



UNIVERSIDADE FEDERAL DE PERNAMBUCO
CAMPUS AGRESTE
NÚCLEO DE FORMAÇÃO DOCENTE
CURSO DE FÍSICA – LICENCIATURA

PAULO JUNIOR DE SOUSA

**DESENVOLVIMENTO DE PROTÓTIPO DE APLICATIVO INTERATIVO PARA O
ENSINO DE FÍSICA: Estudo do movimento de um Pêndulo Simples**

Caruaru
2024

PAULO JUNIOR DE SOUSA

**DESENVOLVIMENTO DE PROTÓTIPO DE APLICATIVO INTERATIVO PARA O
ENSINO DE FÍSICA: Estudo do movimento de um Pêndulo Simples**

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado à
Coordenação do Curso de Licenciatura em Física
do Campus Agreste da Universidade Federal de
Pernambuco – UFPE, na modalidade de
monografia, como requisito parcial para a obtenção
do grau de Licenciado em Física.

Área de concentração: Ensino (Física)

Orientador (a): Profa. Dra. Kátia Calligaris Rodrigues

Coorientador (a): Profa. Dra. Luciana Lopes Freire

Caruaru

2024

Ficha de identificação da obra elaborada pelo autor,
através do programa de geração automática do SIB/UFPE

Sousa, Paulo Junior de.

Desenvolvimento de protótipo de aplicativo interativo para o ensino de física:
Estudo do movimento de um Pêndulo Simples / Paulo Junior de Sousa. -
Caruaru, 2024.

56 p. : il., tab.

Orientador(a): Kátia Calligaris Rodrigues

Coorientador(a): Luciana Lopes Freire

Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação) - Universidade Federal de
Pernambuco, Centro Acadêmico do Agreste, Física - Licenciatura, 2024.

Inclui referências, apêndices.

1. aplicativo. 2. ensino de física. 3. pêndulo simples. 4. TICs. I.
Rodrigues, Kátia Calligaris. (Orientação). II. Freire, Luciana Lopes .
(Coorientação). IV. Título.

530 CDD (22.ed.)

PAULO JUNIOR DE SOUSA

**DESENVOLVIMENTO DE PROTÓTIPO DE APLICATIVO INTERATIVO PARA O
ENSINO DE FÍSICA: Estudo do movimento de um Pêndulo Simples**

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado à
Coordenação do Curso de Licenciatura em Física
do Campus Agreste da Universidade Federal de
Pernambuco – UFPE, na modalidade de
monografia, como requisito parcial para a obtenção
do grau de Licenciado em Física.

Aprovado em: 21/10/2024

BANCA EXAMINADORA

Prof^a. Dr^a. Kátia Calligaris Rodrigues (Orientadora)
Universidade Federal de Pernambuco

Prof^a. Dr^a. Diana Patrícia Gomes de Almeida (Examinadora Interna)
Universidade Federal de Pernambuco

Prof. Dr. João Eduardo Fernandes Ramos (Examinador Interno)
Universidade Federal de Pernambuco

Dedico esse trabalho a meus pais, que sempre incentivaram meus estudos.

AGRADECIMENTOS

Primeiramente agradeço a Deus por toda sabedoria e conhecimento nessa jornada da vida.

Agradeço a meus país, por sempre incentivar os meus estudos e me apoiar nas minhas decisões, sempre me encorajando a alcançar os meus sonhos.

Agradeço a todos os professores da Universidade Federal de Pernambuco que fizeram parte da minha caminhada acadêmica, tanto pelas contribuições profissionais, como também pessoais.

Agradeço de modo especial a minha orientadora, Profa. Dra. Kátia Calligaris Rodrigues, e a coorientadora, Profa. Dra. Luciana Lopes Freire por todo apoio e suporte para realização desse trabalho.

RESUMO

Nas últimas décadas, as Tecnologias da Informação e Comunicação trouxeram transformações significativas nos meios de produção e compartilhamento da informação, modificando a organização social e suas relações. Entre essas tecnologias os dispositivos móveis, compostos na maior parte por smartphones, tem modificado o modo de vida das pessoas e representa um marco importante na sociedade moderna, devido à mobilidade, acessibilidade e funcionalidades desses aparelhos. Ao considerar o uso dos dispositivos móveis na educação observa-se uma grande preocupação com os impactos causados pelas distrações dos estudantes em sala de aula. No entanto o professor pode ressignificar a presença desses dispositivos dentro e fora da sala de aula ao introduzi-los como instrumento de aprendizado, em decorrência dos vários recursos que possuem seja para comunicação entre os alunos, pesquisa, simulações e outras funcionalidades que possibilitam a aprendizagem, principalmente nas disciplinas de ciências. Diante das potencialidades dessas tecnologias, o presente trabalho tem como resultado desenvolver um protótipo de aplicativo para dispositivos móveis, de sistema operacional Android, voltado para a aprendizagem da temática pêndulo simples. Para tanto, o aplicativo utiliza metodologias diversificadas como simulador, atividades, abordagem conceitual e matemática, e curiosidades sobre o tema, dispondo de elementos gráficos dinâmicos e questionamentos ao longo da execução do aplicativo, proporcionado a reflexão, análise e investigação dos princípios físicos envolvidos no movimento do Pêndulo Simples.

Palavras-chave: aplicativo; ensino de física; pêndulo simples; TICs.

ABSTRACT

In recent decades, Information and Communication Technologies have brought significant transformations to the means of production and sharing of information, altering social organization and its relationships. Among these technologies, mobile devices, primarily smartphones, have changed people's lifestyles and represent an important milestone in modern society due to their mobility, accessibility, and functionalities. When considering the use of mobile devices in education, there is great concern about the distractions they cause to students in the classroom. However, teachers can reinterpret the presence of these devices both inside and outside the classroom by introducing them as learning tools, due to the various resources they offer, such as communication among students, research, simulations, and other functionalities that enable learning, especially in science subjects. Given the potential of these technologies, the aim of this work is to develop a mobile application prototype for Android operating systems focused on learning the concept of the simple pendulum. To this end, the app uses various methodologies such as simulation, activities, conceptual and mathematical approaches, and curiosities about the topic, with dynamic graphic elements and questions throughout the app's execution, encouraging reflection, analysis, and investigation of the physical principles involved in the motion of the Simple Pendulum.

Keywords: app; physics education; simple pendulum; ICTs.

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Figura 1 –	Demonstração de Galileu.	24
Figura 2 –	Diagrama do Pêndulo Simples	26
Gráfico 1 –	Gráficos de $f(x) = x$ e $f(x) = \sin(x)$ versus x	28
Gráfico 2 –	Erro relativo entre o período exato e a aproximação $\sin\theta \approx \theta$	29
Figura 3 –	Informações sobre tamanho do frame, paletas de cores e fontes	33
Figura 4 –	Criação da animação do movimento de um pêndulo simples	34
Figura 5 –	Código utilizado para determinar a posição do pêndulo a cada frame	35
Figura 6 –	Valores gerados do código da figura 5	35
Figura 7 –	Telas de inicialização	38
Figura 8 –	Telas da seção principal	39
Figura 9 –	Telas de questionamentos da seção principal	40
Figura 10 –	Telas da seção simulador	41
Figura 11 –	Telas de questionamentos da seção simulador	42
Figura 12 –	Telas da seção atividades	43
Figura 13 –	Telas da seção explorar	44
Figura 14 –	Tela de finalização e tela de perfil	45

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO.....	10
2	FUNDAMENTAÇÃO TEORICA.....	13
2.1	O USO DAS TECNOLOGIAS DA INFORMAÇÃO E COMUNICAÇÃO NO ENSINO DE FÍSICA.....	13
2.1.1	O uso de dispositivos móveis para o ensino de física.....	17
2.2	DESENVOLVIMENTO DE INTERFACES DIGITAIS.....	20
3	O PÊNDULO SIMPLES.....	23
3.1	ASPECTOS HISTÓRICOS SOBRE O PÊNDULO SIMPLES.....	23
3.2	SÍNTESE MATEMÁTICA DO MOVIMENTO DE UM PÊNDULO SIMPLES.....	26
4	METODOLOGIA.....	31
4.1	CONSTRUÇÃO DO PROTÓTIPO.....	32
4.2	CRIAÇÃO DOS GIFS.....	33
5	RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	37
6	CONCLUSÃO.....	47
	REFERÊNCIAS.....	49
	APÊNDICE A – DIAGRAMA DO APLICATIVO FÍSICOS	52
	APÊNDICE B – TELAS DO PROTÓTIPO.....	53

1 INTRODUÇÃO

O desenvolvimento das Tecnologias da Informação e Comunicação (TICs) nas últimas décadas se constitui um dos grandes avanços da humanidade, considerando que cada vez mais a população tem incorporado essas tecnologias em seu cotidiano. Segundo dados do IBGE (Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística) (2024) em pesquisa realizada em 2023 pela Pesquisa Nacional por Amostra de Domicílios Contínua (PNAD Contínua) sobre módulo de Tecnologia da Informação e Comunicação cerca de 92,5% dos domicílios brasileiros possuía acesso à internet com alta 1,0 ponto percentual (p.p.) em relação ao ano de 2022, segundo a mesma pesquisa os celulares lideravam entre os dispositivos utilizados para acessar a internet, representando 98,8%.

Assim, por fazer parte da construção humana, as TICs estão modificando as formas das pessoas se relacionarem, interagir e comunicar, trazendo impactos na própria organização social como um todo. Ou seja, “Segundo Lévy (2009), a cultura digital significa acesso à rede como um meio de comunicação, possibilitando que as pessoas possam aprender novas formas de se organizarem e viverem em sociedade” (Goedert; Arndt, 2020, p.115). O acesso às TICs tornou-se ainda mais facilitado com o advento dos aplicativos para dispositivos móveis, compostos em sua grande maioria por dispositivos com sistema operacional Android.

Ao considerar o uso desses dispositivos na educação observamos uma grande preocupação com os impactos na aprendizagem causados pelas distrações dos estudantes em sala de aula (Ferreira *et al.*, 2021).

No entanto, assim como o uso de outras TICs foram consolidadas como ferramentas poderosas no processo de ensino e de aprendizagem, o professor como agente transformador pode ressignificar a presença desses dispositivos na sala de aula ao introduzi-los como instrumento de aprendizado. Ferreira e colaboradores (2021), apontam que há uma variedade de recursos disponíveis para comunicação entre os alunos, para pesquisa, e em especial como simuladores experimentais para as disciplinas de ciências, o que pode ser de grande valia, pois, na maioria dos casos as escolas não possuem estruturas e equipamentos para realização de experimentos.

Aguiar, Sousa, Machado e Santos (2020) preceituam que o ensino de Física enfrenta dificuldades em sua efetivação com a falta de equipamentos e laboratórios. Oliveira e Simões (2021), Bastos (2020), Anastacio e Voelke (2020), Almeida (2018) e Cavalcante, Sales e Silva (2018) de outra forma,

apontas saídas para os problemas enfrentados em sala de aula pelos professores de Física, aliando o uso de tecnologias digitais, principalmente por meio de aplicativos para auxiliarem no processo de ensino aprendizagem, de tal modo que reforcem positivamente ou consolidem determinados conceitos enfocados (Ferreira *et al.*, 2021, p.4).

Logo, o professor poderá utilizar da criatividade para superar essas limitações e inovar, trazendo formas alternativas e acessíveis do uso desses aplicativos para sua prática.

A necessidade de repensar abordagens alternativas para o ensino de ciências, considerando o uso de ferramentas modernas, é uma tarefa não apenas das instituições educacionais, mas também dos professores, que precisam conhecer a realidade e os recursos disponíveis para então planejar e executar as suas aulas (Teixeira, 2016). Assim, ao considerar que muitas escolas não possuem laboratórios e equipamentos adequados para realização de experimentos no ensino de Física, a utilização de aplicativos em dispositivos móveis apresenta-se como uma alternativa adequada. Sobre o uso de tecnologias móveis (TM), Silva (2018) pondera:

A partir da utilização das TM em aulas de Física, percebemos que há várias possibilidades para o processo de construção do conhecimento, dentre essas possibilidades, estão o acesso as simulações, vídeos, trocas de informações, calculadoras e outros recursos que são atrativos e dinâmicos que pode propiciar ao aluno a oportunidade de aprendizagem (Silva, 2018, p.42).

Ao reconhecer as potencialidades desses dispositivos para o ensino-aprendizagem de física, o presente trabalho tem como finalidade desenvolver um protótipo de aplicativo para dispositivos móveis, de sistema operacional Android, voltado para a aprendizagem da temática pêndulo simples. A proposta do nosso aplicativo é integrar abordagens de aprendizagem reflexiva e investigativa no ensino do pêndulo simples que favoreça uma aprendizagem dinâmica e interativa. Para tal, no protótipo fazemos a utilização de questionamentos e instruções, além de explorar curiosidades e imagens dinâmicas, com o objetivo de despertar o interesse e a motivação dos estudantes. Assim sendo, esse trabalho tem a intenção de desenvolver não apenas um recurso específico para ensino de física, mas um ambiente virtual em que seja possível explorar aspectos físicos, experimental, conceitual e matemático do pêndulo simples.

Selecionamos o tema de pêndulo simples, pois é um tema importante no estudo de Movimentos Harmônico Simples (MHS), principalmente na compreensão de conceitos como frequência e período, que são fundamentais no entendimento de

movimentos oscilatórios. Os princípios físicos e históricos, relacionados a esse instrumento, se constituem em um recurso rico em conhecimentos, sendo possível a abordagem, além do MHS, dos estudos de movimento circular e das leis de Newton. No âmbito histórico, os pêndulos tiveram uma enorme contribuição para o avanço científico ao serem utilizados para marcação do tempo com mais exatidão e para comprovação da rotação da terra, se constituindo em um instrumento simples, elegante e funcional, como relatam Pires (2008), Mendes, Batista (2014).

Então, apresentamos nossos objetivos para esse Trabalho de Conclusão de Curso:

Objetivo Geral

Desenvolver um protótipo de aplicativo para dispositivos móveis, de sistema operacional Android, voltado para a aprendizagem da temática pêndulo simples.

