



INSTITUTO FEDERAL DE ALAGOAS
CAMPUS MACEIÓ
CURSO SUPERIOR EM LICENCIATURA EM FÍSICA

SIDNEY DE SOUZA DUARTE JÚNIOR

**UTILIZANDO *SMARTPHONES* COMO FERRAMENTA EDUCACIONAL NO EN-
SINO DE FÍSICA**

MACEIÓ, AL
2024

SIDNEY DE SOUZA DUARTE JÚNIOR

UTILIZANDO *SMARTPHONES* COMO FERRAMENTA EDUCACIONAL NO EN-
SINO DE FÍSICA

Trabalho de Conclusão de Curso apresen-
tado ao Instituto Federal de Alagoas, *cam-
pus* Maceió, como parte dos requisitos
para a obtenção do título de Licenciatura
em Física.

Orientador: Prof. Dr. Geraldo Alves Sobral
Júnior.

Co-orientador: Prof. Me. Jorge Luiz Araújo
Rocha.

MACEIÓ, AL

2024



Dados Internacionais de Catalogação na Publicação
Instituto Federal de Alagoas
***Campus* Maceió**
Biblioteca Benevides Monte

530.07

D812u Duarte Júnior, Sidney de Souza.

Utilizando *smartphones* como ferramenta educacional no ensino de física [recurso eletrônico] / Sidney de Souza Duarte de Júnior. – Dados eletrônicos (1 pdf : 1,88 MB). – 2024.

Trabalho com 54 f.

Inclui ilustrações (color.) e referências.

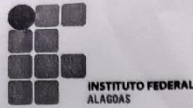
Orientação: Prof. Dr. Geraldo Alves Sobral Júnior.

Coordenação: Prof. Me. Jorge Luiz Araújo Rocha.

Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Física)
– Instituto Federal de Alagoas, *Campus* Maceió, Maceió, 2024.

1. Física. 2. *Smartphones* – Ferramenta educacional. 3. Física – Ensino. 4. Dependência tecnológica. I. Título.

Franciane Monick Gomes de França
Bibliotecária – CRB-4/1831



SERVIÇO PÚBLICO FEDERAL
Ministério da Educação
Secretaria de Educação Profissional e Tecnológica
Instituto Federal de Alagoas
Reitoria

ANEXO À PORTARIA Nº 1483/GR, DE 19/09/2012.

ATA DE DEFESA DO TCC

Aos 26 dia(s) do mês de março do ano de 2024, as
14:00, foi realizada na sala Auditorio Jorge Batista I no Campus
Maceió a solenidade de defesa de TCC de
Sidney de Souza Duarte Júnior matrícula
2018002760 com o tema
Utilizando smartphones como ferramenta educacional como
pré-requisito para a conclusão do Curso Superior em
Licenciatura em Física

PARECER FINAL

A banca avaliadora considerou que o aluno obteve
mérito em sua defesa, tendo o trabalho sido
aprovado.

ALUNOS

1. Sidney de Souza Duarte Júnior
- 2.
- 3.
- 4.
- 5.
- 6.

ASSINATURA DA BANCA EXAMINADORA

<u>Geraldo Alves Sobral Júnior</u>	Orientador/Presidente da Banca
<u>Giuliano Raposo Rodrigues</u>	Avaliador 1
<u>Wanderson de Lima Jias</u>	Avaliador 2

8

DEDICATÓRIA

Dedico este trabalho a todos os educadores que reconhecem a importância da tecnologia como ferramenta para aprimorar a educação. Acreditamos que o uso consciente e estratégico das tecnologias pode abrir novos horizontes para a aprendizagem, estimular a criatividade e colaboração dos alunos, além de promover um ensino mais inclusivo e acessível.

Que possamos continuar explorando as possibilidades que a tecnologia nos oferece, sempre em busca de uma educação mais eficiente, democrática e transformadora.

AGRADECIMENTOS

Agradeço primeiramente a Deus, por me conceder a oportunidade e a capacidade de realizar este trabalho.

Agradeço à minha família, pelo amor, apoio e incentivo constantes em minha jornada acadêmica.

Agradeço aos meus professores, pela dedicação, paciência e orientação ao longo do curso.

Agradeço aos participantes da pesquisa, que colaboraram para a realização deste trabalho, compartilhando suas experiências e percepções sobre o uso de *smartphones* como ferramenta educacional no ensino de Física.

Agradeço à equipe de suporte técnico da instituição, que disponibilizou os recursos necessários para a realização da pesquisa.

Agradeço aos colegas de classe, pelos debates e trocas de ideias enriquecedoras.

Por fim, agradeço a todos aqueles que contribuíram de alguma forma para a realização deste trabalho, direta ou indiretamente. Este trabalho é fruto de muita dedicação, esforço e aprendizado, e todos que participaram desse processo fazem parte desta conquista.

"A tecnologia é um instrumento poderoso, mas só se usada com sabedoria e propósito pode transformar o mundo em um lugar melhor."

LeVar Burton

RESUMO

Este estudo investiga a aplicação dos sensores de acelerômetro, giroscópio e luminosidade presentes nos *smartphones* como uma ferramenta didática para realizar experimentos sobre o pêndulo simples no ensino de física. Também menciona vantagens, desvantagens e os desafios da utilização dos sensores mencionados para desenvolvimento de uma atividade experimental para o ensino de física. Além disso, ressalta a importância das políticas educacionais para garantir uma integração segura e eficaz desses dispositivos na educação, enquanto aborda questões como distração, desigualdade de acesso e dependência tecnológica. Conclui que a incorporação dos smartphones na educação demanda um equilíbrio entre teoria e prática, respaldado por diretrizes educacionais adequadas.

Palavras-chave: Ensino de Física. *Smartphones*. Ferramenta educacional.

ABSTRACT

This study investigates the application of the accelerometer, gyroscope and luminosity sensors present in smartphones as a teaching tool to carry out experiments on the simple pendulum in physics teaching. It also mentions the advantages, disadvantages and challenges of using the sensors mentioned to develop an experimental activity for teaching physics. In addition, it highlights the importance of educational policies to ensure the safe and effective integration of these devices into education, while addressing issues such as distraction, unequal access and technological dependence. It concludes that the incorporation of smartphones into education requires a balance between theory and practice, backed up by appropriate educational guidelines.

Key words: Physics Teaching. Smartphones. Educational tool.

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO	3
2 FUNDAMENTAÇÃO	5
2.1 O USO DE TECNOLOGIAS MÓVEIS NA EDUCAÇÃO.....	5
2.2 AMBIENTES DE DESENVOLVIMENTO DE APLICATIVOS NA EDUCAÇÃO ..	8
2.3 AS POTENCIALIDADES DOS <i>SMARTPHONES</i> NO ENSINO DE FÍSICA	9
2.4 OS DESAFIOS DO USO DE <i>SMARTPHONES</i> NA EDUCAÇÃO	11
3 OBJETIVOS	12
3.1 OBJETIVO GERAL	12
3.2 OBJETIVO ESPECÍFICO.....	12
4 METODOLOGIA	12
4.1 ORGANIZAÇÃO DA PESQUISA	12
4.2 TIPO DE PESQUISA.....	13
4.3 CASO DE ESTUDO	13
4.3.1 PERÍODO DE OSCILAÇÃO DE UM PÊNDULO SIMPLES.....	14
4.4 ESCOLHENDO UMA PLATAFORMA PARA O DESENVOLVIMENTO DE APLICATIVOS	18
4.5 ESCOLHENDO UM SENSOR PARA O EXPERIMENTO.....	19
5 RESULTADOS E DISCUSSÕES	21
5.1 APRESENTANDO O APLICATIVO.....	21
5.2 EXPERIMENTO COM O ACELERÔMETRO	25
5.3 EXPERIMENTO COM O GIROSCÓPIO	31
5.3.1 TRATAMENTO MANUAL DOS DADOS DO GIROSCÓPIO	32
5.4 EXPERIMENTO COM O SENSOR DE LUMINOSIDADE	35
5.5 VANTAGENS E DESVANTAGENS DE CADA METODOLOGIA	37
6 CONCLUSÕES	39
REFERÊNCIAS	43
APÊNDICE	45
CONHECENDO O AMBIENTE DO MIT APP INVENTOR	45
1. CRIANDO UM NOVO PROJETO	45
2. INTERFACE PRINCIPAL	46
3. PROGRAMANDO EM BLOCOS	47

1 INTRODUÇÃO

Nos últimos anos, as transformações tecnológicas nos conduziram a um novo cenário onde a sociedade digital exerce um papel de direcionamento. No entanto, a educação procurou se renovar e se preparar para essas mudanças? Vários estudos têm enfatizado a importância e o uso das Tecnologias Digitais da Informação e Comunicação (TDIC) no ensino como ferramenta educacional, como por exemplo, *“TDIC na escola e em ambientes não escolares”* (GEWEHR, 2016); *“Educação e Covid-19: A arte de reinventar a história mediando a aprendizagem ‘prioritariamente’ pelas TIDC”* (CANI, 2020); *“TDIC e o processo de ensino”* (SCHATZ, 2020); contudo, a adaptação da educação as novas tecnologias continuam em um progresso lento.

A Base Nacional Comum Curricular (BNCC) discorre para o ensino Infantil como se deve contemplar, através de um conjunto de abordagens e estratégias desejáveis, a importância de “proporcionar experiências nas quais as crianças possam fazer observações, manipular objetos, investigar e explorar o ambiente ao redor delas, formular hipóteses e consultar fontes de informação para encontrar respostas para suas dúvidas e questionamentos”. Já para o ensino Fundamental e Médio, as competências específicas categorizam essas estratégias em ambas as etapas, enfatizando a de se “buscar respostas e desenvolver soluções (inclusive tecnológicas) com base nos conhecimentos das Ciências da Natureza”. Ou seja, todo o processo, ou parte do processo de ensino e aprendizagem deve incluir as tecnologias digitais (BNCC, 2023).

Schwab (2016) enfatizou em seu livro “A Quarta Revolução Industrial”, um ano antes da homologação da BNCC em abril de 2017, as necessidades de se compreender, utilizar e criar tecnologias digitais de informação e comunicação de forma crítica, significativa, reflexiva e ética nas diversas práticas sociais (incluindo as escolares) para se comunicar, acessar e disseminar informações, produzir conhecimentos, resolvendo problemas e exercendo o protagonismo e autoria na vida pessoal e coletiva no processo de ensino e aprendizagem.

Além disso, no livro “Educação na era digital: A escola educativa” (2015), Pérez Gómez investigava de que maneira a vida cotidiana de crianças, jovens e adultos é significativamente influenciada pela constante e poderosa integração social das novas tecnologias da informação e comunicação. Ao examinar esse fenômeno, o autor buscava compreender os impactos profundos e multifacetados que as tecnologias digitais exercem sobre as práticas educacionais, bem como sobre a dinâmica social em geral.

Ele analisa não apenas o aspecto técnico das tecnologias, mas também como elas moldam as relações interpessoais, os processos de aprendizagem e as estruturas institucionais da educação. Esse estudo fornece insights valiosos para a reflexão sobre como a educação pode se adaptar e responder de forma eficaz aos desafios e oportunidades apresentados pela era digital, garantindo que os sistemas educacionais continuem a promover o desenvolvimento pleno dos indivíduos em um mundo cada vez mais digitalizado.

É um fato que na atualidade o acesso às informações ocorre de maneira relativamente fácil e imediata. No entanto, o uso indiscriminado e sem um direcionamento acarretará em informações, experiências e instruções imprecisas e inconvenientes. Além disso, o modelo educacional tradicional agrava a visão distorcida das ciências naturais e suas tecnologias, pois, a metodologia mecânica e subjetiva no ensino médio dificulta seu entendimento, provocando assim, a aversão dos alunos.

Essa situação preocupa e faz ecoar ideias de reconhecidos educadores. Por exemplo, Paulo Freire (1968) no livro “Pedagogia do Oprimido”, enfatizou que “o ensino deve ser um diálogo, um processo interativo onde os alunos compreendem a relevância dos conteúdos para suas vidas”. Se os estudantes estão indiferentes aos conteúdos de física, é provável que a abordagem pedagógica precise ser repensada para tornar o aprendizado mais significativo.

Howard Gardner (1999) destaca em seu livro “Múltiplas inteligências na prática escolar” a importância de abordagens diferenciadas de ensino para atender às diferentes inteligências dos alunos. Se os estudantes estão demonstrando aversão às ciências naturais, pode ser resultado de uma falta de conexão entre o modo como o conteúdo é apresentado e as formas como eles melhor compreendem e aprendem.

Sobre a crença de que as ciências naturais são difíceis e abstratas, é importante lembrar as palavras de Carl Sagan, que se dedicou a popularizar a ciência: “A ciência é mais do que um corpo de conhecimento. É uma maneira de pensar; é uma maneira de ceticismo inteligente e de interrogar a realidade”. Se os alunos veem as ciências naturais como algo angustiante, talvez esteja faltando a exploração das histórias fascinantes por trás dos conceitos em paralelo com as novas tecnologias, tornando-os mais acessíveis, atraentes e emocionantes.

Fundamentados nas discussões brevemente apresentadas, a proposta deste trabalho é utilizar a grande capacidade de processamento de informações e trata-

mento de dados dos sensores dos *smartphones* como ferramenta educacional no processo de ensino e aprendizagem, onde vamos analisar o experimento de pêndulo simples, construído com materiais de baixo custo e/ou recicláveis, seremos capazes de aliar teoria à prática, tornando as aulas mais atrativas e significativas no processo de formação dos estudantes.

2 FUNDAMENTAÇÃO

2.1 O USO DE TECNOLOGIAS MÓVEIS NA EDUCAÇÃO

O uso de tecnologias móveis na educação, também conhecido como *m-learning* (*mobile learning*), tem se tornado cada vez mais comum e impactante nas práticas educacionais. A utilização de dispositivos móveis, como *smartphones* e tablets, proporciona acesso fácil e rápido a uma vasta quantidade de informações e recursos educacionais.

Schwab (2016), em seu livro “A Quarta Revolução Industrial”, destaca a importância de se adaptar e aproveitar as oportunidades oferecidas pela Quarta Revolução Industrial, ao mesmo tempo em que se aborda seus desafios. Ele destaca a necessidade de uma abordagem colaborativa entre governos, empresas, academia e sociedade civil para moldar essa revolução de maneira inclusiva e sustentável.

Analisando periódicos educacionais nacionais, como a Revista Brasileira de Educação (RBE), Revista Brasileira de Pesquisa em Educação em Ciências (RBPEC), Revista Brasileira de Ensino em Física (RBEF), Sociedade Brasileira de Física (SBF), Mestrado Nacional Profissional em Ensino de Física (MNPEF), entre outros, destacam-se trabalhos como "As tecnologias digitais como recurso pedagógico no ensino remoto: implicações na formação continuada e nas práticas profissionais" (AURELIANO e QUEIROZ, 2023); "Manual de experimentos utilizando o smartphone como instrumento de medida" (FREITAS, 2021); "A Realidade Virtual auxiliando o processo de ensino e aprendizagem de Geografia no Ensino Fundamental II: Proposta de Design de Conteúdo imersivo baseado na BNCC" (BATISTA, TORI e HARLLEN, 2020), entre outros. Esses estudos evidenciam diversas maneiras pelas quais as tecnologias móveis têm sido utilizadas na educação, algumas delas são:

Acesso a recursos educacionais: Dispositivos móveis, como celulares e tablets, permitem que os alunos acessem diversos materiais educativos, como livros

digitais, vídeos e aplicativos. Isso facilita o aprendizado no próprio ritmo e de acordo com os interesses de cada aluno.

