



Universidade Estadual de Maringá

Centro de Ciências Exatas

Departamento de Física

Smartphones no Ensino Experimental de Física

Discente: Matheus Lucas Gumieri Pereira

Docente: Newller Marcelo Kimura

Maringá, 20 de maio de 2021



Universidade Estadual de Maringá

Centro de Ciências Exatas

Departamento de Física

Smartphones no Ensino Experimental de Física

Monografia apresentada ao curso Licenciatura em Física do Departamento de Física, da Universidade Estadual de Maringá, como requisito para a obtenção do grau de Licenciado em Física

Orientador Prof. Dr. Newller Marcelo
Kimura

Maringá, 20 de maio de 2021

Matheus Lucas Gumieri Pereira

Smartphones no Ensino Experimental de Física/ Matheus Lucas Gumieri Pereira.
– Maringá, Paraná-
54p. : il. (algumas color.) ; 30 cm.

Orientador Prof. Dr. Newller Marcelo Kimura

Trabalho de Conclusão de Curso – UEM, Maio de 2021.

1. Física experimental,. 2. Sequência didática,. 3. Tecnologias acessíveis. I.
Newller Marcelo Kimura. II. Universidade Estadual de Maringá. III. Faculdade de
Física. IV. Smartphones no Ensino Experimental de Física

DFI - Departamento de Física
Universidade Estadual de Maringá

Trabalho de Conclusão de Curso de Licenciatura em Física intitulado **Smartphones no Ensino Experimental de Física** de autoria de Matheus Lucas Gumieri Pereira, aprovada pela banca examinadora constituída pelos seguintes professores:

Prof. Dr. Newller Marcelo Kimura
Orientador

Prof. Dr. Danilo Degan Luders
Universidade Estadual de Maringá - UEM

Prof. Dr. Guilherme Maia Santos
Universidade Estadual de Maringá - UEM

Maringá, 20 de maio de 2021

AGRADECIMENTOS

Primeiramente agradeço aos meus pais, Cristiane e Sebastião, que além de todo incentivo com relação à minha formação, nunca se esqueceram de me mostrar o quanto me amam e apoiam.

A minha esposa, Gleciene, por estar ao meu lado em toda essa trajetória e sempre me fazer se sentir bem e acreditar que tudo vai dar certo, mesmo quando nem eu acreditava.

Aos meus familiares pelo incentivo e demonstrações de afeto, em especial meus cunhados Liliane e Henrique que sempre me motivaram e se importaram comigo.

Ao Prof. Dr. Newller pela sua disponibilidade, compreensão e críticas que melhoraram significativamente a qualidade deste trabalho.

Ao "pessoal da salinha": Gustavo, Eduardo e Vinícius, que me ofereceram diversos momentos de risos e reflexões enquanto tomávamos o popular "café da salinha".

Agradeço também a todos que fizeram parte desta etapa decisiva da minha vida.

O que você sabe não tem valor,
o valor está no que você faz com
o que sabe.

Bruce Lee

RESUMO

Atualmente há uma maioria, senão totalidade, de alunos no Ensino Médio que possuem celulares. Em virtude disso, buscamos utilizar dos sensores contidos neles, tais como: acelerômetro; microfone e; sensor de intensidade de luz, como ferramenta para detectar, coletar e analisar dados físicos. Por meio de estratégias de ensino vamos elaborar várias sequências didáticas, envolvendo alguns dos assuntos mais abordados no ensino médio, com o objetivo de cativar o aluno com a física experimental e enriquecer, através de problemáticas e discussões, seu entendimento sobre os fenômenos observados. Além disso, o presente trabalho é uma alternativa tanto aos laboratórios convencionais de escolas públicas, onde encontram problemas crônicos como escassez e qualidade dos equipamentos devido à falta de recursos, como também é uma alternativa a outros tipos de atividades experimentais, como por exemplo, as atividades baseadas no uso de computadores, ou ainda, as atividades que envolvem o uso de microcontroladores e sensores, e concomitantemente, exigem também um conhecimento adicional por parte dos professores o que acaba tornando-as um obstáculo para alguns profissionais.

Palavras-chave: Física experimental, Sequência didática, Tecnologias acessíveis.

ABSTRACT

Currently, there is a majority, if not all, of high school students have smartphones. because of that we try to use the sensors contained in them, such as: accelerometer; microphone and; light intensity sensor, as a tool to detect, collect and analyze physical data. Through teaching strategies, we will elaborate several didactic sequences, involving some of the most discussed subjects in high school, with the objective of captivating the student with experimental physics and enriching his understanding of the observed phenomena through problems and discussions. In addition, the present work is an alternative both to conventional public school laboratories, where they encounter chronic problems such as scarcity and quality of equipment due to lack of resources, as well as an alternative to other types of experimental activities, such as activities based on the use of computers or activities that involve the use of microcontrollers and sensors, and concomitantly, also require additional knowledge on the part of teachers which ends up making them an obstacle for some professionals.

Key-words: Experimental physics, Didactic sequence, Accessible technologies.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1.1 – Quantidade de Smartphones em circulação no Brasil.	11
Figura 2.1 – Eixos do acelerômetro de um smartphone, tal celular encontrava-se apoiado em uma mesa, portanto, sua aceleração \vec{a}_z equivale à $-\vec{g}$	21
Figura 4.1 – Simulação de um batimento de ondas, sendo $f_1 = 1000$ hz e $f_2 = 1050$ hz.	28
Figura 4.2 – Configuração experimental, os alto-falantes dos celulares emissores devem estar equidistantes do microfone do celular receptor.	29
Figura 4.3 – Comparação da frequência de batimento teórica com a experimental, onde $f_1 = 1000$ hz e $f_2 = 1138$ hz.	31
Figura 4.4 – Configuração experimental.	34
Figura 4.5 – Dados experimentais. A esquerda temos os valores captados pelo acelerômetro do eixo Y, lembrando que em repouso esse sensor afere a aceleração gravitacional. A direita, temos os valores de frequência sonora.	35
Figura 4.6 – Ponto no qual o acelerômetro registra uma aceleração, ao mesmo tempo, o sensor de frequência sonora indica um aumento na frequência.	35
Figura 4.7 – Ponto no qual o acelerômetro registra uma desaceleração, ao mesmo tempo, o sensor de frequência sonora indica um decréscimo na frequência.	36
Figura 4.8 – Configuração experimental.	37
Figura 4.9 – Gráfico da intensidade da luz em função do tempo conforme variava o ângulo de incidência.	38
Figura 4.10 – Representação da incidência de raios solares na Terra.	39
Figura 4.11 – Representação da incidência de raios solares na Terra em diferentes épocas do ano.	40
Figura 4.12 – Configuração para a medida da intensidade.	41
Figura A.1 – Dados experimentais com a frequência emissora de 1000 hz, 2000 hz e 3000 hz, respectivamente.	49
Figura A.2 – Ilustração do Smartphone receptor no momento em que se aproxima do alto-falante do celular emissor.	50
Figura A.3 – Ilustração do Smartphone receptor no momento em que se afasta do alto-falante do celular emissor.	50
Figura B.1 – Fotos do aplicativo. a) Tela inicial do aplicativo, nela podemos visualizar as pastas de experimentos. b) Seleção do sensor luz ambiente com as opções de gravação de dados ou instantâneo. c) Acima, exemplo de uma medida instantânea, abaixo, exemplo de uma gravação de medidas.	53
Figura B.2 – Fotos do aplicativo. a) Tela inicial do aplicativo com as possibilidades de medidas a escolha. b) Exemplo de uma medição da intensidade da luz em função do tempo. c) Exemplo de uma medida pura da iluminância.	54

SUMÁRIO

Lista de Figuras	9
1 Introdução	11
1.1 Definição do Problema	12
1.1.1 Premissas e Hipóteses	12
1.1.1.1 Objetivo geral	13
1.1.1.2 Objetivos específicos	13
1.1.2 Estrutura da monografia	13
2 Atividades Experimentais	14
2.1 A Escola em uma Perspectiva Histórica	14
2.2 Atividades Laboratoriais	16
2.2.1 Laboratório baseado em computadores	18
2.2.2 Laboratório com Smartphones	18
2.2.2.1 Os Sensores do Smartphone	20
3 Teoria do Aprendizado	22
3.1 Metodologias Investigativas	23
3.2 Sequências Didáticas	24
4 Sequências Didáticas propostas	28
4.1 Batimento de Ondas Sonoras	28
4.2 Pêndulo e Efeito Doppler	33
4.3 Intensidade Luminosa	37
5 Considerações Finais	44
Referências	45
APÊNDICE A Respostas esperadas dos Questionários	48
A.1 Batimento de Ondas Sonoras	48
A.2 Pêndulo e Efeito Doppler	49
A.3 Intensidade Luminosa	51
APÊNDICE B Aplicativos Utilizados nas Sequências	53
B.1 Arduino Science Journal	53
B.2 Phyphox	54

1 INTRODUÇÃO

Os primeiros smartphones surgiram na década de 90 de empresas como IBM, Nokia e Ericsson. A partir de 2007, com a revolução causada pela Apple com o lançamento do Iphone, a quantidade de smartphones em circulação cresceu exponencialmente (COUTINHO, 2014). Um estudo recente realizado pela fundação Getúlio Vargas, Figura 1.1, constatou que há cerca de 234 milhões de smartphones em uso no Brasil, isso equivale a mais de 1 aparelho por habitante (MEIRELLES, 2020). Além disso, a maioria dos smartphones lançados na última década tem uma capacidade computacional milhares de vezes superior ao AGC (*Apollo Guidance Computer*), que foi o computador de bordo responsável por levar o homem à lua. A combinação dessa elevada potência com a acessibilidade nos dá um terreno fértil para a produção de inúmeras atividades laboratoriais para o ensino de física nas escolas.

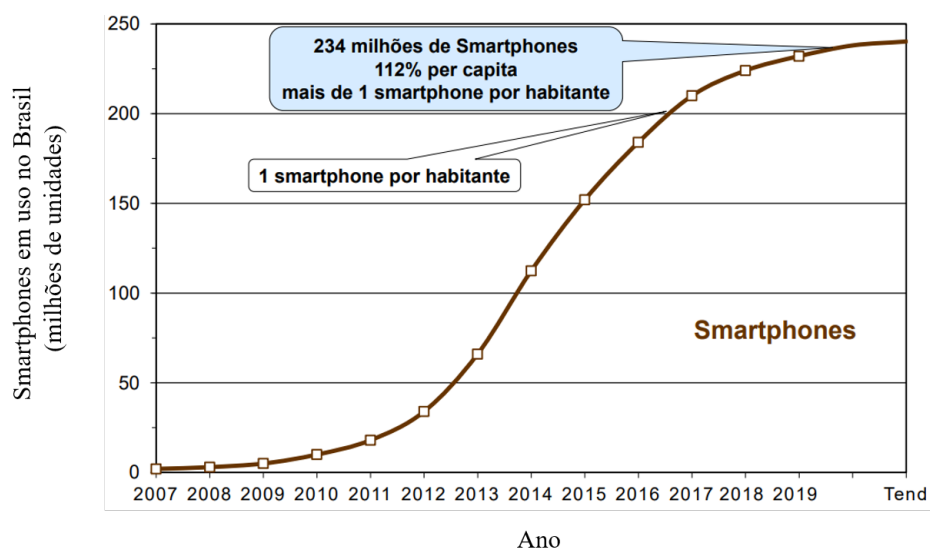


Figura 1.1 – Quantidade de Smartphones em circulação no Brasil.

Fonte: Fundação Getúlio Vargas.

Uma das justificativas de se adotar uma atividade laboratorial consiste em demonstrar conceitos físicos complexos que geralmente os alunos já tenham alguma noção com uma explicação causal. Esse tipo de conhecimento prévio, caso seja infundamentado, pode ser o alvo perfeito para uma atividade que consista em desconstruí-lo, e assim, dar brechas ao novo conhecimento mostrado na aula laboratorial, que pode ser adquirido pelo aluno na forma de um aprendizado significativo. Apoiando-se nessas análises talvez possamos desenvolver sequências didáticas para o ensino médio que busquem um maior tempo para o aluno "digerir" a informação, com base nisso, podemos propor questionários que fujam do aspecto tradicionalista, e então, elaborar questões abertas, fomentando a troca de

informações entre dados de diversos alunos, já que, a principal vantagem do uso dessa tecnologia é a abundância na sala de aula.

A diferença de um celular, computador ou tablet para qualquer outro aparelho eletrônico está na sua capacidade única de se transformar. Por exemplo: é inconcebível que uma geladeira ou um micro-ondas, da noite para o dia desenvolva uma funcionalidade nova, porém é corriqueiro que, após uma atualização ou *download* de um aplicativo, o celular possa fazer alguma função que até então não podia, como monitorar seu sono ou utilizar-se de um sensor em específico. Essa adaptabilidade nos permite utilizar aplicativos desenvolvidos especificamente para atividades laboratoriais, com isso, buscamos desenvolver pelo menos uma sequência didática para os principais conteúdos do Ensino Médio, tais como: acústica, dinâmica, e óptica, tendo em vista que é extremamente relevante pensarmos em outras metodologias, ainda mais uma com custo praticamente nulo.

1.1 DEFINIÇÃO DO PROBLEMA

Um problema que assola o ensino público há muito tempo é a falta de recursos, segundo o censo escolar realizado em 2018, somente 38,8% das escolas públicas que oferecem o ensino médio possuem um laboratório de ciências (INEP, 2019). Dentre os diversos fatores que dificultam a construção de um laboratório, podemos citar: falta de espaço físico necessário para a montagem; equipamentos caros e sensíveis e; falta de grade curricular que incentive atividades laboratoriais. Como já vimos, tal dificuldade cria uma força motriz que visa a busca de alternativas viáveis, com base nesse cenário, os aparelhos celulares talvez possam, no mínimo, fornecer essa alternativa momentaneamente.