Objetivos específicos

- Aplicar os princípios básicos de design a fim de propiciar navegabilidade, usabilidade e uma melhor experiência digital para o usuário
- Estabelecer momentos de interação entre o usuário e o conteúdo de pêndulo simples
- Proporcionar interação reflexiva e *feedback* entre o usuário e o conhecimento de pêndulo simples

2 FUNDAMENTAÇÃO TEORICA

2.1 O USO DAS TECNOLOGIAS DA INFORMAÇÃO E COMUNICAÇÃO NO ENSINO DE FÍSICA

Frequentemente, a disciplina de física é considerada difícil, metódica e descontextualizada por uma parcela considerável dos estudantes do ensino médio, Esteves (2019, p.4) aponta que "ensinar física é uma tarefa árdua e muito complexa, devido a muitos preconceitos trazidos por diversos estudantes, principalmente da rede pública, ancorados que é muito difícil, pavorosa, complicada e muito chata." Essa rejeição as aulas de física podem estar associadas as metodologias utilizadas por professores que priorizam as metodologias tradicionais, limitando suas abordagens a apresentações conceituais e aplicações de fórmulas físicas, atentando aos aspectos mais matemáticas que físicos.

Nessas metodologias frequentemente utilizadas, os alunos são submetidos de forma passiva a aprendizagem, não participando ativamente na construção e descoberta do conhecimento, apenas recebendo como meros receptores, segundo Meier e Garcia (2007, p.71) "é o que Paulo Freire critica quando cria a expressão 'educação bancária' em que a aprendizagem ocorre pelo deposito de informação na cabeça do aluno pelo professor 'transmissor, detentor' do conhecimento, do poder e das informações".

No contexto atual essa passividade na aprendizagem não ocorre apenas no âmbito escolar, os estudantes estão constantemente submetidos a rios de informação através das redes sociais e sites, que privilegia o acesso demasiado a informação com o objetivo de atrair a atenção dos usuários/consumidores, sendo assim, os estudantes estão constantemente sujeitos ao excesso de informações seja no ambiente escola ou fora dele, então como o professor de física pode cativar os estudantes e tornar o aprendizado mais envolvente, motivador, e significativo?.

A inclusão das Tecnologias da Informação e Comunicação (TICs) nas práticas pedagógicas dos professores de física pode ser uma solução viável, já que, a dificuldade em promover uma aprendizagem eficiente se torna maior quando o professor utiliza somente a exposição direta do conhecimento em sua metodologia, não permitindo aos alunos uma diversificação de sua aprendizagem e consequentemente o desenvolvimento do seu potencial, ao integrar as TICs em suas

metodologias o professor deixa de considerar o aluno como um agente passivo do processo de ensino e passa a considera-lo como um agente ativo que não absorve conhecimento mas que constrói juntamente com o professor. Para Ferreira e colaboradores:

A escola deve deixar de ser simplesmente transmissora de informação e direcionar sua intenção com a aprendizagem, pois o objetivo da aprendizagem é a busca da informação significativa, da pesquisa, o desenvolvimento de projetos e não somente a transmissão de conteúdos específicos. E a tecnologia está aí como um instrumento para essa aprendizagem (Ferreira *et al.*, 2021, p.4).

No contexto social, as TICs fazem parte da sociedade moderna, sendo indispensáveis no mundo globalizado, graças as funcionalidades essas tecnologias tem sido incorporadas em diferentes setores da sociedade. "Dito de outra maneira, a cultura digital já é parte da sociedade e trouxe, doravante, grandes mudanças em praticamente todos os segmentos sociais" (Novaes *et al.*, 2021, p.3). Entre os jovens da geração digital essas tecnologias são indispensáveis no cotidiano, as utilizando em todos os aspectos da vida. "Nossos alunos de hoje vivem em uma realidade totalmente digital envolvidos com jogos, internet, computadores, Smartphones e tablets, sendo assim denominados, de acordo com Prensky (2001), de "nativos digitais" (Teixeira, 2016, p.33). Assim, as TICs já estão presentes no cotidiano dos alunos que as utilizam para comunicação, pesquisa e entretenimento, como aponta Bertusso *et al.* (2020, p.3) "Já os nossos alunos têm o seu cotidiano totalmente imerso em tecnologia, que modifica a forma de se comunicar, se relacionar, de aprender e vive".

Na educação, as TICs têm tido um impacto significativo na sociedade, especialmente na vida dos alunos, mudando a forma com que os alunos aprendem e os professores ensinam, oferecendo novas possibilidades e oportunidades. Com essas tecnologias, os professores podem criar experiências de aprendizagem mais envolventes e interativas, que podem ser personalizadas de acordo com as necessidades e habilidades dos alunos. "As tecnologias devem ser pensadas e incorporadas ao processo de ensino-aprendizagem com este propósito, extrapolando o caráter instrumental que carregam para se constituírem em recursos didáticos promotores de aprendizagens" (Goedert; Arndt, 2020, p.117), em consonância Esteves destaca:

Faz-se necessário o uso das TIC no ensino, sobretudo no ensino de Física, pois todo aparato tecnológico, de informação e comunicação ajuda a estabelecer um certo grau de proximidade entre o que sabe e o que se pode saber, pois os estudantes, de modo geral, estão cansados de aulas

“robóticas”, “mecânicas” e “estáticas” dentro da sala de aula (Esteves, 2019, p.12).

Entre as abrangências das TICs, as tecnologias digitais são as que mais se sobressaem por sua capacidade de compartilhamento e processamento da informação, compreendidas como tecnologias que utilizam sistemas binários de processamento, tais como computadores, câmeras de vídeo, smartphones, tablets, Smart TVs, sistemas wireless, internet, entre outros dispositivos (Silva, Voelzke, 2021). As tecnologias digitais tem provocado impactos significativos na aprendizagem, oportunizando que os alunos aprendam em seu próprio ritmo, proporcionando o desenvolvimento de sua autonomia, e oferecendo acesso a uma variedade de recursos educacionais que podem ser acessados em diferentes plataformas e dispositivos (Goedert, Arndt, 2020). Com as tecnologias digitais, os alunos podem aprender através de vídeos, jogos, simulações e outros tipos de conteúdos interativos, como colocam Bertusso e colaboradores:

Estimular e propor momentos em que os alunos possam investigar, experimentar e interagir com o saber científico, é proporcionar condições e aumentar as possibilidades cognitivas desses alunos. Dessa forma quando os professores utilizam e estimulam o uso das TICs, estarão fornecendo condições para que os seus alunos criem suas próprias condições para a apropriação dos conceitos.(Bertusso *et al.*, 2020, p.4).

As TICs podem ser uma grande aliada dos professores de física, visto que eles têm encontrado dificuldade em promover a motivação dos alunos na disciplina devido ao baixo interesse dos alunos, essa desmotivação dos alunos pode estar associada as metodologias utilizadas pelos próprios professores que em grande parte priorizam a memorização e aplicação de formulas físicas, não oportunizando ao aluno a reflexão sobre a natureza física relacionados a essas fórmulas. Nesse contexto, Silva pondera que:

Durante as aulas de Física, alguns alunos sentem-se insatisfeito com relação a disciplina, por não gostar e ter dificuldade em aprender, percebemos que o ensino de Física está baseado de forma tradicional, onde ensinam apenas com livros, resoluções de problemas e poucos experimentos, muitas das vezes o ensino se dar pelo meio transmissor e receptor, ou seja, o professor transmite e o aluno recebe como forma de uma aprendizagem bancária (Silva, 2018, p.44).

Ao incorporarem as tecnologias em suas práticas, os professores oportunizam condições para tornar as aulas mais dinâmicas e interativas, tendo em vista os vários recursos que esses dispositivos possuem, a depender do planejamento e objetivo do

professor, sendo possível utilizá-las para pesquisas, experimentos virtuais, jogos educativos, videoaulas, sites, aplicativos educacionais, comunicação entre os alunos, palestras online e visitas a museus virtuais, diversificando o aprendizado e contribuindo para motivação dos alunos, tendo em vista que essas tecnologias fazem parte do cotidiano dos alunos e os recursos que oferecem, de acordo com Teixeira,

Essa motivação que tanto buscamos pode vir através do uso das TICs. Aproximar o aluno da sala de aula, tornar as aulas mais interessantes e atrativas, dar foco aos estudos, sem os alunos precisarem largar de lado aquilo que tanto os encanta, essas devem ser atitudes a serem tomadas em sala, e que com o auxílio das mídias, podemos conseguir (Teixeira, 2016, p.28).

Dessa forma, as tecnologias digitais podem oferecer novas oportunidades para tornar o aprendizado mais envolvente, personalizado e acessível para os alunos. Por isso, é fundamental que as escolas e os professores estejam preparados para enfrentar os desafios e explorar as possibilidades oferecidas pelas tecnologias digitais, a fim de proporcionar uma educação de qualidade e atualizada às necessidades da sociedade atual. A imersão dos alunos no ambiente digital não é uma exigência apenas da sociedade contemporânea que espera da escola uma adaptação as novas formas de produção e compartilhamento da informação, mas também da própria educação que deve está alinhada a evolução da sociedade, fazendo uso de todos os recursos disponíveis que essa evolução proporciona, de modo a aproximar a realidade da escola ao cotidiano dos alunos.

Se antes os livros eram a principal fonte de informação hoje não são mais, as mídias digitais vêm cada vez mais ocupando esse espaço, assim o professor deve buscar novas abordagem para o ensino que privilegie o desenvolvimento do pensamento crítico, a autonomia e a criatividade dos alunos, extrapolado a simples memorização enraizada em metodologias tradicionais, como observa Teixeira:

No início, os únicos recursos disponíveis para os professores eram livros e giz, mas com o avanço das tecnologias e as mídias cada vez mais sofisticadas, os Smartphones e outros dispositivos passaram a ser recursos quase que obrigatórios para auxiliar o professor e ampliar o uso dessas tecnologias em sala de aula. Para os alunos, quando lhes é facultado a opção de usar seus aparelhos durante as aulas, o ensino passa a se tornar mais prazeroso e a aprendizagem se torna mais agradável (Texeira, 2016, p.30).

De fato, a sociedade contemporânea exige das instituições de ensino uma renovação tecnológica, já que todos os setores da sociedade têm sofrido transformações significativas em virtude dos avanços tecnológicos, o mundo moderno

não é o mesmo de décadas atrás, as escolas e os professores tem que acompanhar essas mudanças, caso contrário a educação irá se tornar descontextualizada. Como destaca Novaes e colaboradores:

Dito de outra maneira, a cultura digital já é parte da sociedade e trouxe, doravante, grandes mudanças em praticamente todos os segmentos sociais. Na educação, as características e práticas sociais dessa nova realidade implicam a necessidade de mudanças no fazer docente, anteriormente pautado, de forma restrita, na memorização e repetição de informações, sem considerar a individualidade do aluno (Novaes *et al.*, 2021, p.3).

2.1.1 O uso de dispositivos móveis para o ensino de física

No contexto educacional, o uso de tecnologias móveis tem preocupado especialistas da educação e tem dividido opiniões sobre os impactos dessas tecnologias no processo de ensino e de aprendizagem nas instituições de ensino, principalmente em relação a distrações dos alunos em sala de aula, como aponta Teixeira:

Por atrapalharem a aprendizagem e dificultarem a concentração, os celulares se tornaram vilões em sala de aula. As proibições do uso dos aparelhos eletrônicos durante as aulas são constantes. Para tentar conter o uso exagerado, várias medidas são tomadas, como leis estaduais e municipais que proíbem o uso desses equipamentos em ambiente escolar, que em nada adiantam (Teixeira, 2016, p. 17).

A proibição desses dispositivos móveis entra em conflito com a própria realidade do aluno que está familiarizado com o uso do smartphone em seu cotidiano, assim como com a própria sociedade que espera das instituições de ensino a adaptação aos avanços tecnológicos e a incorporação das Tecnologias da Informação e Comunicação em suas práticas pedagógicas. Ou seja, as “tecnologias digitais, entendidas aqui como artefatos culturais de nossa sociedade, contribuem para a ressignificação nas mais diferentes esferas da organização social, sejam elas culturais, políticas, econômicas ou educacionais” (Goedert; Arnt, 2020, p.107).

Embora haja essa desconfiança sobre o uso desses dispositivos nas instituições de ensino, os alunos já os utilizam para aprender, por meio de vídeo aulas, pesquisas na internet e aplicativos. A aprendizagem móvel já é uma realidade que cada vez mais tem se tornado presente na vida dos alunos que diante dos vários recursos que esses dispositivos oferecem, veem como uma alternativa diferenciada e atrativo para aprender. É possível compreender o conceito de aprendizagem móvel a partir de Silva (2018):

A aprendizagem móvel (m-learning) acontece a partir da utilização dos dispositivos móveis como celular e tablet. Para compreender a m-learning é preciso criar um ambiente tecnológico, no qual os dispositivos móveis são capazes de favorecer um ambiente para o processo de aprendizagem, que disponibilize recursos para trocas de informações e uma participação ativa para a construção do seu próprio conhecimento (Silva, 2018, p.44).

A inserção desses dispositivos nas práticas pedagógicas tanto dentro como fora da sala de aula das instituições de ensino é fundamental para a inclusão digital dos alunos, oportunizando ambientes diversificados de aprendizagem.

Desta forma, é importante uma reflexão quanto ao uso dos aparatos tecnológicos no processo de ensino-aprendizagem, haja vista que alguns dispositivos móveis, como smartphone e tablet, fazem parte do cotidiano de muitos alunos e podem ser inseridos na educação de modo a propiciar uma aprendizagem significativa (Veiga, 2018, p.14).

As tecnologias móveis tem muito a contribuir com a aprendizagem dos alunos em razão da capacidade computacional desses dispositivos que permitem o acesso à informação e ao conhecimento através da internet, além das várias ferramentas que possuem como sensores, câmera, calculadora científica, cronômetro e vários aplicativos funcionais para as mais diversas atividades e setores. “As TM apresentam novas funcionalidades que podem proporcionar um potencial para o uso de novas ferramentas para aprendizagem com efeito significativo e, uma interação com a sociedade e o mundo” (Silva, 2018, p.42). Os aplicativos são as principais ferramentas desses dispositivos principalmente por causa da facilidade na instalação sendo necessário apenas o download em lojas virtuais e suas extensas funcionalidades que atendem as necessidades de setores específicos, como os aplicativos educativos.

Ademais, os aplicativos podem trazer consigo texto, som, imagem, vídeo, acesso à internet entre outros recursos que podem ser empregados como ferramentas no âmbito educacional, além de ser um ambiente que propicia ao aluno estudar no local e no momento por ele desejado (Veiga, 2018, p.16).