Aprendizado personalizado: Com tecnologias móveis, o aprendizado de cada aluno pode ser personalizado. Aplicativos e plataformas de ensino se adaptam ao que cada aluno precisa, oferecendo atividades feitas especialmente para eles. Isso é útil para lidar com as diferenças de habilidades e estilos de aprendizado dos alunos.

Colaboração e interação: Os celulares e tablets ajudam os alunos a conversar e trabalhar juntos. Eles podem falar sobre coisas nas aulas online, dividir ideias e fazer projetos juntos na internet. Isso ajuda eles a serem amigos e aprender a trabalhar em equipe.

Aprendizado móvel assíncrono: Com os celulares e tablets, os alunos podem olhar coisas para aprender a qualquer hora e em qualquer lugar. Eles podem estudar quando tiverem tempo, sem precisar estar ao mesmo tempo que o professor. Isso é bom porque eles podem aprender durante viagens ou pausas.

Gamificação da educação: Os celulares e tablets têm coisas que podem tornar o aprendizado parecido com um jogo, o que é mais interessante e divertido. Os *apps* de ensino podem ter coisas de jogo, como pontos, desafios e prêmios, para deixar os alunos animados e interessados.

Realidade aumentada e virtual: Com a tecnologia dos celulares e tablets, os alunos podem usar coisas que misturam o mundo real com o virtual e até criar um mundo novo. Eles podem ver objetos em 3D, "visitar" lugares longe, fazer simulações interativas e ter experiências que os fazem sentir como se estivessem em outro lugar. Isso ajuda a aprender de um jeito legal.

Quando buscamos por abordagens semelhantes à utilizada por nós neste projeto, encontramos dissertações e artigos tal como o do Fernandes, J.B.A. intitulado "Aquisição de dados com o Arduino e *Smartphone*: Experimento do Pêndulo Simples". Trata-se de um produto educacional criado para um Mestrado Nacional em Ensino de Física, e que tem dois objetivos principais: primeiro, oferecer um guia para professores do ensino médio criarem projetos usando smartphones e placas Arduino para controlar dispositivos elétricos e coletar dados; segundo, realizar um experimento para determinar a expressão do período de um pêndulo simples. Para simplificar, o texto descreve uma estratégia que inclui o uso de uma sequência didática para facilitar o aprendizado do Arduino, a utilização de um aplicativo de comunicação Bluetooth entre o smartphone e o Arduino, e detalha os experimentos propostos.

Outro material com objetivo semelhante de Bauman Bertti et al, é a “Determinação do Módulo da Aceleração da Gravidade em um Experimento de Lançamento Horizontal usando o Detector de Som de um *Smartphone*, onde o objetivo deste artigo é explorar o potencial dos smartphones como ferramentas pedagógicas no ensino de física, aproveitando os diversos sensores integrados nesses dispositivos para realizar experimentos práticos em sala de aula. O artigo destaca a importância da experimentação para consolidar os conceitos teóricos e propõe uma abordagem que utiliza o sensor de microfone do celular para realizar experimentos sobre o lançamento horizontal de objetos. O objetivo é mostrar como é possível determinar o módulo da aceleração da gravidade e a velocidade de lançamento usando apenas um smartphone, tornando o experimento acessível e de baixo custo para diferentes grupos de alunos.

Analisando mais um título relevante dos autores Landeira et al, com tema de “Pêndulo Simples: “*Tracker x Phyphox*”, o artigo tem como objetivo investigar a precisão das medidas obtidas usando um aplicativo de smartphone chamado *Phyphox* em comparação com métodos tradicionais de medição. O estudo envolve a realização de experimentos com um pêndulo simples, onde o smartphone é usado para coletar medidas em tempo real. Os resultados são comparados com medidas obtidas usando um cronômetro e análise de vídeo. O objetivo é determinar se o aplicativo de smartphone é adequado para atividades didáticas e se as medidas obtidas são consistentes com métodos tradicionais de medição.

Os três materiais anteriores e nossa proposta têm em comum o uso de smartphones no ensino de física. O primeiro estuda a precisão de um aplicativo para medições de pêndulo. O segundo cria um guia educacional para projetos com smartphones e Arduino. O terceiro analisa os sensores de smartphones em experimentos de pêndulo e destaca desafios e políticas educacionais. Nosso trabalho se concentra na aplicação dos sensores de acelerômetro, giroscópio e luminosidade em experimentos de pêndulo, avaliando sua precisão, capacidade de revisitar conceitos físicos importantes e considerando questões como acesso e políticas educacionais.

Embora este trabalho se concentre em tecnologia e ensino de física, há uma relação conceitual entre as ideias aqui presentes e as teorias de Skinner sobre aprendizado e comportamento humano. Assim como Skinner enfatizava a importância do reforço positivo e negativo no condicionamento do comportamento, o uso de smartphones como ferramenta educacional pode proporcionar feedback imediato aos alu-

nos, reforçando suas interações com os experimentos de física. Por exemplo, os alunos podem receber feedback positivo quando realizam corretamente uma medição precisa usando os sensores do smartphone.

Da mesma forma que Skinner sugere que o comportamento humano pode ser moldado por meio de reforços, o uso de tecnologia educacional, como smartphones, pode moldar o comportamento dos alunos em relação ao engajamento e interesse pela disciplina de física. Ao proporcionar uma experiência prática e interativa, os alunos podem desenvolver curiosidade pela disciplina.

Além disso, Skinner argumentava que o ambiente desempenha um papel crucial na determinação do comportamento humano. Da mesma forma, este trabalho considera o ambiente educacional, especificamente o papel da tecnologia, na promoção do aprendizado de física. Ao criar um ambiente de aprendizado mais dinâmico e interativo por meio do uso de smartphones, estamos aplicando conceitos semelhantes aos propostos por Skinner (HELEN, 2011).

2.2 AMBIENTES DE DESENVOLVIMENTO DE APLICATIVOS NA EDUCAÇÃO

Os ambientes de desenvolvimento de aplicativos na educação são projetados para fornecerem às equipes de desenvolvimento e educadores as ferramentas necessárias para criar soluções educacionais inovadoras. Esses ambientes geralmente incluem Plataformas de Desenvolvimento Integrado (IDE) que oferecem recursos como edição de código, depuração e compilação. Além disso, podem fornecer frameworks e bibliotecas específicas para facilitar o desenvolvimento de aplicativos educacionais, como por exemplo, o Virtual Stúdio, Eclipse, PyCharm, Unity3D, entre outras.

A integração de tecnologias educacionais é essencial porque traz uma série de benefícios para o processo de ensino e aprendizagem. Primeiramente, essas ferramentas oferecem recursos interativos e dinâmicos que tornam as aulas mais envolventes e interessantes para os alunos, o que ajuda a manter sua atenção e motivação. Além disso, as tecnologias possibilitam uma aprendizagem mais personalizada, adaptando-se às necessidades individuais de cada aluno e oferecendo diferentes abordagens para compreender o mesmo conceito. Isso é especialmente útil para alunos com estilos de aprendizagem variados (BATISTA, 2020).

Outro ponto importante que pudemos notar é que as tecnologias educacionais proporcionam acesso a uma ampla variedade de recursos, como vídeos, simulações, jogos educativos e materiais interativos. Esses recursos podem enriquecer o conteúdo

das aulas e fornecerem novas perspectivas sobre os temas estudados, tornando o processo de aprendizagem mais rico e diversificado (PÉREZ, 2015).

Além disso, ao integrar tecnologias na educação, estamos preparando os alunos para o mundo digital em constante evolução em que vivemos. Eles desenvolvem habilidades essenciais para o século XXI, como pensamento crítico, resolução de problemas, colaboração e competência digital. Isso é crucial para que os alunos estejam preparados para enfrentar os desafios do mundo moderno.

A acessibilidade e o design inclusivo são aspectos significativos ao utilizar os *smartphones* como ferramentas, garantindo a inclusão de diversos usuários, incluindo suporte a leitores de tela e opções de design acessível. Essas ferramentas de inclusão são implementadas como padrão em computadores, *smartphones*, *tablets*, etc. Em outras palavras, é crucial que as ferramentas desenvolvidas garantam a integração abrangente de todos os usuários.

A promoção da colaboração e do compartilhamento das aplicações entre os desenvolvedores e educadores é outro fator relevante nos ambientes de desenvolvimento de aplicativos educacionais. Ferramentas são implementadas para facilitar a cooperação entre desenvolvedores e educadores, incluindo sistemas de controle de versão e ambientes de colaboração online. Essas ferramentas visam tornar a colaboração mais eficiente e acessível, permitindo que a equipe de desenvolvimento e os educadores trabalhem juntos de forma sincronizada, independentemente da localização física (MIT App Inventor, 2023).

Treinamento e recursos educacionais são muitas vezes incluídos nos ambientes de desenvolvimento para apoiar desenvolvedores e educadores durante o processo de criação. Isso pode incluir tutoriais, documentação e exemplos práticos.

Testar e avaliar são partes essenciais do processo, especialmente em ambientes que contam com ferramentas de teste automatizado e métricas de desempenho. Isso é fundamental para garantir a qualidade dos aplicativos. Suporte à diversidade de plataformas também é considerado, permitindo que aplicativos sejam desenvolvidos para funcionar em uma variedade de dispositivos.

Em resumo, os ambientes de desenvolvimento na educação buscam fornecer um conjunto abrangente de ferramentas e recursos para criar aplicativos educacionais eficazes e alinhados aos objetivos educacionais.

2.3 AS POTENCIALIDADES DOS *SMARTPHONES* NO ENSINO DE FÍSICA

Além dos ambientes de desenvolvimento de aplicativos, também é importante analisar as potencialidades inerentes aos próprios *smartphones*, que são dispositivos de grande inserção social e que têm inúmeras possibilidades de uso na educação.

O uso dos *smartphones* no ensino de física pode trazer inúmeras vantagens para os alunos e professores, tornando o aprendizado mais dinâmico, prático e envolvente. Além disso, os alunos geralmente estão familiarizados com o uso de *smartphones*, que já estão equipados com diversos sensores, e podem ser aproveitados para explorar conceitos fundamentais da física.

Atualmente a maioria dos alunos possuem *smartphones*, o que torna o acesso aos sensores mais fácil e econômico do que a compra de equipamentos especializados de laboratório. Ainda, os *smartphones* são dispositivos portáteis e, portanto, os experimentos podem ser realizados em qualquer lugar, permitindo a aprendizagem além da sala.

Alguns dos sensores presentes nos *smartphones* são: acelerômetro, leitor de código de barras ou QR Code, barômetro, temporizador, giroscópio, higrômetro, sensor de luminosidade, sensor de localização, de proximidade e orientação, sensor eletromagnético, pedômetro, termômetro, etc (MIT App Inventor, 2023).

Com esses sensores, os estudantes podem coletar dados em tempo real, analisá-los, traçar gráficos e fazer inferências, tudo através de aplicativos e *softwares* educacionais desenvolvidos para esse propósito. Essa abordagem pode aumentar o engajamento dos alunos, além de desenvolver suas habilidades de pensamento crítico e resolução de problemas (PÉREZ, 2015).

No entanto, é importante lembrar que a integração de *smartphones* no ensino deve ser feita com critério e planejamento, garantindo que o uso dessas tecnologias seja complementar ao ensino presencial e que não se torne uma distração ou substitua completamente as experiências práticas e interações em sala de aula. O acompanhamento e orientação adequados dos professores são fundamentais para aproveitar ao máximo as potencialidades dos *smartphones* no ensino de Física, conforme discutiremos com mais profundidade da seção 2.4.

É imperativo também que as instituições de ensino realizem estudos aprofundados sobre a relação entre o uso de *smartphones*, a distração e o desempenho acadêmico. Esse conhecimento embasado pode servir como base para a criação de di-

retrizes específicas, treinamentos para professores e a implementação de ferramentas tecnológicas que auxiliem no controle do acesso a conteúdos irrelevantes durante as atividades educacionais.

De acordo com Paulo Freire em seu livro "Pedagogia da Autonomia" (1996), ensinar vai além de simplesmente transmitir conhecimento. O verdadeiro ato de ensino envolve criar as condições para que o aprendiz produza e construa conhecimento por conta própria. Nessa perspectiva, é importante utilizar ferramentas educacionais que estimulem os estudantes a questionar e formular suas próprias conclusões, abandonando o senso comum. O papel do professor é mediar esse processo, colaborando com os alunos na construção de um novo saber científico.

2.4 OS DESAFIOS DO USO DE SMARTPHONES NA EDUCAÇÃO

Embora os *smartphones* possuam inúmeras potencialidades no ensino, também enfrentam alguns desafios quando utilizados na educação. Por exemplo, a disponibilidade de *smartphones* e acesso à internet pode variar consideravelmente entre os alunos, criando uma divisão digital. Alunos de famílias de baixa renda ou de áreas rurais podem ter dificuldades em possuir um *smartphone* ou ter acesso estável à internet, o que pode gerar disparidades no aprendizado e no engajamento.

Os *smartphones* são dispositivos multifuncionais que podem distrair os alunos, desviando sua atenção do conteúdo educacional. Redes sociais, jogos e outras distrações online podem competir com o foco nos estudos. Ainda, o uso inadequado dos *smartphones* durante as aulas, como mensagens de texto ou navegação em sites não relacionados à educação, pode prejudicar o ambiente de aprendizado.

Em artigo de Sharples, Taylor e Vavoula (2005), intitulado "*Towards a Theory of Mobile Learning*", os autores discutem as características únicas do aprendizado móvel, incluindo a problemática da distração e a necessidade de orientações claras e políticas adequadas para a sua implementação. De acordo com os autores, a integração dos *smartphones* na educação requer a definição de diretrizes claras para o seu uso. É importante estabelecer políticas e regras que orientem os alunos sobre quando e como utilizar seus *smartphones* para fins educacionais, evitando abusos e garantindo um ambiente de aprendizado produtivo.

Além disso, o uso de *smartphones* na educação pode apresentar preocupações em relação à segurança e privacidade dos alunos. É necessário garantir que os aplicativos e plataformas utilizados sejam seguros e protejam os dados pessoais dos alunos, aderindo às políticas de privacidade e conformidade legal.

Até este ponto, discutimos o potencial que os *smartphones* têm na prática experimental, contudo, a utilização para atividades avaliativas pode enfrentar desafios em termos de autenticidade e plágio. É necessário desenvolver estratégias de avaliação que levem em consideração essas questões e garantam que os trabalhos realizados pelos alunos sejam genuínos e originais.

Portanto, para maximizar o potencial dos *smartphones* na educação, é essencial fornecer formação adequada aos professores. Muitos educadores podem não estar familiarizados com as melhores práticas de integração de tecnologia móvel em sala de aula. O suporte e a capacitação docente são fundamentais para que eles possam aproveitar efetivamente as vantagens dessas ferramentas.

É importante tratar esses desafios por meio de uma abordagem cuidadosa e equilibrada, garantindo que o uso dos *smartphones* seja inclusivo, pedagogicamente relevante e respeite a diversidade de recursos e acesso dos alunos.

3 OBJETIVOS

3.1 OBJETIVO GERAL

Explorar as possibilidades de uso de sensores de *smartphones* para experimentos de ensino de física, particularmente para o caso do estudo do movimento periódico simples.