1.1.1 Premissas e Hipóteses

Em gerações anteriores, se um aluno portasse qualquer objeto que não fosse considerado material escolar automaticamente era tratado como um caso de indisciplina, concebível a uma punição por parte do professor, de fato, dificilmente tal objeto teria alguma utilidade nas aulas expositivas da época, porém, hoje o panorama é completamente diferente, cada aluno - ou pelo menos a grande maioria - porta um celular que pode ter utilidade e também que enriquece e muito a participação do aluno. Segundo teorias modernas como a construtivista, a participação do aluno é de primordial importância na construção do saber. Apoiando-se nessas teorias, a principal premissa deste trabalho está em dar ao aluno completa autonomia na realização de experimentos, acreditando que assim, o aprendizado se torna significativo e duradouro, ou pelo menos, que o faça ver a física além de equações e casos não realistas.

1.1.1.1 Objetivo geral

Elaborar sequências didáticas que utilizem, por meio de um ou mais softwares gratuitos, os diversos sensores existentes em smartphones como ferramenta na execução de experimentos ligados ao conteúdo programático de física no Ensino Médio.

1.1.1.2 Objetivos específicos

- Introduzir ao aluno um primeiro contato com a física experimental;
- Propor experimentos que envolvam smartphones;
- Contextualizar conceitos teóricos com o cotidiano;
- Mostrar como a tecnologia pode ser uma importante ferramenta pedagógica.

1.1.2 Estrutura da monografia

O capítulo 2 se inicia com uma rápida contextualização histórica das escolas culminando nas definições do que seria uma atividade experimental, mais a frente vemos duas alternativas para os laboratórios tradicionais: os baseados em computadores e os baseados em smartphones, ao fim do capítulo descrevemos detalhadamente quais sensores serão úteis para a elaboração das sequências didáticas.

Já o capítulo 3 tem um enfoque sobre como o aprendizado ocorre, buscamos fontes conceituadas para fazer com que as sequências produzidas tenham um potencial aprendizado significativo, para isso, analisamos a estrutura de atividades investigativas e também sequências didáticas modelos.

Partindo para o capítulo 4 temos as sequências didáticas elaboradas, elas tem como ponto em comum o uso de smartphones e também de serem relativamente curtas, as sequências acompanham um questionário como sugestão para ser entregue ou ainda uma questão para que os alunos trabalhem em sala de aula.

O último capítulo do texto principal nos mostra as conclusões deste trabalho, englobando também possíveis ideias que não foram abordadas nessa monografia.

Por fim temos 2 apêndices, o primeiro contém as respostas dos questionários sugeridos e o segundo contém um guia rápido dos aplicativos utilizados para a elaboração das sequências didáticas.

2 ATIVIDADES EXPERIMENTAIS

2.1 A ESCOLA EM UMA PERSPECTIVA HISTÓRICA

No Brasil, a primeira escola surgiu em 1549 na Bahia, segundo Diogo e Gobara (2008) ela era uma escola jesuítica no qual uma pequena fração da população tinha acesso. O ensino quando foi instaurado tinha um enfoque em matérias como a leitura e a escrita, também era ensinado ciências naturais como meteorologia e geografia celeste, mas ainda assim, havia um predomínio das ciências humanas. A escola jesuítica classificava os alunos conforme seu nível de entendimento acerca de um assunto (tal metodologia é precursora da seriação), além disso, outros métodos pedagógicos que os jesuítas utilizavam eram a preleção; competição; e memorização, tais características ainda são presentes nas escolas atuais já que as mesmas seguem uma linha epistemológica empirista.

Na fronteira do período histórico que compreende o Brasil colônia com o Brasil Império, início do século XIX, ocorreram várias mudanças abruptas na estrutura organizacional do país em diversos campos. A educação não ficou de fora destas mudanças, após a independência, surgiu a necessidade de se construir escolas para a elite, então foi criado o Imperial Collégio de Pedro II (também chamado de Colégio Pedro II), esse colégio foi a instituição de ensino mais importante do Império, ela se tornou tão influente que quem se formava nessa instituição não precisava realizar testes seletivos para adentrar no ensino superior. Os testes eram chamados de exames preparatórios, comumente qualquer pessoa poderia fazê-lo, não existia um pré-requisito de escolaridade, como ocorre hoje em dia, no qual para se ingressar no ensino superior o aluno deve ter concluído o ensino médio, além disso, muitas vezes os professores do Colégio Pedro II elaboravam esses exames e, a instituição realizava-os, esse monopólio criado aumentava ainda mais a influência do colégio. O colégio conservou o enfoque para ciências humanas, de tal forma que as exatas, tais como física, química e matemática, tinham pouca carga horaria, essa pouca carga horaria também foi encontrada em muitas outras instituições de ensino da época por causa da grande influência do Colégio Pedro II. (DIOGO; GOBARA, 2008)

Considerando o ensino de ciências deste período (que engloba o ensino de física), Diogo e Gobara (2008) pontuam que esse ensino prosseguia de uma maneira puramente expositiva com materiais didáticos estrangeiros, pois não se tinha apelo pela produção de conhecimento nacional, tendo em vista que o foco eram matérias humanísticas. O ensino laboratorial era menos desenvolvido ainda, para fins comparativos, na época somente o Colégio Pedro II tinha laboratórios de ciências naturais. Quando se iniciou a era Vargas

(1930-1964) o Brasil estava em um êxodo rural que tornava necessária a mudança na educação tendo em vista que havia uma crescente massa populacional demandando o conhecimento mínimo para adentrarem aos sistemas de produção em busca do que seria uma oportunidade palpável para sua ascensão social. Nesse cenário houve diversas reformas que moldaram a educação como a conhecemos hoje, segundo Diogo e Gobara (2008) as principais foram:

A reforma de Francisco Campos (1931): criou o Conselho Nacional de Educação e determinou formas para organização do ensino em quase todos os níveis. O ensino secundário foi fragmentado em 2 ciclos distintos, o primeiro ciclo, denominado fundamental, durava cinco anos e objetivava formar cidadãos plenos, já o segundo ciclo era chamado complementar e durava dois anos no qual preparava o aluno para os exames admissionais dos cursos superiores. É nítida uma total separação do ensino secundário com o técnico nessa reforma, de tal forma que, era praticamente impossível algum aluno trocar de modalidade, como o acesso as universidades se davam exclusivamente via ensino secundário, as parcelas mais pobres da população se concentravam no ensino técnico enquanto que o secundário se reservava a elite. (DIOGO; GOBARA, 2008)

As leis orgânicas do ensino (1942-1946): entre 1942 e 1946 foram promulgados um conjunto de decretos conhecidos como leis orgânicas do ensino, essas leis criaram o Serviço Nacional de Aprendizagem Industrial (Senai) e o Serviço Nacional de Aprendizagem Comercial (Senac), o objetivo dessas leis eram de formar, despertar e elevar o patriotismo do aluno, além disso, também preparava-os para o acesso à universidades (DIOGO; GOBARA, 2008). Esses decretos afetaram o ensino secundário dividindo-o em dois ciclos:

- Ginásial: com duração de quatro anos, também era chamado de ciclo fundamental;
- Colegial: com duração de três anos, existia duas "modalidades" para esse ciclo, o clássico e o científico, todavia, as diferenças entre ambos não eram significativas, nos dois casos existia uma grande presença de matérias humanas, a maior diferença entre estes dois modos está no fato do curso científico não ter disciplinas destinadas à experimentação.

1ª Lei de Diretrizes e Bases da Educação Nacional (1961): Em 1961 foi criada a lei nº 4.024, que hoje é conhecida como primeira Lei de Diretrizes e Bases da Educação Nacional (LDB), essa lei trouxe várias inovações, tais como:

- Permissão para que o aluno possa realizar outro ramo de ensino (industrial, agrícola, comercial, etc.);
- Acesso ao ensino superior independente do ramo de ensino que o aluno completou, tal acesso ainda se dava por intermédio do vestibular;

- Permitiu que os Estados ou até as instituições de ensino pudessem incluir algumas disciplinas.

No tocante a disciplina de física, tanto ela quanto outras matérias de exatas tiveram sua carga horária aumentada, porém, como os vestibulares favorecem conhecimentos obtidos por meio de memorização, o ensino crítico de física continuou sem muitos avanços significativos. (DIOGO; GOBARA, 2008)

2.2 ATIVIDADES LABORATORIAIS

Os primeiros materiais didáticos relacionados ao ensino de ciências começaram a surgir no final da segunda metade do século XIX, desde essa época eles tinham como principal propósito estabelecer quais conteúdos serão ministrados e também influenciar diretamente na metodologia a ser utilizada (GARCIA N.;GARCIA T.; HIGA, 2007). Até meados do século XX o Brasil não produzia seus materiais, de forma que os materiais didáticos de ciência encontrados eram de origem europeia, majoritariamente franceses (LORENZ; BARRA, 1986), portanto, os livros que circulavam no ensino público secundário eram adaptações traduzidas de manuais populares de outro continente. Com relação à estrutura desse material temos que era essencialmente ilustrativa, marcada pela pouca interação com o aluno já que não havia uma quantidade significativa de exercícios ou atividades para eles trabalharem, ademais, nos textos havia muita informação para que o professor a transmitisse de uma maneira puramente expositiva. Por fim, vale ressaltar que por se tratar de um material estrangeiro seus assuntos abordados eram relacionados com a região que eles eram feitos, no caso a Europa, esse fato gerava exemplos que fugiam da realidade brasileira.

Conforme Grandini N. e Grandini C. (2004) pontuam, houve uma grande quantidade de artigos científicos envolvendo o ensino de física laboratorial entre o período de 1972 e 1992, os primeiros artigos influenciadores ocorrem nos EUA como reflexo da Guerra Fria, porém, mais tarde vários países se inspiraram nas mudanças curriculares adaptando-as para sua realidade, o Brasil não foi diferente e, em 1970 criou projetos como a FAI (Física Auto-Instrutiva) e o PEF (Projeto de Ensino de Física). Esses dois projetos tinham como objetivo deixar o aluno mais presente tanto na sala de aula quanto nos laboratórios, nesse segundo caso, queriam quebrar a barreira anterior que deixava o aluno simplesmente reproduzindo um "experimento receita de bolo". Pensadores posteriores legitimavam essa participação mais ativa pois concluíam que: "Se para se fazer física é preciso do laboratório, então, para se aprender ele também é necessário"(PEREIRA; MOREIRA, 2017). Vale destacar que embora vários pesquisadores reconheçam a importância de atividades laboratoriais, há muitas críticas acerca de sua efetividade, pois, ela só funciona

quando há o esforço por parte do professor em não seguir metodologias empiristas.

Pereira e Moreira (2017) definem o termo atividade prático-experimental como sendo uma atividade de ensino de ciências, realizada por professor e aluno, no qual nenhum de ambos atuam como cientistas, pois, há pré-requisitos para se produzir ciência, como por exemplo, todo um conhecimento específico que comumente o aluno não tem (conhecimento técnico já que é um fato do aluno ter conhecimentos prévios, mas esses talvez não sejam necessários para se fazer ciência em si), em suma, como Kirschner (2009) pontua, o professor deve ensinar ciência sem de fato fazê-la.

Maltese, Tai e Sadler (2010) identificaram alguns problemas com relação a procedimentos laboratoriais, um problema encontrado foi a má distribuição do tempo de atividade, no qual, comumente há muito tempo destinada no procedimento experimental (que consiste desde a preparação do aparato até a coleta de dados) e pouco tempo na análise dos dados, o resultado disso refletiu em um desempenho inversamente proporcional ao tempo que os alunos realizavam os experimentos. Portanto, há vários motivos que dificultam a implementação de atividades prático-experimentais no ensino médio, como por exemplo:

- Indisponibilidade e qualidade de material;
- Número excessivo de alunos por sala de aula;
- Formação precária dos professores;
- Pouca bibliografia de qualidade para atividades experimentais;
- Indisponibilidade da sala de laboratório caso a escola tenha várias turmas;
- Hora-atividade insuficiente para o professor preparar sua própria atividade experimental;
- Carência de recursos financeiros para a compra e substituição de equipamentos.

Ramos (2000) simboliza o que seria um ensino experimental científico da seguinte forma:

A crítica, cerne da epistemologia, só será desenvolvida pelos alunos se tiverem oportunidade efetiva de experimentar, testar, pôr a prova, tentar convencer pelo argumento, que é o que um ensino experimental efetivo proporciona. E neste processo de construção o professor é um "epistemólogo auxiliar" dos seus alunos, que pela crítica também vai mostrando caminhos como possibilidade. (RAMOS, 2000, p.32)

2.2.1 Laboratório baseado em computadores

Os computadores surgiram como uma espécie de "solução mágica" para os diversos problemas encontrados em um laboratório tradicional (PEREIRA; MOREIRA, 2017) (CARVALHO, 2004) dentre os diversos fatores que se destacava frente a tecnologia antiga há o fato dela otimizar a coleta de dados, que antes disso era uma tarefa essencialmente analógica, e também dar como saída, gráficos prontos, diminuindo ainda mais as tarefas repetitivas e rígidas do laboratório tradicional. Desde o início do milênio esse tipo de ensino era visto com muito entusiasmo, Fiolhais e Trindade (2003) já apontavam o grande potencial que essa tecnologia viria a ter, de fato, muitos avanços ocorreram e atualmente há um leque maior de possibilidades educativas que envolvam os computadores, como por exemplo: integração com sensores e microcontroladores e também simuladores de fenômenos físicos.

Entretanto, o ensino baseado em computadores também tem dificuldades crônicas, a mais agravante certamente envolve o custo, pois, naturalmente um computador de mesa ou portátil são caros, ainda mais quando levamos em consideração uma quantidade na casa dos milhares (para suprir a demanda das escolas públicas), além disso, há o custo extra para a compra dos sensores que o acompanham e também custos para manutenção das salas laboratoriais.