Ao considerar o uso de aplicativos na educação, em especial para o ensino-aprendizagem de física identificamos os vários benefícios e potencialidades que esses softwares oferecem, os aplicativos são ferramentas que disponibilizam uma série de recursos interativos que possibilitam aprimorar a aprendizagem e o ensino de conceitos e princípios da física, dado que a física é uma disciplina que muitas vezes é vista pelos estudantes como difícil e complexa, devido à natureza abstrata e matemática dos seus conceitos. “As dificuldades apresentadas por alunos em seu primeiro contato com a disciplina de Física, alguns sentem-se frustrados e carregam

consigo essa frustração por toda vida, pois aprender Física exige disciplina e dedicação” (Silva, 2018, p.44). Nessa perspectiva, os aplicativos podem ser uma forma de tornar o aprendizado mais atraente, interativo e compreensível para os alunos, atuando como suporte pedagógico aos professores de física, como pondera Silva:

Percebemos que há uma necessidade de inclusão das TM e com o uso de aplicativos a aula pode tornar mais dinâmica e atrativa e facilitar o processo de ensino e de aprendizagem. No entanto, as TM não irão mudar a educação e sim, como suporte pedagógico em aulas de Física e possivelmente nas demais disciplinas (Silva, 2018, p.46).

Esse suporte pedagógico que os aplicativos oportunizam tem potencial de superar algumas deficiências estruturais que algumas escolas possuem, sobretudo no ensino de física, como a física é uma ciência que vai além da abordagem teórica sendo de fundamental importância complementar com a realização de experimentos e demonstrações de princípios físicos, algumas escolas não possuem laboratórios ou equipamentos que viabilizem essas atividades como aponta Ferreira *et al.* (2021). Nesse cenário, os dispositivos móveis podem ser uma alternativa, na ausência desses aparatos para substituir essas atividades, graças aos vários recursos digitais que possuem, como aplicativos de simulações físicas, acesso a sites online que também disponibilizam essas simulações e outros recursos que oportuniza a pesquisa, investigação, análise e reflexão de temas da física, como coloca Teixeira, esses recursos:

Uma infinidade de aplicativos podem ser utilizados como ferramentas para aprendizagem, por exemplo: dicionários, mapas e localizações online, quis com questões de várias disciplinas, vídeo aulas, e-books com conteúdos, arte e vida de muitos pintores, tabela periódica, calculadoras científicas, experimentos, simulações, equações, história da ciência, tradutores, editores de fotos e vídeos (Teixeira, 2016, p. 21).

Ademais, os professores podem incentivar o uso dos dispositivos móveis para a aprendizagem fora da escola, diversificando os espaços e oportunizando novas estratégias de ensino que não se limitem ao espaço escolar, permitindo que o aluno estude em qualquer lugar e a qualquer hora. “Para o professor, tais tecnologias dão suporte no processo de transmissão do conhecimento e desenvolvimento de métodos inovadores, e pode aumentar os limites físicos da sala de aula de forma que o aluno aprenda em qualquer lugar” (Silva, 2018, p.23). Diante disto, os professores devem pensar em metodologias ativas com a utilização dos dispositivos móveis que favoreça o desenvolvimento da autonomia e do pensamento crítico-reflexivo dos alunos,

colocando os mesmos no centro do processo de ensino-aprendizagem. “O docente se atualizando e dominando a tecnologia pode proporcionar uma melhor qualidade no ensino, uma vez que irá utilizar as tecnologias ao seu alcance para tornar a aula mais dinâmica” (Ferreira *et al.*, 2021, p.4).

2.2 DESENVOLVIMENTO DE INTERFACES DIGITAIS

Os avanços das tecnologias digitais nas últimas décadas têm transformado significativamente a organização da sociedade e suas relações, modificando os meios de produção e compartilhamento da informação. “Ao observar os impactos das tecnologias da informação, se notará o quanto estas modificaram a própria estrutura da sociedade urbanizada: instituições, organizações e grande parte da população utilizam alguma forma de produto digital” (Grilo, 2019, p.24). Atualmente a indústria digital tem um papel importante no comércio mundial e na vida das pessoas, produzindo várias redes e produtos digitais para facilitar e otimizar o trabalho e a vida da população, esta que incorpora esses produtos no seu cotidiano para diversas finalidades, como comunicação, entretenimento, negócios, transações bancárias entre outras atividades. Podemos entender produtos digitais segundo Grilo como

São considerados produtos digitais os programas de computador, aplicativos móveis, páginas da web, realidades virtual e aumentada e outras formas de interação mediadas por tecnologias da informação. Produtos digitais são baseados no ambiente da web ou em dispositivos (desktop ou mobile), e permitem que iniciativas e negócios entreguem valor por meio de interfaces digitais (Grilo, 2019, p.23).

Nos produtos digitais essas interfaces digitais são intermediadoras entre a solução lógica computacional do produto, que apresenta soluções para algum problema e o usuário, que busca interagir com esse produto, as interfaces são responsáveis por definir as qualidades e funcionalidades de um produto, já que são através delas que o usuário utiliza e interage com o produto, construindo a experiência do usuário e as percepções sobre o produto. O desenvolvimento dessas interfaces vai além do aspecto estético, envolvendo aspectos funcionais, técnicos e humanos. Nesse desenvolvimento são considerados por Grilo (2019) alguns fundamentos que corroboram para a experiência do usuário: Usabilidade, Acessibilidade, Design Centrado no Usuário e Design Participativo.

A usabilidade refere à facilidade com que os usuários podem aprender a utilizar um sistema e atingir seu objetivo, para isso o produto deve oferecer as qualidades de ser funcional, confiável, usável e agradável. Interfaces bem projetadas devem minimizar a carga cognitiva utilizando uma linguagem de fácil compreensão, ou seja, reduzir o esforço mental necessário para interagir com a interface. A acessibilidade assim como a usabilidade se refere a facilidade de utilizar as interfaces, mas ampliando a flexibilidade para a inclusão e contextualização de pessoas com deficiência, com a capacidade de se adaptar as necessidades desse público. O fundamento Design Centrado no Usuário, caracteriza por conhecer o contexto, objetivos, necessidades, expectativas e limitações do público-alvo, para a partir dessas informações tomar decisões sobre o produto, definindo características e funcionalidades. Por fim, no Design Participativo o usuário também é protagonista participando na elaboração da concepção do produto, atuando como co-designer do projeto.

Cada usuário é entendido como uma pessoa formado por sua subjetividade, que influencia o seu comportamento e a maneira como interage com os artefatos e com o ambiente. Essas particularidades são responsáveis por definir as impressões sobre o os produtos que o usuário interage, tais particularidades estão intimamente ligadas com fatores psicológicos que influenciam as experiências do usuário, como destaca Grilo:

Uma das particularidades reside nos padrões de pensamento e processamento de informações pelos indivíduos, os quais influenciam sua história e relação subjetiva com os artefatos, fatores que levam os indivíduos a amarem determinadas soluções e odiarem tantas outras. Isso requer o entendimento sobre as maneiras como os usuários interpretam a realidade e as experiências que vivenciam – o que envolve, consequentemente, aspectos cognitivos, que variam de um indivíduo para o outro (Weinschenk, 2010). Esses processos são manifestações da mente humana que podem ser compreendidas a partir de conceitos da Psicologia (Grilo, 2019, p.69).

Os processos que estão presentes na experiência do usuário podem ser divididos em processos funcionais e cognição, nos processos funcionais as sensações e percepções são definidas como a maneira pela qual as pessoas se relacionam com a realidade, nessa perspectiva, as sensações são obtidas pelos nossos sentidos, que através de estímulos, transmitem ao indivíduo as características isoladas dos objetos e fenômenos da realidade material. Por outro lado, as percepções são a interpretação dessas sensações através de experiências vivenciadas pelo sujeito. A cognição é

responsável pela parte cognitiva do sujeito, o modo pela qual obtém o conhecimento, utilizando funções de percepção e outras capacidades intelectuais, a cognição é dividida em vários processos, tais como atenção, memória, linguagem e modelos mentais. A compreensão desses processos é fundamental para conhecer os sujeitos e como eles se relacionam com o ambiente e com os artefatos.

Além da compreensão dos processos funcionais no desenvolvimento de interfaces é necessário também reconhecer as atribuições da linguagem e comunicação na construção da experiência do usuário, já que, os produtos não atuam somente na objetividade da tarefa, mais também na transmissão de significados, seja sobre o produto ou marca, a interpretação do usuário sob a perspectiva de sua subjetividade na valoração das qualidades é determinante do produto como útil, agradável ou funcional.

Formas, sons, cores e as diversas qualidades de um objeto podem emitir mensagens para seus observadores. As qualidades de um produto atuam como elementos de significação, tornando o próprio produto um signo com diferentes efeitos de sentido no imaginário de seus usuários (Grilo, 2019, p.101).

A construção de significados sobre o produto também recai sobre a forma pela qual o usuário interage com o produto, oportunizando experiências agradáveis ou decepcionantes, a depender do nível de intuitividade, facilidade de utilização e interesse no produto. Para tornar a experiência do usuário positiva, as interfaces precisam ser intuitivas, não exigindo conhecimentos prévios sobre as interfaces, transmitindo confiança e facilidade de uso.

Interações com produtos dependem do bom entendimento de sua funcionalidade, e a experiência interativa pode produzir uma série de interpretações de um usuário para o outro. É desejável que uma interface não precise “se explicar” para o usuário. Intuitividade é necessária em tempos de informação veloz e decisões rápidas. Usuários não querem (nem merecem) perder tempo buscando descobrir como funciona um produto (Grilo, 2019, p.99).

Dessa forma, a complexidade dos usuários requer no desenvolvimento de interfaces digitais a necessidade de conhecer os aspectos que influenciam as interações e opiniões do usuário sobre o produto, seja fatores psicológico, culturais e sociais, mas também uma compreensão profunda das necessidades humanas. Usabilidade, acessibilidade, estética e funcionalidade são aspectos que devem ser considerados para criar interfaces eficientes, inclusivas e agradáveis.

3 O PÊNDULO SIMPLES

3.1 ASPECTOS HISTÓRICOS SOBRE O PÊNDULO SIMPLES

Ao longo da história diversos estudiosos tentaram compreender o movimento característico do pêndulo simples e o seu isocronismo, embora o título de primeiro a estudar seja atribuído erroneamente ao físico e astrônomo Galileu Galilei, a cultura islâmica se manifestou mais precocemente, com os primeiros estudos que se tem registro datando do século X pelo astrônomo egípcio Abu'l-Hasan ibn Yunus.

Segundo Geymonat (1997), Galileu iniciou seus próprios estudos matemáticos ao investigar o isocronismo das oscilações pendulares, em que o período de oscilação de um pêndulo é independente da sua amplitude (para pequenas oscilações apenas). É sabido que tal isocronismo já havia sido estudado pelo astrônomo árabe Ibn Yunus, mas estudiosos garantem que esse estudo era desconhecido na Europa e por Galileu (Mendes; Batista, 2014, p.4).

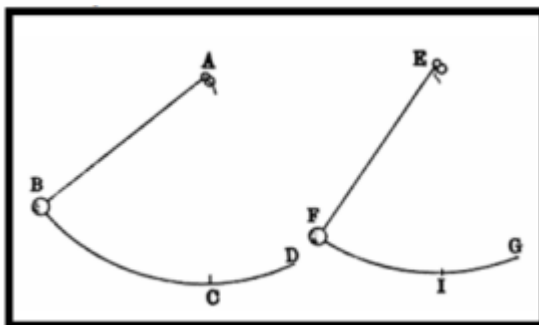
O interesse de Galileu pelo movimento pendular surgiu a partir da observação das oscilações de uma lâmpada no Domo de Pisa na Itália em 1583, Galileu percebeu que após a ação do vento, o candelabro oscilava com períodos iguais independente da amplitude, para comparação ele contou os batimentos cardíacos do próprio pulso Mendes e Batista (2014).

Galileu realizou vários estudos com o objetivo de comprovar sua hipótese de que o pêndulo oscilava em tempos iguais e que tal período independia do arco formado, ora fosse grande ou pequeno. Em 1602, durante correspondências com Guidobaldo del Monte, que contestava a hipótese de Galileu com base em experimentos, Galileu propõe a execução de uma demonstração, figura 1, com o objetivo de convencer Guidobaldo, como relatam Mendes e Batista (2014):

Para tanto, ele faz uma demonstração com dois fios finos e longos AB e EF, fixos por um prego em A e em E, e duas bolas de chumbo iguais presas em B e F. A partir das linhas perpendiculares a AC e EI, elevou as bolas, sendo a elevação de B maior que de F e, então, as bolas foram soltas e descreveram, respectivamente, o arco maior BCD e o menor FIG (Mendes; Batista, 2014, p.4).

Galileu relata que o móvel B percorre o grande arco BCD no mesmo intervalo de tempo que o móvel F percorre o arco menor FIG, de modo que os dois móveis sempre andaram juntos.

Figura 1 – Demonstração de Galileu.



Fonte: Galilei (11, p. 98) *apud* Mendes, Batista (2014, p.6).

As descobertas de Galileu sobre o isocronismo do pêndulo foram fundamentais para a criação do primeiro relógio de pêndulo pelo cientista Christian Huygens (Mattews, 2001). Embora em 1636, Galileu tenha sugerido a utilização de pêndulos em marcadores de tempo não conseguiu fazê-lo antes de seu falecimento em 1642, então a patente dos relógios de pêndulo foi concebida a Huygens. Cristian Huygens era fascinado por relógios, passando 40 anos estudando problemas relacionados a construção e melhorias de cronômetros marítimos (Burrowes, Farina, 2005). Seu segundo livro a respeito do assunto, *Horologium Oscillatorium* (1673) – o relógio pendular, refinou a teoria pendular de Galileu demonstrando que o período variava de acordo com o quadrado do comprimento do fio e que o período não dependia da amplitude de oscilação para objetos que oscilavam sobre uma superfície cíclica lisa (Burrowes, Farina, 2005).

A criação dos relógios de pêndulos foi extremamente importante para a marcação do tempo naquela época, visto que os instrumentos existentes não possuíam precisão. O desenvolvimento desses marcadores impulsionou não apenas o avanço da sociedade como também o avanço científico.