3.2 OBJETIVO ESPECÍFICO

Elaborar e testar um aplicativo que utiliza os sensores de luminosidade, giroscópio e acelerômetro dos *smartphones* para detecção, coleta e tratamento dos dados gerados pelas oscilações de um pêndulo simples construído com materiais de baixo custo. Podemos validar a capacidade experimental dessas ferramentas comparando os dados com a literatura, ou seja, alinhando teoria e prática.

4 METODOLOGIA

4.1 ORGANIZAÇÃO DA PESQUISA

A condução de uma pesquisa bibliográfica aprofundada sobre o Movimento Harmônico Simples (MHS) é um passo essencial para alinhar as informações a serem abordadas. A revisão da literatura existente permite contextualizar o tema, compreender suas nuances, identificar contribuições anteriores e estabelecer uma base sólida para a análise crítica e construção de argumentos.

Depois de escolhermos o tema de estudo, buscamos por *softwares* ou plataformas gratuitas para o desenvolvimento da aplicação. Além da importância do tópico em si, a busca por uma ferramenta simples e intuitiva, que não exige amplo conhecimento técnico, facilita ainda mais possíveis ajustes.

Em seguida, ao analisar as capacidades dos sensores em *smartphones*, avaliamos quais são relevantes para a prática experimental proposta, fáceis de manusear, que não represente riscos à integridade do aparelho, e capazes de abordar não apenas o conteúdo em questão, mas também permitindo revisitar tópicos importantes na construção do conhecimento sobre o MHS.

Logo após a escolha dos sensores, confeccionamos a aplicação e testamos a eficiência e precisão dos dados coletados por cada sensor, onde, na seção 5, apresentamos esses resultados com mais detalhes.

4.2 TIPO DE PESQUISA

Esta pesquisa é do tipo quantitativa, o que significa que focamos em coletar e analisar dados numéricos para descrever o fenômeno estudado que, em nosso caso, é o comportamento periódico de um pêndulo simples. Para tanto, utilizamos os sensores embutidos nos *smartphones* para realizar a coleta dos dados. O objetivo é garantir objetividade e reprodutibilidade, permitindo que outros pesquisadores repliquem o estudo usando a mesma ferramenta e obtenham resultados semelhantes.

Optamos pela pesquisa quantitativa devido à sua utilidade em diversas áreas. Além disso, empregamos dados numéricos e métodos estatísticos matemáticos para abordar questões específicas da pesquisa.

4.3 CASO DE ESTUDO

Para iniciar, é crucial estabelecer de maneira explícita e direta o escopo do conteúdo a ser abordado. Nesse sentido, a definição clara dos temas e objetivos propostos é fundamental para garantir a eficácia da pesquisa e o alcance dos resultados

desejados. No caso em questão, a opção por explorar o tema do MHS representa uma escolha específica e relevante, pois desempenha um papel crucial na formação dos alunos, contribuindo para o entendimento de princípios fundamentais e preparando-os para desafios mais avançados em suas trajetórias acadêmicas.

O Movimento Harmônico Simples (MHS) é um conceito central em física, caracterizado por um movimento oscilatório periódico que ocorre quando uma força restauradora é proporcional ao deslocamento do objeto em relação a uma posição de equilíbrio. Ao adotar o MHS como foco, é possível explorar diversos aspectos, desde as equações matemáticas que o descrevem até suas aplicações em diferentes contextos científicos e tecnológicos.

Uma discussão abrangente sobre o MHS pode envolver a análise das equações diferenciais que o modelam, sua representação gráfica, as variáveis envolvidas e as implicações teóricas e práticas. Além disso, a conexão do MHS com fenômenos do cotidiano e suas aplicações em áreas como engenharia, física e ciências computacionais pode enriquecer a compreensão do tema.

É relevante abordar as limitações e desafios associados ao estudo do MHS, bem como explorar possíveis extensões do tema, considerando novas pesquisas e desenvolvimentos recentes. A contextualização histórica do conceito, destacando contribuições significativas de cientistas e suas influências, também pode enriquecer a análise.

Em resumo, ao delinear claramente o escopo, conduzir uma pesquisa bibliográfica abrangente e explorar diversas facetas do Movimento Harmônico Simples, é possível desenvolver uma discussão robusta e informativa sobre o tema escolhido. A incorporação de exemplos concretos, aplicações práticas e uma análise crítica contribuirá para uma compreensão mais aprofundada e contextualizada do MHS, tornando o trabalho mais enriquecedor e impactante.

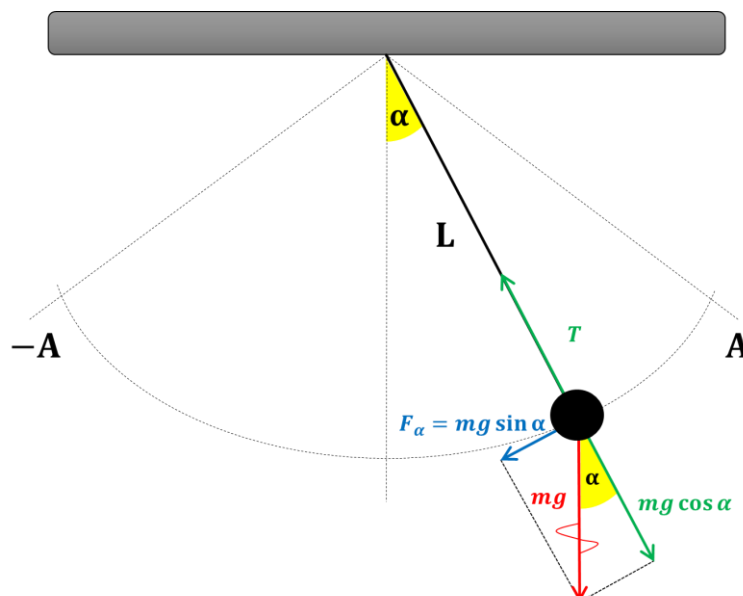
4.3.1 PERÍODO DE OSCILAÇÃO DE UM PÊNDULO SIMPLES

De acordo com Young e Freedman (2016), o tipo mais simples de oscilação ocorre “quando uma força restauradora é diretamente proporcional ao deslocamento da posição de equilíbrio”. Por exemplo, se fixamos uma das pontas de um fio inextensível de tamanho (L) e, na outra extremidade, um corpo de massa puntiforme (m)

com dimensões desprezíveis, capaz de oscilar em torno da posição fixa. Nesse arranjo, quando o corpo é deslocado da posição central e solto, ele experimenta uma força restauradora que o direciona de volta para essa posição, e a magnitude dessa força é diretamente proporcional ao quanto o corpo se afastou do equilíbrio, veja o diagrama na figura 1.

Sistemas que se comportam de forma semelhante ao pêndulo simples são encontrados em várias situações da vida cotidiana e em experimentos científicos. Por exemplo, o movimento de um balanço em um parque infantil, o vaivém de um relógio de pêndulo, ou até mesmo o movimento de uma lâmpada suspensa por um fio podem ser aproximados ao comportamento de um pêndulo simples. Além disso, dispositivos como o pêndulo de Newton, onde bolas penduradas colidem e transferem energia, ou o pêndulo de Foucault, que demonstra a rotação da Terra, também exibem características similares ao pêndulo simples, embora possam ser mais complexos em sua operação.

Figura 1 - Análise vetorial do Pêndulo Simples.



Fonte: Autor, 2024.

Na figura 1, representamos a força peso em termos dos componentes radial e tangencial. A força restauradora (F_α) é o componente tangencial da força peso:

$$F_\alpha = -mg \sin(\alpha) \quad [1]$$

A força restauradora F_α é fornecida pela gravidade; a tensão T atua meramente para fazer o peso puntiforme se deslocar ao longo de um arco. Como a força F_α não

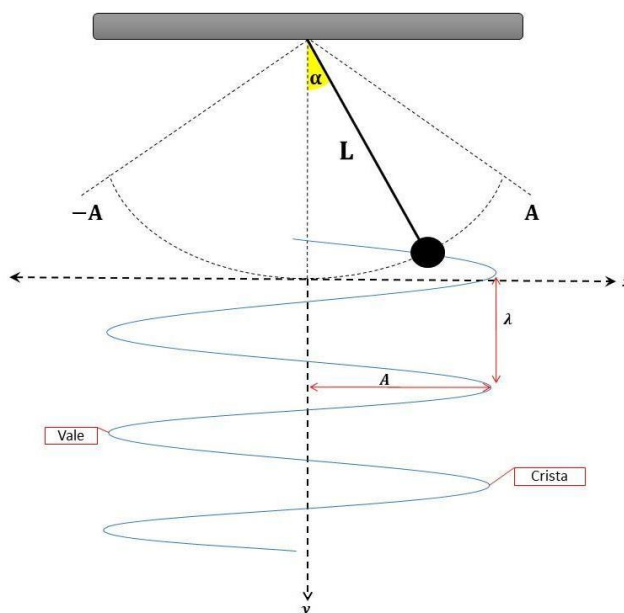
é proporcional a α , mas sim a $\text{sen}(\alpha)$ o movimento não é harmônico simples. Contudo, quando o ângulo α é pequeno, $\text{sen}(\alpha)$ é aproximadamente igual ao ângulo α em radianos. (Quando $\alpha \simeq 0,1 \text{ rad}$, aproximadamente igual a 6° , $\text{sen}(\alpha) \simeq 0,998$, essa é uma diferença de apenas 0,2%). Com essa aproximação, podemos escrever a equação 1 na forma:

$$F_\alpha = -\frac{mg}{L}x \quad [2]$$

A massa, o comprimento do fio e a aceleração gravitacional são constantes, então, podemos reformular a equação [2] assumindo que $k = \frac{mg}{L} = \text{cte}$. Note que, se mantivermos o ângulo formado entre o fio inextensível e o ponto de equilíbrio do sistema pêndulo simples entre 0° à 6° , o aparato terá um comportamento similar ao massa-mola, regida pela *lei de Hooke*. Portanto, ao analisarmos o movimento de um pêndulo simples, observamos que, em pequenas oscilações, ele se comporta como um Movimento Harmônico Simples (MHS).

$$F_\alpha = -kx \quad [3]$$

Figura 2 - Representação gráfica do comportamento periódico do pêndulo simples.



Fonte: Autor, 2024.

A **amplitude** (A) do movimento é o módulo máximo do vetor deslocamento do corpo a partir da posição de equilíbrio; isto é, o valor máximo de $|x| = L$. O **comprimento de onda** (λ) é a distância entre dois pontos idênticos em uma onda consecutiva, como a distância entre duas cristas sucessivas ou dois vales sucessivos, veja na

figura 2. O **período** (τ), é o tempo correspondente a um ciclo. A **frequência** (f), é o número de ciclos em uma unidade de tempo e, por definição, período e frequência são recíprocos:

$$f = \frac{1}{\tau} \rightarrow \tau = \frac{1}{f}$$

Outra maneira de enxergar a figura 2 é através da **frequência angular** ou **Velocidade angular** (ω) que mede a rapidez com que o ângulo α é percorrido. Pode-se definir a velocidade angular como:

$$\omega = \frac{\Delta\alpha}{\Delta t} = \frac{2\pi}{\tau} = 2\pi f \quad [4]$$

Quando consideramos um movimento em linha reta (figura 2, eixo das abscissas), a velocidade é o quanto o espaço é percorrido em um intervalo de tempo. De maneira similar é possível determinar a velocidade angular, se considerarmos o perímetro da circunferência como $\Delta s = 2\pi R$ e o intervalo de tempo como igual ao período τ , ou seja, o tempo para percorrer uma volta na circunferência. Para o caso do pêndulo simples $R = L$, logo a velocidade será:

$$v = \frac{2\pi L}{\tau} \quad [5]$$

Assim, a **velocidade linear** e a **frequência angular** se relacionam da seguinte forma:

$$v = \omega L \quad [6]$$

Como já mencionamos anteriormente $A = |x| = L$ para pequenos ângulos, sendo assim, reorganizando a equação [3] com a [6] obtemos:

$$k = -\frac{m \left[\frac{v^2}{L} \right]}{L}$$

$$k = -m \left[\frac{(\omega L)^2}{L} \right] \frac{1}{L}$$

$$\omega = \sqrt{\frac{k}{m}} \quad [7]$$

Retomando o que assumimos na equação [2] $k = \frac{mg}{L}$ e na equação [4] $(\omega = \frac{2\pi}{\tau})$ somos capazes de determinar o período de oscilação de um pêndulo simples:

$$\frac{2\pi}{\tau} = \sqrt{\frac{\left(\frac{mg}{L}\right)}{m}} \quad [8]$$

$$\tau = 2\pi \sqrt{\frac{L}{g}}$$

Reorganizando a eq. [8] em função de (L) , temos:

$$L = \frac{g}{4\pi^2} \tau^2 \quad [9]$$

ou ainda,

$$g = \frac{4\pi^2 L}{\tau^2} \quad [10]$$

Vamos empregar a equação [10] para confirmar a eficácia dos sensores na prática experimental, utilizando-a para calcular a aceleração gravitacional com base nos dados coletados.

4.4 ESCOLHENDO UMA PLATAFORMA PARA O DESENVOLVIMENTO DE APLICATIVOS

Atualmente, há uma variedade de plataformas disponíveis que facilitam a criação dinâmica e descomplicada de aplicativos. Exemplos, utilizando o mecanismo de busca google, incluem Thinkable, Kodular, Jotform, AppMKR, AppMachine, entre outros. No entanto, quando se trata de ferramentas gratuitas, a lista se torna mais restrita, e é interessante notar que algumas das exceções compartilham uma característica comum: muitas foram desenvolvidas pela equipe do Instituto de Tecnologia de Massachusetts (MIT) que criou a plataforma MIT App Inventor.

Essas ferramentas, provenientes do MIT App Inventor, são frequentemente adotadas por educadores, estudantes e entusiastas que buscam uma introdução ao

desenvolvimento de aplicativos sem custos. A ênfase na simplicidade de uso e na gratuidade dessas plataformas amplia o acesso ao aprendizado e à criação de aplicativos, democratizando o desenvolvimento de tecnologia e promovendo a inovação em diversos contextos educacionais e projetos independentes.

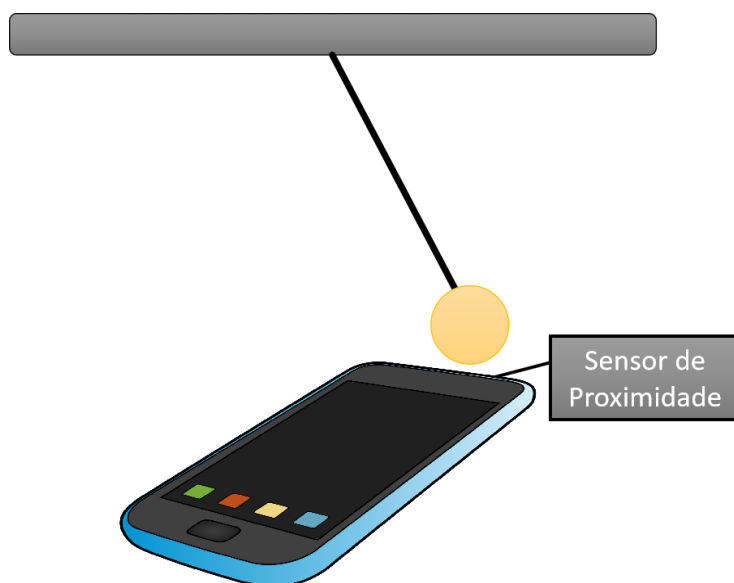
O MIT App Inventor é reconhecido por proporcionar uma abordagem acessível e amigável para o desenvolvimento de aplicativos, sendo especialmente útil para iniciantes. Sua proposta é permitir que qualquer pessoa, independentemente de sua experiência em programação, possa criar aplicativos móveis de maneira intuitiva e sem a necessidade de um amplo conhecimento técnico. Desta forma, por todas as características apresentadas, esta foi nossa escolha de ambiente de desenvolvimento.