Um último obstáculo que os laboratórios baseados em computadores podem ter está relacionado com a certa dificuldade de maneja-los, pois os alunos podem não estar tão familiarizados com essa tecnologia quando comparamos com os celulares. Já com relação aos professores há a necessidade de um conhecimento adicional acerca de informática caso seja utilizado computadores com microcontroladores como o Arduíno, ademais, caso tentem contornar esse obstáculo utilizando-se de simuladores, que não exigem tanto conhecimento técnico, há também as limitações quanto a liberdade de se alterar parâmetros que só são possíveis em aulas experimentais reais.

2.2.2 Laboratório com Smartphones

Uma das tecnologias que mais geram impacto na sociedade são os smartphones, mas, embora seja visualmente fácil identifica-los é trabalhoso buscar uma definição que os diferencie dos seus antecessores, os primeiros celulares. Podemos nos basear na seguinte definição do *website* CNET para nos referirmos a eles:

Um smartphone, como o define a CNET, tem um sistema operacional de terceiros. Isso inclui todos os telefones que executam o Android, bem como aqueles que são executados nos sistemas operacionais Windows Mobile e Symbian. Também podemos incluir telefones da BlackBerry e iPhone, porque esses sistemas operacionais rodam em mais de um

dispositivo (reconhecidamente não é mais um sistema operacional de "terceiros" nesse caso. (LEE, 2010)

Diferentemente dos computadores, os celulares enfrentam muita resistência por parte do corpo docente de qualquer instituição de ensino, geralmente eles são vistos com um potencial altamente distrativo e combatidos por meio de proibições, vale ressaltar que tais proibições muitas vezes são ineficazes, pois o uso deles já está profundamente arraigado na cultura dos adolescentes. Como pontua Lopes e Pimenta (2017) o uso de celulares como uma ferramenta pedagógica sempre foi acompanhado de generalizações e preconceitos. Além da distração, muitos professores encontram-se relutantes para o uso dessa tecnologia devido a insegurança em frente ao novo, isso pode ser amplificado quando se leva em consideração o fato de que certos alunos podem, e não é raro, ter um conhecimento maior acerca do uso desses dispositivos, uma vez que as novas gerações estão incorporando para sua realidade essa tecnologia cada vez mais precocemente.

Lopes e Pimenta (2017) descrevem que o estímulo de trabalhos envolvendo grupos de alunos podem ser benéficos no tocante a aprendizagem, pois os mesmos podem criar zonas de desenvolvimento proximal, termo cunhado por Vygotsky no qual descreve essas zonas como sendo fundamental na construção do aprendizado da seguinte forma:

Propomos que um aspecto essencial do aprendizado é o fato de ele criar a zona de desenvolvimento proximal; ou seja, o aprendizado desperta vários processos internos de desenvolvimento, que são capazes de operar somente quando a criança interage com pessoas em seu ambiente e quando em operação com seus companheiros. Uma vez internalizados, esses processos tornam-se parte das aquisições do desenvolvimento independente da criança. (VYGOTSKY, 1991, p. 60-61)

Em outras palavras, podemos produzir uma zona de desenvolvimento proximal se adotarmos uma metodologia de trabalho em grupo, promovendo uma maior interação entre os alunos e assim obter uma maior eficácia no aprendizado.

Embora o assunto do uso dos celulares gere polêmica, é possível encontrar um grande número de trabalhos os envolvendo, como pretendemos dar enfoque na utilidade laboratorial, vemos que é possível utiliza-lo como fonte de coleta de dados experimentais, ademais, a abundância marcante dessa tecnologia em sala de aula quando usada para se elaborar atividades que envolvam interação entre os alunos podem nos propiciar indícios de um aprendizado duradouro, ou ainda, gerar algum tipo de motivação no aluno que transpasse os limites escolares de tal maneira que o mesmo possa desenvolver um interesse natural para a ciência.

2.2.2.1 Os Sensores do Smartphone

Uma das características dos smartphones é o seu grande número de sensores, a cada nova geração é implementado algum sensor conforme os avanços tecnológicos permitem, um exemplo disso é a tecnologia de identificação facial que, através dos sensores infravermelhos e câmeras, conseguem mapear o rosto de uma pessoa e identifica-la com elevada precisão, essa funcionalidade geralmente é usada para o desbloqueio do dispositivo (BERGHER, 2020). Na maioria dos celulares, podemos encontrar os seguintes sensores: acelerômetro; sensor de frequência sonora; luxímetro; osciloscópio; bússola e magnetômetro. Neste trabalho iremos utilizar os quatro primeiros sensores citados, portanto, é importante a priori descrevermos com mais detalhes seu funcionamento.

Frequência Sonora e Osciloscópio:

Os sistemas de processamento de áudio dos celulares melhoram progressivamente a medida que novas gerações surgem, um sensor que sempre acompanhou essa evolução foram os responsáveis pelo áudio (microfones e alto-falantes), a partir de aplicativos como *Arduino Science Journal* e *phyphox* podemos visualizar quantitativamente a frequência sonora, além disso, com o uso do segundo aplicativo o celular se torna um osciloscópio. As duas medidas são realizadas através da gravação de um curto espaço de tempo feita pelo microfone, portanto, a qualidade dos experimentos envolvendo esses parâmetros físicos depende diretamente da qualidade dos microfones e do quão silencioso é o local que está se aferindo alguma medida. (ARDUINO, 2020)

Luxímetro

O sensor Luxímetro mede a intensidade luminosa em unidades de lux, tal unidade mostra a quantidade de luz recebida em uma determinada área. Esses sensores são do tipo fotoelétricos e contém um semicondutor que muda a intensidade de corrente elétrica que passa por ele conforme uma intensidade de luz é incidida, eles foram implementados nos celulares para possibilitar que os mesmos regulem automaticamente o nível de iluminação da tela.

Para fins de comparações, a intensidade luminosa da lua cheia chega a 1 lux, isso significa que, se apontarmos um smartphone em uma noite clara, sem nenhuma iluminação artificial próxima, iremos medir 1 lux, já uma lâmpada comum individualmente emite 50 lux enquanto que um ambiente mais iluminado como um todo emite 400 lux, por fim, apontando diretamente o celular para o sol a intensidade luminosa chega a 30.000 lux, todavia, dificilmente o sensor do smartphone suporta toda essa luminosidade fazendo com que a leitura fique saturada em um valor máximo. (ARDUINO, 2020)

Acelerômetro:

Como o próprio nome já diz, o acelerômetro mede a mudança de velocidade que o celular acaba sofrendo em função do tempo, para realizar essa aferição, dentro do sensor há pequenas massas suspensas, quando ocorre um movimento abrupto com o celular em repouso essas massas se movem e o sensor determina qual foi a aceleração sujeita com base nesse movimento, como um exemplo de uso desses sensores podemos observa-los mudando a orientação da tela, pois essa alteração é facilmente detectável. (ARDUINO, 2020)

Geralmente esses sensores captam a aceleração em 3 eixos com relação ao celular, Figura 2.1, além disso, se colocarmos o celular em cima de uma mesa como na imagem, podemos aferir diretamente a aceleração gravitacional, dessa forma, podemos descrever os vetores aceleração dos três eixos da seguinte forma (caso o celular esteja apoiado em uma mesa):

$$\begin{cases} \vec{a}_x = 0; \\ \vec{a}_y = 0; \\ \vec{a}_z = -\vec{g} = 9,7 \text{ m/s}^2. \end{cases} \quad (2.1)$$

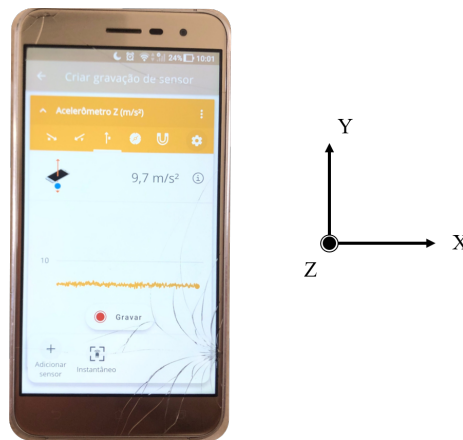


Figura 2.1 – Eixos do acelerômetro de um smartphone, tal celular encontrava-se apoiado em uma mesa, portanto, sua aceleração \vec{a}_z equivale à $-\vec{g}$.

Fonte: Autor.

3 TEORIA DO APRENDIZADO

A ideia de que o professor está apto a ensinar se, e somente se, o mesmo ter completo domínio do conteúdo e também o carisma necessário para prender o foco do aluno é uma ideia que não leva em consideração as teorias modernas do aprendizado, como pontua Carvalho (2004), desde a década de 50, houve uma imensa quantidade de trabalhos em torno de como o aprendizado ocorre. Pelos PCNs (Parâmetros Curriculares Nacionais), houve uma alteração drástica dessa ideia de ensino, dando lugar a uma concepção de aprendizagem que é influenciada tanto pela sociedade e realidade que o aluno está inserido, como também pelas tecnologias que o mesmo dispõe. Essas novas ideias podem ser resumidas como abordagem CTS (Ciências/Tecnologia e Sociedade), no qual ressaltam a necessidade de se expandir o ensino de ciências com aspectos tecnológicos e sociais, pois a ciência moderna tem um elevado impacto na sociedade. (SANTOS, 2001 apud CARVALHO, 2004, p. 3)

Outro conceito que foi introduzido no ensino de Ciências no século passado é o de aculturação científica que se trata de um ensino no qual os alunos recebem o ônus de construir seu próprio conteúdo conceitual, essa construção se dá no momento que o mesmo participa ativamente da aula argumentando suas convicções e exercitando a razão. O aprendizado ocorre quando ele passa a perceber que talvez essas concepções não sejam as mais ideais, é como se o aluno desconstruísse o que sabe para depois construir um conhecimento novo, com fortes alicerces na razão. Esse conceito vai contra a ideia de acumulação de conteúdos científicos. (MATTHEWS, 1994 apud CARVALHO, 2004, p. 3)

Um aspecto determinante da problemática do ensino de ciências é o de estabelecer um planejamento do trabalho a ser realizado em sala de aula sempre mantendo seus objetivos primários, como revisa Carvalho (2004) a reflexão provocada por essa pergunta é antiga, porém, ainda é atual. Houve um aumento de interesse significativo da comunidade científica com relação a essa questão no século passado, tanto que, a partir desse período o estudo filosófico com enfoque na ciência fez surgir diversas escolas e teorias. Uma das maiores descobertas que todo esse interesse coletivo gerou foi a eliminação do pressuposto de aluno sendo uma "tábua rasa", hoje sabemos que, cada indivíduo tem sua própria lógica onde concebe a natureza em si com suas explicações causais que são influenciadas por toda uma vivência única e que, dificilmente seria igual ao de outro aluno. Com base nisso, Posner (1982) pontua uma possível quebra dessa barreira conceitual vivenciada pelo aluno da seguinte forma:

"Seria preciso que o sujeito encontrasse várias contradições ou problemas sem solução em suas concepções prévias como condição para a acomodação de um novo conceito, correspondendo aos momentos em

que o sujeito é motivado a fazer modificações e reorganizações em suas concepções."(POSNER et al., 1982)

Uma maneira de se ministrar uma aula experimental seria apoiando-se em uma metodologia investigativa. Buscamos assim conceber uma didática com foco em atividades investigativas que contenham problemas reais ou ainda que a resolução dos experimentos propostos gere uma correlação com conceitos relacionados com a realidade com que o aluno está inserido, através disso podemos estimular o interesse do aluno. Quando esse interesse é evocado, o aluno mostra uma tendência de se desprender de suas ideias pré-formadas e reconstruir conceitos preexistentes que eventualmente entrem em conflito.

3.1 METODOLOGIAS INVESTIGATIVAS

Hodson (1992) pontua que, para se atingir melhores resultados no ensino de física, devemos incentivar os alunos a participarem de investigações científicas, estando tanto em ambiente laboratorial como em sala de aula. A separação de resolução de problemas, teoria e aula prática, causa diversas interpretações errôneas da ciência, pois, elas são indistinguíveis no cotidiano de um cientista.

Segundo Carvalho (2004), podemos otimizar o ensino de física elaborando problemas, questões e atividades laboratoriais abertas, também utilizar-se da investigação para que os alunos possam atuar mais criticamente na construção do conhecimento, fazendo debates, justificando suas ideias racionalmente ou até mesmo aplicando seu conhecimento (prévio ou recém adquirido nas aulas) em situações problemas. Carvalho (2004) também destaca várias características desse tipo de atividade, como por exemplo, deixar o aluno refletir, discutir, explicar e relatar, e não apenas observar o fenômeno ou manipular dados. Há também a necessidade de significado, pois uma atividade que não ofereça qualquer tipo de situação problematizadora dificilmente produzirá resultados significativos, assim como Bachelard diz: "todo conhecimento é resposta a uma questão". (BACHELARD; ABREU, 2020, p. 18)

Vale destacar que, embora uma atividade investigativa dê o protagonismo dessa construção do conhecimento para o aluno, o mesmo não é 100% autônomo, ou seja, não há eficácia em deixar o aluno simplesmente a mercê dele mesmo sem nenhuma orientação por parte do professor, além disso, quando se trata de experimentos baseados numa resolução de problemas Carvalho (2004) destaca que um dos focos deve ser gerar algum interesse do aluno com a metodologia de se resolver o problema e também que há um leque de conhecimentos possíveis que o aluno possa adquirir quando é submetido a esse tipo de atividade, tendo em vista que, além de ele eventualmente aprender os conceitos necessários para solucionar o problema, o mesmo também desenvolve outras capacidades, tais como:

raciocínio, flexibilidade na tomada de decisões, argumentação (caso seja em grupo ou em caráter de apresentação), esse conjunto de capacidades em desenvolvimento ajudam no processo de autonomia do estudante.

