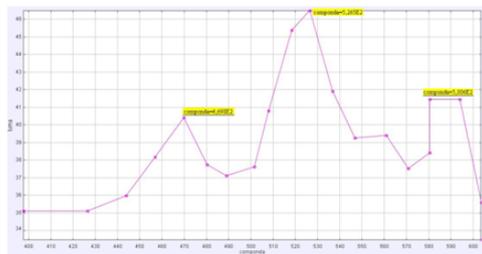
EXEMPLOS

Espectro da lâmpada de hidrogênio



EXEMPLOS

Espectro da lâmpada de hidrogênio



Apresentação 4 - Aquisição automática de dados no ensino de Física

 UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO GRANDE DO SUL
Instituto de Física

AQUISIÇÃO AUTOMÁTICA DE DADOS NO ENSINO DE FÍSICA

Leandro Paludo
Orientação: Profa. Eliane Angela Veit
Prof. Fernando Lang da Silveira



CONTEÚDO

- Aquisição automática de dados
- Equipamentos necessários
- Como tudo isso funciona?
- Uma breve introdução sobre sensores
- Um pouco mais sobre conversores A/D
- Como fazer
- Alternativas
- Mãos a obra
- Exemplos

COMPUTADOR E O LABORATÓRIO DE FÍSICA

Como a Física é uma ciência experimental, o laboratório assume um papel central no seu ensino.

O computador é um excelente instrumento a ser explorado didaticamente em experiências que envolvem medições e análise de grandezas físicas.



Nos países do primeiro mundo, os computadores já vem sendo utilizados para aquisição de dados desde o início dos anos 90, enquanto nas escolas brasileiras pouco se avançou nesta área.

Segundo VEIT, 2005:

Esta defasagem se deve, primordialmente, a três fatores:

i) somente nos últimos anos microcomputadores estão sendo introduzidos nas escolas;

ii) até recentemente os sistemas de aquisição de dados disponíveis requeriam interfaces externas ao computador, importadas e caras (só muito recentemente surgiram ofertas nacionais);

iii) o desconhecimento por parte da maioria dos professores da possibilidade de confecção de sistemas de aquisição automática de baixo custo e fácil desenvolvimento.

Por que inserir a aquisição automática de dados no laboratório de Física?

- Enriquecer as experiências
- Proporcionar novas alternativas
- Trazer a Física escondida entre os números e fórmulas para o "mundo real"
- Compreender e relacionar os resultados obtidos com a fundamentação teórica do experimento.

A aquisição automática de dados possibilita:

- Explorar experimentos que envolvam medições de tempo em frações de segundos, onde a coleta manual é impossível
- Explorar experiências que requeiram um longo período de tempo **Tedioso**
- Obter mais medidas, com maior precisão e mais rapidamente
- Redução no tempo gasto para a coleta de dados

- Maior tempo para desenvolver outras habilidades e competências
 - Foco concentrado no fenômeno físico na análise e interpretação de dados
- Outra motivação, diz respeito à alfabetização científica
- Vivenciar processos de medida em tempo real e, simultaneamente, observar na tela de um computador a representação dos dados coletados.

Para que consigamos atingir os objetivos, o sistema de aquisição não pode ser visto como uma *caixa-preta*.

É preciso desmistificar o processo de aquisição automática de dados permitindo que o aluno:

- Manipule os sensores
- Faça medidas manuais
- Explore *softwares*
- Relacione as grandezas físicas envolvidas
- Interprete os resultados

Também é imprescindível abandonar os roteiros de laboratório tradicionais

receita de bolo

Introduzindo atividades abertas

Através do uso desta tecnologia, professores e estudantes de Física tem condições objetivas de desenvolver experimentos significativos e atividades de laboratório de baixo custo, mas alta qualidade acadêmica.

EQUIPAMENTOS NECESSÁRIOS

Conversor analógico-digital

SENSORES

- Potenciômetro
- Fototransistores
- LDR
- Termistor (NTC)

Kits comerciais

PASCO

Vernier

pico

PHYWE physics

Equipamentos caros para as escolas

COMO TUDO ISSO FUNCIONA?

COMPUTADOR → Linguagem digital
Sistema binário

0 – DESLIGADO (BAIXO)
menor valor de tensão (0V)

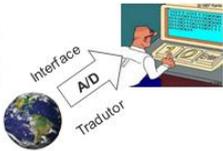
1 – LIGADO (ALTO)
maior valor de tensão
(geralmente 5 V ou 12V)

Frases inteiras devem ser transmitidas e escritas utilizando estes códigos.

MUNDO REAL → Linguagem analógica

- Sentimos dor
- Pensamos
- Agimos
- Caminhamos em passos analógicos

Para fazer a comunicação entre o mundo externo (sensor) e o computador precisamos de uma "espécie de tradutor".



O sinal analógico será captado por um sensor, convertido em informação binária através de um conversor e depois será informado ao computador.