4.5 ESCOLHENDO UM SENSOR PARA O EXPERIMENTO

Uma vez tendo definido que abordaremos o tema de MHS, precisávamos definir quais sensores iriam auxiliar de maneira mais precisa a detecção, coleta e tratamento dos dados do período de oscilação.

Como nosso objetivo era determinar o período de oscilação de um pêndulo, de início pensamos em utilizar o sensor de proximidade para detectar a passagem de um pequeno objeto enquanto ele oscilava, afinal, vemos seu funcionamento no cotidiano ao atender o *smartphone*. Por padrão, o sensor é posicionado próximo ao auto-falante de atendimento (fig.3), e é responsável por suspender a tela *touchscreen* durante uma chamada para que não ocorra toques indesejados. Contudo, através de testes, constatamos que o tempo de resposta ao movimento oscilatório foi pouco satisfatório.

Figura 3 - Diagrama 1 do experimento.

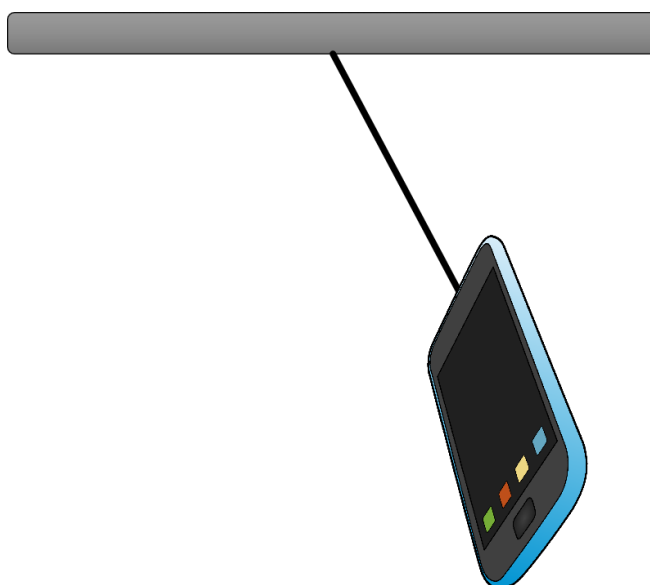


Fonte: Autor, 2024.

Decidimos não usar o sensor de proximidade porque ele não é sensível o suficiente ao movimento oscilatório e tem um limite na distância de detecção que poderia causar problemas durante a prática experimental. No entanto, para avaliar se os outros sensores são viáveis, usamos as descrições fornecidas pela plataforma MIT.

Continuamos pensando em novas possibilidades de uso, até selecionarmos acelerômetro. Bom, assumindo que o celular esteja na origem de um sistema de coordenadas, o sensor identifica os valores das acelerações gravitacionais em cada eixo em metros por segundo ao quadrado (m/s^2). A ideia é utilizar o *smartphone* como ponto material, oscilando e captando cada variação.

Figura 4 - Diagrama 2 do experimento.



Fonte: Autor, 2024.

Outro sensor que testamos foi o giroscópio, que, de maneira semelhante ao acelerômetro, retorna valores da variação da velocidade angular dos eixos cartesianos em graus por segundo ($^{\circ}/s$), ou seja, montando apenas um aparato experimental, como cogitado na figura 4, seremos capazes de validar a acurácia em dois sensores distintos, com o mesmo objetivo. Além disso, essa abordagem simplificada permite uma análise comparativa eficiente, contribuindo significativamente para a otimização do processo de validação.

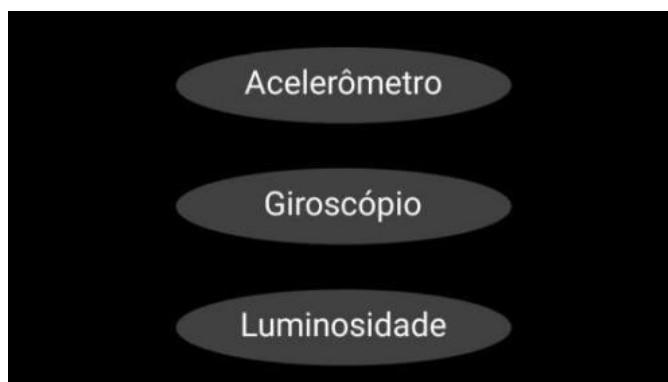
Não satisfeitos, e buscando uma terceira forma simples para detecção, coleta e tratamento dos dados que não ponham a integridade do *smartphone* em risco, pensamos em utilizar o sensor de luminosidade, ou seja, uma maneira de coleta através

da sombra projetada de um pêndulo. Algo muito semelhante ao que foi tentado utilizando o sensor de proximidade.

Para avaliar o desempenho dos sensores escolhidos, consultamos as descrições de cada um na plataforma MIT App Inventor. Analisamos as funções disponíveis e as unidades de medida das informações coletadas. Posteriormente, desenvolvemos um aplicativo beta que apresenta graficamente as variações do movimento oscilatório do pêndulo simples, com intuito de investigar se a ferramenta retornava dados coerentes ou não. Só então passamos a trabalhar em um *layout* mais interativo e simples, onde o usuário terá liberdade de alternar entre os sensores.

No caso do smartphone não possuir alguns dos sensores em seu *hardware*, o botão de direcionamento ficará indisponível, veja na figura 5 a imagem da tela principal. Ao realizarmos os testes, fomos capazes de validar a eficiência e sensibilidade dos sensores e, além disso, expor possíveis contratempos que podem interferir diretamente, ou indiretamente na detecção dos dados.

Figura 5 - Tela Principal.



Fonte: Autor, 2024.

5 RESULTADOS E DISCUSSÕES

5.1 APRESENTANDO O APLICATIVO

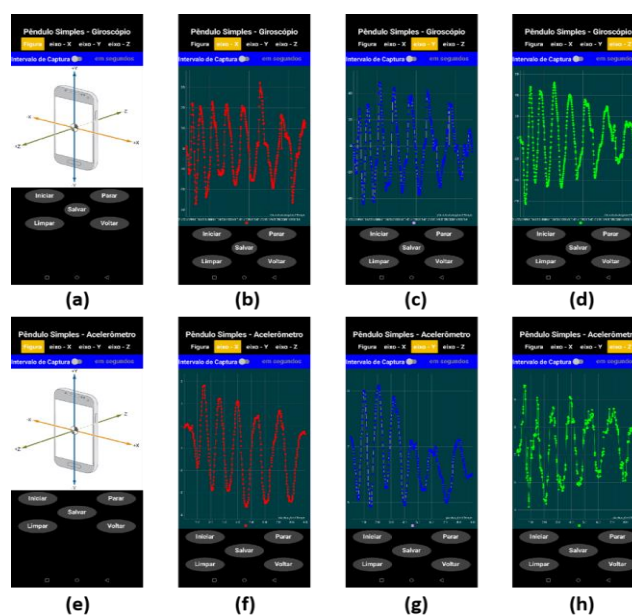
Como já mencionado, um aplicativo limitado a dispositivos Android foi desenvolvido utilizando a plataforma MIT App Inventor.

Para baixar o app, é necessário utilizar o link a seguir: https://drive.google.com/file/d/11bKWgQ6t_UVxWSWlCjilaaFckSpxlsyk/view?usp=drive_link. O aplicativo calcula o período de oscilação do pêndulo simples utilizando os sensores do smartphone, que incluem luminosidade, acelerômetro e giroscópio.

É possível ter acesso aos dados coletados durante a prática experimental através do link: https://docs.google.com/spreadsheets/d/1_7Zlh7HoOAT24esee_O-szWDEgbKzGP5ivoTlawWLgA/edit?usp=drive_link.

Ao definir qual sensor utilizar, o usuário é direcionado para um *layout* de detecção e coleta de dados. Esse ambiente é semelhante para os sensores acelerômetro e giroscópio, como mostrado na figura 6.

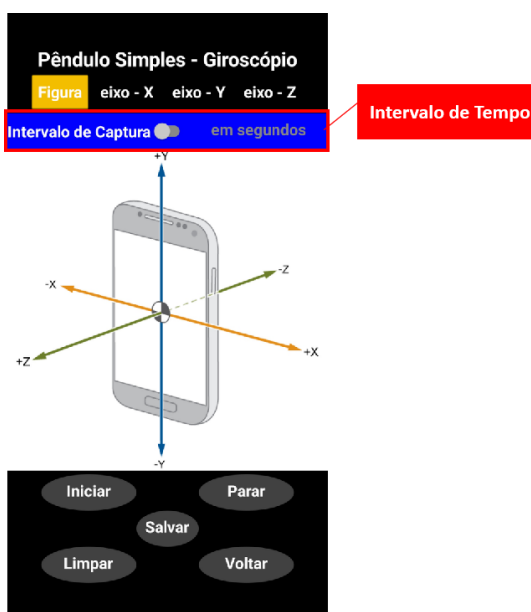
Figura 6 - (a) Tela principal do Giroscópio, (b) Dados coletados para o no eixo-x do Giroscópio, (c) Dados coletados para o eixo-y do Giroscópio, (d) Dados coletados para o eixo-z do Giroscópio, (e) Tela principal do Acelerômetro, (f) Dados coletados para o eixo-x do Acelerômetro, (g) Dados coletados para o eixo-y do Acelerômetro, (h) Dados coletados para o eixo-z do Acelerômetro.



Fonte: Autor, 2024.

Observe a figura 6a e nas demais que, no topo da aplicação realçado em amarelo, há indicadores que permitem os usuários alternarem entre os eixos cartesianos (x, y e z), e uma figura que informa como é detectado a orientação dos eixos cartesianos com relação ao *smartphone*, ou seja, observando-a, o usuário define qual eixo deve ser utilizado para realizar a análise, coleta e tratamento dos dados, de acordo com a montagem experimental. É possível também determinar um intervalo de tempo específico durante o qual os dados serão coletados, ativando ou desativando o deslizador, posicionado abaixo dos indicadores dos eixos cartesianos, como mostra a figura 7.

Figura 7 - Tela principal do Acelerômetro, com destaque no “intervalo de tempo”.



Fonte: Autor, 2024.

Entre as funções possíveis, destaca-se a possibilidade de “Salvar” na memória do celular uma tabela dos dados coletados pelo *smartphone* no formato CSV (*Comma-separated values*), compatível com excel. Quando exportado os dados dos sensores acelerômetro e giroscópio, é armazenado na coluna “A”, onde os valores estão separados por “;”. Para o sensor giroscópio, o tempo está em milissegundos e as variações das componentes x, y e z respectivamente em graus por segundo. Para o acelerômetro, o tempo também está em milissegundos e as variações em metros por segundo ao quadrado. Já no caso do sensor de luminosidade, apenas os períodos são exportados e armazenados na coluna “A”. Veja a seguir na figura 8 um exemplo de dados exportados pela aplicação.

Figura 8 - Dados exportados para coluna "A" a) Acelerômetro exporta tempo (s) e aceleração total (m/s^2), b) Giroscópio exporta tempo (ns) e velocidade angular ($^\circ/s$), c) Luminosidade exporta período (s).

(a)	A	(b)	A	(c)	A
1	0.032,"9.498"	1	TimeStamp;x-Giroscopio;y-Giroscopio;z-Giroscopio;Tempo em segundos	1	Período
2	0.032,"9.51705"	2	178654999047371;-0.21271;6.94067;-3.43488;0	2	1,2
3	0.071,"9.46605"	3	178655004037106;-0.21271;6.94067;-3.43488;0.00499	3	1,184
4	0.071,"9.46605"	4	178655009026803;-0.21271;6.94067;-3.43488;0.00998	4	1,167
5	0.113,"9.46605"	5	178655014016998;-0.21271;6.94067;-3.43488;0.01497	5	1,183
6	0.113,"9.52395"	6	178655019007187;-0.21271;6.94067;-3.43488;0.01996	6	1,183
7	0.154,"9.651"	7	178655023995036;-0.21271;6.94067;-3.43488;0.02495		
8	0.154,"9.555"	8	178655028982885;-0.21271;6.94067;-3.43488;0.02994		
9	0.194,"9.52605"	9	178655033971370;-0.21271;6.94067;-3.43488;0.03492		
10	0.194,"9.64395"	10	178655038959831;-0.21271;6.94067;-3.43488;0.03991		
11	0.238,"9.75405"	11	178655043947984;3.77364;0.4333;-1.13446;0.0449		
12	0.238,"9.78"	12	178655048936139;3.77364;0.4333;-1.13446;0.04989		
13	0.26,"9.79905"	13	178655053923494;3.77364;0.4333;-1.13446;0.05488		
14	0.26,"9.888"	14	178655058910841;3.77364;0.4333;-1.13446;0.05986		
15	0.322,"10.03395"	15	178655063898725;9.86347;1.01628;-0.77994;0.06485		
16	0.322,"10.122"	16	178655068886610;9.86347;1.01628;-0.77994;0.06984		
17	0.342,"10.12995"	17	178655073873535;9.86347;1.01628;-0.77994;0.07483		
18	0.342,"10.173"	18	178655078860460;9.86347;1.01628;-0.77994;0.07981		
19	0.404,"10.27305"	19	178655083846768;13.11715;1.02416;-0.55147;0.0848		
20	0.404,"10.34505"	20	178655088833075;13.11715;1.02416;-0.55147;0.08979		
21	0.426,"10.36695"	21	178655093819810;13.11715;1.02416;-0.55147;0.09477		
22	0.426,"10.40505"	22	178655098806541;13.11715;1.02416;-0.55147;0.09976		
23	0.468,"10.455"	23	178655103792886;18.29311;0.88235;-0.18908;0.10475		

Fonte: Autor, 2024.

Quando o aplicativo está configurado para usar o sensor de luminosidade, veja na figura 9, há apenas um layout principal onde o usuário pode acompanhar a coleta dos dados, além de poder ajustar a sensibilidade do sensor. Assim, se a sombra projetada ofuscar a intensidade da luz percentualmente com base na luz ambiente, o sensor irá registrar a passagem do movimento periódico do pêndulo. Isso significa que o usuário pode definir em que ponto a mudança na sombra projetada pelo pêndulo é detectada, em comparação com a luminosidade ambiente no início do experimento. Em outras palavras, dependendo do ambiente do experimento, é possível ajustar a precisão com que o aplicativo coleta as informações, pois, um ambiente bem iluminado facilita a captação dos dados, em contrapartida, um ambiente pouco iluminado dificulta ou até impossibilita a detecção.

Figura 9 - Tela inicial do sensor de luminosidade.