O pêndulo simples também teve sua contribuição para o avanço científico na área da astronomia com a utilização desse instrumento para a comprovação do movimento rotacional da terra sobre o próprio eixo no século XIX, a partir da famosa demonstração do Pêndulo Foucault, embora naquela época já houvessem evidências da rotação da terra sustentadas e defendidas por vários astrônomos, como Galileu Galilei, que no século XVII havia idealizado um experimento de queda livre na intenção

de comprovar a rotação da terra, tendo que abandonar posteriormente suas investigações por perseguições da igreja católica (Borges, Braga, 2010), assim a comunidade em geral continuava cética sobre tal movimento. A demonstração do Pêndulo de Foucault foi essencial para reforçar essas evidências, já que tal experimento era uma prova terrestre e podia ser observado por toda a comunidade. O Pêndulo de Foucault foi desenvolvido pelo físico francês Jean Léon Foucault, o instrumento foi apresentado pela primeira vez no Panthéon em Paris, em 1851, e consistia de uma esfera de massa 28 quilogramas suspensa por um fio de aço de 67 metros de comprimento, como relata Pires (2008):

O pêndulo de Foucault consistia de uma massa grande suspensa por fio comprido que pode oscilar livremente em qualquer plano vertical. Ao colocar o pêndulo balançando em um dado plano vertical observa-se que o plano de oscilação gradualmente gira em torno do eixo vertical durante um período de várias horas (Pires, 2008, p.224).

Ao ser posto para oscilar o pêndulo segundo as leis de Newton deveria se mover sobre um plano linear conhecido, não executando movimento rotacional sobre o eixo vertical, no entanto, no experimento de Foucault, os observadores constataram que eventualmente o pêndulo girava discretamente, como então não seria a ação de uma força externa que provocava esse movimento, logo seria na verdade o movimento rotação da terra que causa essa impressão. Ou seja,

segundo as leis de Newton, uma vez posto a oscilar, o pêndulo se move sempre em um plano determinado com relação ao espaço absoluto – ou como dizemos atualmente, com relação ao referencial inercial! Adotado, o Sol. Não há força que faça esse plano girar. Mas, com o passar do tempo, o observador vê que o plano efetivamente gira. O que fica demonstrado aos olhos do espectador é o movimento de rotação da Terra (Camenietzki, 2001, p.79).

Foucault afirmou que o período de rotação do pêndulo dependia da latitude do local no qual o aparato está instalado, em alguns locais esse período seria maior e em outros menor.

Embora Foucault tenha sido o primeiro a propor e realizar esse experimento sua compreensão sobre a natureza da rotação do plano do pêndulo em relação à terra ainda era incerta, sendo explicada posteriormente a partir dos estudos de Gaspard Gustave Coriolis, que faleceu oito anos antes do experimento de Foucault, em seus estudos, Coriolis apontava para a existência de uma força fictícia que agiria sobre corpos no referencial fixo quando observado de um referencial em rotação, essa força

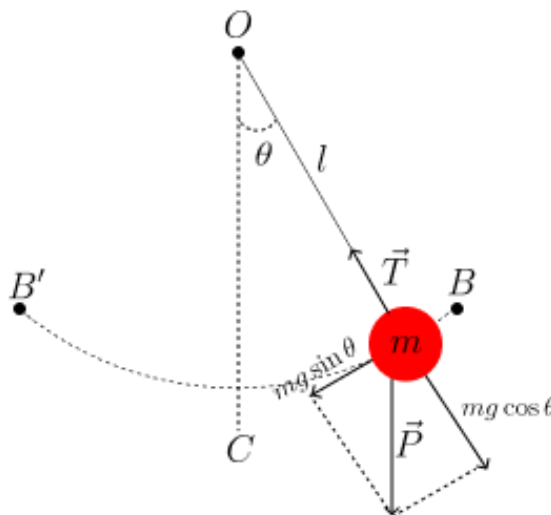
posteriormente chamada de força de Coriolis. Podendo atribuir a origem dessa força, à existência de pelo menos dois sistemas de referências, um dos quais obrigatoriamente deve estar em rotação (Borges, Braga, 2010). O trabalho teórico de Coriolis sobre essa força fictícia possibilitou uma explicação adequada para a mudança do plano de oscilação do pêndulo de Foucault em relação ao referencial terra. “A força de Coriolis que surge devido à rotação terrestre atua de maneira transversal ao plano de oscilação do pêndulo alterando-o” (Borge, Braga, 2010, p.1417).

Apesar do Pêndulo de Foucault ser um instrumento simples, suas análises e demonstração foram relevantes para confirmar o movimento rotacional da terra, principalmente para a população leiga que não possuíam conhecimento científico da época.

3.2 SÍNTESE MATEMÁTICA DO MOVIMENTO DE UM PÊNDULO SIMPLES

O pêndulo simples é um instrumento físico composto por uma massa pontual rígida, de dimensões desprezíveis, suspensa sob um fio fino e inelástica de comprimento l fixo em um ponto O , como mostrado na Figura 2. Após o pêndulo ser elevado até a posição B e solto, oscila sobre um arco circular de raio l entre a posição B e o simétrico B' .

Figura 2 – Diagrama do Pêndulo Simples.



Fonte: O autor (2024).

As forças que agem sobre o sistema são a tração $\vec{T}$ exercida sobre fio e a força peso $\vec{P}$ devido a ação da força gravitacional sobre a massa m . A componente tangencial da força resultante $\vec{F}_T$ sobre o pêndulo, também conhecida como força restauradora pode ser escrita da forma:

$$\vec{F}_T = -mg\sin\theta \quad (3-1)$$

Considerando que

$$\vec{P} = mg \quad (3-2)$$

A força restaurada é a componente tangencial da força peso, sendo responsável por retornar a massa à posição de equilíbrio C , ao ser posto para oscilar o pêndulo acelera quando se aproxima da posição C e desacelera quando se afasta dessa posição Carmo (2017). O sinal negativo na equação (3-1) implica que a força restauradora age em sentido contrário ao descolamento, quando o deslocamento é máximo a força restauradora é mínima e quando o deslocamento é mínimo a força restauradora é máxima.

Como o pêndulo executa um movimento circular em relação ao ponto O , podemos utilizar a seguinte equação para descrever o movimento pendular a partir da Segunda Lei de Newton:

$$lm \frac{d^2\theta}{dt^2} = -mg\sin\theta \quad (3-3)$$

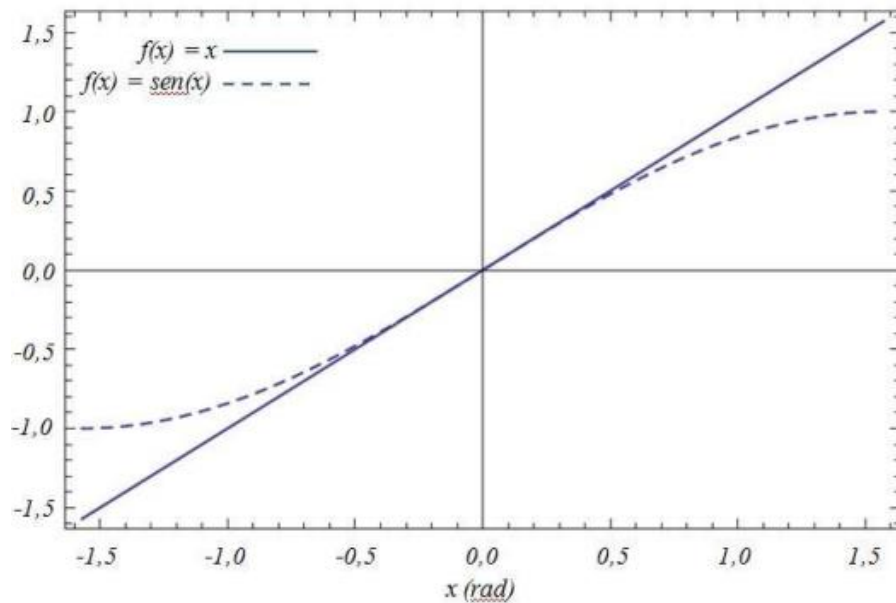
Se a amplitude de oscilação θ_M é muito pequena, tal que $\sin\theta \approx \theta$, para $\theta \leq \theta_M$, a equação (3-3) fica

$$\frac{d^2\theta}{dt^2} = -\frac{g}{l}\theta \quad (3-4)$$

$$\frac{d^2\theta}{dt^2} + \frac{g}{l}\theta = 0 \quad (3-5)$$

A aproximação $\sin\theta \approx \theta$ é válida apenas para pequenos valores de θ como é observado no gráfico 1, que mostra a função $f(x) = \sin x$ e $f(x) = x$ nas vizinhanças da origem. “Como podemos observar a diferença entre essas duas funções é muito pequena quando x encontra-se próximo de 0” (Carmo, 2017, p.28).

Gráfico 1– Gráficos de $f(x) = x$ e $f(x) = \sin(x)$ versus x .



Fonte: Carmo (2017).

Ao assumir essa aproximação a massa m do pêndulo simples realiza Movimento Harmônico Simples (Lopes; Suave, 2018). Assim, a equação diferencial (3-5) fica idêntica a equação (3-6) que descreve a dinâmica do Movimento Harmônico Simples (Alonso; Finn, 2014).

$$\frac{d^2x}{dt^2} + \omega^2 x = 0 \quad (3-6)$$

Como as equações diferenciais (3-5) e (3-6) são idênticas, substituindo x por θ , suas soluções também são semelhantes para essa aproximação. Logo, obtemos que

$$\omega^2 = \frac{g}{l} \quad (3-7)$$

$$\theta = \theta_M \sin(\omega t + \alpha) \quad (3-8)$$

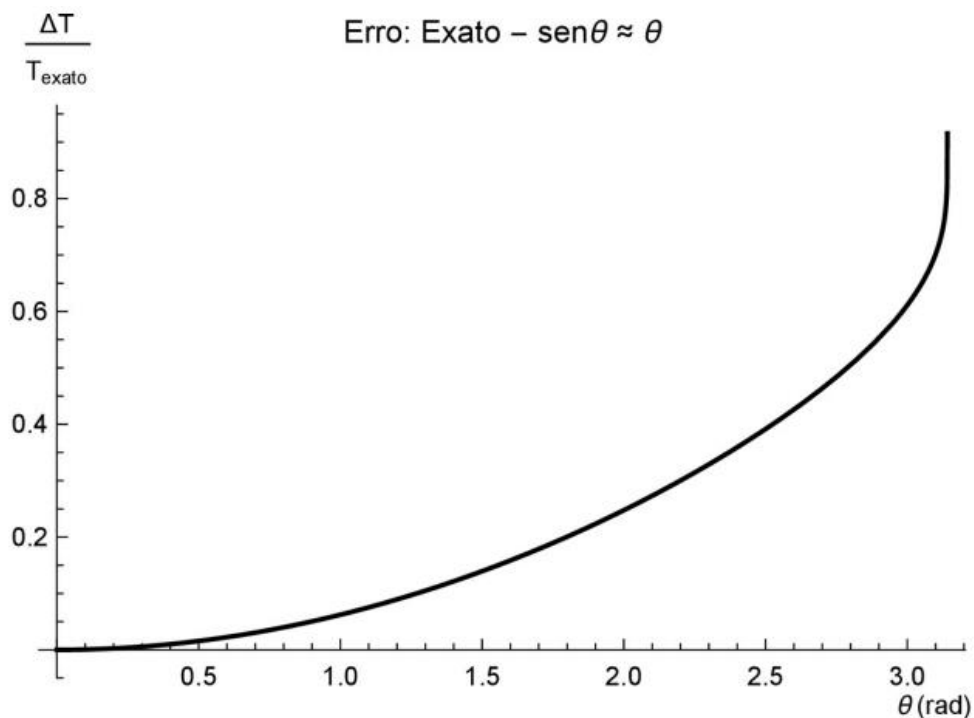
Em que α é a constante de fase. A partir da equação (3-7) é possível encontrar o período do pêndulo simples substituindo a equação (3-7) na equação (3-9):

$$\omega = \frac{2\pi}{T} \quad (3-9)$$

$$T = 2\pi \sqrt{\frac{l}{g}} \quad (3-10)$$

A equação (3-10) apresenta o período do pêndulo simples para valores pequenos de θ_M , tal que a aproximação $\sin\theta \approx \theta$ seja válida, se o valor de θ_M for grande, o erro relativo entre período aproximado e o exato torna significativamente grande, não sendo possível a substituição de $\sin\theta$ por θ na equação (3-3), como apresentado no gráfico 2.

Gráfico 2 – Erro relativo entre o período exato e a aproximação $\sin\theta \approx \theta$



Fonte: Lopes, Suave (2018).

Embora a equação (3-10) do período do pêndulo simples seja a mais popularmente conhecida e utilizada tanto na educação básica como também nos cursos de graduação, tendo em vista a sua simplicidade, ela apresenta expressivas limitações para grandes amplitudes. Nesse sentido, Lopes e Suave (2018) apresentam outras propostas de aproximações lineares bastante interessantes que dispõem de melhores precisões, as propostas de Molina, Kidd-Fogg e Parwani, a

Tabela 1 apresenta o erro percentual de cada proposta, como podemos observar, tais propostas possuem melhores resultados que a aproximação $\sin \theta \approx \theta$.

Tabela 1 – Erros percentuais:

θ_M	Erro %			
	$\sin \theta \approx \theta$	Molina	Kidd-Fogg	Ganley-Parwani
10^0	0,1904	$4,240 \times 10^{-5}$	$9,085 \times 10^{-5}$	$6,092 \times 10^{-6}$
30^0	1,711	$3,510 \times 10^{-3}$	$7,512 \times 10^{-3}$	$5,274 \times 10^{-4}$
60^0	6,819	$6,066 \times 10^{-2}$	$1,293 \times 10^{-1}$	$1,055 \times 10^{-2}$
90^0	15,27	$3,547 \times 10^{-1}$	$7,512 \times 10^{-1}$	$7,772 \times 10^{-2}$
$114,6^0$	24,75	1,129	2,3736	$3,168 \times 10^{-1}$

Fonte: Lopes, Suave (2018).

Os métodos da tabela 1 estabelecem equações para o movimento ideal do pêndulo simples que não considera forças dissipativas, como a resistência do ar sobre a massa e o fio do pêndulo. Ao incluir a presença dessas forças, o movimento do pêndulo passa a ser um movimento amortecido, em que a amplitude máxima do pêndulo passa a diminuir ao longo do tempo, a solução para obter uma equação que descreva essa situação é extremamente complexa e requer um tratamento matemático e físico elevado, dessa forma, como destaca Arnold *et al.* (2011), nos cursos de física básica geralmente os estudos sobre o pêndulo simples se limitam a desconsiderar as forças de amortecimento, despreza a massa do fio e restringem as oscilações para ângulos pequenos, no entanto, é possível observar uma solução simplificada que considere a força de amortecimento nos estudos de Arnold *et al.* (2011). Nessa solução temos a seguinte equação para o deslocamento do pêndulo simples:

$$\theta = \theta_M e^{-\alpha t} \quad (3-11)$$

Em que θ_M é a amplitude máxima inicial e α é uma constante. A equação (3-11) apresenta uma solução para o movimento do pêndulo que considera a força de amortecimento, no entanto, essa solução está simplificada, estando limitada para um pêndulo com dimensões reduzidas e baixas velocidades. A solução da equação (3-11) é idêntica a esperada no tratamento de problemas oscilatórios linearmente amortecidos, tais como problemas de massa, mola e atrito Arnold *et al.* (2011).

