



**UNIVERSIDADE FEDERAL DO CEARÁ**  
**CENTRO DE CIÊNCIAS**  
**DEPARTAMENTO DE FÍSICA**  
**CURSO DE LICENCIATURA EM FÍSICA**

**FRANCISCO HEDLER BARRETO DE LIMA MORAIS**

**SMARTPHONE COMO UMA ALTERNATIVA PARA O ENSINO DE FÍSICA**  
**EXPERIMENTAL: O USO DO ACELERÔMETRO**

**FORTALEZA**  
**2016**

FRANCISCO HEDLER BARRETO DE LIMA MORAIS

SMARTPHONE COMO UMA ALTERNATIVA PARA O ENSINO DE FÍSICA  
EXPERIMENTAL: O USO DO ACELERÔMETRO

Monografia apresentada ao Curso de Licenciatura em Física do Departamento de Física da Universidade do Ceará, como requisito parcial para obtenção do Título de Licenciado em Física.

Orientador: Professor Dr. Afrânio de Araújo Coelho

FORTALEZA

2016

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação  
Universidade Federal do Ceará  
Biblioteca do Curso de Física

- 
- M825s      Morais, Francisco Hedler Barreto de Lima  
Smartphone como uma alternativa para o ensino de Física experimental: o uso do acelerômetro  
/ Francisco Hedler Barreto de Lima Morais. – 2016.  
43 f. : il. algumas color.
- Monografia (Graduação em Física) – Universidade Federal do Ceará, Centro de Ciências,  
Departamento de Física, Curso de Licenciatura em Física, Fortaleza, 2016.  
Orientação: Prof. Dr. Afrânio de Araújo Coelho.  
Inclui bibliografia e anexos.
1. Ensino de Física. 2. Física experimental (Ensino Médio). 3. Acelerômetro. 4. Didática.  
5. Tecnologias na educação. I. Coelho, Afrânio de Araújo. II. Título.

FRANCISCO HEDLER BARRETO DE LIMA MORAIS

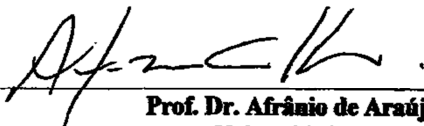
SMATPHONE COMO UMA ALTERNATIVA PARA O ENSINO DE FÍSICA  
EXPERIMENTAL: O USO DO ACELERÔMETRO

Monografia apresentada ao Curso de  
Licenciatura em Física do Departamento  
de Física da Universidade do Ceará,  
como requisito parcial para obtenção do  
Título de Licenciado em Física.

Orientador: Professor Dr. Afrânio de  
Araújo Coelho

Aprovada em: 05 de Fevereiro de 2016.

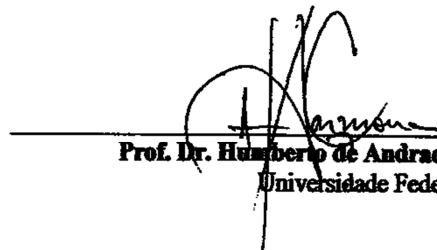
BANCA EXAMINADORA



**Prof. Dr. Afrânio de Araújo Coelho**  
Universidade Federal do Ceará



**Prof. Dr. José Ramos Gonçalves**  
Universidade Federal do Ceará



**Prof. Dr. Humberto de Andrade Carmona**  
Universidade Federal do Ceará

A Deus.

A minha Esposa, meu Filho e minha Mãe.

A quem me fortaleceu e me ajudou nessa fase de estudos.

## **AGRADECIMENTOS**

Ao meu orientador, Prof. Dr. Afrânio de Araújo Coelho, pelo tempo que dedicou, pela atenção e pela amizade dispensadas durante esse trabalho. A minha família, que me ajudou durante essa fase de conclusão de curso. Aos meus colegas de sala, pelas amizades conquistadas e longos tempos de estudos juntos. Aos alunos da turma 2015.2, da disciplina de Métodos de Ensino de Física 2, por terem assistido a aula sobre o tema da monografia e a todos os professores com quem tive o prazer de estudar aqui na UFC.

“É muito melhor conquistar a sabedoria do que o ouro puro. É mais proveitoso obter o entendimento do que a prata mais valiosa.” (Provérbios 16:16)

## RESUMO

Os professores de física tem um desafio a cada aula. Fazer com que os alunos fixem os conceitos físicos, consigam interpretar equações e gráficos. O ensino de física experimental torna esse ensino mais atrativo para os alunos. A busca por novos métodos de ensino é contínua. Em paralelo a escassez dos recursos didáticos nas escolas nos faz inventar um novo método a cada dia. É possível alcançar esse objetivo, dispondo de recursos que estão ao nosso alcance. O smartphone é um dos recursos que temos nas mãos de professores e alunos e podemos utilizar essa ferramenta para nos ajudar. Com isso, o nosso objetivo é buscar também um maior interesse por parte dos alunos, que a partir de uma ferramenta do seu cotidiano, possam assimilar os conceitos físicos, através de simples experimentos. Esse trabalho nos possibilitou demonstrar que o Smartphone é capaz de simular experimentos físicos simples e conseguir captar dados com erros experimentais médios de 2,5%, logo admissíveis para o ensino de física experimental.