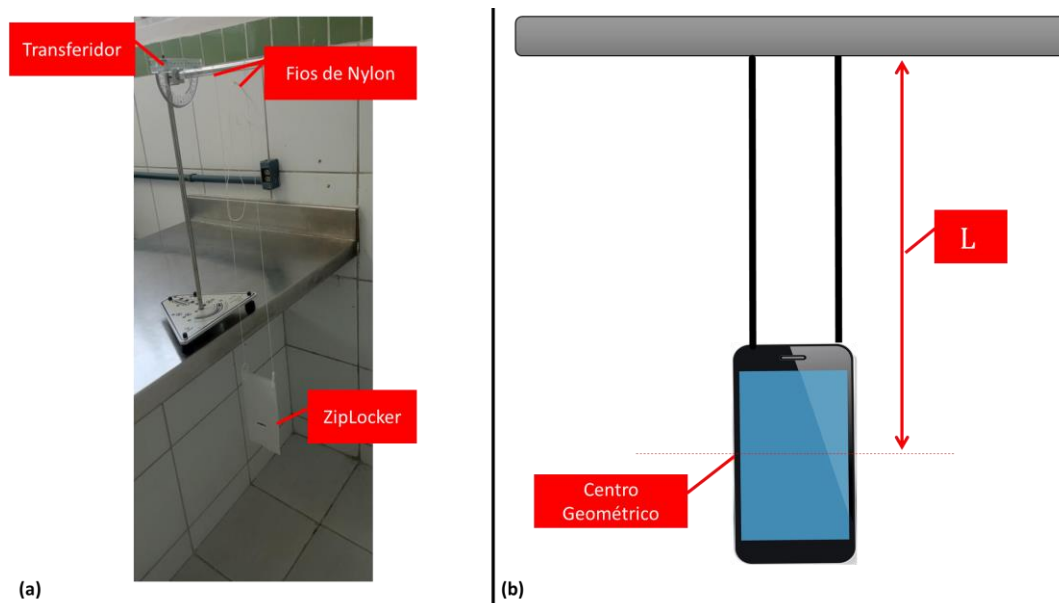


Fonte: Autor, 2024.

5.2 EXPERIMENTO COM O ACELERÔMETRO

Nesta etapa, foi necessário construir um suporte para usar o *smartphone* como ponto material oscilante. Utilizando uma bolsa *ziplock*, abraçadeiras, fio sintético usado em crochê e uma base fixa para oscilar o *smartphone*, confeccionamos de maneira simples e com materiais reutilizáveis, e/ou de baixo custo, o aparato experimental. Normalmente o centro geométrico dos *smartphones* corresponde ao centro de massa. Sendo assim, o tamanho do fio deve ser medido da base fixa até o centro de massa do ponto material oscilante, ou seja, até o centro geométrico do *smartphone*. Além disso, para garantir que pudéssemos usar os dados de qualquer eixo cartesiano, utilizamos dois fios sintéticos ao invés de um, impedindo o pêndulo de rotacionar no eixo azimutal, como mostra a figura 10.

Figura 10 - (a) Pêndulo simples com *smartphone* como ponto material, (b) Diagrama do pêndulo simples com *smartphone* como ponto material.



Fonte: Autor, 2024.

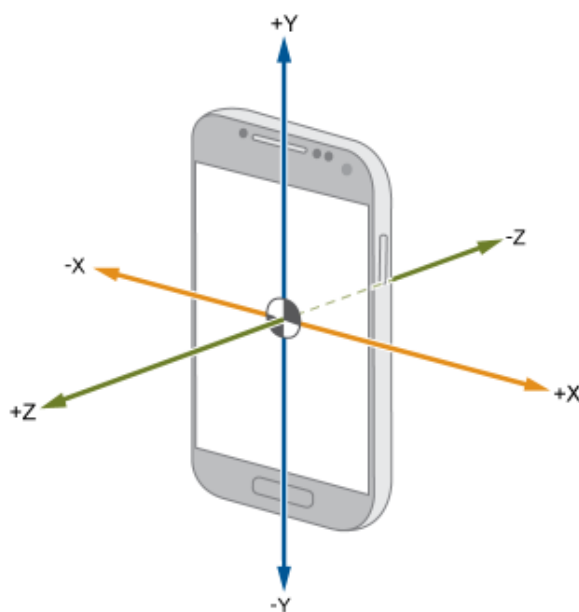
Antes de começar, é importante configurar o *smartphone* corretamente. Primeiro, selecione a opção do acelerômetro. Em seguida, para a nossa configuração experimental, escolha o eixo-z para observar as variações. Ative a opção "intervalo de tempo" e defina-o para 10 segundos. Depois, coloque o *smartphone* dentro de uma bolsa ziplock. Levante o conjunto ziplock-*smartphone*, clique em iniciar e solte o conjunto experimental para começar a oscilação.

O botão "Parar" é usado quando não definimos um intervalo de tempo. O "Salvar" exporta todas as informações coletadas, o "Limpar" descarta todas as informações coletadas e, por fim, o botão "Voltar" retorna ao *layout* principal.

Para obter resultados precisos, é importante garantir que o pêndulo esteja oscilando em pequenos ângulos (entre 0° à 10°), para que a aproximação do ângulo pequeno seja válida. Com esse intuito, usamos um transferidor para nos certificarmos de tais ângulos. Também nos certificamos de que não havia forças de resistência importantes agindo sobre o pêndulo, o que poderia influenciar nos resultados. Fizemos isso usando um ambiente fechado e desligando os ventiladores.

Se olharmos para a figura 11, a aceleração medida no eixo-y, que corresponde a aceleração centrípeta, é igual à aceleração gravitacional. Devemos estar atentos ao fato de que os fabricantes não seguem um padrão quanto ao posicionamento dos eixos, entretanto, tipicamente a orientação de captação dos eixos pelos *smartphones* é mostrado na figura a seguir.

Figura 11 - Captação de variações por padrão.



Fonte: Autor, 2024.

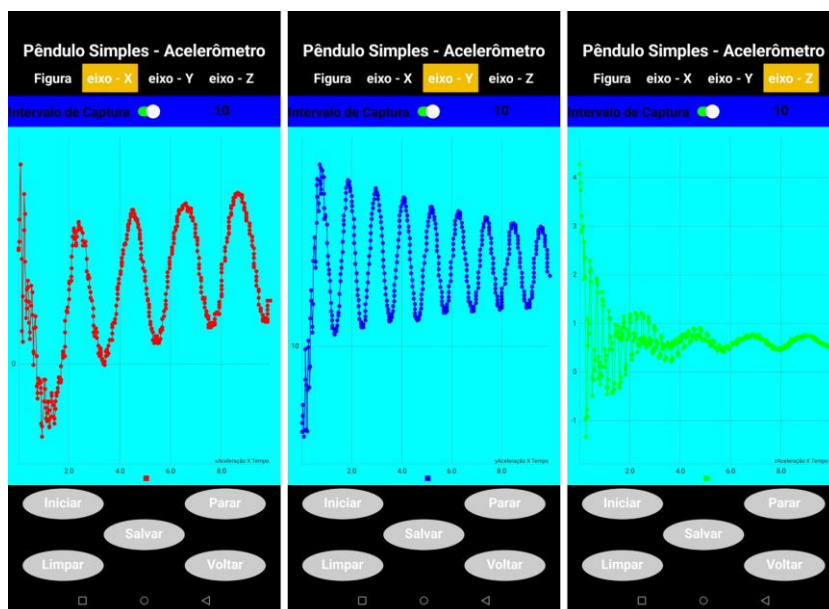
Na confecção da aplicação, decidimos assumir os eixos da maneira padrão, sendo assim, não importa o modelo do *smartphone*, a determinação da aceleração gravitacional será realizada de acordo com a montagem experimental. Em outras palavras, se o eixo-x estiver para cima, oscilando no plano yz, a aceleração será determinada pelo eixo da abscissa. O mesmo vai ocorrer se posicionarmos o *smartphone* com o eixo-z para cima, dessa forma, o pêndulo oscila no plano xy e a aceleração é determinada pelo eixo azimutal.

De acordo com a montagem experimental apresentada na Figura 10, o eixo-y está para cima, oscilando no plano xz, ou seja, a componente responsável por determinar a aceleração gravitacional é o eixo das ordenadas. Ao salvar os dados coletados, a aplicação exporta as variações coletadas em todos os eixos. Para o nosso caso, descartamos os dados dos eixos que não nos interessam (x, z).

Utilizando o sensor acelerômetro poderíamos ter medido a aceleração gravitacional de maneira direta, visto que, a descrição do sensor na plataforma informa que seus dados já estão no sistema internacional de medidas (SI). Entretanto, com o objetivo de tornar a atividade exploratória e permitir que o aluno trabalhe os conceitos ativamente interpretando gráficos, lidando com grandezas vetoriais e consolidando os conceitos de MHS, os discentes devem plotar um gráfico dos dados coletados, avaliar os vales e cristas para determinar o período de oscilação e só depois a partir da equação [9] determinar a aceleração gravitacional.

Eles ainda precisam desconsiderar as aberrações referente ao tempo de reação, pois, precisam iniciar a coleta dos dados na aplicação, e só depois largar o pêndulo, ou seja, os primeiros segundos de dados não fazem parte do movimento oscilatório. Veja o exemplo na figura 12.

Figura 12 - Gráfico dos eixos no sensor Acelerômetro.



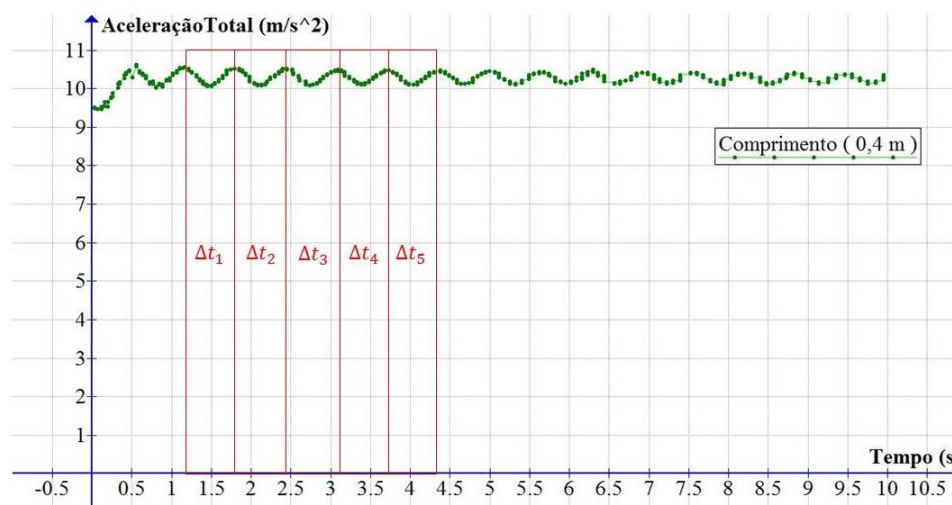
Fonte: Autor, 2024.

Perceba como fica evidente o comportamento periódico dissipativo no eixo-y da figura 12, além disso, os 2 primeiros segundos representam o tempo de reação e devem ser descartados durante a análise dos dados. É possível notar também que, mesmo nos outros eixos, o comportamento periódico dissipativo no pêndulo simples é perceptível, o que já era de se esperar.

Com os dados exportados, utilizando a próprio excel, elaboramos uma regra de formatação condicional para facilitar a percepção do movimento oscilatório mesmo pela planilha de dados.

Não satisfeitos, ainda plotamos um gráfico para relacionar as informações. Analisando os gráficos, decidimos observar os vales. Isto significa que, realçamos na planilha o primeiro intervalo de tempo com menor variação detectada, em seguida, após completar-se um ciclo, realçamos novamente o intervalo de tempo de menor variação. Só então determinamos o período de oscilação do pêndulo fazendo a diferença do tempo final menos o tempo inicial. Outra maneira mais simples, é observar os vales ou cristas no gráfico, e determinar o intervalo de tempo como mostra a figura 13.

Figura 13 - Gráfico do acelerômetro, variações na aceleração total (m/s^2) pelo tempo (s).



Fonte: Autor, 2024.

Realizamos o mesmo procedimento para os cinco primeiros períodos de oscilação para cada comprimento. Logo após, realizamos uma média desses períodos, como apresentado na tabela 1.

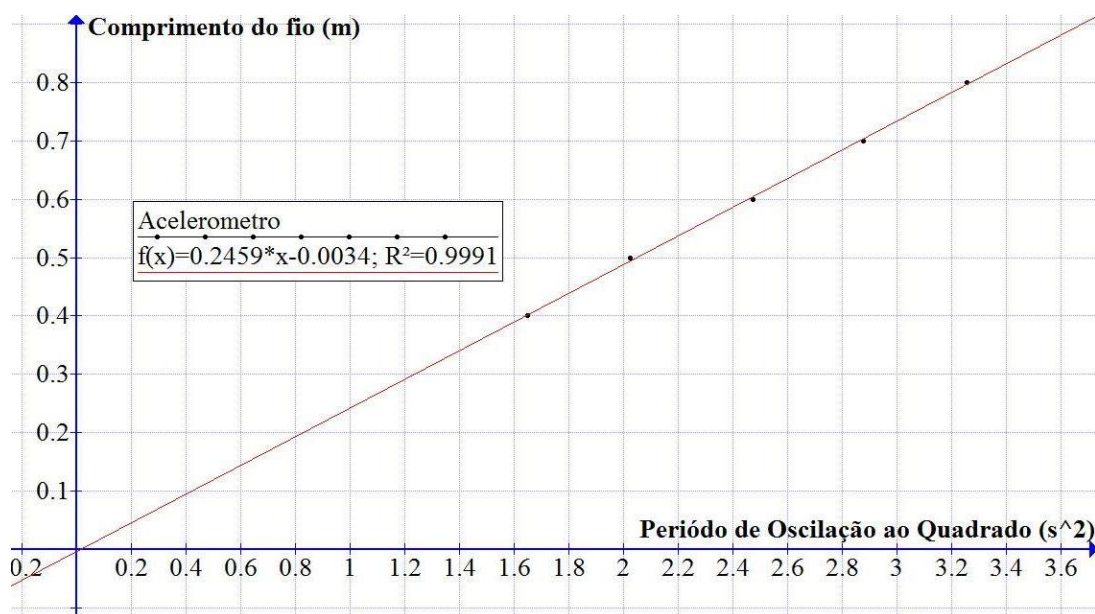
Tabela 1 - Dados experimentais do Acelerômetro.

Comprimento	Média dos Períodos
0,40m	1,284s
0,50m	1,422s
0,60m	1,572s
0,70m	1,696s
0,80m	1,804s

Fonte: Autor, 2024.

Por fim, usando o *software* livre Graph plotamos um gráfico de $L \times T^2$ e efetuamos uma regressão linear. Dessa forma, a aceleração gravitacional pode ser determinada através da equação [9]. De acordo com a figura a seguir, o valor encontrado é de $9,71 m/s^2$.

Figura 14 - Gráfico do sensor acelerômetro.



Fonte: Autor, 2024.

A representação física do coeficiente angular em um gráfico que relaciona o comprimento do fio pelo período de oscilação de um pêndulo simples é a medida da inclinação da reta que melhor se ajusta aos pontos de dados no gráfico.

Em termos físicos, o coeficiente angular representa a relação entre as duas variáveis. No caso do período de oscilação (τ) e o comprimento do fio (L) em um pêndulo simples, o coeficiente angular indica o quanto o período varia em resposta a uma mudança no comprimento do fio.