4 METODOLOGIA

O protótipo *Físicos* foi desenvolvido com o propósito de tornar a aprendizagem de física no ensino médio mais democrática e interatividade mediante a utilização de recursos digitais, ao identificar as potencialidades dessas ferramentas na aprendizagem, especialmente a dinâmica e a interatividade. Como apresentadas por Silva (2018).

O aplicativo é fundamentado na concepção de que a aprendizagem envolve diferentes saberes: declarativos, procedimentais e comportamentais, não se limitando apenas a uma abordagem específica. De fato, o aplicativo (protótipo) desenvolvido nesse projeto se concretiza como um ambiente virtual de aprendizagem, ao utilizar várias abordagens metodológicas como simuladores, atividades, abordagem conceitual e matemática e curiosidades. O protótipo aqui apresentado reúne as vantagens dessas abordagens e aprimora, buscando em todas as seções a reflexão do usuário com a utilização de animações e questionamentos.

Para construção do protótipo do aplicativo foi utilizado a plataforma online de design gráfico e protótipos *Figma*¹. Essa plataforma possui um conjunto de recursos que permite a criação de protótipos e materiais digitais, na versão gratuita a plataforma oferece a criação de no máximo três projetos, sendo necessário assinar planos caso supere essa quantidade. Nessa plataforma, o usuário constrói interfaces digitais de acordo com o dispositivo em que essas interfaces irão ser executadas sendo possível estabelecer interações entre os componentes dessas interfaces.

Para criação dos *Gifs* e das animações do simulador foi utilizado o programa gratuito e de código aberto *Wick Editor*², que permite a criação de jogos e animações de forma intuitiva e fácil. A versão utilizada do programa foi a beta, que possui uma *TimeLine* que possibilita controlar a posição dos objetos em cada frame, sendo possível também determinar a quantidade de frames por segundo e o tamanho da resolução do GIF (Graphics Interchange Format). Com a finalidade dos GIFs e das animações se aproximarem mais do movimento ideal de um pêndulo simples, foi usado a IDE (Ambiente de Desenvolvimento Integrado) DEV-C++, ferramenta gratuita

¹ Disponível em: <https://www.figma.com/pt-br/>.

² Disponível em: <https://www.wickeditor.com/#/>

de compilação e execução de programas na linguagem C e C++, para escrever e executar um algoritmo que determina a posição do pêndulo em cada frame.

4.1 CONSTRUÇÃO DO PROTÓTIPO

A idealização do logotipo do protótipo, composta pelo termo físicos com o símbolo do infinito está fundamentada na concepção de direcionalidade e representatividade, o termo é uma representação dos avatares responsáveis pela interatividade durante a execução do aplicativo, o símbolo do infinito representa a vasta área de atuação da física que compreende desde eventos microscópios da física quântica até o estudo de corpos massivos como estrelas e galáxias. O aplicativo *Físicos* é dividido em quatro seções temáticas, a primeira seção considerada como principal, apresenta uma abordagem conceitual e matemática sobre o tema, essa abordagem utiliza caixas de textos e imagens ilustrativas. A fim de desenvolver imagens dinâmicas do movimento do pêndulo simples foram utilizados GIFs, durante essa seção são realizados questionamentos sobre a temática. Na segunda tela, o aplicativo conta com uma animação interativa do movimento de pêndulo, sendo possível a alteração de parâmetros como gravidade, comprimento do fio, massa e amplitude do pêndulo. Essas alterações são realizadas de acordo com as instruções fornecidas pelo próprio aplicativo, assim como na seção anterior são realizados questionamentos antes ou depois da animação.

A terceira seção, o simulado, é um conjunto de três perguntas de múltipla escolha com o objetivo de o estudante avaliar o nível de aprendizado sobre o assunto, tais questões são provenientes de um banco de questões de vestibulares, após o estudante selecionar a resposta correta o aplicativo apresenta um feedback em caixa de texto explicando o porquê a resposta está correta. Na última seção, são apresentadas duas curiosidades sobre os pêndulos, o Pêndulo de Foucault e a relação entre o tempo e o pêndulo. O fluxo de navegação do protótipo pode ser observado no diagrama localizado no Apêndice A, esse diagrama apresenta a organização e estruturação do aplicativo.

O protótipo foi desenvolvido para ser executado em dispositivos com sistema operacional Android, devido a popularidade desse sistema operacional. Nesse sentido, inicialmente, na plataforma *Figma*, selecionamos a opção de flame *Android*

Large, logo após criamos uma identidade visual para o protótipo utilizando elementos gráficos baseados no diagrama do Apêndice A. Dessa forma, para tornar a experiência dos usuários mais atrativa foram utilizados elementos gráficos mais chamativos como paletas de cores, avatares, estruturas geométricas, tipos e estilos de fontes, alguns desses elementos podem ser observados na Figura 3. A escolha dos avatares de Albert Einstein e Marie Curie se devem as contribuições significativas desses cientistas para o progresso da ciência e da sociedade e sua popularidade tanto no meio acadêmico quanto no meio social em geral.

Figura 3 - Informações sobre tamanho do frame, paletas de cores e fontes.

Tamanho do frame:

360 px x 800 px

Paleta de cores:



Fontes:

Montserrat

Baloo

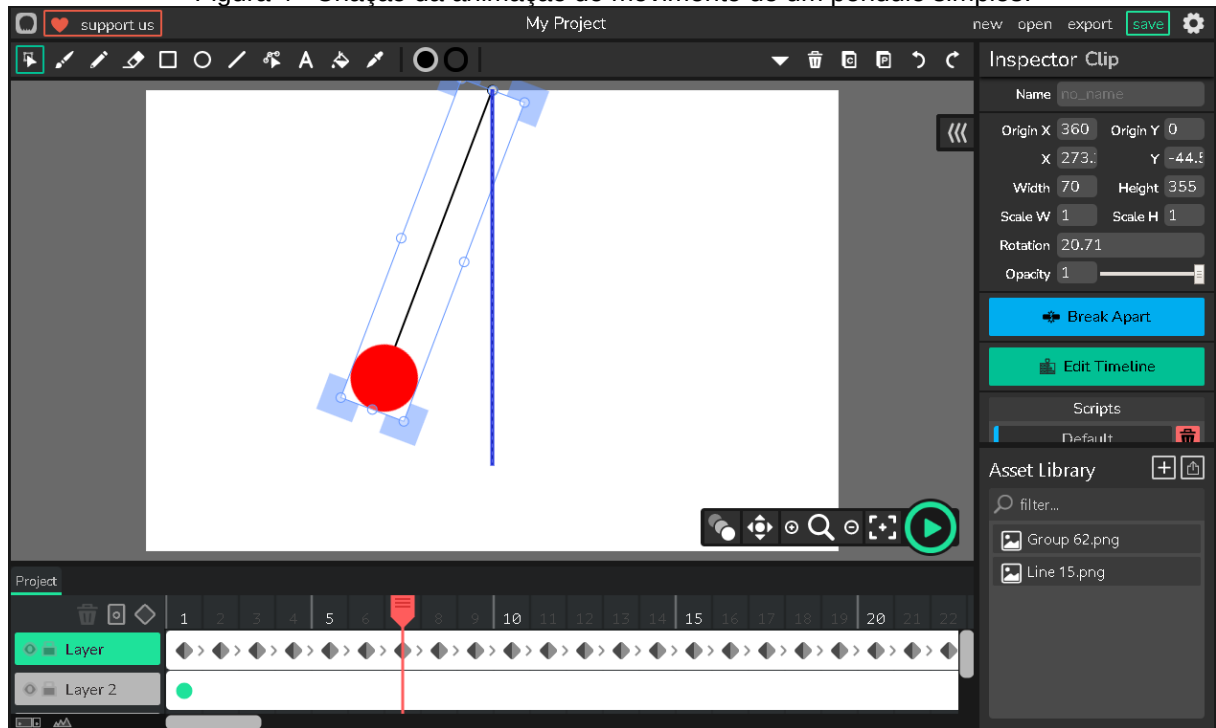
Fonte: O autor (2024).

4.2 CRIAÇÃO DOS GIFS

Inicialmente para criação dos Gifs foram exportados no formato PNG (Gráficos Portáteis de Rede) todos os elementos que compõe a animação esfera, fio e linha guia da plataforma *Figma* para o editor de vídeo *Wick Editor*. Para que as animações tivessem uma fluidez melhor optamos por utilizar uma taxa de atualização de 30 frames por segundo e o dobro da resolução necessária. No *Wick Editor* foi necessário converter o formato PNG para clip para que assim fosse possível alterar o centro da imagem. Na *TimeLine* do editor foram criadas duas *layers* uma para a esfera e o fio, e outra apenas para a linha guia, o tamanho das *layers* são equivalentes ao período

do pêndulo. Em todos os *frames* da primeira *layer* são adicionados *tweens* para tornar a variação das posições do pêndulo mais fluidas e naturais, em seguida modificamos a posição do pêndulo em cada *tween*, variando a rotação dele, esse processo foi realizado para criação de todos os GIFs. Essa etapa está apresentada na Figura 4.

Figura 4– Criação da animação do movimento de um pêndulo simples.



Fonte: O autor (2024).

Para determinar as posições do pêndulo em cada frame foi utilizado a IDE DEV++ com o código da Figura 5. Esse código determina a posição, em graus, do pêndulo para cada *frame* e a quantidade de frames que serão utilizados. Ressaltamos que essa quantidade é uma aproximação sendo necessário em alguns momentos adicionar ou remover *frames* para adequar as características do movimento pendular.

Figura 5 – Código utilizado para determinar a posição do pêndulo a cada frame.

```

1  /*****
2  Programa: Movimento de um pêndulo simples para baixas amplitudes: cálculo da posição em relação a 30 frames por segundo
3  Autor: Paulo Junior de Sousa
4  *****/
5  #include<stdio.h>
6  #include<Math.h>
7  #define L 0.7 // comprimento do fio em metros
8  #define g 9.81 // aceleração da gravidade em metros por segundo
9  #define A 20 // amplitude em graus
10 #define F 30 // quantidade de frames por segundo
11 #define pi 3.1416 // valor de pi
12 main(){
13     double P = 2*pi*sqrt(L/g); // período;
14     double f = F*P; // quantidade de frames para uma oscilação
15     double T = P/f; // tempo de cada frame ;
16     double des;
17     float t = 0;
18     int i;
19     for(i=0;i<=f;i=i+1){
20         des=A*cos(sqrt(g/L)*t);
21         t=t+T;
22         printf("%f\n",des);
23     }
24     printf("Quantidade de frames: %f\n",f);
25 }
26
27

```

Fonte: O autor (2024).

Os valores gerados do código da Figura 5 podem ser observados na Figura 6.

Figura 6 – Valores gerados do código da figura 5.

```

-19.267262
-19.785063
-19.995181
-19.894348
-19.484134
-18.770917
-17.765788
-16.484381
-14.946623
-13.176426
-11.201321
-9.052021
-6.761951
-4.366725
-1.903591
0.589146
3.072721
5.508512
7.858638
10.086554
12.157611
14.039603
15.703262
17.122716
18.275892
19.144855
19.716093
19.980722
Quantidade de frames: 50.351992

```

Fonte: O autor (2024).

A Figura 6 não apresenta todos os valores gerados, apenas uma parcela deles, para adequar os valores ao editor de vídeo foram considerados os valores somente até a segunda casa decimal.

5 RESULTADOS E DISCUSSÃO

A partir dos vários recursos gráficos e de prototipagem que a plataforma Figma oferece foi possível a criação do aplicativo Físicos considerando os princípios de usabilidade e Design Centrado no Usuário com o objetivo de apresentar interfaces agradáveis e de fácil utilização. Tendo o protótipo a finalidade de ser um ambiente virtual de aprendizagem que proporcione uma experiência de aprendizado mais participativa e envolvente, oportunizando a exploração de maneira dinâmica e interativa de conceitos e fenômenos físicos envolvidos no movimento do pêndulo simples. Nesse sentido, foram selecionados elementos gráficos como paletas de cores, avatares, estruturas geométricas, tipos e estilos de fontes baseados nesses princípios e finalidade, assim como também a própria organização do aplicativo.

Na criação da identidade visual do protótipo foram selecionados como cores principais, as cores es complementares #0000FF e #F86007 do sistema hexadecimal, essas cores apresentaram um contraste significativo entre os elementos gráficos da interface, assim como a utilização de figuras geométricas com bordas arredondadas que teve como propósito tornar as telas mais amigáveis e atraentes para os usuários. Na dinâmica de troca de telas foi utilizado botões estilo balões para controlar o fluxo de navegação do protótipo que permitem avançar para a tela seguinte ou retornar para tela anterior, além de ser adicionado uma barra na parte inferior das telas para facilitar a navegação entre as seções e funcionar também como guia para o usuário se localizar em qual seção do aplicativo ele se encontra.

Inicialmente, foram criadas as telas de inicialização, responsáveis pelo primeiro acesso do aluno com o aplicativo como mostrado na figura 7, na primeira tela está a logotipo do aplicativo estruturado a partir do nome físicos com o símbolo do infinito, o fundo da tela é caracterizado por um conjunto de pictogramas de objetos relacionados a física, sendo estas características da identidade visual que estão presentes ao longo de todo o protótipo, na intenção de fidelizar o aluno através do envolvimento do mesmo na segunda tela é solicitado ao usuário o seu primeiro nome, após ser informado o aplicativo o direciona para a terceira tela, na qual o aluno seleciona um avatar, tendo duas opções Albert Einstein e Marrie Curie, esses avatares são responsáveis pela interação com o aluno no decorrer do aplicativo.