CONVERSORES ANALÓGICO/DIGITAL (A/D)

- Sistemas comerciais
- Sistemas integrados (TLC548)
- Placa de som
- Arduino

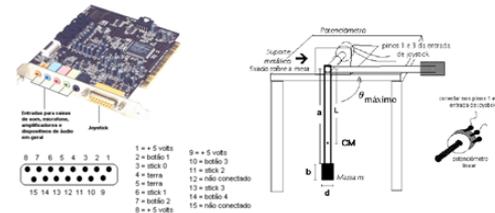


COMO FAZER?

Construir seu próprio sistema de aquisição de dados:

- 1 - Encontrar sensores apropriados
- 2 - Montar um conversor analógico-digital

Podem ser a placa de jogos Joystick (8 bits)



Legend for joystick pins:

1 = 5 volts	9 = 5 volts
2 = botão 1	10 = botão 3
3 = botão 0	11 = botão 2
4 = terra	12 = não conectado
5 = terra	13 = botão 3
6 = botão 1	14 = botão 4
7 = botão 2	15 = não conectado
8 = 5 volts	

- 3 - Escolher um *software* que registre e armazene os dados enviados.
LOGO, Visual Basic Application, Aqdados, Excel...
- 4 - Escrever utilizando uma linguagem de programação o que se deseja "fazer".
Delphi, Pascal, C++,...

Meio complicado  Mas é possível

- 5 - Interpretar e analisar os dados obtidos.

ALTERNATIVAS!!!

- Utilizar sensores e interfaces já existentes no computador
- Construir um sistema que não necessite circuitos complexos para ligar os sensores
- Utilizar *softwares* para capturar e analisar os dados que não necessitem conhecimento de alguma linguagem de programação.

Esses equipamentos não são baratos, mas hoje quase todos os alunos já os possuem.

ALTERNATIVAS!!!

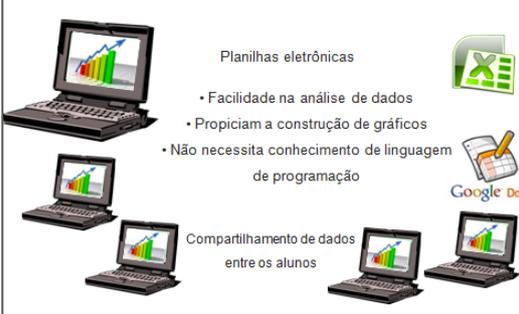
- Webcam (ou câmeras digitais)
- Microfone (ou gravadores digitais)
- Placa de som do computador



MÃOS A OBRA....

- Planilhas eletrônicas
 - Facilidade na análise de dados
 - Propiciam a construção de gráficos
- Não necessita conhecimento de linguagem de programação

Compartilhamento de dados entre os alunos



Spectrogram 16

Experimentos envolvendo sons

Audacity

Podemos analisar inúmeras grandezas físicas adaptando sensores a entrada P2 de áudio do computador.

Tracker
Video Analysis and Modeling Tool

Experimentos envolvendo fotos ou vídeos

ALGUNS EXPERIMENTOS/AUDACITY

Com que velocidade você chutou a bola?

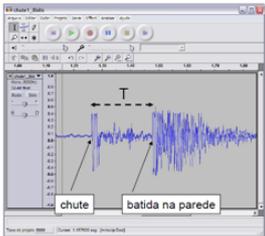
Medida impossível com cronômetro.




AGUIAR e PEREIRA, 2012

ALGUNS EXPERIMENTOS/AUDACITY

Com que velocidade você chutou a bola?



Elisa (14 anos)

- T = 0,214 s
- D = 2,5 m

↓

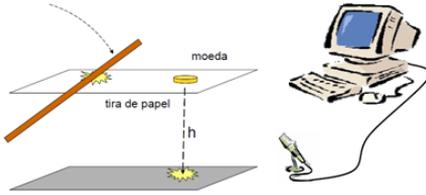
velocidade da bola

$$V = D / T = 12 \text{ m/s} = 42 \text{ km/h}$$

AGUIAR e PEREIRA, 2012

ALGUNS EXPERIMENTOS/AUDACITY

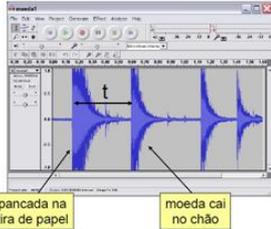
Escutando a queda livre



AGUIAR e PEREIRA, 2012

ALGUNS EXPERIMENTOS/AUDACITY

Escutando a queda livre



Tempo de queda medido:
 $t = 0,449 \text{ s}$

Queda livre:

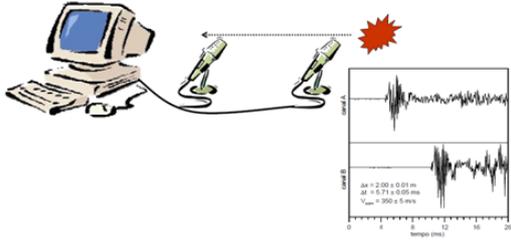
- h = 96,1 cm
- g = 978,8 cm/s²

$$t = \sqrt{\frac{2h}{g}} = 0,443 \text{ s}$$

AGUIAR e PEREIRA, 2012

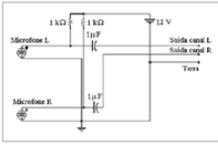
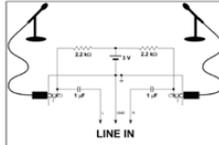
ALGUNS EXPERIMENTOS/AUDACITY

Medindo a velocidade do som



AGUIAR e PEREIRA, 2012

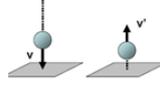
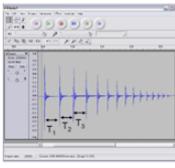
ALGUNS EXPERIMENTOS/AUDACITY

Circuitos adaptadores para conectar dois microfones em estéreo à entrada Line-in da placa de som [Grala 2005, Carvalho 2008]. Os dois circuitos diferem apenas na especificação dos componentes.

ALGUNS EXPERIMENTOS/AUDACITY

Coefficiente de restituição

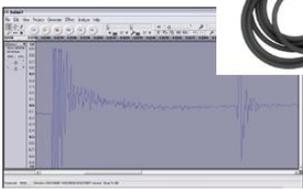



coef. de restituição $\epsilon = \frac{V'}{V}$

Bernice Albon @ PSCC

ALGUNS EXPERIMENTOS/AUDACITY

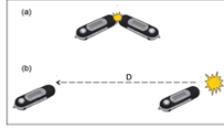
Medindo a velocidade do som
Não precisa de circuitos extras – Bem mais fácil!

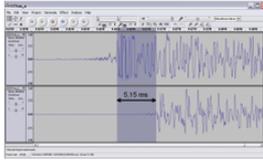



SILVA, Sergio T. 2011

ALGUNS EXPERIMENTOS/AUDACITY

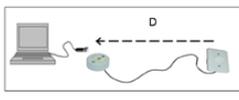
Medindo a velocidade do som
Não precisa de circuitos extras – Bem mais fácil!





ALGUNS EXPERIMENTOS/AUDACITY

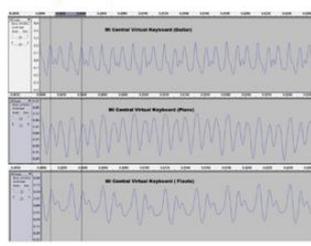
Medindo a velocidade do som
Não precisa de circuitos extras – Bem mais fácil!




ALGUNS EXPERIMENTOS/AUDACITY

Analizando ondas sonoras em instrumentos musicais.
Frequência, timbre...

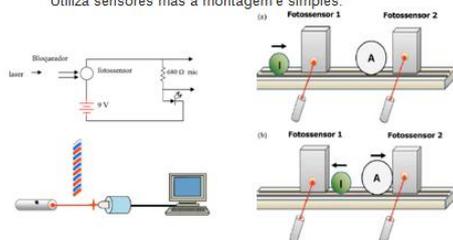




ALGUNS EXPERIMENTOS/AUDACITY

Conservação da quantidade de movimento linear

Utiliza sensores mas a montagem é simples.



CAVALCANTE, BONIZZIA e GOMES, 2008

APÊNDICE D – Termo de consentimento

TERMO DE CONSENTIMENTO INFORMADO E ESCLARECIDO

Eu, _____, RG _____, aluno (a) participante do programa PIBID, do grupo de Física 2013/2, oferecida pelo Instituto de Ciências Exatas e Geociências da Universidade de Passo Fundo juntamente com a CAPES, declaro por meio deste termo que me voluntario a participar da coleta de dados para a pesquisa. A pesquisa será realizada pelo aluno de mestrado Leandro Paludo, aluno do Programa de Pós-Graduação em Ensino de Física da Universidade Federal do Rio Grande do Sul, sob a orientação dos professores Eliane Angela Veit e Fernando Lang da Silveira. Declaro que fui informado de que as informações coletadas a partir desta pesquisa serão utilizadas para fins acadêmicos (e.g. composição de texto para dissertação, artigos científicos, palestras, seminários, etc.), sem trazer minha identificação. Autorizo, também, para fins de divulgação dos trabalhos acadêmicos produzidos, as fotos e filmagens obtidas durante minha participação nas atividades. Ao mesmo tempo, libero a utilização destas fotos e/ou depoimentos para fins científicos e de estudos (e.g. livros, artigos, slides e transparências), em favor dos pesquisadores da pesquisa acima especificados. Estou ciente de que posso cancelar minha participação na pesquisa a qualquer momento, bastando apenas informar minha vontade ao pesquisador. Minha colaboração terá início quando eu entregar este presente termo devidamente assinado, sem quaisquer ônus financeiros a nenhuma das partes.

Passo Fundo, ____ de _____ de 201__.