Um coeficiente angular positivo indica que o período aumenta conforme o comprimento do fio aumenta, enquanto um coeficiente angular negativo indica que o período diminui conforme o comprimento do fio aumenta. O valor absoluto do coeficiente angular também indica a taxa de variação do período em relação ao comprimento do fio.

Além disso, é importante considerar que o comprimento do fio influencia diretamente no tempo que o pêndulo leva para completar um ciclo, conhecido como período de oscilação. Conforme observado empiricamente, quando o fio é mais longo, o pêndulo leva mais tempo para oscilar. Em outras palavras, quanto mais longo o fio, mais lento é o movimento do pêndulo. Essa relação entre o comprimento do fio e o período de oscilação é fundamental para entender o comportamento do pêndulo simples e pode ser representada graficamente pela inclinação da reta no gráfico mencionado.

5.3 EXPERIMENTO COM O GIROSCÓPIO

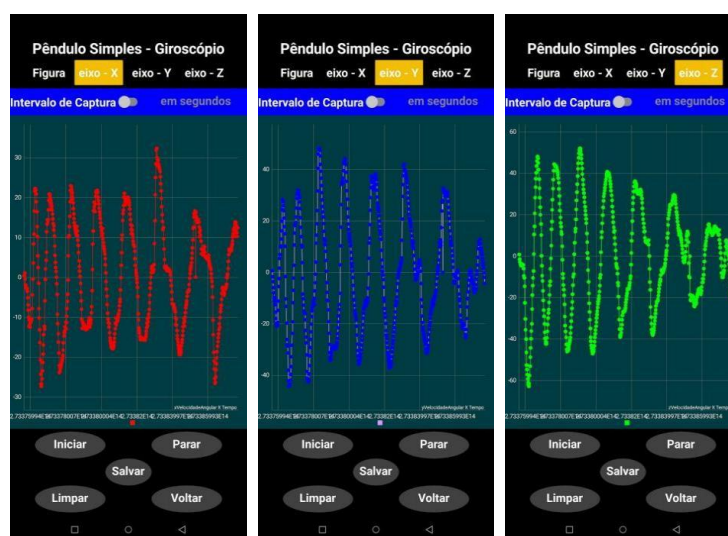
Utilizando o mesmo aparato experimental, alteramos entre os sensores na aplicação e realizamos novas medições para os mesmos comprimentos de fio. O procedimento permanece inalterado: ao observarmos os dados, buscamos determinar o período de oscilação e calcular, com base na equação [9], a aceleração gravitacional.

Diferentemente do sensor anterior, o giroscópio incorpora o *timestamp* como uma das variáveis captadas pela própria ferramenta. Este *timestamp* corresponde ao número de segundos desde a meia-noite do dia 01/01/1970 no fuso horário UTC (Tempo Universal Coordenado), excluindo os segundos bissextos. A utilização dessa variável conferiu maior fluidez ao gráfico, permitindo avaliar, mesmo antes de salvar os dados, se o comportamento capturado é de natureza periódica. Além disso, a capacidade de dar zoom no gráfico, qualidade possível para os três sensores, amplia a capacidade de verificação das oscilações capturadas.

A variável possibilita a captura de valores a cada nanosegundo, sendo que a sensibilidade do sensor pode variar de um *smartphone* para outro, estando, tipicamente, na casa dos milissegundos.

A utilização da variável durante a coleta de dados tem como propósito aprimorar a visualização gráfica das variações. Na figura 15, apresentamos um exemplo dos gráficos apresentados pela aplicação.

Figura 15 - Gráfico dos eixos no sensor Giroscópio.



Fonte: Autor, 2024

O tratamento dos registros de tempo é minucioso e abrangente. Para calcular a taxa de captação dos dados, é preciso inicialmente determinar a diferença entre dois

instantes de tempo. Essa diferença é então convertida de nanossegundos para milissegundos. A taxa de captação dos dados é derivada dessa conversão. Por sua vez, cada conjunto de dados representa a soma acumulada da taxa de captação. Então, para facilitar o seu uso, todo procedimento de tratamento é realizado em segundo plano pela aplicação, utilizando o potencial dos *smartphones* em processamento de dados.

Antes de mais nada, é importante ignorar os primeiros segundos do tempo de reação do usuário ao iniciar a aplicação. Assim como no caso do acelerômetro, é necessário identificar os vales (ou cristas) no gráfico para estabelecer os intervalos de tempo. Somente após identificar cinco intervalos é possível calcular a média dos períodos de oscilação, conforme apresentado na Tabela 2. O método aplicado para determinação da taxa de aquisição de dados que o sensor do smartphone possui é apresentado na seção 5.3.1.

5.3.1 TRATAMENTO MANUAL DOS DADOS DO GIROSCÓPIO

Nesta seção, determinaremos manualmente a taxa de aquisição de dados para o *smartphone* que utilizamos no experimento, com estes dados, fomos capazes de determinar o período de oscilação e, finalmente, o valor da aceleração da gravidade. Quando exportamos os dados, a aquisição feita pela variável *timestamp* está em nanossegundos. Então, é preciso converter essa informação para segundos. Logo após, determinamos o tempo transcorrido entre cada ponto coletado, ou seja, a variação de tempo entre os intervalos (Δt).

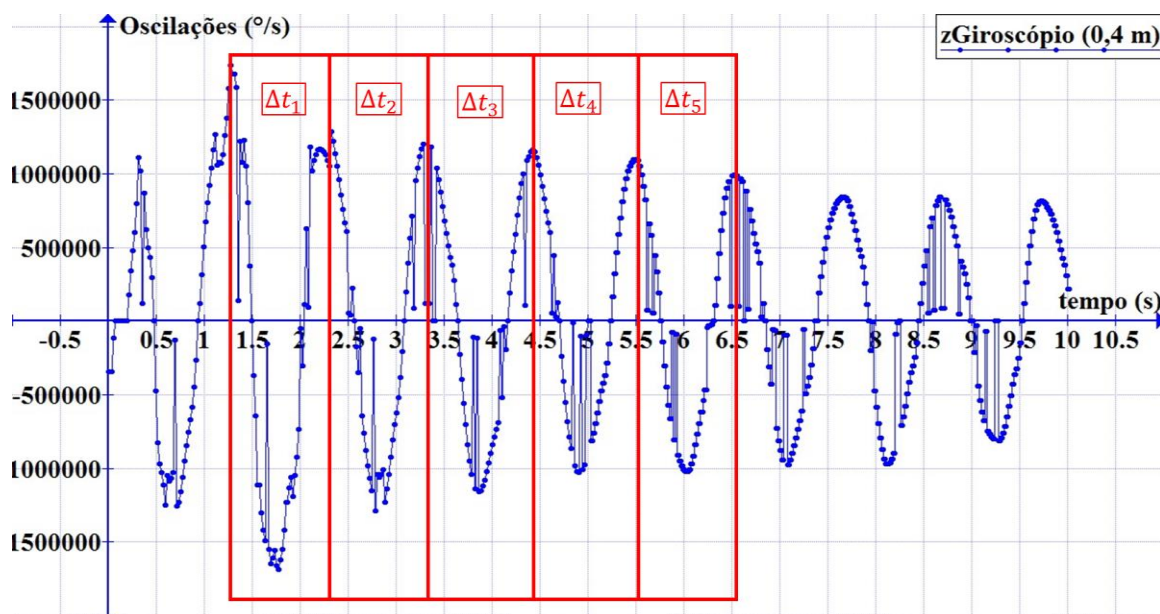
Em seguida, para converter o intervalo de tempo em segundos devemos dividir por 10^9 , assim, teremos em mãos a taxa de aquisição do sensor do *smartphone*, ou seja, o intervalo entre uma detecção e outra. A partir da tabela de dados apresentada na figura 16, na coluna “G” da planilha, vemos que a taxa de aquisição é de aproximadamente um ponto de dados a cada 0,005s. Com esta informação somos capazes de determinar o período das oscilações e, finalmente, a aceleração gravitacional.

Figura 16 - Planilha de conversão UTC para milissegundos para pêndulo com $L = 0,4m$

	A	B	C	D	E	F	G	H
1	Timestamp (nanosegundo)	x	y	z		Diferença (nanosegundos)	Segundos	Tempo decorrido (s)
2	1442788196442486	-268.646	853.206	571.955		4984420	0,00498442	0,000
3	1442788201426902	-268.646	853.206	571.955		4984430	0,00498443	0,005
4	1442788206411333	-268.646	853.206	571.955		4983290	0,00498329	0,010
5	1442788211394621	-268.646	853.206	571.955		4983260	0,00498326	0,015
6	1442788216377888	-268.646	853.206	571.955		4983350	0,00498335	0,020
7	1442788221361235	-268.646	853.206	571.955		4983350	0,00498335	0,025
8	1442788226344582	-268.646	853.206	571.955		4984050	0,00498405	0,030
9	1442788231328638	-268.646	853.206	571.955		4984040	0,00498404	0,035
10	1442788236312677	-268.646	853.206	571.955		4984270	0,00498427	0,040
11	1442788241296946	-181.986	291.492	455.358		4984270	0,00498427	0,045
12	1442788246281215	-181.986	291.492	455.358		4983500	0,0049835	0,050
13	1442788251264718	-181.986	291.492	455.358		4983540	0,00498354	0,055
14	1442788256248257	-181.986	291.492	455.358		4982770	0,00498277	0,060
15	1442788261231026	-471.115	518.384	693.279		4982770	0,00498277	0,065
16	1442788266213795	-471.115	518.384	693.279		4982370	0,00498237	0,070
17	1442788271196161	-471.115	518.384	693.279		4982340	0,00498234	0,075
18	1442788276178508	-471.115	518.384	693.279		4983230	0,00498323	0,080
19	1442788281161738	-759.456	727.155	961.924		4983230	0,00498323	0,085

Fonte: Autor, 2024.

Na Figura 17, você pode observar o gráfico da componente z do sensor giroscópio ao longo do tempo, após passar pelo tratamento adequado. Este gráfico é semelhante ao que é gerado pela aplicação durante a prática. Portanto, através deste procedimento, conseguimos extrair as informações necessárias, convertendo a variável de tempo (*timestamp*) para segundos.

Figura 17 - Gráfico das componentes ($^{\circ}/s$) \times tempo (s).

Fonte: Autor, 2024

Agora que fomos capazes de determinar os intervalos de tempo entre os vales (ou cristas) para $L = 0,4m$, de maneira semelhante, podemos definir a média dos períodos para cada comprimento de fio (L), os valores encontrados são apresentados na tabela 2.

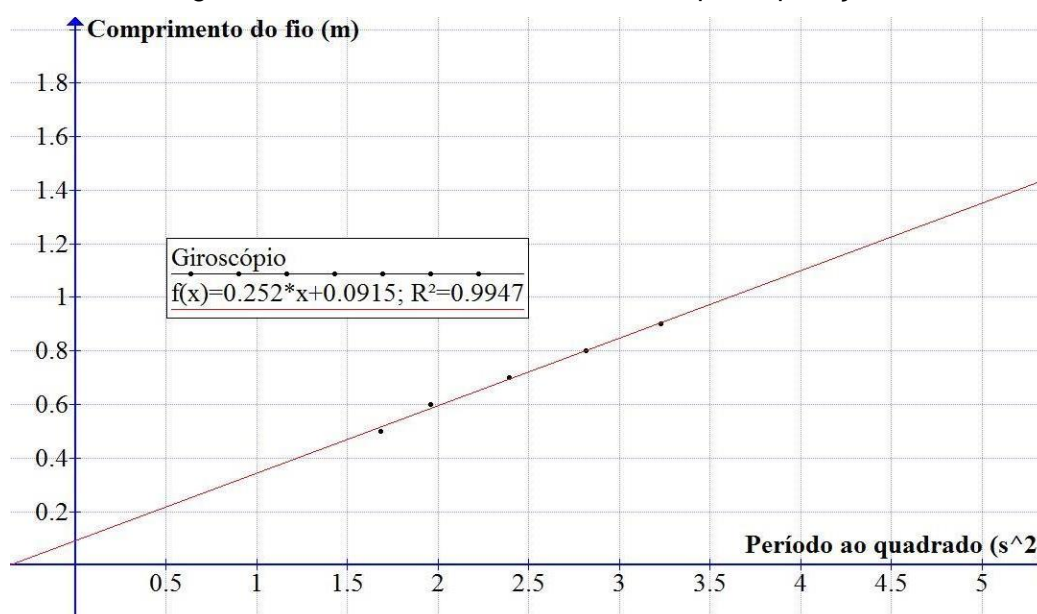
Tabela 2 - Dados experimentais do Giroscópio.

Comprimento	Média dos períodos
0,50m	1,297s
0,60m	1,399s
0,70m	1,547s
0,80m	1,677s
0,90m	1,797s

Fonte: Autor, 2024.

Depois de calcular a média dos períodos e conhecer os comprimentos do fio, o próximo passo para determinar a aceleração gravitacional é criar um gráfico com os valores de comprimento do fio no eixo-x e os valores de T^2 (tempo ao quadrado) no eixo-y. Em seguida, utilizamos uma regressão linear para organizar esses pontos, o que nos ajudará a encontrar a relação entre o comprimento do fio e o período ao quadrado, e, por fim, determinar a aceleração gravitacional.

Figura 18 - Gráfico dos dados coletados pela aplicação.



Fonte: Autor, 2024.

Utilizando o coeficiente angular apresentado na Figura 18 e a equação [9], conseguimos calcular a aceleração gravitacional como sendo $9,95 \text{ m/s}^2$. Além disso, observamos que há uma relação linear entre o comprimento do fio e o período de oscilação, o que é consistente com as observações feitas anteriormente utilizando o sensor acelerômetro.

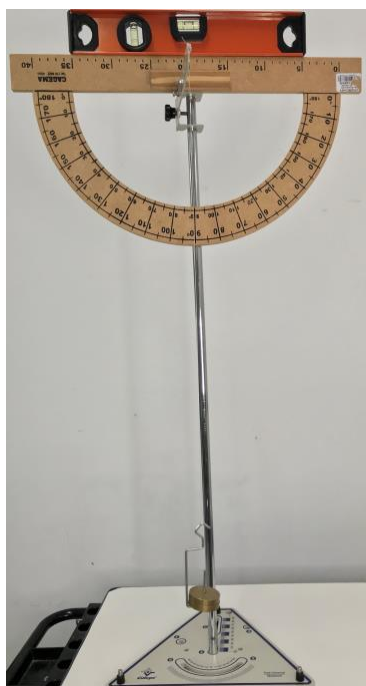
Durante a coleta de dados com o sensor giroscópio, observamos que para comprimentos de fio inferiores a 0,5 metros, a sensibilidade do smartphone utilizado não

proporciona uma precisão satisfatória. Isso ocorreu devido à taxa de aquisição de dados, que era de um ponto a cada 0,005 segundos. Se a taxa de aquisição fosse mais rápida, por exemplo, um ponto a cada 0,001 segundos, seria viável utilizar comprimentos de fio menores que 0,5 metros.

5.4 EXPERIMENTO COM O SENSOR DE LUMINOSIDADE

Para a última etapa do experimento, introduzimos uma mudança na dinâmica experimental. Em vez de considerar o *smartphone* como um ponto material, optamos por utilizar um conjunto de gancho com anilhas, conforme mostrado na Figura 19. Nos certificamos de que o pêndulo estava firmemente fixado e que a sombra projetada pela massa pendulante estava alinhada com o sensor de luminosidade do *smartphone*. Essa configuração nos permitiu detectar variações na intensidade da luz captada pelo sensor à medida que o pêndulo oscilava. Essa abordagem proporciona uma nova maneira de medir e analisar as oscilações do pêndulo, utilizando as variações de luz como um indicador do movimento.