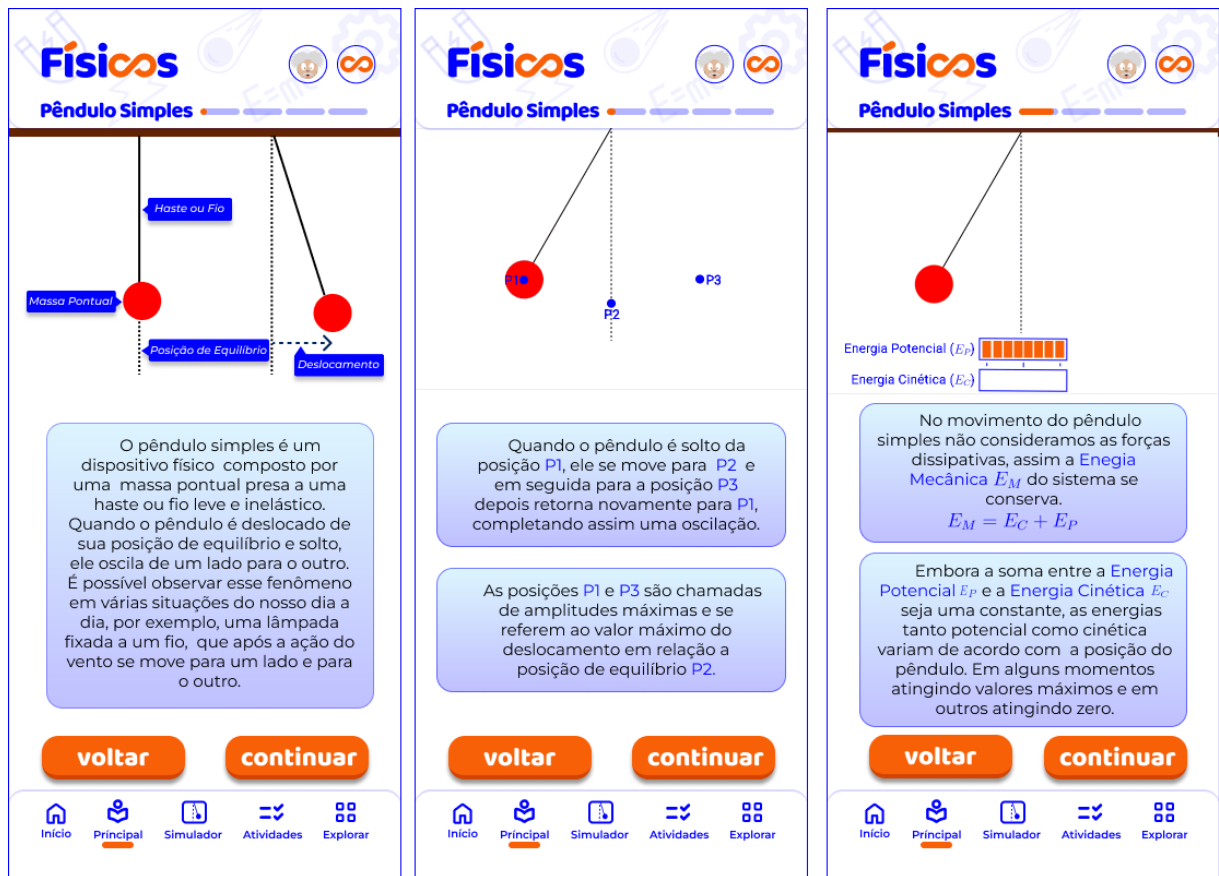
Figura 7– Telas de inicialização.



Fonte: O autor (2024).

O ambiente virtual está dividido em quatro seções que podem ser acessadas independentemente a partir da barra inferior das telas ou através do fluxo padrão de navegação que está disposto no apêndice A, no protótipo esse fluxo padrão é seguido por meio de botões de continuar e voltar como é visto nas telas da figura 8, a primeira seção do protótipo, a seção principal expõe uma abordagem conceitual e matemática sobre a natureza física do pêndulo simples estando dividida nos componentes principais: introdução; definição; características; dinâmica; período; energia mecânica e energia potencial em relação ao pêndulo simples, nessas componentes para apresentar o conteúdo, o protótipo utiliza caixa de texto e imagens dinâmicas através dos GIFs, permitindo que o aluno observe e análise o movimento ideal do pêndulo simples.

Figura 8 – Telas da seção principal.



Fonte: O autor (2024).

Ao longo da seção principal são realizados questionamentos sobre a temática, com o objetivo de encorajar o aluno a refletir e pensar sobre o conteúdo, os questionamentos são apresentados após o aluno finalizar uma componente, para responder o aluno precisa selecionar uma das duas opções que são mostradas na tela, esses questionamentos estão divididos em duas perguntas a primeira é a pergunta base e a segunda é a justificativa para a primeira pergunta, esse sistema de perguntas permite o aluno reflita sobre a natureza da primeira pergunta, justificando sua resposta.

De início, caso o aluno seleciona a alternativa correta na primeira pergunta ele é direcionado para segunda pergunta, caso o aluno seleciona a alternativa incorreta o aplicativo irá solicitar que tente novamente, restante apenas a alternativa correta para a escolha do aluno, na segunda pergunta, ao selecionar a alternativa correta o

aplicativo irá exibir um feedback explicando a razão pela qual a alternativa selecionada é a correta, como é visto na figura 9.

Figura 9 – Telas de questionamentos da seção principal.



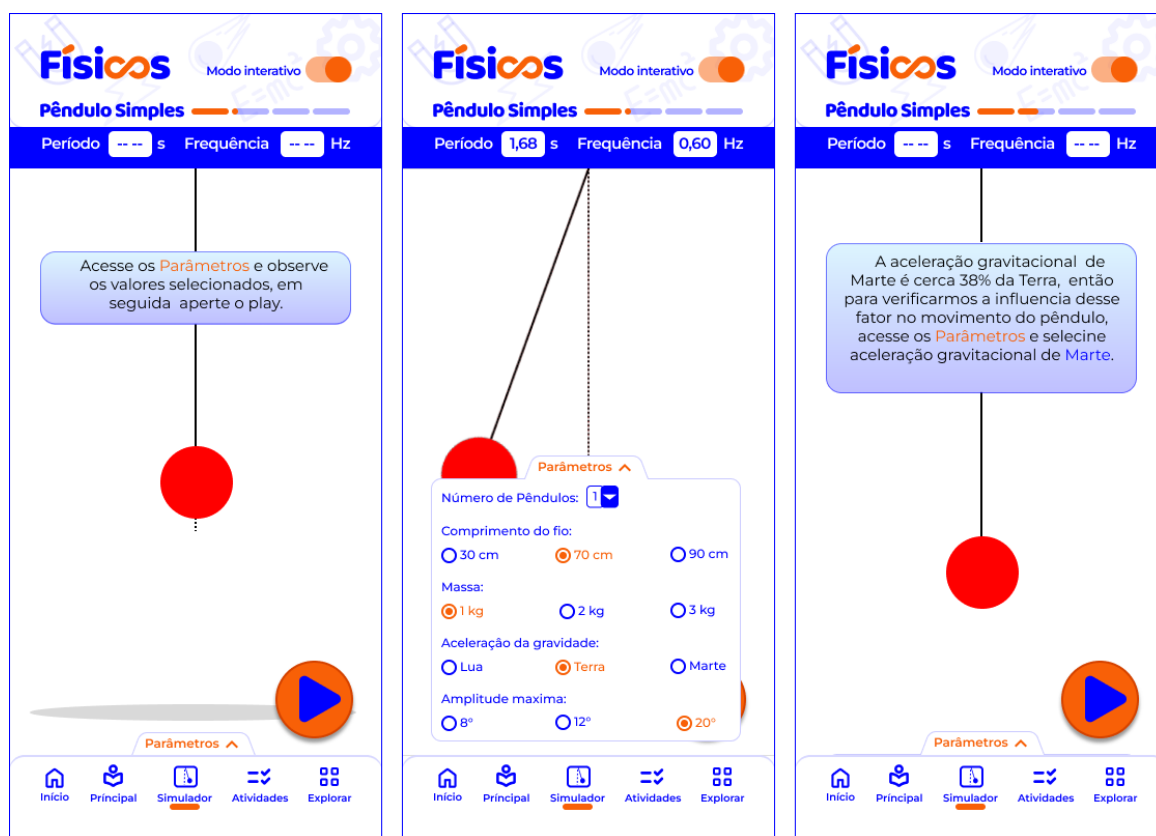
Fonte: O autor (2024).

Ao término da primeira seção o aplicativo direciona o aluno para o simulador como podemos observar na figura 10, nesta seção o aluno interage com uma animação do movimento de um pêndulo simples, sendo possível a alteração de parâmetros como a massa do pêndulo, o comprimento do fio, a aceleração da gravidade e amplitude máxima de oscilação do pêndulo, quando selecionados os valores dos parâmetros e clicado no botão play do tela, o aplicativo inicia a animação e exibe na parte superior da tela as grandezas frequência e período do pêndulo simples para os parâmetros selecionados.

Na intenção de tornar o aplicativo mais interativo e educativo, evitando que o aluno ficasse perdido durante a utilização dessa seção, selecionando valores arbitrários para os parâmetros, sem perceber os impactos desses parâmetros no movimento do pêndulo, optamos por incrementar durante essa seção instruções sobre

as ações do aluno, as instruções são realizadas através de caixas de texto que orientam quais parâmetros o aluno deve modificar e as observações que ele deve fazer durante a execução da animação, essas instruções também são importantes para a realização dos questionamentos desta seção. Ao ser considerado apenas uso do simulador, as instruções podem ser desativadas por meio do botão *switch* do modo interativo como é possível observar na parte superior das telas na figura 10.

Figura 10 – Telas da seção simulador.

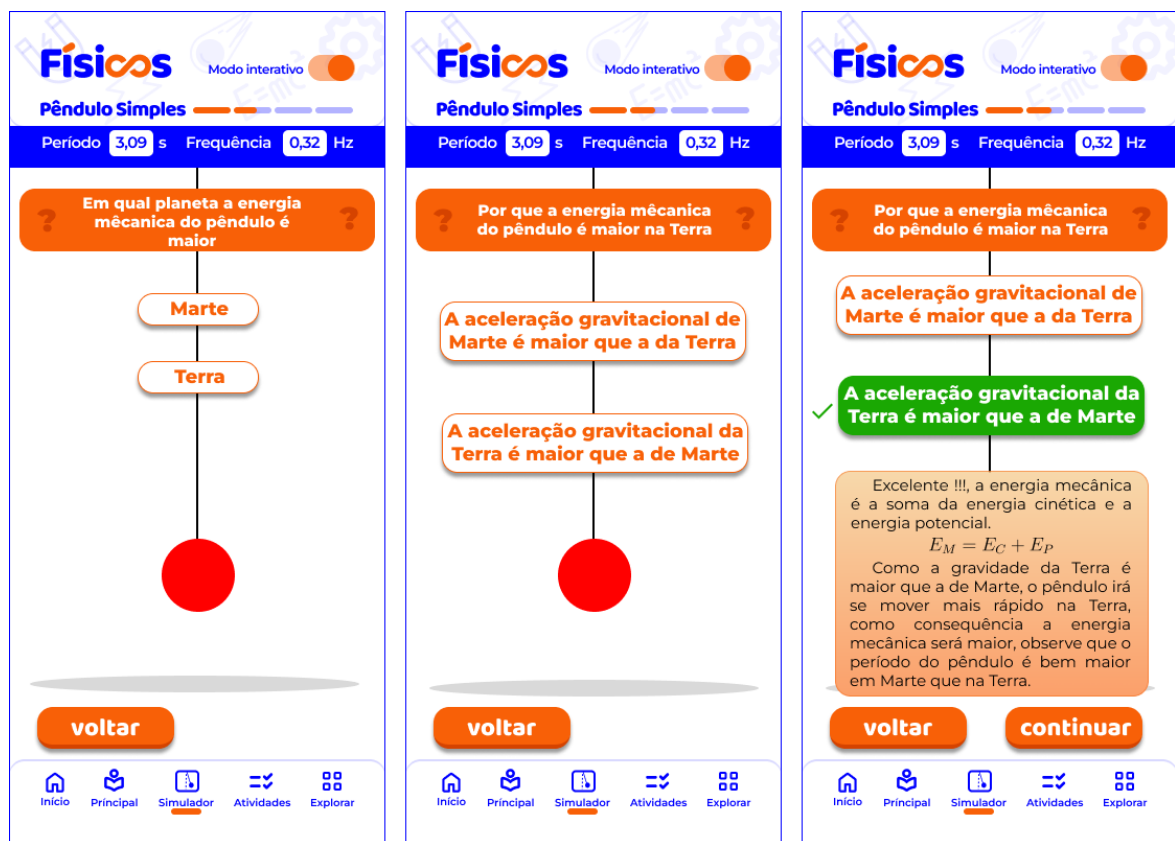


Fonte: O autor (2024).

Bem como na primeira seção, a segunda também possui questionamentos divididos em duas perguntas, conforme a figura 11, a primeira é a pergunta base e a segunda a justificativa para a primeira, nessa seção os questionamentos são realizados antes da animação, ao seguir as instruções do aplicativo e apertando o botão play o aplicativo irá exibir o questionamento que deve ser respondido para então executar a animação, diferentemente da primeira seção que os questionamentos eram realizados após as componentes. A intenção nesse momento é que o aluno pondere sobre as alterações nos parâmetros e suas implicações no comportamento do pêndulo

simples. Ao ser respondidas as perguntas o aplicativo executa a animação exibindo os valores de frequência e período, para parar a animação é necessário que o aluno aperte o botão *stop* da tela, posteriormente o aplicativo irá mostrar na tela o feedback da resposta selecionada, explicando o porquê da resposta está correta e relacionando com o conteúdo da seção principal, colaborando assim para que o aluno assimile a parte experimental e a teórica do movimento do pêndulo simples.

Figura 11 – Telas de questionamentos da seção simulador.



Fonte: O autor (2024).

Como o fluxo de navegação foi elaborado para que aluno possa interagir com todas as seções do aplicativo de modo contínuo e com fluidez, ao encerrar as orientações da seção simulador, o aplicativo apresenta uma mensagem convidando o aluno a desativar o modo interativo do simulador para que possa realizar combinações de parâmetros que ele desejar, oportunizando a autonomia e a descoberta por parte do aluno, após essas intenções, o mesmo é encaminhado para a seção atividades em é possível realizar uma autoavaliação da sua aprendizagem através de questões de múltipla escolha retiradas de vestibulares, obtemos por escolher esse tipo de avaliação tendo em vista a vivência dos alunos nas avaliações escolas que

frequentemente utilizam esse modelo, além de que o aluno possa ter um referencial de sua aprendizagem em relação avaliações sistêmicas como o Enem(Exame Nacional do Ensino Médio) e outros vestibulares.

Durante essa seção também estão presentes os feedbacks, após o aluno selecionar a alternativa correta, os feedbacks são exibidos em caixas de texto justificando a resposta correta e relacionando com o conteúdo temático da seção principal, nessa seção os alunos possuem várias oportunidades de escolha para encontrar a alternativa correta já que ao selecionar uma opção incorreta o aplicativo exibe a mensagem da segunda tela da figura 12 e permite que o aluno escolha outra opção, oferecendo a perspectiva após cada erro de analisar e refletir sobre a questão ao encontro da alternativa correta.