Perez e Castro (1996) estabelecem alguns paralelos que uma atividade investigativa pode incorporar de uma atividade feita por cientistas, como por exemplo:

- Apresentar situações problemáticas abertas;
- Favorecer uma reflexão sobre relevância da atividade;
- Potencializar análises qualitativas e formulação de perguntas operativas sobre o que se busca;
- A atividade central da investigação consiste em formular hipóteses;
- Utilizar-se das hipóteses e dados obtidos (individual e depois compartilhá-los entre alunos) para analisar os resultados no quesito de interpretação física e confiabilidade dos dados e conhecimentos disponíveis;
- Ressaltar o papel da comunicação e do debate na atividade científica;
- Ressaltar a importância do trabalho coletivo e da interação entre si.

3.2 SEQUÊNCIAS DIDÁTICAS

Em qualquer roteiro de ensino sempre podemos identificar algumas características em comum, nos possibilitando dividi-las por meio de critérios agrupadores, como por exemplo, métodos expositivos; investigativos; dedutivos; indutivos; etc. Bini descreveu como seria uma sequência nos parâmetros de um modelo tradicional, chamado por ele de circuito didático dogmático, ele é constituído de 3 fases principais, sendo elas: (BINI, 1977 apud ZABALA, 1998, p. 3)

- Comunicação da lição e estudo sobre livro didático;
- Repetição do conteúdo aprendido;
- Avaliação do professor.

Nessas fases, tanto o estudo quanto a repetição do conteúdo são realizadas pelo aluno individualmente e sem qualquer tipo de ajuda ou orientação por parte do professor, além disso, a avaliação serve somente para que o professor veja quão efetivo foi a empreitada do aluno com o conteúdo. Bini enfatiza que há uma certa variância em como essas fases

são realizadas, todavia, podemos observar de maneira clara a inclinação que a mesma tem com o modelo tradicional expositivo comumente encontrado nas escolas brasileiras (BINI, 1977 apud ZABALA, 1998, p. 55). Para citar outro modelo de sequência didática temos o de "estudo do meio", que consiste nas seguintes fases:

- Apresentação de uma situação conflitante com a realidade experiencial dos alunos;
- Explicação e contextualização dessa situação;
- Respostas intuitivas dos alunos;
- Seleção e esboço das fontes de informação e também planejamento de uma investigação;
- Coleta e primeira análise dos dados da investigação;
- Conclusões e generalizações do fenômeno;
- Expressão e comunicação.

Em uma primeira comparação dos dois modelos apresentados podemos constatar que o segundo apresenta uma maior complexidade tanto num aspecto geral, ou seja, na execução da sequência como um todo (refletindo em uma maior quantidade de aulas necessárias para a execução das atividades) como também apresenta uma maior profundidade na execução de cada fase, pois, no caso da primeira há uma clara divisão das tarefas deixadas para o professor e aluno dando um individualismo na obtenção do conhecimento, já na segunda, há uma necessidade de participação maior de ambos. Zabala (1998) questiona a necessidade de tamanha complexidade para uma sequência e se isso realmente propicia uma aprendizagem significativa para o aluno e, na tentativa de se ter as respostas a esses questionamentos, ele apoia-se em teorias modernas como a construtivista para realizar um julgamento acerca das qualidades e defeitos desses dois modelos de sequência didática. (ZABALA, 1998)

Uma conclusão a respeito dessas unidades para Zabala (1998) é que cada uma pode ser utilizável de uma maneira efetiva em sala de aula, sendo assim, não podemos nos prender ao simples exercício de desprezar uma sequência didática expositiva, pois ela têm suas qualidades, como por exemplo, ser curta e efetiva em conteúdos conceituais que os alunos tenham facilidade. Além disso, não podemos colocar em um pedestal intocável sequências que são de uma complexidade sem igual e muitas vezes não produzem um aprendizado significativo aos alunos e ainda acabam sobrecarregando o professor, tendo em vista tudo isso, precisamos compreender que cada sequência é adaptável às necessidades educacionais dos alunos utilizando-se de ambas as formas de se elaborar uma sequência

para que possamos propiciar aos alunos uma experiência educacional não traumática. (ZABALA, 1998)

Com base nisso, Zabala (1998) constata que a aprendizagem é um processo de construção individual, tal construção ocorre quando o aluno começa a atribuir significado a um objeto de estudo, no outro lado dessa teoria da aprendizagem há a pessoa especializada que desempenha o papel de detectar um conflito entre o já sabido do aluno com o que ele precisa saber, tentando ser sempre motivador para que o aluno consiga desconstruir seu conhecimento antigo, caso o mesmo apresente falhas, e construir um conhecimento novo, esse ciclo acaba fazendo com que o aluno "aprenda a aprender". (ZABALA, 1998)

Se apoiando nesses pensamentos, Zabala (1998) elabora 8 perguntas norteadoras, onde elas podem nos mostrar como deve ser elaborada uma sequência que tenha como frutos um aprendizado significativo, são elas:

1. Há atividades na sequência didática que permitem detectar os conhecimentos prévios dos alunos?
2. Os conteúdos são propostos de uma forma significativa e funcional?
3. Podemos inferir que as atividades são adequadas ao nível de desenvolvimento de cada aluno?
4. Elas criam zonas de desenvolvimento proximal?
5. Provocam um conflito cognitivo entre o conhecimento prévio e o novo?
6. Promovem atividades atitudinais (atividades que envolvam outros campos além do cognitivo, como por exemplo, o afetivo e o comportamental)?
7. Geram uma sensação de prazer em relação ao esforço gasto quando o aluno conclui as atividades?
8. Estimulam a autonomia dos alunos?

A partir das perguntas norteadoras podemos concluir que em uma Sequência Didática como o circuito didático dogmático, dificilmente há uma aprendizagem significativa, porém com ligeiras mudanças poderíamos utilizar esse molde de unidade para expor conteúdos factuais (acontecimentos, datas, descrições) e conceituais (conteúdos que os alunos não tenham dificuldade em compreender). Embora esse modelo de unidade seja talvez o mais criticado, vale ressaltar que boa parte das críticas ocorrem também pelo modo que se é utilizado esse modelo, em escolas, geralmente ele vem acompanhado de uma educação seletiva, onde engrandece-se alunos com boas notas com relação aos demais, esse tipo de educação dificulta a aprendizagem de alunos que não são capazes de acompanhar a

maioria, ou ainda, força um nível alto a uma sala devido ao destaque dado a alguns alunos que são realmente acima da média. Outro fator debilitante dessa unidade é a possibilidade da motivação dos alunos diminuir com o passar do tempo devido à dispersões dos mesmos, que são comuns nessa idade, para contornar esse problema é necessário dar sentido às atividades monótonas.

Uma sequência didática que tem como enfoque moldes parecidos com o modelo de estudo do meio pode produzir um ambiente que favoreça uma aprendizagem significativa, porém, o andamento da aula sempre deve ter atenção por parte do professor, pois, caso o mesmo não avalie de uma maneira contínua sua turma, pode ocorrer a falsa sensação que todos os alunos estão evoluindo e construindo significados ao conteúdo quando na verdade estão se limitando apenas a reproduzir as explicações finais do professor e ignorando as atividades iniciais e médias do conteúdo. Uma maneira de contornar esse problema seria uma avaliação mais complexa, que, de preferência, avalia cada atividade contida no decorrer da matéria, se convertendo num instrumento que revise toda a trajetória que o aluno teve para chegar no conhecimento final da unidade, ou seja, que mostre desde as hipóteses iniciais até a elaboração de suas próprias descobertas. (ZABALA, 1998)

Em suma, a sequência didática que consegue, a princípio, responder todas as perguntas norteadoras construtivistas apresenta uma alta quantidade e variedade de atividades, o que a torna também mais complexa que as demais. Como já vimos, essa complexidade demanda um tempo considerável em cada atividade, além disso, há uma maior necessidade de se reconduzir alunos dispersos para os objetivos propostos, esse fator dispersão pode inutilizar totalmente o aprendizado significativo nas primeiras etapas e também servir como um obstáculo para quando os mesmos forem fazer os exercícios de memorização necessários para compreenderem quais são suas dúvidas com relação ao conteúdo, ficando a cargo dos professores terem uma consciência clara de cada etapa que a compõe. (ZABALA, 1998)

Voltando aos laboratórios tradicionais de física, uma consequência de se realizar esse tipo de atividade expositiva é fazer com que o aluno siga um roteiro estritamente fechado e acabe realizando todas as etapas do procedimento experimental, mas, não fazendo a mínima ideia do que fez. Após a fase problemática de realizar a coleta de dados temos a fase de organização desses dados, normalmente ela é vista como parte da fase de análise de dados, porém, embora temos que a parte de confecção de dados faça parte da análise não há nessa fase uma reflexão crítica, ou seja, se tratando de esforço cognitivo, uma confecção de gráfico está mais próxima do procedimento experimental do que da análise dos dados, isso faz com que a maior parte desse tipo de aula consista em coletar dados e fazer gráfico, uma tarefa que, como toda tarefa repetitiva e rígida, acaba se tornando tediosa e cansativa produzindo assim um efeito contrário ao de incentivar o aluno.

4 SEQUÊNCIAS DIDÁTICAS PROPOSTAS

4.1 BATIMENTO DE ONDAS SONORAS

Um possível estudo com os sensores do smartphone envolve acústica, mais especificamente o fenômeno de batimento que acontece quando temos a superposição de ondas se propagando no mesmo sentido, com a mesma amplitude, mas com suas frequências diferindo ligeiramente (KUHNS et. al, 2014). Quando as ondas são sobrepostas (matematicamente equivale ao ato de soma-las) ocorre a interferência, sendo ela tanto construtivas quanto destrutivas, Figura 4.1.

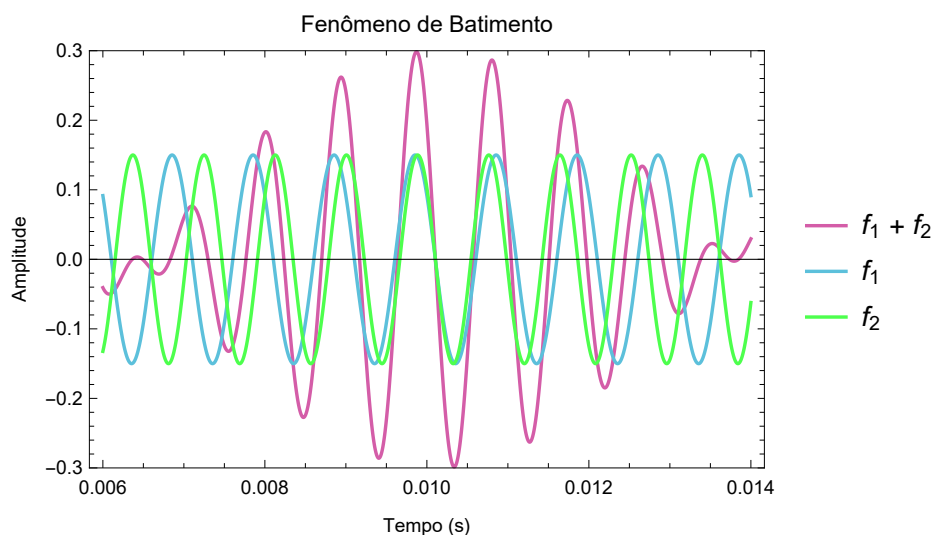


Figura 4.1 – Simulação de um batimento de ondas, sendo $f_1 = 1000$ hz e $f_2 = 1050$ hz.

Fonte: Autor.

Esta sequência didática pretende analisar essa superposição de ondas, para isso são necessárias pelo menos 2 aulas, sendo a primeira de caráter experimental-investigativo no qual os alunos que irão ficar encarregados de tentar produzir esse efeito. Na segunda aula o professor pode realizar a explicação do experimento, de uma maneira expositiva pois os alunos já vão ter alguma noção prévia, ao fim da aula pode ser dado um questionário para ser entregue na forma de trabalho. Embora o intuito pedagógico do experimento seja que o aluno consiga realiza-lo sem a aula expositiva, para que ele alcance esse objetivo é necessário que o mesmo tenha algumas noções básicas sobre a teoria ondulatória, portanto, é de fundamental importância que conceitos como: amplitude, comprimento, frequência e interferência já tenham sido abordados em aulas anteriores.

Aula 01: Primeiro contato com o experimento.

Para o experimento são necessários 3 smartphones, sendo 2 responsáveis por emitir os sinais acústicos senoidais por meio de aplicativos ou algum *website* que gerem tais sinais com uma frequência ajustável. O terceiro celular irá captar o sinal por meio de um aplicativo com função de osciloscópio, nessa sequência será utilizado o aplicativo *phyphox*. É de fundamental importância que os alunos já tenham ciência da necessidade dos aplicativos em aulas anteriores, pois, há muitas escolas que não fornecem acesso a internet para efetuar o *download* dos aplicativos ou acessar o *website* que gere as frequências, então cabe ao professor já separar os grupos de uma maneira que todos tenham pelo menos o celular receptor e os dois celulares emissores.

A configuração experimental é demasiadamente simples pois consiste em posicionar os celulares como na Figura 4.2 e controlar as frequências dos celulares emissores para que seja gravado os dados pelo aplicativo do celular receptor. Talvez o principal obstáculo dessa atividade seja a necessidade de a sala de aula estar em silêncio para que não seja produzido ruídos indesejáveis, mas isso pode ser contornado com a colaboração coletiva da turma e também com a execução do experimento de um grupo por vez, desde que o professor consiga direcionar o foco na atividade e evitar dispersões.