Figura 19 - Pêndulo simples com transferidor.



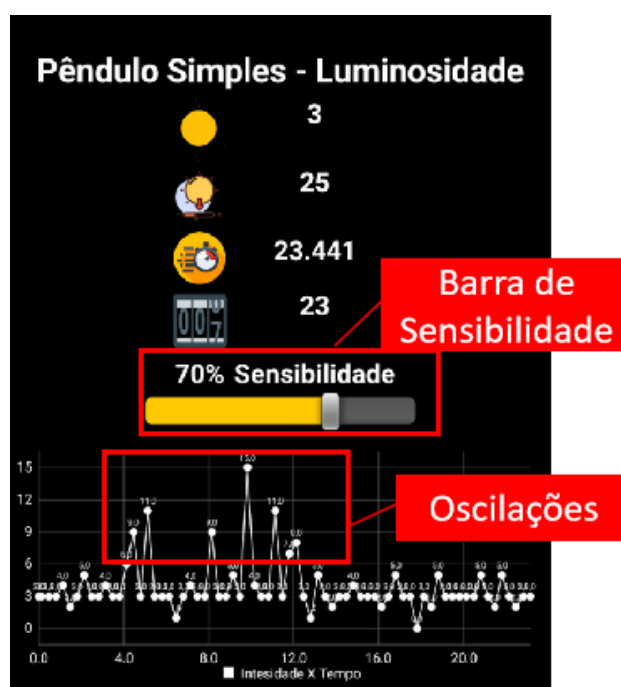
Fonte: Autor, 2024.

Como a luminosidade ambiente pode variar de um ambiente experimental para outro, adicionou-se uma barra de sensibilidade para que o usuário possa calibrar o sensor de acordo com a situação, antes de iniciar a coleta de dados, evitando possíveis flutuações nos dados (fig. 20). Quando se inicia a coleta de dados, o valor da

luminosidade ambiente é registrado. Em seguida, o dispositivo verifica se a luminosidade diminui quando o pêndulo passa, em comparação com o valor inicial.

Quando o pêndulo projeta sua sombra, o *smartphone* registra e inicia o cronômetro, assim, após duas passagens é completado um ciclo (uma passagem para iniciar a contagem e a passagem seguinte para finalizá-la), e só aí o período é contabilizado. Observou-se que, em alguns momentos, há oscilações nos valores do período obtido, devido a interferências na luminosidade do ambiente (fig. 20). Portanto, é necessário desconsiderar esses valores e utilizar aqueles que demonstram um comportamento mais consistente.

Figura 20 - Sensor de Luminosidade



Fonte: Autor, 2024.

Aconselhamos ter cautela no momento experimental, não devem ser usados objetos grandes como pêndulo pois, além do risco de acidentes, uma grande área sombreada sobre o sensor diminuirá a precisão na determinação do período. Ainda, um local pouco iluminado pode prejudicar a medição, ocorrendo falhas na captação.

Os períodos de oscilação foram obtidos observando o gráfico e anotando os cinco primeiros pontos que apresentam características periódicas, ou seja, que estão aproximadamente constantes. Após determinar os cinco períodos para cada comprimento de fio, realizamos uma média que é apresentada logo a seguir na Tabela 3.

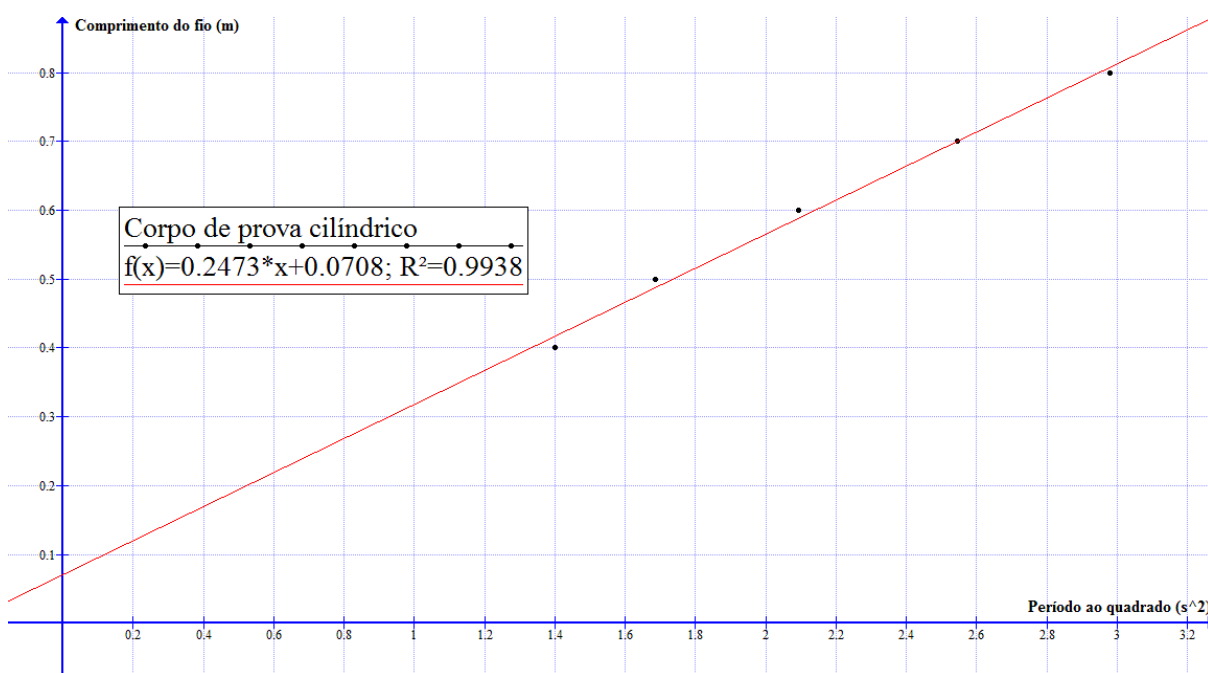
Tabela 3 - Dados experimentais do sensor de luminosidade.

Comprimento	Média dos períodos
0,40m	1,183s
0,50m	1,298s
0,60m	1,447s
0,70m	1,595s
0,80m	1,726s

Fonte: Autor, 2024.

Com as informações do movimento periódico do pêndulo simples bem definida, plotou-se um gráfico de $L \times T^2$ e efetuou-se uma regressão linear através do *software* livre Graph. Desta forma, o valor da aceleração gravitacional pode ser obtido pelo coeficiente angular após uma regressão linear dos dados de $L \times T^2$ através da equação [10], como mostrado na a seguir, obtendo-se um valor de $9,76 \text{ m/s}^2$ para aceleração da gravidade.

Figura 21 - Gráfico do sensor de luminosidade.



Fonte: Autor, 2024.

Considerando o gráfico da Figura 21, podemos afirmar quando relacionamos com os outros dois sensores, que o período de oscilação está diretamente ligado ao comprimento do fio. Ou seja, quanto mais longo o comprimento do fio, mais lento é o período de oscilação, algo que já havíamos notado no sensor acelerômetro, contudo, diferente do sensor giroscópio.

5.5 VANTAGENS E DESVANTAGENS DE CADA METODOLOGIA

Analisando os resultados obtidos pelos sensores, é possível destacar aqueles mais adequados para o experimento do pêndulo simples. Em linhas gerais, dois deles demonstraram resultados consistentes com a literatura, enquanto o giroscópio não obteve êxito nesse aspecto.

O acelerômetro oferece facilidades na implementação, uma vez que os dados já estão no sistema internacional de unidades, simplificando a coleta de informações. Além disso, viabiliza a exploração ativa de conceitos, permitindo aos alunos explorar vetores e seus componentes na prática, reforçando conhecimentos fundamentais em física. Também fomenta a análise gráfica, possibilitando a criação de gráficos a partir dos dados coletados, promovendo uma compreensão mais profunda do Movimento Harmônico Simples (MHS). No entanto, a variação da orientação dos eixos do acelerômetro pelo fabricante exige uma análise cuidadosa inicialmente para verificar qual reflete um comportamento periódico a partir do aparato experimental.

No que diz respeito ao giroscópio, a vantagem notável desta ferramenta é a visualização gráfica aprimorada, que detecta variações com maior precisão, dependendo do *smartphone* utilizado. Contudo, a complicação na conversão da variável *timestamp* torna o procedimento experimental de validação algo árduo, fugindo do objetivo deste trabalho, que é utilizar sensores dos *smartphones* de maneira descomplicada para alinhar teoria e prática.

Quanto ao sensor de luminosidade, conseguimos mitigar algumas das desvantagens identificadas anteriormente. Foi a partir deste primeiro experimento que surgiu a ideia de avaliar qual sensor atenderia melhor à prática experimental. A vantagem concentrou-se na facilidade da visualização gráfica e na capacidade de ajustar o aplicativo para melhorar a detecção da sombra projetada, independentemente da iluminação ambiente. No entanto, é importante ressaltar que a iluminação ainda pode afetar a captação dos dados.

Em resumo, os sensores oferecem uma abordagem prática e interativa para explorar os conceitos de Movimento Harmônico Simples. No entanto, cada sensor apresenta vantagens e desvantagens específicas. A escolha entre eles dependerá dos objetivos do experimento e das condições ambientais em que será realizado. No contexto do nosso estudo, o acelerômetro emergiu como a ferramenta que melhor atendeu a todos os requisitos e implementou positivamente conteúdos que puderam ser revisados.

6 CONCLUSÕES

Com base na análise dos dados, podemos afirmar que o acelerômetro se destaca como o sensor mais adequado para o experimento do pêndulo simples. Além de fornecer resultados consistentes e de fácil tratamento pelos alunos, esse sensor possibilita a revisão de conceitos fundamentais no tratamento físico de sistemas dinâmicos, como forças, vetores, a relação entre velocidade linear e angular, aceleração centrípeta e gravitacional.

Embora o acelerômetro permita a determinação direta dos valores da aceleração gravitacional, enriquecer a prática com outros recursos reforça a relevância e a solidez dos conteúdos de física, evidenciando a notável capacidade experimental dos *smartphones*.

O giroscópio também se mostra uma ferramenta valiosa para revisar conceitos relevantes no ensino de física. No entanto, seu uso seria mais proveitoso em temas como o movimento circular uniforme (MCU) e/ou o movimento circular uniformemente variável (MCUV). Nesses casos, seria possível determinar a velocidade angular em diferentes raios e analisar a relação entre a velocidade angular e o raio de rotação.

Desta forma, é inadequado descartar a utilidade do sensor simplesmente porque não obteve resultados consistentes no experimento proposto. O foco deve ser direcionado para a reflexão sobre como podemos utilizar plenamente o potencial desse dispositivo. Contudo, no que diz respeito ao MHS a utilização do sensor giroscópio não é indicado por conta do trabalho na conversão das informações, não contribuindo no processo de ensino e aprendizagem.

Quanto ao sensor de luminosidade, ele apresentou resultados positivos, mas enfrentou desafios no controle da luminosidade ambiente e, a determinação direta dos períodos pelo aplicativo, restringem os recursos disponíveis para a prática experimental, especialmente quando comparado ao sensor acelerômetro. No entanto, dependendo dos objetivos do professor ao conduzir a atividade com a turma, a ferramenta pode ser útil.

No que se refere à educação, podemos destacar que o uso dos *smartphones* como ferramenta educacional trabalha habilidades específicas previstas pela BNCC, além de revisar conteúdos importantes para formação dos discentes. Ou seja, compreender resultados e fazer previsões em relação a experimentos, fenômenos naturais e processos tecnológicos, ao mesmo tempo reconhecendo as limitações explicativas

das ciências (EM13CNT205), é uma das habilidades específicas abordadas quando utilizamos experimentos no processo de ensino e aprendizagem.

Além disso, criar explicações, previsões e cálculos sobre os movimentos de objetos na terra, no sistema solar e no universo, utilizando a análise das interações gravitacionais, podendo ser feito tanto de maneira tradicional quanto com o auxílio de dispositivos e aplicativos digitais, como softwares de simulação e realidade virtual (EM13CNT204), são duas das habilidades da segunda competência específica da área de ciências e suas tecnologias no ensino médio (BNCC, 2023).

A aplicação possibilita que os alunos interpretem gráficos ao associar o movimento periódico do pêndulo simples com os dados coletados. Além disso, ela revisita o conceito de grandezas vetoriais ao analisar em qual eixo ocorre o movimento oscilatório. Também enfatiza o processamento de informações ao desafiar os alunos a validar os dados do sensor por meio da prática experimental, confrontando-os com a literatura. Essas são algumas das possibilidades que a utilização desta ferramenta proporciona aos estudantes.

Ao explorar o uso de sensores nativos em smartphones, percebe-se que essa abordagem pode oferecer benefícios significativos na educação. A integração desses sensores no processo educacional contribui para tornar os conteúdos mais envolventes e tangíveis, proporcionando uma experiência de aprendizado mais prática e aplicada.

A combinação de teoria e prática é ressaltada como um elemento-chave para a eficácia dessa abordagem. Ao incorporar atividades práticas que fazem uso dos sensores dos *smartphones*, os alunos têm a oportunidade de aplicar os conceitos teóricos de maneira concreta, o que pode facilitar a compreensão e retenção do conhecimento.

Entretanto, é crucial reconhecer que o sucesso dessa integração não depende apenas da tecnologia, mas também de uma estrutura mais ampla. Políticas educacionais desempenham um papel fundamental ao estabelecer diretrizes que regulamentam o acesso e o uso dessas ferramentas. Além de promover o aprendizado, essas políticas também visam garantir a segurança virtual dos estudantes, protegendo-os contra possíveis riscos relacionados à utilização de dispositivos tecnológicos.

Portanto, a conclusão é que a incorporação de sensores nativos em smartphones como ferramenta educacional é promissora, mas deve ser acompanhada por um ambiente educacional que incentive o equilíbrio entre teoria e prática, e que esteja

respaldada por políticas educacionais bem elaboradas para assegurar um uso seguro e eficaz desses recursos no contexto educacional.

Ao ponderar sobre o impacto educacional do uso de *smartphones*, é crucial investigar a questão da distração e a importância de fornecer orientações claras. Isso se faz necessário para estabelecer políticas apropriadas que orientem a integração desses dispositivos nas práticas educacionais das instituições de ensino.

O crescente uso de *smartphones* nas instituições representa uma oportunidade valiosa para aprimorar as experiências educacionais. No entanto, a presença desses dispositivos também traz consigo desafios significativos, tais como, desigualdade de acesso, pois nem todos os alunos têm *smartphones* ou internet fora da sala de aula, falta de controle no direcionamento das atividades e distração em sala de aula, problemas de saúde mental e dependência tecnológica com o uso excessivo, problemas de plágio e falta de originalidade com a facilidade de acesso à informações online, problemas com a proteção de dados quando aplicações não possuem políticas de privacidade, integração com metodologias tradicionais, barreiras culturais, entre outros.

A problemática da distração, muitas vezes associada ao acesso fácil a aplicativos, redes sociais e outros conteúdos não relacionados ao ambiente de aprendizado, demanda uma abordagem cuidadosa. Compreender a extensão desse problema é essencial para desenvolver estratégias eficazes que minimizem o impacto negativo no processo de ensino-aprendizagem.