Figura 12 – Telas da seção atividades.



Fonte: O autor (2024).

A última seção, como podemos observar na figura 13 está dividida em duas partes que exploram aspectos históricos relacionado ao pêndulo simples, o desenvolvimento dos estudos sobre esse instrumento, e sua importância ao longo da história para a

humanidade e para a ciência. Igualmente as seções anteriores essa seção faz parte do fluxo padrão, sendo acessada após a finalização da seção atividades.

Na primeira parte, denominada o Pêndulo e o Tempo apresenta previamente os primeiros estudos e observações realizados por Galileu Galilei sobre o movimento do pêndulo simples e suas contribuições para o desenvolvimento dos primeiros relógios de pêndulo pelo cientista Christian Huygens. Na segunda parte, é apresentado o contexto histórico da criação do Pêndulo de Foucault e suas relevâncias na comprovação do movimento de rotação da terra. Essas abordagens históricas apontam para a relação entre ciência, inovação e sociedade, explicitando para aluno o caráter evolutivo da ciência e como esse impacta diretamente o desenvolvimento da sociedade e sua compreensão de mundo.

Figura 13 – Telas da seção explorar.

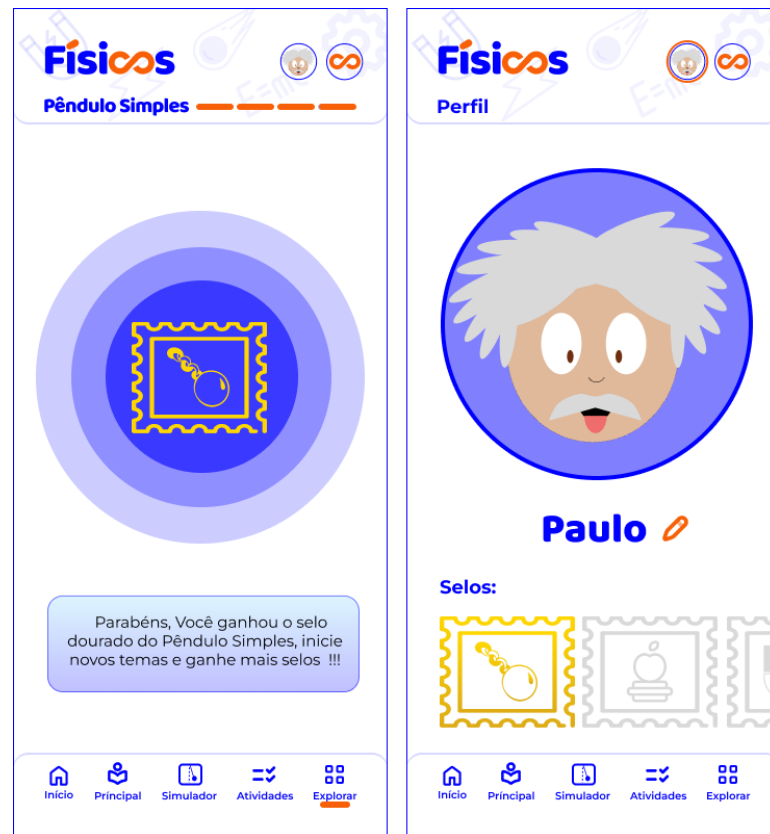


Fonte: O autor (2024).

Na tentativa de motivar o aluno a seguir o estudo em outros temas, após finalizar todas as seções do pêndulo simples ele ganha um selo, comprovando que ele concluiu todas as seções do tema como podemos observar na figura 14, caso o aplicativo seja

incorporado nas aulas dos professores de física esse selo pode servir como uma comprovação que o aluno utilizou o aplicativo, interagindo com todas as seções.

Figura 14 – Tela de finalização e tela de perfil.



Fonte: O autor (2024).

Embora o aplicativo seja de uso individual, sua utilização pode proporcionar vantagens significativas nas aulas de física, principalmente o simulador que ao desativar o modo interativo os alunos podem realizar simulações durante as aulas com a orientação e supervisão do professor, levando em consideração que algumas escolas não possuem laboratórios ou equipamentos adequados para realização de experimentos.

O aplicativo não tem a intenção de substituir o papel do professor, do livro didático, ou experimentos reais, mas complementar o ensino com um material interativo, através de uma linguagem simples e elementos gráficos dinâmicos, auxiliando como introdução aos temas que posteriormente pode ser aprofundado pelo professor em sala de aula. O aplicativo também favorece a autonomia dos alunos, permitindo que eles aprendam a qualquer hora e em qualquer lugar, devido a

mobilidade desse material, sendo necessário apenas baixar o aplicativo no smartphone por meio da loja virtual do dispositivo. As telas do protótipo podem ser observadas no apêndice B, o protótipo *Físicos* e os GIFs criados podem ser acessados através dos links da tabela 2.

Tabela 2 – Links para acessar o protótipo e os GIFs.

Protótipo Físicos	https://www.figma.com/proto/W0KjABvM5FU6NcCEWzVy12/Projeto-F%C3%ADsicos?node-id=733-160&t=6OXY9chZ0IHgRHB7-1&scaling=scale-down&content-scaling=fixed&page-id=0%3A1
GIFs	https://drive.google.com/drive/folders/1qat7MGKY6YgZpRO0ENY-uUjXYnSm6KaS?usp=sharing .

Fonte: O autor (2024).

6 CONCLUSÃO

Na atualidade, as tecnologias digitais estão cada vez mais presentes em nossas vidas, otimizando e facilitando atividades do nosso cotidiano. Portanto, na educação não deve ser diferente, os professores devem cada vez mais somar as tecnologias digitais a suas práticas pedagógicas com o intuito de oportunizar aos alunos um aprendizado mais participativo e interativo com o suporte das metodologias ativas. Objetivando, desta forma, que o processo de ensino não se torne distante da realidade da sociedade, ou cansativo e ultrapassado perante os alunos, modernizando-se e incorporando os recursos a disposição.

Nessa perspectiva, o protótipo *Físicos* apresenta-se como um ambiente virtual dinâmico e interativo, que utiliza elementos visuais para tornar a aprendizagem do aluno mais significativa ao envolver saberes declarativos, procedimentais e comportamentais por meio de abordagens metodológicas diversificadas como simulador, atividades, abordagem conceitual e matemática, e curiosidades. Os questionamentos, que são realizados durante as seções, têm como público alvo alunos do ensino médio.

Além disso, o protótipo desenvolvido apresenta-se como uma possibilidade viável para a criação do aplicativo, para ser executado em dispositivos com sistema operacional Android dado a popularidade desses dispositivos.

As tecnologias digitais que foram utilizadas para criação do protótipo se mostraram um grande potencial para criação de materiais didáticos, principalmente para o ensino de física, uma ciência que busca compreender as leis que controlam o universo. Para isso, é necessário estudos não somente teóricos, mas explicações práticas através de ilustrações, simulações e experimentações. Nesse sentido, o *Figma* possibilita a criação de ilustrações como desenhos, diagramas e mapas mentais que podem ser usadas durante as aulas, além de criar protótipos para sites e plataformas a partir dos recursos gráficos e de prototipagem. Por outro lado, no *Wick Editor* é possível a criação de animações e Gifs de maneira fácil e intuitiva. O desenvolvimento do protótipo também possibilitou a interdisciplinaridade entre diferentes áreas do conhecimento, como a física, design e programação.

Quanto à planos futuros, pretendemos desenvolver o aplicativo através da IDE (Ambiente de Desenvolvimento Integrado) *Android Studio*, o aperfeiçoamento e a

adição de novos temas, como também disponibilizar o aplicativo para a validação de estudantes e professores, tendo em vista a inovação no campo da educação em ciências, fornecendo uma nova ferramenta de ensino e aprendizado para professores e estudantes.

REFERÊNCIAS

ALONSO, M. ; FINN, E J. **Física: um curso universitário / mecânica**. Tradução de Mário A. Guimarães... [et al]. 1 v. 2. ed. São Paulo: Edgard Blücher, 2014. ISBN 978-85-212-0831-0.

ARNOLD, F. J.; ARTHUR, R.; BRAVO-ROGER, L. L.; GONÇALVES, M. S.; OLIVEIRA, M. J. G. Estudo do amortecimento do pêndulo simples: uma proposta para aplicação em laboratório de ensino. **Revista Brasileira de Ensino de Física**, v. 33, n. 4, 4311 p.1-7, 1 dez. 2011.

BERTUSSO, F. R.; MACHADO, E. G.; TERHAAG, M. M.; MALACARNE, V. A utilização das Tecnologias de Informação e Comunicação (TICs) no ensino de Ciências: um paradigma a ser vencido. **Research, Society and Development**, v. 9, n. 12, p. 1-18, 23 dez. 2020. ISSN 2525-3409, DOI: <http://dx.doi.org/10.33448/rsd-v9i12.11099>.

BORGE, E.; BRAGA, J. P. O EFEITO DE CORIOLIS: DE PÊNDULOS A MOLÉCULAS. *Química Nova*, v. 33, n. 6, p.1416-1420, 10 jun. 2010.

BRITO, G. S.; COSTA, M. L. F. Apresentação – Cultura digital e educação: desafios e possibilidades. **Educar em Revista**, Curitiba, v. 36, e76482, p.1-7, 23 set. 2020. DOI: <http://dx.doi.org/10.1590/0104-4060.76482>.

BURROWES, M.; FARINA, C. Sobre o pêndulo isócrono de Christiaan Huygens. **Revista Brasileira de Ensino de Física**, v. 27, n. 2, p. 175 - 179, fev. 2005.

CAMENIETZKI, C. Z. A incessante mobilidade da Terra. **CIÊNCIA HOJE**, v. 29, n. 170, p. 78-79, abr. 2001.

CARMO, Rodrigo do. **O Geogebra no Ensino de Física: Propostas de Aplicação para o Ensino do Movimento Harmônico Simples**. 2017. Dissertação (Mestrado Profissional em Ensino de Física) – Universidade Federal de São Carlos, Sorocaba, 2017.

ESTEVES, Warlle de Almeida. O USO DAS TECNOLOGIAS DA INFORMAÇÃO E COMUNICAÇÃO NO ENSINO DE FÍSICA. **SAJEBTT**, Rio Branco, UFAC, v.6, n.2, p.699-711, Ed. Ago/dez, 2019. ISSN: 2446-4821.

FERREIRA, A. J. S.; COSTA, R. A.; ROCHA, A. S.; FEITOSA, R. S.; ROCHA, E. C. M.; AMADOR, D. H. T.; ROCHA, J. A. P. A utilização do aplicativo “física interativa” no ensino de Física. **Research, Society and Development**, v. 10, n. 6, p.1-6, 8 jun. 2021. ISSN 2525-3409. DOI: <http://dx.doi.org/10.33448/rsd-v10i6.68885>.

GRILO, A. **Experiência do usuário em interfaces digitais: compreendendo o design nas tecnologias da informação**. 1. ed. Natal: SEDIS-UFRN. 2019.

GOEDERT, L.; ARNDT, K. B. F. MEDIAÇÃO PEDAGÓGICA E EDUCAÇÃO MEDIADA POR TECNOLOGIAS DIGITAIS EM TEMPOS DE PANDEMIA. **Criar**

Educação, Criciúma, v. 9, nº2, p. 104-121, Edição Especial 2020.– PPGE – UNESC – ISSN 2317-2452.

IBGE, Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. **Pesquisa Nacional por Amostra de Domicílio** - PNAD - Acesso à Internet e à televisão e posse de telefone móvel celular para uso pessoal 2023. Rio de Janeiro, 2024. Disponível em: <https://biblioteca.ibge.gov.br/index.php/biblioteca-catalogo?view=detalhes&id=2102107>. Acesso em setembro de 2024.

JUNÍOR, A. J. O.; SIMÕES, R. P. Desenvolvimento de um aplicativo Android utilizando a classe FlingAnimation para abordagem de conceitos de cinemática. **Research, Society and Development**, v. 10, n. 1, p.1-10, 13 jan. 2021. ISSN 2525-3409. DOI: <http://dx.doi.org/10.33448/rsd-v10i1.11710>.

LOPES, F. S.; SUAVE, R. N.; NOGUEIRA, J. A. Uma revisão das aproximações lineares para grandes amplitudes de oscilações do período de um pêndulo simples. **Revista Brasileira de Ensino de Física**, vol. 40, nº 3, e3313, 2018. DOI: <http://dx.doi.org/10.1590/1806-9126-RBEF-2017-0393>.

MATTHEWS, M. METODOLOGIA E POLÍTICA EM CIÊNCIA: O DESTINO DA PROPOSTA DE HUYGENS DE 1673 PARA ADOÇÃO DO PÊNDULO DE SEGUNDOS COMO UM PADRÃO INTERNACIONAL DE COMPRIMENTO E ALGUMAS SUGESTÕES EDUCACIONAIS. **Caderno Catarinense de Ensino de Física**, tradução Claudia Mesquita, v. 18, n.1, p. 7-25, abr. 2001.

MEIER, M.; GARCIA, S. Mediação da aprendizagem; Contribuições de Feuerstien e de Vygotsky. Curitiba. Edição do autor 2007.

MENDES, G. H. G. I.; BATISTA, I. L. SÍNTESE HISTÓRICA DA MATEMATIZAÇÃO DO PÊNDULO SIMPLES. **XII EPREM – Encontro Paranaense de Educação Matemática**. Campo Mourão, 04 a 06 de setembro. 2014. ISSN 2175 – 2044.

MERIZIO, A. D.; CLEMENT, L. Uso de Tecnologias Móveis sob uma perspectiva investigativa em aulas de Física. **Caderno Brasileiro de Ensino de Física**, v. 38, n. 3, p. 1453-1477, dez. 2021. DOI: <https://doi.org/10.5007/2175-7941.2021.e76703>.

NOVAES, M. A. B.; SILVA, E.S.; COSTA, M. K. R.; AMORIM, P. A.; MACHADO, F. L. M.; MACHADO, A. M. M. R.; MOURA, J. S.; PAIVA, C. R. B.; MARTINS, I. S.; PAULINO, F. G. O.; ARAÚJO, M. N.; MEDEIROS, J. L.; ANDRÉ, A. S. Metodologias ativas no processo de ensino e de aprendizagem: Alternativas didáticas emergentes. **Research, Society and Development**, v. 10, n. 4, p.1-10, 14 abr. 2021. ISSN 2525-3409. DOI: <http://dx.doi.org/10.33448/rsd-v10i4.14091>.