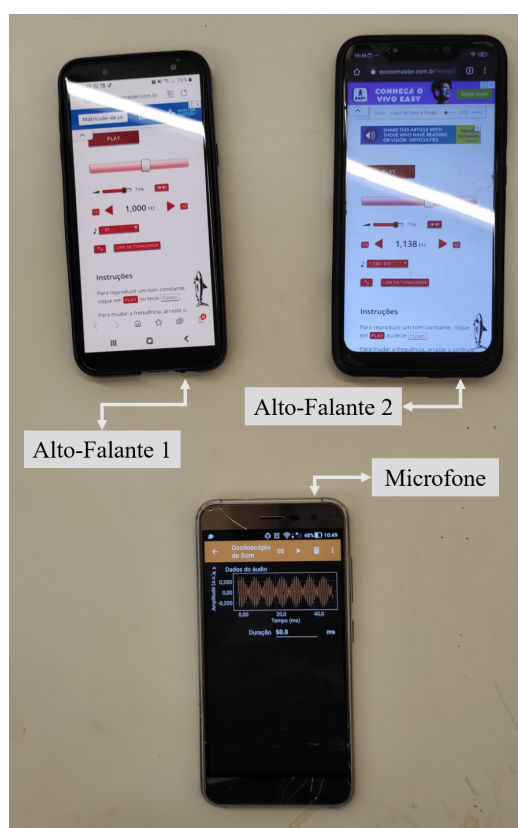


Figura 4.2 – Configuração experimental, os alto-falantes dos celulares emissores devem estar equidistantes do microfone do celular receptor.

Fonte: Adaptado de KUHN et. al, 2014.

Logo no início da aula, será explicada a configuração experimental, a ideia é que, com base na configuração, os alunos tentem reproduzir o fenômeno através da manipulação dos parâmetros experimentais, é importante que o professor estimule a troca de informação entre os grupos para que ocorra uma maior interação da sala. Até esse ponto talvez seja melhor que não se tenha tido a aula expositiva que explicasse o fenômeno de batimento, para que a primeira vez que os alunos vissem isso seria de uma maneira totalmente investigativa para que acabe despertando interesses acerca do fenômeno.

Como essa atividade dá uma grande autonomia aos alunos, a reação a ela se torna extremamente difícil de ser prevista, portanto, caso os alunos encontrem estagnação o professor pode fazer perguntas que gerem avanço no experimento, alguns exemplos desse tipo de perguntas são:

- O que ocorre quando você coloca duas frequências iguais?
- Quando colocamos uma alta frequência e uma baixa frequência o que é visto?
- E quando há uma diferença nas frequências pequena (entre 1 Hz e 5 Hz)?
- O que é visto no osciloscópio quando mantemos fixa uma frequência e variamos a outra?

Provavelmente a última pergunta irá induzir ao fenômeno de batimento, portanto, quanto mais tempo for possível evita-la melhor será para as investigações dos alunos. Uma maneira de provocar uma zona de desenvolvimento proximal no aprendizado seria se incentiva-los a interagir entre si, para isso, o professor pode fazer as perguntas para determinados grupos, de modo que, os demais grupos só conseguirão ter acesso a pergunta feita caso os mesmos troquem informação. Ao fim da aula é importante que todos os grupos consigam realizar o fenômeno de batimento, para que na próxima aula seja dada continuidade ao conteúdo.

Aula 02: Análise quantitativa

Na segunda aula será discutido o fenômeno de um ponto de vista quantitativo, para isso, o professor pode iniciar a aula trazendo algum dado experimental dos grupos obtidos anteriormente (uma vez que o aplicativo *phyphox* permite gravar os dados), a partir daí pode ser exposto as equações 4.1, onde y_1 (y_2) é a função que descreve o comportamento de uma onda senoidal com frequência f_1 (f_2), y é a função produzida pela sobreposição dos

dois sinais (f_1 e f_2). Por fim, f_b é a frequência de batimento. (KUHN et. al, 2014)

$$\begin{cases} y_1(t) = \text{Sin}(2\pi f_1 t) = \text{Sin}(2\pi(1000)t) \\ y_2(t) = \text{Sin}(2\pi f_2 t) = \text{Sin}(2\pi(1138)t) \\ y(t) = y_1 + y_2 \\ f_b = \Delta f = f_2 - f_1 \end{cases} \quad (4.1)$$

Utilizando-se dessa equação é possível comparar diretamente os dados da aula anterior, Figura 4.3, nela podemos observar nitidamente o batimento das ondas acústicas.

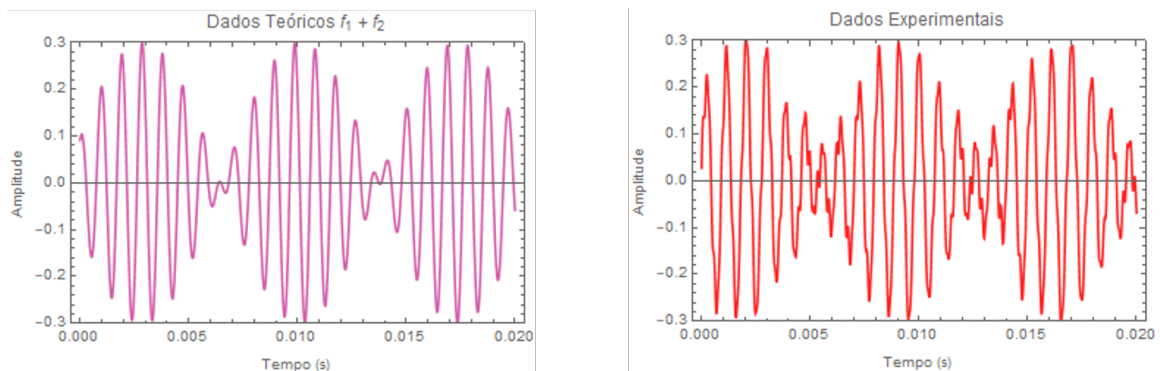


Figura 4.3 – Comparação da frequência de batimento teórica com a experimental, onde $f_1 = 1000$ hz e $f_2 = 1138$ hz.

Fonte: Autor.

Como os alunos já começaram a desenvolver seu aprendizado na aula experimental investigativa anterior, talvez não haja perda de aprendizado caso a aula seja realizada em um formato expositivista, pois, além do primeiro contato, as equações que descrevem o fenômeno são relativamente simples, após a aula será dado o seguinte questionário:

Questionário 1:

1. Com base na análise da curva gerada no batimento argumente uma possível maneira de se extimar essa frequência.
2. O fenômeno de batimento é muito utilizado na afinação de instrumentos musicais, suponha que você seja um músico e queira afinar seu violão para a nota "lá"(440 hz), uma maneira possível para se fazer isso é colocar um gerador acústico de frequência nessa mesma nota com um celular, daí então toda vez que você emitir essa nota no violão acontece a interferência. Com base nisso, discuta com seus colegas:
 - a) Se você escutasse o som produzido (pelo celular + violão) aumentando e diminuindo sua intensidade em intervalos de tempos bem definidos, o violão estaria afinado?

- b) Se $f_b = 5$ hz, quais são os valores possíveis de frequência que o violão pode estar emitindo?
- c) Caso você regule as cordas e a frequência f_b aumente isso está afinando ou desafinando o violão? Qual o caso onde o mesmo estará totalmente afinado?

4.2 PÊNDULO E EFEITO DOPPLER

Esta sequência envolve tanto a área de acústica quanto a dinâmica, a configuração dela foi inspirada do experimento de Gil e Laccio (2017), analisaremos qualitativamente o movimento amortecido de um pêndulo físico, e ainda utilizando-se de outro celular, podemos observar o efeito doppler ocorrendo nesse movimento. Essa sequência pode ser realizada em 2 aulas, sendo a primeira para a realização e coleta dos dados e também primeiros comentários conceituais, a outra aula será destinada á análise em si do fenômeno sob a interpretação dos dados obtidos. A escolha de se realizar dois experimentos envolvendo duas áreas da física pode reformular ideias de alunos que veem a ciência como sendo constituída por ramos separados e não relacionáveis.

Aula 01: Experimento e coleta de dados

Para realizar o experimento é necessário os seguintes materiais:

- 2 Smartphones;
- Cartolina;
- Fita;
- Objeto com ponta.

A configuração experimental pode ser vista na Figura 4.4. Um smartphone irá emitir ondas com uma frequência fixa, assim como na sequência anterior, quanto maior a frequência emitida melhor será a visualização do efeito Doppler, porém, é necessário cautela na escolha do valor de frequência para que não atinja o limite que o celular receptor consiga captar. Como já foi mencionado há outro celular que será responsável por gravar os dados através de seu microfone, esse celular será fixado a cartolina (ou uma barra fixa de alumínio) que por sua vez é furada por um objeto com ponta para que os alunos consigam realizar o experimento em qualquer parede.

A escolha da cartolina foi feita devido a facilidade de ser encontrada nas escolas, como também o experimento é de caráter qualitativo, não precisamos nos preocupar com a distância do furo com o sensor do celular, até porque é difícil localizar o local exato onde se encontra o acelerômetro em cada modelo de smartphone no mercado, além disso, o objeto com ponta utilizado foi uma chave Philips, todavia, pode também se utilizar de outro objeto que permita a cartolina deslizar com facilidade quando começar o experimento, um exemplo de objeto possível para se utilizar seria uma caneta.

Após a preparação da configuração experimental, que é relativamente simples e provavelmente não ocuparia mais da metade do tempo de aula, podemos iniciar a aferição

dos dados, dessa vez, pode ser necessário que os alunos tenham um conhecimento prévio dos fenômenos a serem observados por meio de aulas anteriores, para que eles compreendam o que está ocorrendo no experimento.

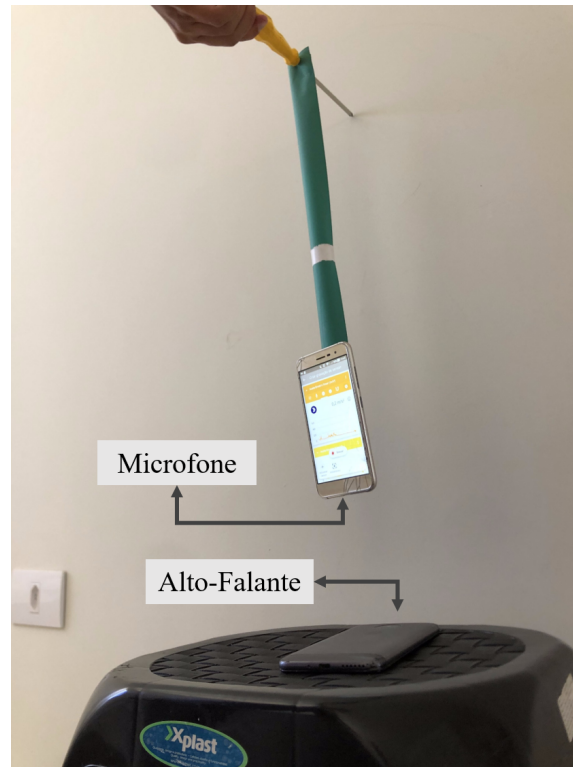


Figura 4.4 – Configuração experimental.

Fonte: Autor.

Através do aplicativo *Arduino Science Journal* utilizaremos no smartphone suspenso a função de captar o sensor de frequência sonora e também o acelerômetro do eixo Y. Já com o smartphone emissor utilizaremos, como na sequência passada, algum aplicativo ou *website* que gere frequências sonora fixas em 1000 hz.

Com a opção de gravação de dados acionada o celular pode ser solto, a gravação será finalizada quando o mesmo parar de oscilar, como há um atrito entre a cartolina e o objeto com ponta, e também há o peso da cartolina, dificilmente o movimento ultrapassa de 1 minuto. Ademais, vale ressaltar a importância do silêncio da sala quando o experimento é realizado pois, o efeito doppler produzido pode se tornar imperceptível caso haja ondas sonoras externas ao experimento, tornando os dados da frequência ruidosos, a Figura 4.5 nos mostra uma gravação obtida do experimento em condições ideais. Como se trata de uma análise qualitativa, é arbitrária a aferição da massa do pêndulo físico e também do ângulo entre o eixo Y e o smartphone no momento em que é solto.

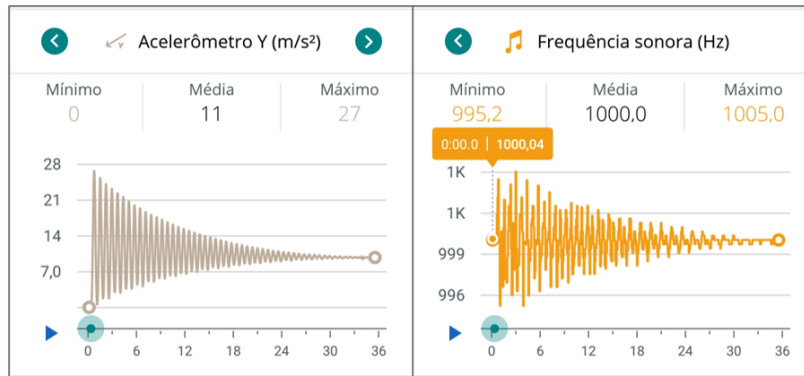


Figura 4.5 – Dados experimentais. A esquerda temos os valores captados pelo acelerômetro do eixo Y, lembrando que em repouso esse sensor afere a aceleração gravitacional. A direita, temos os valores de frequência sonora.

Fonte: Autor.

Aula 02: Análise de Resultados

A segunda aula é destinada para a análise do experimento realizado anteriormente, assim como o *phyphox*, o aplicativo *Arduino Science Journal* também grava os dados experimentais, além disso, através dele podemos ter acesso a um gráfico interativo sobre os dados, onde é possível navegar dando "zoom" nos eixos.

Através dessa funcionalidade, o professor pode inicialmente pedir aos alunos para identificar quando ocorre aceleração e desaceleração no eixo Y, que é um dos eixos do movimento. Para o aumento da aceleração no eixo Y, temos a Figura 4.6, ademais, para diminuição temos a Figura 4.7.