Além disso, a necessidade de orientações claras sobre o uso adequado dos *smartphones* em contextos educacionais é crucial. Estabelecer políticas que promovam uma integração equilibrada e produtiva desses dispositivos pode contribuir para maximizar os benefícios educacionais, ao mesmo tempo em que mitiga os desafios associados à distração.

Para otimizar os benefícios dos *smartphones* na educação, é crucial adotar uma abordagem equilibrada e bem fundamentada. Isso implica criar um ambiente favorável ao aprendizado, ao mesmo tempo em que se busca minimizar possíveis efeitos adversos relacionados ao uso desses dispositivos.

Em resumo, as descobertas destacam que a utilização de sensores nativos em *smartphones* é eficaz como ferramenta educacional para facilitar a assimilação de conteúdo. A combinação de teoria e prática torna a abordagem dos temas mais clara e acessível. No entanto, é crucial observar que a ferramenta, por si só, não é o único

elemento motivador para os alunos, especialmente no contexto específico da prática educacional. É necessário contar com políticas educacionais que estabeleçam e restrinjam o acesso, visando garantir tanto o aprendizado quanto a segurança virtual dos estudantes.

REFERÊNCIAS

- GEWEHR, Diógenes. **Tecnologias digitais de informação e comunicação (TDICs) na escola e em ambientes não escolares**. Lajeado: UNIVATES, 2016. Disponível em: <https://www.univates.br/bduserver/api/core/bitstreams/6f949ffe-53d0-40de-bb25-fe2e99ded549/content>. Acesso em: 13 jan. 2023.
- CANI, J. B.; SANDRINI, E. G. C.; SOARES, G. M.; SCALZER, K. Educação e COVID-19: A arte de reinventar a escola mediando a aprendizagem “prioritariamente” pelas TDIC. In: **Revista Ifes Ciência**. Vitória: IFES, v. 6, n. 1, p. 23-39, 2020. DOI: 10.36524/rec.v6i1.713. Disponível em: <https://ojs.ifes.edu.br/index.php/ric/article/view/713>. Acesso em: 13 jan. 2023.
- BRASIL. **Ministério da Educação**. Base Nacional Comum Curricular. Brasília: MEC, 2023. Disponível em: <http://basenacionalcomum.mec.gov.br/abase>. Acesso em: 13 jan. 2023.
- SCHATZ, A. S.; SARMENTO, H. B. M. Tecnologias digitais de informação e comunicação (TDIC) e o processo de ensino. In: **Revista Katálysis**. Florianópolis: UFSC, v. 23, n. 3, p. 429-438, set./dez. 2020. ISSN 1982-0259. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/rk/a/xLqFn9kxxWfM5hHjHjxbC7D/?lang=pt&format=pdf>. Acesso em: 15 jan. 2023.
- SCHWAB, Klaus. **A quarta revolução industrial**. São Paulo: Edipro, 2016.
- GÓMEZ, A. I. Pérez. **Educação na era digital: A escola educativa**. Porto Alegre: Penso, 2015.
- FREIRE, P. **Pedagogia do Oprimido**. 25^a ed. (1^a edição: 1970). Rio de Janeiro: Paz e Terra.
- AURELIANO, F.E.B.S.; QUEIROZ, D.E. As tecnologias digitais como recurso pedagógico no ensino remoto: implicações na formação continuada e nas práticas profissionais. In: **Educação em Revista**. Belo Horizonte: UFMG, v. 10, n. 2, p. 45-60, jul./dez. 2023.
- FREITAS, R.G.B. Manual de experimentos utilizando o smartphone como instrumento de medida. Sorocaba: MNPEF, 2021. Disponível em: https://repositorio.ufscar.br/bitstream/handle/ufscar/14253/Produto_Educacional_-_Manual_de_experimentos_de_fisica_utilizando_o_smartphone.pdf?sequence=2. Acesso em: 11 ago. 2023.
- BATISTA, L.R.S. et al. A Realidade Virtual auxiliando o processo de ensino e aprendizagem de Geografia no Ensino Fundamental II: Proposta de Design de Conteúdo Imersivo baseado na BNCC. São Paulo: ICMC-USP, 2020. Disponível em: https://especializacao.icmc.usp.br/documentos/tcc/luis_batista.pdf. Acesso em: 11 ago. 2023.
- FERNANDES, J.B.A. Aquisição de dados com Arduino e Smartphone: Experimento do Pêndulo Simples. Recife: MNPEF, 2020. Disponível em: http://www.mnpef.ufrpe.br/sites/mnpef.ufrpe.br/files/documentos/produto_final_joao_bosco_araujo_fernandes.pdf.

BAUMAN BERTTI, C.V. et al. Determinação do módulo da Aceleração da Gravidade em um Experimento de Lançamento Horizontal usando o Detector de Som de um Smartphone. In: **Revista do Professor de Física**. Brasília: UnB, v. 6, n. 2, p. 10-24, 2022. Disponível em: <https://periodicos.unb.br/index.php/rpf/article/view/43178/34579>.

LANDEIRA, J.E.P.C. Pêndulo Simples: Tracker x Phypox. In: **Revista do Professor de Física**. Brasília: UnB, v. 4, n. 2, p. 91-108, 2020. Disponível em: <https://periodicos.unb.br/index.php/rpf/article/view/32312/27380>.

BEE, Helen; BOYD, Denise. Psicologias: uma introdução ao estudo de psicologia. 12. ed. Porto Alegre: Artmed, 2011.

INSTITUTO DE TECNOLOGIA DE MASSACHUSETTS. MIT APP INVENTOR. 2023. Disponível em: <https://appinventor.mit.edu/about-us>. Acesso em: 21 jan. 2023.
MOREIRA, Marcos Antônio. **Aprendizagem significativa:** a teoria de David Ausubel. São Paulo: Editora LTC, 2018.

FREIRE, P. **Pedagogia da autonomia:** Saberes necessários à prática educativa. 25. ed. São Paulo: Paz e Terra, 2002.

YOUNG, H. D.; FREEDMAN, R. A. **Física 2:** Termodinâmica e Ondas. 14. ed. São Paulo: Pearson Education do Brasil, 2016.

APÊNDICE

CONHECENDO O AMBIENTE DO MIT APP INVENTOR

O MIT App Inventor é um ambiente de programação visual intuitivo que permite a todos – até mesmo crianças – criar aplicativos totalmente funcionais para telefones Android, iPhones e tablets Android/iOS. Os novos no MIT App Inventor podem ter um primeiro aplicativo simples instalado e funcionando em menos de 30 minutos. Além disso, a ferramenta é baseada em blocos, facilitando a criação de aplicativos complexos e de alto impacto em muito menos tempo do que os ambientes de programação tradicionais. O projeto MIT App Inventor busca democratizar o desenvolvimento de software capacitando todas as pessoas, principalmente os jovens, a passar do consumo de tecnologia para a criação de tecnologia (MIT App Inventor, 2023).

Além disso, a possibilidade de exportar os dados coletados pelos sensores nativos dos *smartphones*, tornou a plataforma ideal para criação de aplicativos com o objetivo de realizar experimentos, onde o usuário pode relacionar as informações captadas com a literatura. Dessa forma, a plataforma MIT App Inventor abrange todas as necessidades que o produto educacional pretendido requer, e de maneira gratuita.

1. CRIANDO UM NOVO PROJETO

Para começar a usar a plataforma, o usuário deve acessar a plataforma através do link: <http://appinventor.mit.edu/explore/>. Na página inicial, para começar a desenvolver apps, deve-se clicar em "*Create apps!*" e, assim, criar sua conta gratuitamente. Após esta etapa, a plataforma apresentará o *layout* de controle, onde é exibida uma lista dos projetos já feitos (caso exista algum). Clicando em "Iniciar novo projeto" o usuário deverá nomear o seu projeto e, automaticamente, será encaminhado para o *layout* de desenvolvimento. O ambiente de desenvolvimento possui tradução para o português, como pode ser visto em destaque na figura 22.

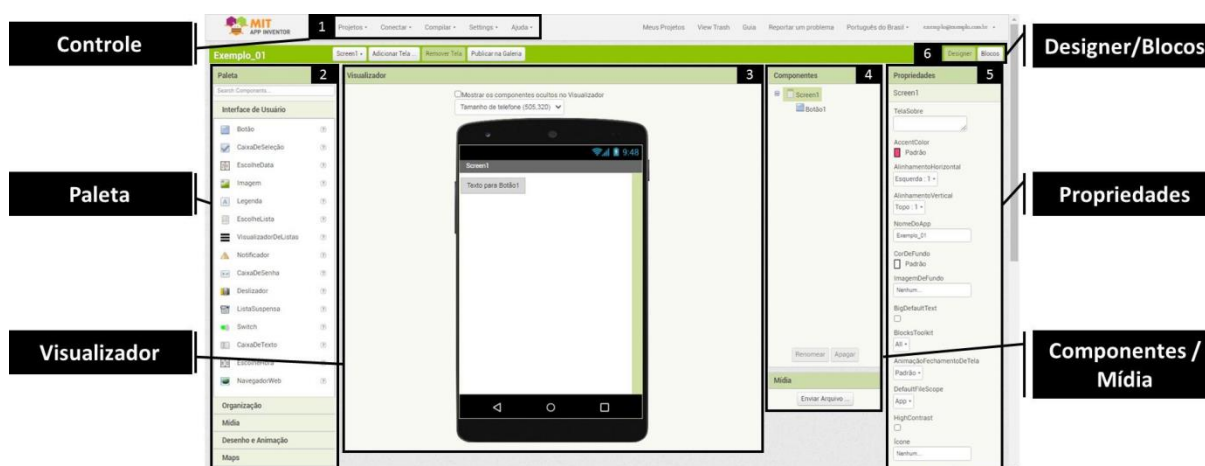
Figura 22 - Tela de gerenciamento de projetos do MIT App Inventor 2.



Fonte: Autor, 2024.

2. INTERFACE PRINCIPAL

Figura 23 - Interface principal.



Fonte: Autor, 2024.

A tela principal, exibida na figura 23, é dividida em áreas específicas, nomeadas “Paleta”, “Visualizador”, “Componentes” e “Propriedades”. A seguir descreve-se a função de cada uma delas.

Na paleta estão disponíveis todas as ferramentas de *layout* e controle programáveis na plataforma, para inserir qualquer componente em um projeto, basta selecioná-lo e arrastá-lo diretamente para dentro do *smartphone* que está no visualizador.

O visualizador é o local onde o usuário posiciona os componentes individuais, desenvolvendo o *layout* do seu projeto.

A área dos componentes permite a seleção rápida de elementos já inseridos no projeto, isto é útil quando queremos alterar características específicas deles. Também é possível renomear ou excluir componentes individualmente. Ainda nesta sessão, mais abaixo, em mídia, é possível importar imagens e sons para serem utilizados no projeto.

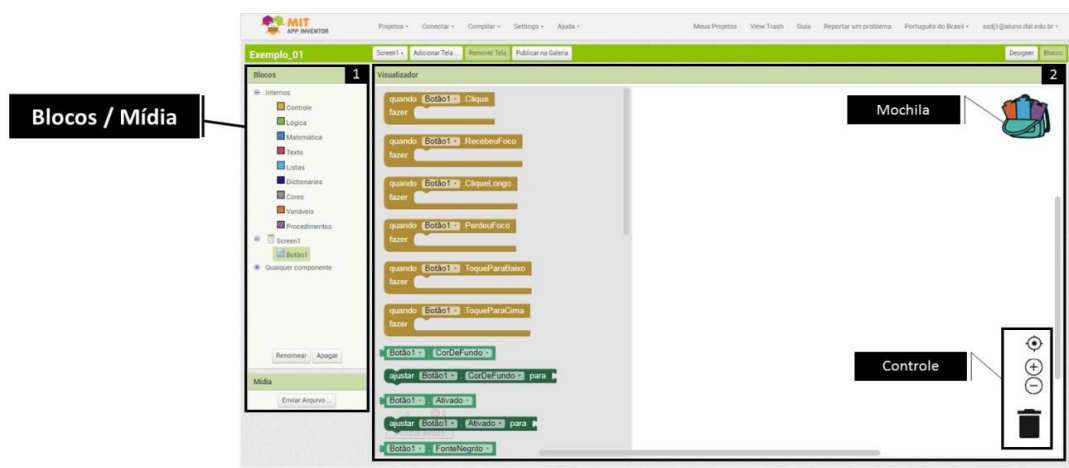
Em propriedades é possível alterar características detalhadas de cada componente, por exemplo, o tamanho da fonte, o tipo de centralização na tela, etc.

Portanto, a interface mostrada na figura 23, destina-se a ajustes de *layout* no aplicativo, além disso, o MIT App Inventor reserva uma área exclusiva para o desenvolvimento da lógica do app, chamada de “Blocos”. Pode-se alternar entre o designer da aplicação e a programação em blocos simplesmente clicando no botão 6 em destaque na figura.

3. PROGRAMANDO EM BLOCOS

Ao clicar no botão “Blocos” (fig. 23) será exibida a tela apresentada na figura 24. Esta nova tela é dividida nas áreas “Blocos/Mídia”, “Visualizador”, “Mochila” e “Controle”. O visualizador funciona de forma semelhante ao que já foi apresentado, permitindo definir visualmente (arrastar e soltar) o posicionamento dos componentes. Já na área “Blocos” é possível construir toda a lógica de programação do projeto. Ao selecionar um componente, uma lista é apresentada com as funções e ações que podem ser executadas por aquele componente. A “Mochila” serve para armazenar códigos que venham a ser reutilizados em outro momento e o “Controle” ajusta as dimensões do visualizado, além de centralizar tudo ou excluir. Para excluir é preciso apenas selecionar os blocos desejados e arrastar até a lixeira.

Figura 24 - Interface de blocos.



Fonte: Autor, 2024.

A figura 25 mostra um dos conjuntos de blocos que foram programados pelos autores no desenvolvimento de um aplicativo. Neste trecho, informam-se as ações que serão tomadas quando o usuário clicar no botão nomeado “Iniciar”. Podemos notar que, há um bloco específico para o evento “Clique”, só foi possível ser acessado

após adicionar-se um botão ao *layout* e, em seguida, alternar para programação em “Blocos” (indicado na figura 23). Dentro do bloco “Clique”, foram ordenadas ações específicas destinadas a, por exemplo, ativar o sensor de luminosidade do aparelho e o temporizador responsável pela contagem dos intervalos de tempo (linhas 1 e 2) e desativar o próprio botão “Iniciar” para que ele não seja acionado uma segunda vez por acidente (linha 3). A linha 4 acessa o sensor de luminosidade e armazena o valor obtido na variável global “Luminosidade”; a linha 5, em sequência, exibe este valor para o usuário através do texto “Luminosidade” incluído na tela do APP. Por fim, a linha 6 chama o procedimento responsável por desenhar o gráfico para a visualização dos dados.

Figura 25 - Blocos de comando para o botão “Iniciar”.



Fonte: Autor, 2024.

Inicialmente toda essa informação pode complicar o entendimento da lógica, contudo, perceba a praticidade de utilizar blocos na programação, ao invés de várias linhas de códigos complicados, se trabalha de forma simples e eficiente no desenvolvimento de ferramentas com potencial incrível.

Para o aprofundamento na programação em blocos, os interessados poderão recorrer ao próprio site do MIT App Inventor, onde há vários tutoriais e exemplos.