PIRES, A. S. T. **Evolução das idéias da física**. 1. ed. São Paulo: Livraria da Física, 2008. ISBN 978-85-88325-96-8.

SÁ, Genival Santos de. **DESENVOLVIMENTO DE UM APLICATIVO COMO FERRAMENTA DIDÁTICA NO ENSINO DE ENERGIAS RENOVÁVEIS NA DICIPLINA DE FÍSICA**. 2018. Dissertação (Mestrado Profissional em Climatologia) Ensino de Física) – Universidade Estadual do Ceará, Fortaleza, 2018.

SILVA, Jenekésia Lins da. **TECNOLOGIAS MÓVEIS NOS PROCESSOS DE ENSINO E DE APRENDIZAGEM EM FÍSICA: reflexões e possibilidades de um ambiente educacional interativo**. 2018. Dissertação (Mestrado em Ensino de Ciências e Matemática) – Universidade Federal de Alagoas, Maceió, 2018.

SILVA, A. M. M.; VOELZKE, M. R. Aplicação do mobile learning com uso do aplicativo qranio no ensino de física e astronomia. Brazilian Journal of Development, Curitiba, v.7, n.11, p. 107582-107596, nov. 2021.

TEIXEIRA, Raoni Thales de Medeiros. **CONSTRUÇÃO E USO DE UM APLICATIVO PARA SMARTPHONES COMO AUXÍLIO AO ENSINO DE FÍSICA**. 2016. Dissertação (Mestrado Profissional em Ensino de Física) – Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Rio Grande do Norte, Natal, 2016.

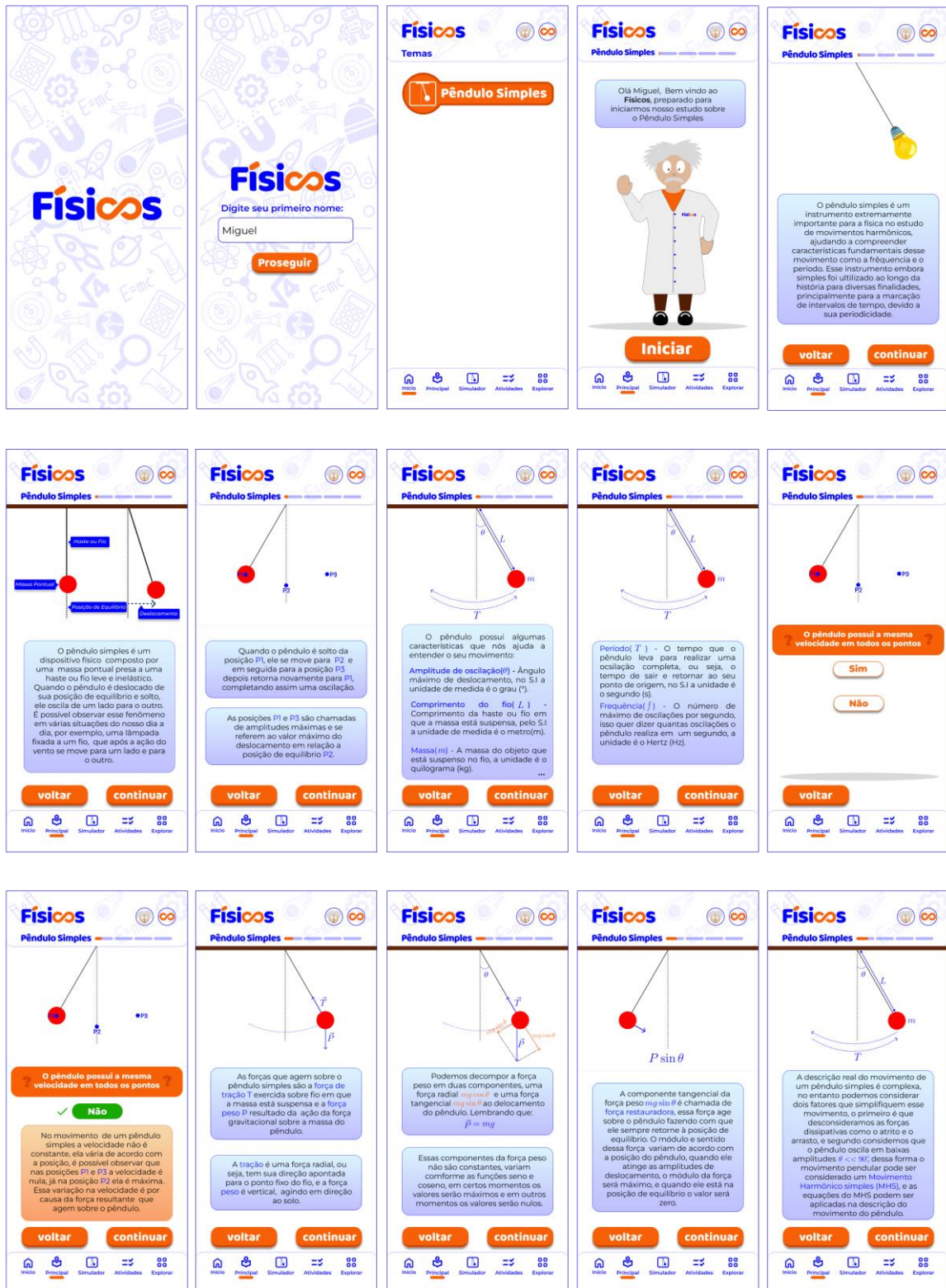
VEIGA, Paulo Moreira. **USO DE APLICATIVO EM SMARTPHONE E TABLET: Uma proposta de aprendizagem significativa no Ensino de Física**. 2018. Dissertação (Mestrado Profissional em Ensino de Física) – Universidade Federal do Pará, Belém, 2018.

APÊNDICE A – DIAGRAMA DO APLICATIVO FÍSICOS



Fonte: O autor (2024).

APÊNDICE B – TELAS DO PROTÓTIPO



Físicos Modo Interativo

Pêndulo Simples Período 1,90 s Frequência 0,52 Hz

Observe que o período aumentou para 1,90 segundos, antes de alterarmos o comprimento do fio o período era 1,68 segundos.

voltar **continuar**

Físicos Modo Interativo

Pêndulo Simples Período 1,90 s Frequência 0,52 Hz

Após alterarmos o comprimento do fio o que aconteceu com a frequência?

Aumentou
Diminuiu
Permaneceu a mesma

voltar

Físicos Modo Interativo

Pêndulo Simples Período 1,90 s Frequência 0,52 Hz

A frequência diminuiu, por que?

O período é proporcional a frequência
O período é inversamente proporcional a frequência

voltar

Físicos Modo Interativo

Pêndulo Simples Período 1,90 s Frequência 0,52 Hz

A frequência diminuiu, por que?

O período é proporcional a frequência
O período é inversamente proporcional a frequência

Isso mesmo!!! a relação entre o período e a frequência é inversa, ou seja, se o período aumenta a frequência diminui. Lembra que:

$$f = \frac{1}{T}$$

voltar **continuar**

Físicos Modo Interativo

Pêndulo Simples Período --- s Frequência --- Hz

A aceleração gravitacional de Marte é cerca 38% da Terra, então para verificarmos a influência desse fator no movimento do pêndulo, acesse os **Parâmetros** e selecione aceleração gravitacional de Marte.

Parâmetros

Físicos Modo Interativo

Pêndulo Simples Período 3,09 s Frequência 0,32 Hz

Em qual planeta a energia mecânica do pêndulo é maior?

Marte
Terra

voltar

Físicos Modo Interativo

Pêndulo Simples Período 3,09 s Frequência 0,32 Hz

Por que a energia mecânica do pêndulo é maior na Terra?

A aceleração gravitacional de Marte é maior que a da Terra
A aceleração gravitacional da Terra é maior que a de Marte

voltar

Físicos Modo Interativo

Pêndulo Simples Período 3,09 s Frequência 0,32 Hz

Por que a energia mecânica do pêndulo é maior na Terra?

A aceleração gravitacional de Marte é maior que a da Terra
A aceleração gravitacional da Terra é maior que a de Marte

Excelente!!! a energia mecânica é a soma da energia cinética e a energia potencial.
 $E_M = E_C + E_P$
Como a gravidade da Terra é maior que a de Marte, o pêndulo irá se mover mais rápido na Terra, como consequência a energia mecânica será maior, observe que o período do pêndulo é bem maior em Marte que na Terra.

voltar **continuar**

Físicos Modo Interativo

Pêndulo Simples Período --- s Frequência --- Hz

Acesse os **Parâmetros** e retorne a aceleração gravitacional para a da Terra.

Parâmetros

Físicos Modo Interativo

Pêndulo Simples Período 1,90 s Frequência 0,52 Hz

Observe os valores do período e da frequência, em seguida acesse os **Parâmetros**, aumente a massa do pêndulo e diminua a amplitude.

Parâmetros

Físicos Modo Interativo

Pêndulo Simples Período --- s Frequência --- Hz

Você alterou a massa e a amplitude, o que irá acontecer com o período?

Aumentar
Diminuir
Permanece o mesmo

voltar

Físicos Modo Interativo

Pêndulo Simples Período --- s Frequência --- Hz

Se o período não muda é porque?

A alteração da massa compensa a alteração na amplitude
O período não depende da massa e nem da amplitude

Muito bem!!! O período permanece o mesmo porque para baixas amplitudes, a massa e a amplitude não influenciam, note que na equação do período não há dependência dessas grandezas.

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

voltar **continuar**

Físicos Modo Interativo

Pêndulo Simples Período 1,90 s Frequência 0,52 Hz

Perceba que mesmo alterado a massa e a amplitude, o período e a frequência permaneceram os mesmos.

voltar **continuar**

Físicos Modo Interativo

Pêndulo Simples Período --- s Frequência --- Hz

Excelente Miguel!!! fique a vontade para desativar o modo interativo e realizar novas simulações ou convide você a testar seu aprendizado com algumas questões de vestibulares.

Atividades

Físicos Modo Interativo

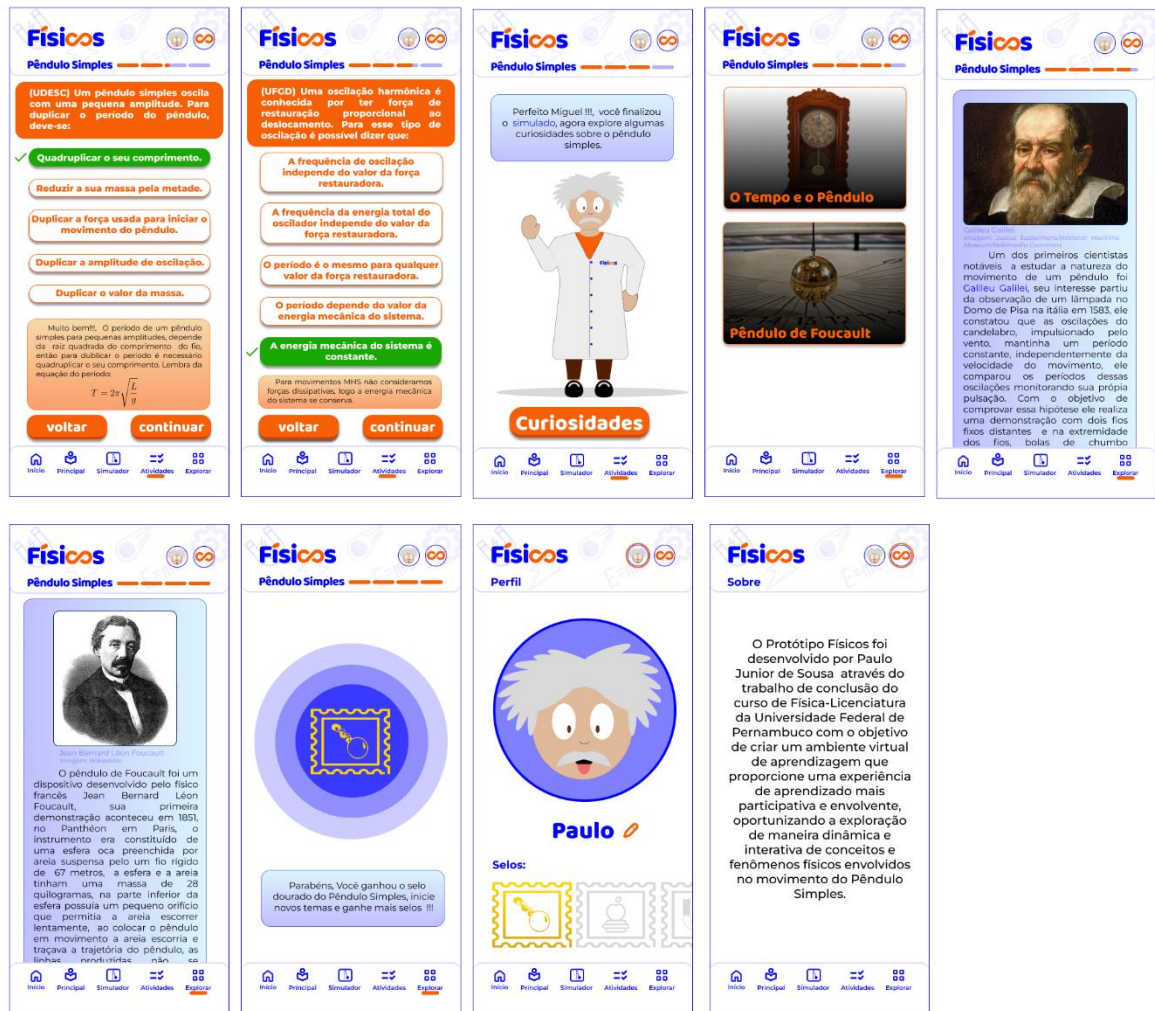
Pêndulo Simples

(IFSul) O pêndulo simples é um sistema ideal constituído de uma partícula suspensa a um fio fixável, inextensível e de massa desprezível. Quando o sistema é afastado de sua posição de equilíbrio e liberado a oscilar, seu período de oscilação é

Independente do comprimento do pêndulo.
Diretamente proporcional à massa pendular.
Inversamente proporcional à amplitude de oscilação.
Inversamente proporcional à raiz quadrada da intensidade do campo gravitacional

Muito bem!!! O período de um pêndulo simples para pequenas amplitudes, depende apenas do comprimento do fio e da aceleração da gravidade.

voltar **continuar**



Fonte: O autor (2024).