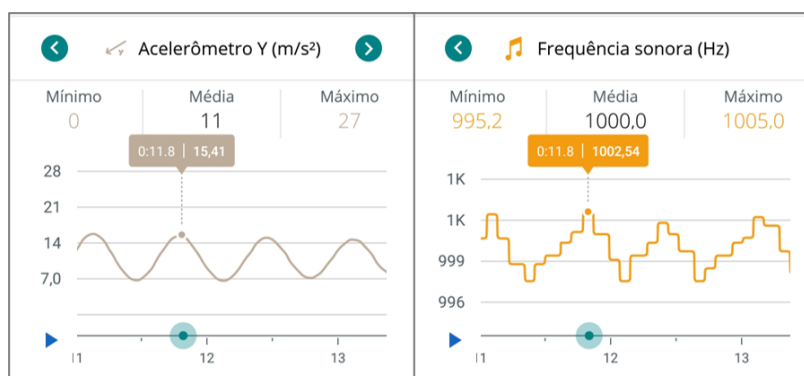


Figura 4.6 – Ponto no qual o acelerômetro registra uma aceleração, ao mesmo tempo, o sensor de frequência sonora indica um aumento na frequência.

Fonte: Autor.

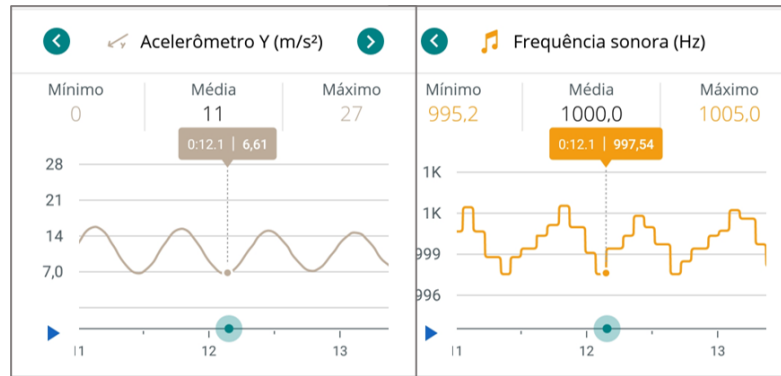


Figura 4.7 – Ponto no qual o acelerômetro registra uma desaceleração, ao mesmo tempo, o sensor de frequência sonora indica um decréscimo na frequência.

Fonte: Autor.

A partir da identificação, pode ser dado um questionário para que eles tentem resolver em sala (com a opção de ser entregue na próxima aula caso seja necessário), sob orientação do professor com o objetivo de fixação tanto do experimento quando das aulas conceituais expositivas anteriores. Como as questões se tratam de uma análise qualitativa do fenômeno é importante que o professor assuma um papel instigador, para que os alunos façam o exercício da argumentação sobre como eles mesmo visualizam a física.

Questionário 1:

1. Caso o celular emissor e receptor fossem trocados de lugar seria possível observar o efeito Doppler? E se a frequência fosse alterada, o que ocorre?
2. Considerando seus dados experimentais, ilustre o movimento do celular quando o mesmo está se aproximando do alto-falante e quando está se afastando. O que ocorre com as ondas acústicas emitidas?
3. Por que a amplitude da aceleração diminui conforme o decorrer do experimento? Como você explica a diminuição da amplitude da frequência?

4.3 INTENSIDADE LUMINOSA

Esta sequência didática foi composta para abranger 2 experimentos complementares que ajudam no entendimento de como a intensidade de luz é afetada tanto pelo ângulo de incidência quanto pela distância. A recomendação do tempo para se realizar cada experimento é de 4 aulas (2 para cada experimento). A primeira aula de cada experimento tem como enfoque a coleta dos dados e também estimular as primeiras reflexões dos alunos a respeito dos fenômenos observados, ao fim dessa aula pode ser entregue um questionário para os mesmos responderem. Já a segunda aula serve para realizar uma análise dos resultados mais profunda, reforçando um possível aprendizado significativo.

Vale ressaltar a importância de aulas prévias introdutórias, que vão ajudar desde o aluno a se situar no que vem a seguir, como também ajudar o professor a entender o nível de compreensão que os alunos têm do conteúdo a ser tratado. Além das aulas introdutórias também há as aulas pré-experimentais que contém geralmente a teoria necessária para compreender o experimento.

Aula 01: Experimento: Relação com Ângulo de incidência.

Hoje em dia quase todos os celulares contêm um luxímetro, utilizando-se desse sensor podemos medir quantitativamente o nível de iluminação incidido sobre ele, em unidade lux. O experimento consiste em medir como o nível de iluminação é afetado conforme mudamos o ângulo de incidência, para isso, é necessário algum objeto redondo, como uma bola, ou no caso da Figura 4.8, um aro de bicicleta.

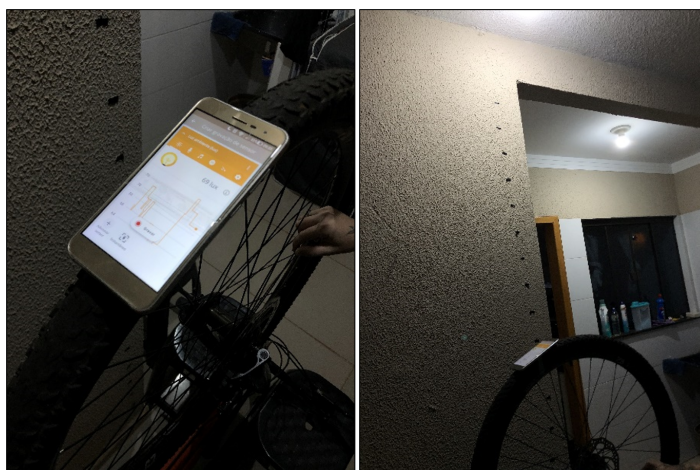


Figura 4.8 – Configuração experimental.

Fonte: Autor.

Logo em seguida, o professor irá dividir a sala em grupos de até 4 alunos, para que todos possam realizar uma medida. Utilizando o aplicativo *Arduino Science Journal*,

com a opção de gravação de dados para o sensor de luz ambiente ativada, irá ser feita a medição partindo de uma extremidade a outra do aro. O objetivo desta aula será apenas a coleta de dados, com uma breve discussão no final da aula caso os alunos apresentem dúvidas ou tenham interesse sobre o funcionamento do experimento. Após a gravação o aplicativo gera um gráfico interativo, é esperado que o gráfico tenha um comportamento de um “morro”, como na Figura 4.9.

Conforme os alunos finalizam a coleta dos dados, o professor pode começar a questioná-los sobre o porquê de ocorrer tal comportamento, é importante considerar as hipóteses iniciais dos alunos acerca do fenômeno, pois assim o professor pode partir dessas hipóteses para compreender como está o nível de entendimento em relação ao experimento, todavia, é necessária atenção na diversidade de alunos que estão interagindo com o professor para que não ocorra a falsa sensação de que todos estão entendendo quando na verdade só há uma minoria que está participando ativamente da aula.



Figura 4.9 – Gráfico da intensidade da luz em função do tempo conforme variava o ângulo de incidência.

Fonte: Autor.

Aula 02: Análise de dados.

Essa aula seria a continuação direta do experimento luz x ângulo de incidência, após o professor retomar o experimento da aula passada, o mesmo irá retomar os grupos e disponibilizar o primeiro questionário para que os alunos iniciem a resolução em sala de aula sob sua tutela para eventuais orientações. Caso o tempo não seja suficiente, pode ser dada a opção de entregá-lo na próxima aula.

Questionário:

1. Consultando seus dados experimentais, descreva como eram os raios da fonte de luz quando o nível de iluminação foi máximo? E quando foi mínimo?
2. A Terra é o planeta do Sistema Solar onde residimos, seu formato é esférico, considerando a Figura 4.10, argumente quais regiões receberiam uma maior intensidade de luz do Sol?

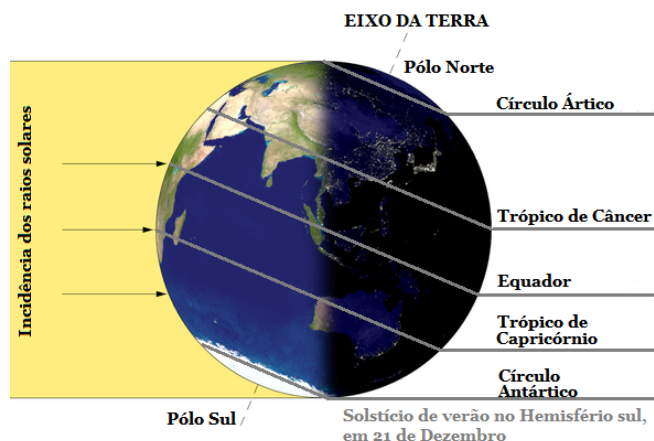


Figura 4.10 – Representação da incidência de raios solares na Terra.

Fonte: <<https://www.todamateria.com.br/solsticio-verao/>>.

3. O eixo da Terra, como mostra a figura acima, apresenta uma certa inclinação, tal inclinação acaba produzindo as estações ao longo do ano, com base nessa informação indique: qual é a estação do ano da figura acima no hemisfério Sul? E no hemisfério Norte?
4. Considere que uma das ilustrações da Terra abaixo foi feita no mês de janeiro (Verão no hemisfério Sul) indique-a. Escreva também a estação e o mês provável de cada outra ilustração da Terra.

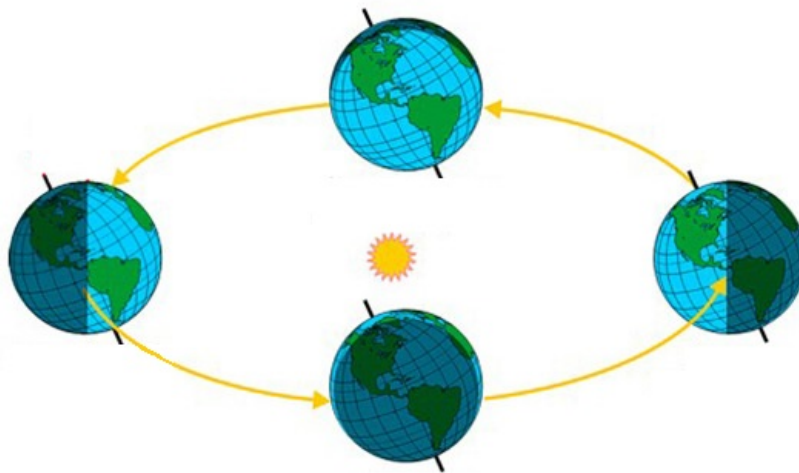


Figura 4.11 – Representação da incidência de raios solares na Terra em diferentes épocas do ano.

Fonte: <<https://quizlet.com/506157620/interactions-of-earth-moon-and-sun-seasons-diagram/>>.

Aula 03: Experimento: Relação com Distância.

Outro experimento que pode ser realizado com o luxímetro consiste em utilizar uma lâmpada e registrar a intensidade com relação a diferentes distâncias, utilizando o aplicativo *Arduino Science Journal*, como no primeiro experimento, a configuração experimental pode ser vista na Figura 4.12.

Para a realização do experimento, é necessário estar em um local com somente uma fonte de luz, para que outras fontes não interfiram na obtenção das medidas, logo após isso, demarca-se com uma fita pontos a cada 10 centímetros e com o aplicativo pode-se obter a intensidade da luz em diferentes distâncias, como por exemplo os da Tabela 4.1.



Figura 4.12 – Configuração para a medida da intensidade.

Fonte: Autor.

Distância (cm)	Nível de Iluminação (Lux)	Distância (cm)	Nível de Iluminação (Lux)
10	1474	110	71
20	895	120	58
30	544	130	51
40	369	140	43
50	246	150	38
60	178	160	35
70	143	170	30
80	123	180	26
90	102	190	23
100	82	200	21

Tabela 4.1 – Dados obtidos pelo smartphone, foi utilizada uma lâmpada padrão de modo que, o sensor de luz do celular captasse a máxima intensidade luminosa partindo de 10cm.

O professor deve mostrar como o aplicativo realiza essas medidas e após a explicação do funcionamento e de como fazer as aferições, os alunos podem se separar em grupos para que os mesmos reproduzam a atividade experimental como forma de um trabalho, podendo se reunir ou fazer separadamente para que haja assim uma maior variedade de dados. Como forma de ajuda-los com a organização dos dados pode-se disponibilizar uma tabela vazia como a Tabela 4.2 para que os alunos à preencham.

Ademais, dar uma certa autonomia para que os mesmos definam sua metodologia experimental, como por exemplo, deixar a cargo deles decidirem quais distâncias vão medir

ou ainda que tipo de fonte luminosa vão utilizar, pode tornar o aprendizado provido dessa atividade mais efetivo, tendo em vista que, de tal modo isso reforçara a consciência que o aluno deve ter enquanto realiza o experimento, não ficando somente uma atividade no formato de "receita de bolo" observada, e muito criticada, em diversos trabalhos.

Distância (cm)	Nível de Iluminação (Lux)	Distância (cm)	Nível de Iluminação (Lux)

Tabela 4.2 – Exemplo de tabela que pode ser dada como um material de apoio, é importante enfatizar a liberdade dos alunos em decidir como serão aferidos os pontos, tanto no sentido de distância entre eles como também na quantidade de pontos experimentais.

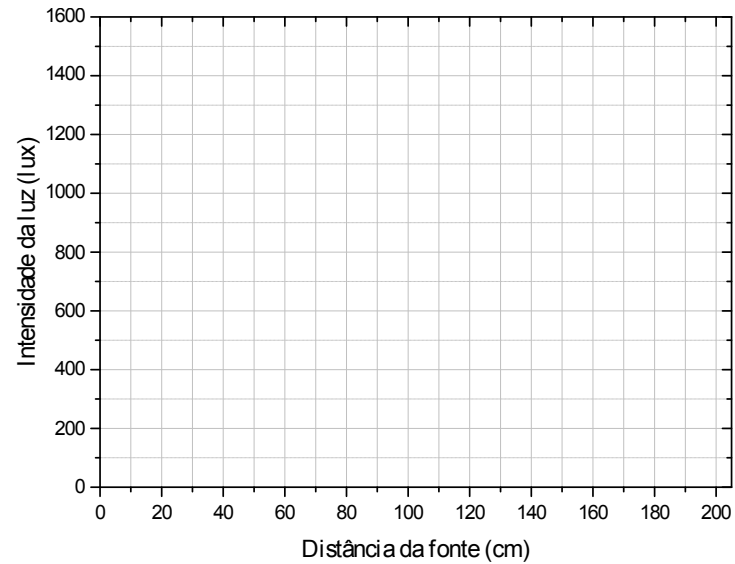
Aula 04: Análise de dados.

Essa aula seria a continuação direta do experimento e tem como objetivo finalizar o assunto de como a intensidade luminosa se comporta, portanto, é importante que os alunos tenham adquirido, pelo menos, uma compreensão qualitativa dos fenômenos tratados tanto nesse experimento quanto no experimento que analisa como a intensidade luminosa é influenciada pelo ângulo de incidência.

Após os alunos trazerem seus dados coletados, o professor irá disponibilizar o seguinte questionário para que eles iniciem a resolução em sala de aula, todavia, caso o tempo não seja suficiente, pode ser dada a opção de entregar o questionário na próxima aula, além disso, nesse questionário em específico há a necessidade do aluno conhecer gráficos e funções, principalmente exponenciais, então cabe ao professor observar se os mesmos possuem esse pré-requisito, e caso não o tenham, pode ser preparada alguma aula com um aspecto de revisão para que os mesmos tenham todo o conhecimento disponível para conseguirem realizar a atividade.

Questionário:

1. Transfira os dados para o gráfico abaixo.



2. Descreva qualitativamente o que ocorre com a intensidade da luz quando se distanciamos dela.
3. Analisando a intensidade luminosa em 1 m e 2 m, quantas vezes o nível de iluminação diminuiu?
4. Com base na questão anterior, que tipo de função descreveria melhor essa dependência da luz com a distância?

5 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Atualmente é possível observar uma quantidade crescente de trabalhos envolvendo experimentos com smartphones. O Brasil, assim como em muitos países tecnologicamente atrasados, está produzindo conteúdo dessa tecnologia com esse tema em específico a pouco tempo e isso está intimamente ligado tanto com a demora com que as tecnologias de países avançados chegam e se instauram quanto com as outras dificuldades inerentes que as escolas brasileiras enfrentam.

A presente monografia teve como tema principal a elaboração de sequências didáticas que envolvessem conteúdos normalmente lecionados no ensino médio, além disso, como vimos nos primeiros capítulos, é necessário dar mais ênfase em etapas que envolvam a análise de dados, e menos ênfase em exercícios repetitivos ou coletas de dados excessivamente longas. As premissas iniciais consistiam em explorar o potencial pedagógico dos smartphones, de fato, isso foi alcançado em partes, uma vez que não houve dificuldade clara na execução dos experimentos, aliás, a qualidade e velocidade dos dados obtidos de certa forma superou as expectativas. Entretanto, devido ao panorama atual se tornou inviável realizar testes de campo, ou seja, o possível aprendizado significativo que as sequências poderiam gerar ficaram somente em um plano das ideias, mas paralelamente, esse acontecimento abre portas para eventuais continuações tanto no sentido de implementar as sequências em salas de aula, quanto no sentido de elaborar outros experimentos que abordem, por exemplo: velocidade do som; sistemas massa-mola e; campos magnéticos.

Há alguns trabalhos recentes como de Barnwell (2016) que trazem os celulares com resultados pedagógicos diversos, geralmente bons resultados são observados em alunos acima da média, já com os alunos menos interessados os celulares acentuam sua característica distrativa. Quima (2018) também ressalta que se levarmos em consideração o panorama atual das redes de ensino públicas, o uso experimental dos celulares melhora a dinâmica e qualidade das aulas de física.

Assumindo um ponto de vista experiencial de aluno, é muito empolgante quando o professor adere elementos comuns do cotidiano para as salas de aula, como se não bastasse, há outras maneiras de se ensinar a física além do tradicional quadro, giz e apagador. Quanto mais ferramentas obtivermos para leva-los a experimentar física há mais chances de alguns se interessarem por essa área, um dos focos da física lecionada no ensino médio poderia ser o de trabalhar com outras metodologias, para que enriqueça a visão que os alunos tenham do mundo que os rodeia, até porque o objetivo das escolas é de formar cidadãos plenos.

REFERÊNCIAS

ARDUINO, S. J. *Lessons*. 2020. Disponível em: <<https://science-journal.arduino.cc/>>, Acesso em: 18 mai 2021. Citado 2 vezes nas páginas 20 e 21.

BACHELARD, G.; ABREU, E. dos S. *A formação do espírito científico*. [S.l.]: Contraponto editora, 2020. Citado na página 23.

BARNWELL, P. *Do smartphones have a place in the classroom*. 2016. Disponível em: <<https://www.theatlantic.com/education/archive/2016/04/do-smartphones-have-a-place-in-the-classroom/480231/>>, Acesso em: 18 mai 2021. Citado na página 44.

BERGHER, R. *O que é reconhecimento facial? Entenda a tecnologia de desbloqueio do celular*. 2020. Disponível em: <<https://www.zoom.com.br/celular/deumzoom/o-que-e-reconhecimento-facial-como-funciona-celular-biometria>>, Acesso em: 12 abr 2021. Citado na página 20.

BINI, G. *Los libros de texto en América Latina*. [S.l.]: Editorial Nueva Imagen, 1977. Citado 2 vezes nas páginas 24 e 25.

CARVALHO, A. M. P. *Ensino de Ciências-unindo a pesquisa e a prática*. [S.l.]: Cengage Learning Editores, 2004. Citado 3 vezes nas páginas 18, 22 e 23.

COUTINHO, G. L. *A era dos smartphones: Um estudo exploratório sobre o uso dos smartphones no brasil*. 2014. Citado na página 11.

DIOGO, R. C.; GOBARA, S. T. Educação e ensino de ciências naturais–física no brasil: Do brasil colônia à era vargas. *Revista Brasileira de Estudos Pedagógicos*, v. 89, n. 222, p. 365–383, 2008. Citado 3 vezes nas páginas 14, 15 e 16.

FIOLHAIS, C.; 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, p. 259–272, 2003. Disponível em: <http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1806-11172003000300002&nrm=iso>. Citado na página 18.

GARCIA, N. M. D.; GARCIA, T.; HIGA, I. Projeto de ensino de física (pef): um modo brasileiro de ensinar física da década de 1970. *Simpósio Nacional de Ensino de Física*, v. 17, 2007. Citado na página 16.

GIL, S.; LACCIO, J. D. Smartphone una herramienta de laboratorio y aprendizaje: laboratorios de bajo costo para el aprendizaje de las ciencias. *Latin-American Journal of Physics Education*, Instituto Politécnico Nacional, v. 11, n. 1, p. 5, 2017. Citado na página 33.

GRANDINI, N. A.; GRANDINI, C. R. Os objetivos do laboratório didático na visão dos alunos do curso de licenciatura em física da unesp-bauru. *Revista Brasileira de Ensino de Física*, SciELO Brasil, v. 26, n. 3, p. 251–256, 2004. Citado na página 16.

HODSON, D. In search of a meaningful relationship: an exploration of some issues relating to integration in science and science education. *International Journal of science education*, Taylor & Francis, v. 14, n. 5, p. 541–562, 1992. Citado na página 23.

INEP. *Notas Estatísticas: Censo Escolar 2018*. 2019. 9 p. Disponível em: <www.shorturl.at/alsHL>, Acesso em: 18 mai 2021. Citado na página 12.

KIRSCHNER, P. A. Epistemology or pedagogy, that is the question. *Constructivist instruction: Success or failure*, p. 144–157, 2009. Citado na página 17.

KUHN, J.; VOGT, P.; HIRTH, M. Analyzing the acoustic beat with mobile devices. *The Physics Teacher*, American Association of Physics Teachers, v. 52, n. 4, p. 248–249, 2014. Citado 3 vezes nas páginas 28, 29 e 31.

LEE, N. *The 411: Feature phones vs. smartphones*. 2010. Disponível em: <<https://www.cnet.com/news/the-411-feature-phones-vs-smartphones/>>, Acesso em: 12 abr 2021. Citado na página 19.

LOPES, P. A.; PIMENTA, C. C. C. O uso do celular em sala de aula como ferramenta pedagógica: Benefícios e desafios. *Revista Cadernos de Estudos e Pesquisa na Educação Básica, Recife*, v. 3, n. 1, p. 52–66, 2017. Citado na página 19.

LORENZ, K. M.; BARRA, V. M. Produção de materiais didáticos de ciências no brasil, período 1950 a 1980. *Ciência e Cultura*, p. 1970–1983, 1986. Citado na página 16.

MALTESE, A. V.; TAI, R. H.; SADLER, P. M. The effect of high school physics laboratories on performance in introductory college physics. *The Physics Teacher*, American Association of Physics Teachers, v. 48, n. 5, p. 333–337, 2010. Citado na página 17.

MATTHEWS, M. R. *Science Teaching: The Role of History and Philosophy of Science*. [S.l.]: Routledge, 1994. Citado na página 22.

MEIRELLES, F. S. 31^a pesquisa anual do fgvcia: Uso da ti nas empresas. *Fundação Getúlio Vargas*, n. 31, p. 103–105, 2020. Citado na página 11.

PEREIRA, M. V.; MOREIRA, M. C. M. do A. Atividades prático-experimentais no ensino de física. *Caderno Brasileiro de Ensino de Física*, v. 34, n. 1, p. 265–277, 2017. Citado 3 vezes nas páginas 16, 17 e 18.

PEREZ, D. G.; CASTRO, P. V. La orientación de las prácticas de laboratorio como investigación: un ejemplo ilustrativo. *Enseñanza de las Ciencias*, v. 14, n. 2, p. 0155–163, 1996. Citado na página 24.

POSNER, G. J. et al. Accommodation of a scientific conception: Toward a theory of conceptual change. *Science education*, New York, v. 66, n. 2, p. 211–227, 1982. Citado 2 vezes nas páginas 22 e 23.

QUIMA, L. C. O smartphone como laboratório de física. 2018. Citado na página 44.

RAMOS, M. G. Epistemologia e ensino de ciências: compreensões e perspectivas. *Construtivismo e ensino de ciências: reflexões epistemológicas e metodológicas*. Porto Alegre: EDIPUCRS, p. 12–35, 2000. Citado na página 17.

SANTOS, M. Análise de discursos de tipo cts em manuais de ciências. 2001. Citado na página 22.

VYGOTSKY, L. S. *A formação social da mente*. [S.l.]: Editora Martins Fontes, 1991. Citado na página 19.

ZABALA, A. *A prática educativa: como ensinar*/antoni zabala; trad. *Ernani F. da*, 1998. Citado 4 vezes nas páginas 24, 25, 26 e 27.

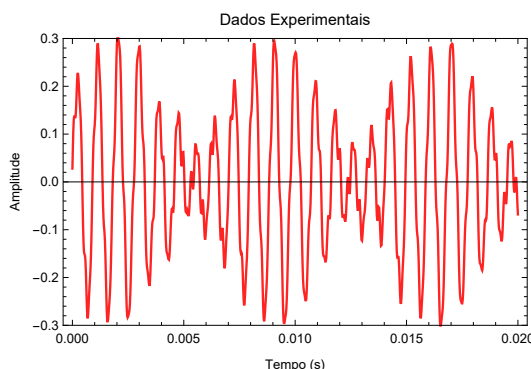
APÊNDICE A – RESPOSTAS ESPERADAS DOS QUESTIONÁRIOS

A.1 BATIMENTO DE ONDAS SONORAS

Questionário 1:

1. Com base nos dados experimentais, figura abaixo, vemos que o fenômeno de batimento oscila aproximadamente 3 vezes num intervalo de 0,02 segundos, sabendo que a frequência de batimento é definida em função da quantidade de oscilações em 1 segundo (hertz) e utilizando uma regra de 3 simples temos:

$$\frac{0,02 \text{ seg}}{1 \text{ seg}} = \frac{3 \text{ osc}}{f_b} \Rightarrow f_b = \frac{3 * 1}{0,02} = 150 \text{ hz} \quad (\text{A.1})$$



Esse dado foi obtido para $f_1 = 1000 \text{ hz}$ e $f_2 = 1138 \text{ hz}$, portanto $f_b = 138 \text{ hz}$, como a análise do dado do osciloscópio é aproximada vemos que os dois métodos são equivalentes.

2. a) Caso escutasse o som aumentando e diminuindo significa que está ocorrendo o batimento, nesse caso, a frequência do celular e do violão são diferentes, portanto não está afinado.
b) Como f_b é a diferença das duas frequências, e a do celular está fixa em 440 hz, então o violão está emitindo uma frequência de 435 hz ou 445 hz.
c) Se f_b aumenta significa que a diferença entre as duas frequências está aumentando, logo o violão está desafinando, em contrapartida, para se afinar o violão basta prestar atenção na diminuição da frequência do batimento, quando ela for indetectável significa que a frequência do violão e da nota "lá" são as mesmas

A.2 PÊNULO E EFEITO DOPPLER

Questionário 1:

1. Sim, é possível observar o efeito Doppler se colocarmos o celular gerador de frequência para oscilar e captarmos a onda em outro dispositivo parado, conforme podemos visualizar nos dados experimentais abaixo:



Figura A.1 – Dados experimentais com a frequência emissora de 1000 hz, 2000 hz e 3000 hz, respectivamente.

Fonte: Autor.

Além disso, conforme podemos ver na Figura A.1, quanto maior é a frequência maior será o magnitude do efeito observado, portanto a amplitude da frequência é diretamente proporcional a velocidade.

2. Quando o smartphone se aproxima ele capta uma maior quantidade de ondas, Figura A.2, isso faz com que a frequência observada pelo sensor aumente, além disso, isso ocorre quando o acelerômetro em Y está em um valor máximo, esse valor máximo indica que a componente \vec{V}_y está na mesma direção que \vec{g} .

Para o caso de afastamento, Figura A.3 as ondas são captadas de uma maneira mais espaçada que quando o celular está em repouso, portanto, a frequência se torna menor que o valor fixado no gerador de frequências.

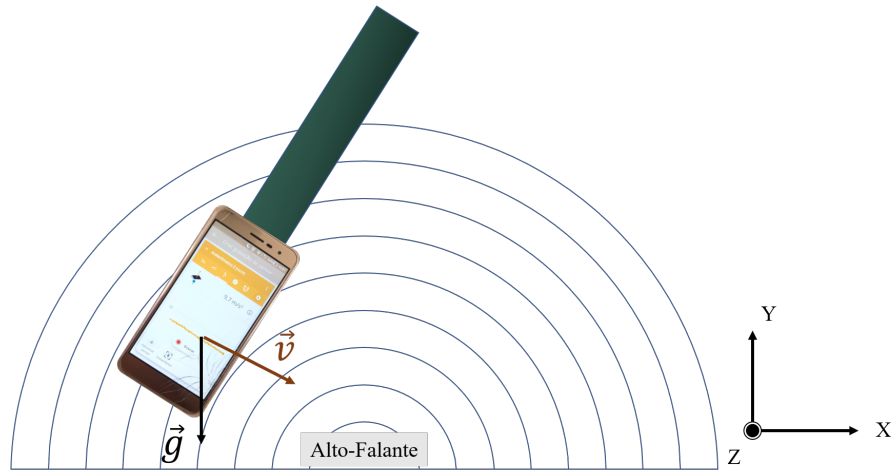


Figura A.2 – Ilustração do Smartphone receptor no momento em que se aproxima do alto-falante do celular emissor.

Fonte: Autor.

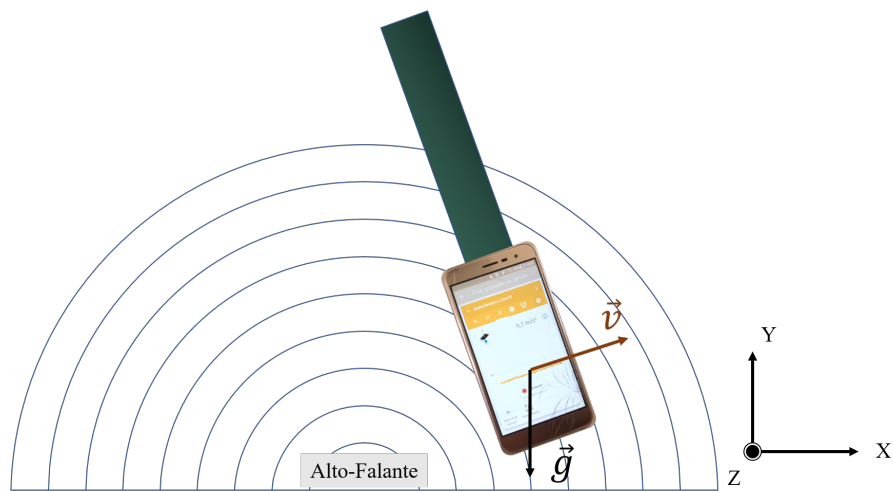


Figura A.3 – Ilustração do Smartphone receptor no momento em que se afasta do alto-falante do celular emissor.

Fonte: Autor.

3. A amplitude diminui devido ao movimento ser do tipo harmônico amortecido, isto é, os diversos atritos do experimento (atrito com ar e o atrito do objeto com a cartolina) causam uma dissipação da energia cinética, tal energia por sua vez faz com que o pêndulo alcance velocidades cada vez menores, ou seja, é desacelerado.

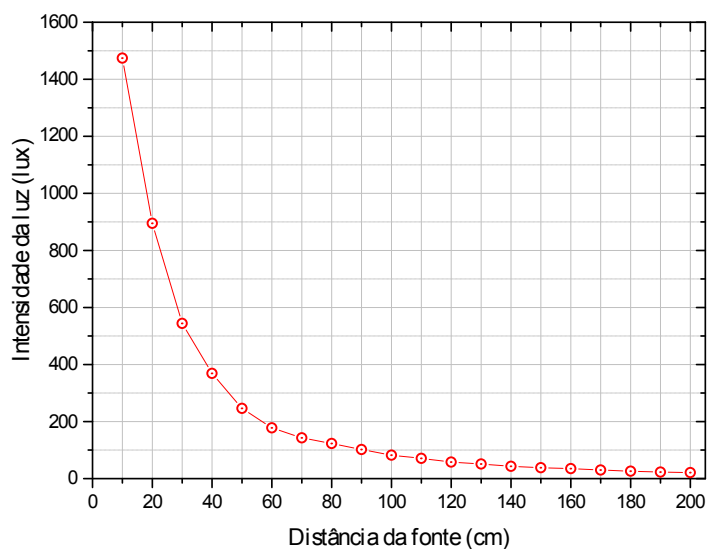
Já com relação a frequência, qualitativamente, quanto mais rápido uma fonte geradora se move em direção à um observador, maior será a frequência observada, então, a frequência máxima da fonte (ou amplitude) tem uma relação diretamente proporcional com sua velocidade máxima. Caso a velocidade máxima diminua com o passar do tempo devido à forças dissipativas, a amplitude da frequência também diminuirá.

A.3 INTENSIDADE LUMINOSA

Questionário 1:

1. O nível de iluminação é máximo quando os raios incidem diretamente no sensor, ou seja, quando são paralelos à normal da superfície do aro no ângulo 0° . Além disso, é mínimo quando é perpendicular à superfície do aro, que corresponde aos ângulos -90° e 90° .
2. Nessa imagem, tanto o Trópico de Capricórnio quanto a linha do Equador são as regiões que teriam os maiores níveis de iluminação, conseqüentemente as regiões mais quentes do planeta, além disso, os polos Norte e Sul são as regiões que sempre irão receber o mínimo de raios solares, então são as regiões mais frias do planeta.
3. Considerando que ao longo dos dias o Trópico de Capricórnio recebe mais luz que o Trópico de Câncer, então, é provável que seja Verão no hemisfério Sul, utilizando-se do mesmo argumento, seria Inverno no hemisfério Norte.
4. Esq.: Janeiro – Verão; Baixo: Abril – Outono; Dir.: Julho – Inverno; Cima: Outubro – Primavera.

Questionário 2:



- 1.
2. O nível de iluminação cai abruptamente conforme nos distanciarmos da fonte luminosa. Além disso, para grandes distâncias o nível não varia muito, isso explica porque se observarmos uma lâmpada à 1 rua de distância e depois à 2 ruas, elas serão praticamente idênticas.

3. $\frac{82}{21} = 3,9$, ou seja, a luz fica cerca de 4 vezes menos intensa quando dobramos a distância.
4. A função que mais se adequa a esse dado seria do tipo $d = \frac{1}{L^2}$, onde d seria equivalente a distância e L corresponde ao nível de iluminação.

APÊNDICE B – APLICATIVOS UTILIZADOS NAS SEQUÊNCIAS

B.1 ARDUINO SCIENCE JOURNAL

O aplicativo *Arduino Science Journal* seria o mais indicado para se realizar atividades experimentais no ensino médio, a razão dessa escolha é devido a sua simplicidade e design intuitivo, o aplicativo também permite criar pastas para experimentos, Figura B.1a. Após a criação de uma pasta (selecionando o ícone "+") podemos realizar aferições de um ou mais sensores simultaneamente, Figura B.1b.

Há duas maneiras possíveis de se aferir algum dado, selecionando o ícone "instantâneo" ou "gravar". A medida instantânea é como se fosse um ponto em um gráfico, já a gravação coleta dados em função do tempo. A Figura B.1c mostra o valor de um sensor quando é tirado uma medida instantânea, logo abaixo temos uma gravação do sensor de luz ambiente. Além da coleta de dados, nesse aplicativo podemos inserir anotações e fotos, há também breves explicações sobre o funcionamento dos sensores.

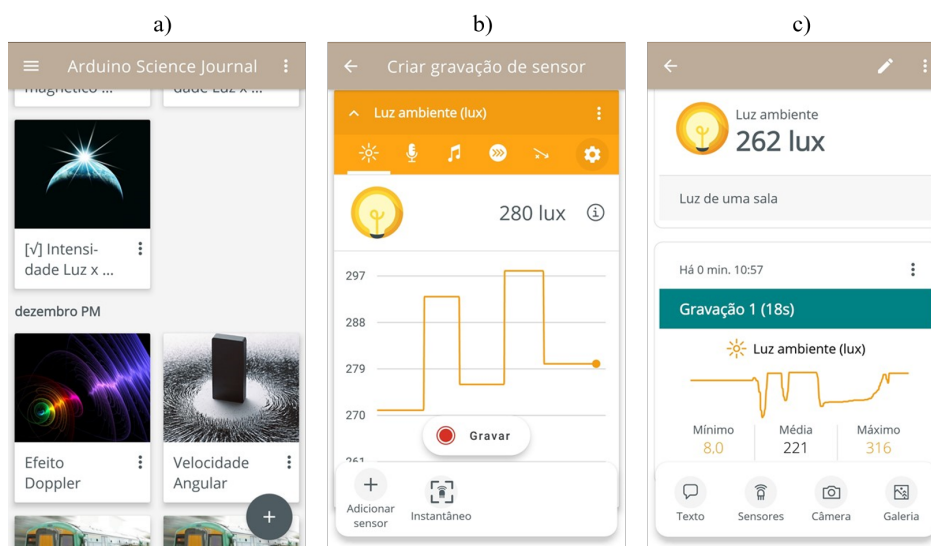


Figura B.1 – Fotos do aplicativo. **a)** Tela inicial do aplicativo, nela podemos visualizar as pastas de experimentos. **b)** Seleção do sensor luz ambiente com as opções de gravação de dados ou instantâneo. **c)** Acima, exemplo de uma medida instantânea, abaixo, exemplo de uma gravação de medidas.

Fonte: Autor.

B.2 PHYPHOX

O segundo aplicativo utilizado nessa monografia é o *phyphox*, ele apresenta uma maior variedade quanto as possibilidades de experimentos, pois, além de coletar dados de sensores, nele também há funções nativas que processam esses dados, como por exemplo a que realiza um ajuste linear de sistemas massa-mola.

A partir da Figura B.2b podemos visualizar como seria uma medida de intensidade luminosa por meio desse aplicativo, para realizar uma gravação de dados basta selecionar o “botão *play/pause*” no canto superior. O processo é análogo para a medição de pontos experimentais, Figura B.2c.

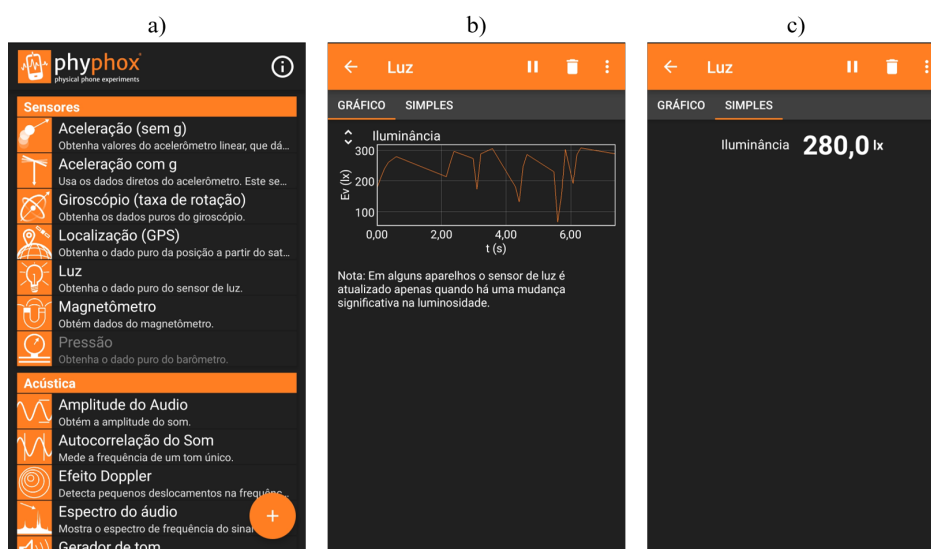


Figura B.2 – Fotos do aplicativo. **a)** Tela inicial do aplicativo com as possibilidades de medidas a escolha. **b)** Exemplo de uma medição da intensidade da luz em função do tempo. **c)** Exemplo de uma medida pura da iluminância.

Fonte: Autor.

Além das funções que analisam os dados dos sensores, outro diferencial do *phyphox* são as ferramentas offline que ele dispõe que podem ser úteis na preparação de um arranjo experimental ou ainda para celulares secundários. Um exemplo dessas ferramentas é o gerador de frequência sonora, que pode ser utilizado nos celulares emissores das duas primeiras sequências didáticas elaboradas.

Todas essas funcionalidades extras nos fazem perceber que esse aplicativo é mais completo que o anterior, porém, é um fato que essa ampla gama de funcionalidades o torna demasiadamente complexo, ainda mais se considerarmos alunos que nunca tiveram contato com a física experimental, e isso pode fazer com que gere algum tipo de desconforto dos alunos com o uso do aplicativo e, conseqüentemente, minar o entusiasmo dos mesmos na execução das atividades.