**Palavras-chave:** Ensino de Física; Física Experimental; Acelerômetro.



## **ABSTRACT**

Physics teachers have a challenge at each class. Having the students learning the physical concepts, able to interpret equations and graphs. The experimental physics makes this subject a little more attractive to students. The search for new teaching methods is continuous. At the same time the shortage of resources in schools makes us to invent a new method every day. You can achieve this goal, having resources that are within your reach. The smartphone is one of the resources that we have in hands and we can use this tool to help us. Thus, our goal is also to seek greater interest from students, who from their everyday tool can assimilate the physical concepts through simple experiments. This work has allowed us to demonstrate that with the smartphone is able to simulate simple physical experiments, and be able to capture data with average experimental as small error 2.5%, then permissible for experimental physics teaching.

**Keywords:** Physics education; Experimental physics; Accelerometer.

## LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Figura 1 – Modelos de Smartphones existentes no mercado brasileiro .....	16
Figura 2 – Sensores presentes nos Smartphones .....	17
Figura 3 – Orientação dos eixos do acelerômetro .....	18
Figura 4 – Circuito eletrônico do acelerômetro .....	19
Figura 5 – Acelerômetro em um Iphone 3GS .....	20
Figura 6 – Exemplo de Acelerômetro Conceitual .....	21
Figura 7 – Acelerômetro .....	21
Figura 8 – Acelerômetro disposto em três eixos.....	22
Figura 9 – Modelo de Acelerômetro capacitivo .....	22
Figura 10 – Tela do aplicativo Accelerometer.....	24
Figura 11 – Tela do aplicativo Accelerometer Meter .....	25
Figura 12 – Tela do aplicativo Mobizen .....	25
Figura 13 – Circuito elétrico do aparato para simular movimento circular.....	27
Figura 14 – Aparato para simular o movimento circular .....	27
Figura 15 – Gráfico do Movimento circular.....	28
Figura 16 – Base do pêndulo com o Smartphone .....	30
Figura 17 – Gráfico do pêndulo.....	30
Tabela 1 – Valores de $T'$ (período experimental) .....	31
Figura 18 – Esquema para experimento do plano inclinado .....	32
Figura 19 – Forças atuantes no plano inclinado .....	32
Figura 20 – Medição do ângulo do plano inclinado .....	33
Figura 21 – Gráfico do plano inclinado .....	34
Figura 22 – Gráfico do plano inclinado, plotado em excel .....	35
Figura 23 – Dados do gráfico do plano inclinado, referente ao movimento .....	35

## **LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS**

PCNs – Parâmetros Curriculares Nacionais

PCN+ – Parâmetros Curriculares Nacionais - Orientações Complementares

CNDE – Campanha Nacional pelos Direitos da Educação

ENEM – Exame Nacional do Ensino Médio

PDA – “Personal Digital Assistant”

IBM – “International Bussiness Machine”

## LISTA DE SÍMBOLOS

$T$  – Período calculado conforme equação 3

$T'$  – Período experimental

$s$  – Segundo

% - Porcentagem

$g$  – Aceleração da gravidade igual a  $9,81 \text{ m/s}^2$

$a'$  - Aceleração medida pelo acelerômetro

## SUMÁRIO

<b>1</b>	<b>INTRODUÇÃO .....</b>	<b>12</b>
<b>2</b>	<b>O ENSINO EXPERIMENTAL.....</b>	<b>13</b>
<b>2</b>	<b>O SMARTPHONE .....</b>	<b>15</b>
<b>3.1</b>	<b>Uma breve história sobre o Smartphone .....</b>	<b>15</b>
<b>3.2</b>	<b>Sensores presente no Smartphone .....</b>	<b>16</b>
<b>3.3</b>	<b>Como funciona o acelerômetro.....</b>	<b>18</b>
<b>3.4</b>	<b>Aplicativos utilizados.....</b>	<b>23</b>
<b>4</b>	<b>APLICAÇÃO DOS EXPERIMENTOS UTILIZANDO O ACELERÔMETRO .....</b>	<b>26</b>
<b>4.1</b>	<b>Experimento 1: Movimento Circular .....</b>	<b>26</b>
<b>4.2</b>	<b>Experimento 2: Pêndulo .....</b>	<b>29</b>
<b>4.3</b>	<b>Experimento 3: Plano inclinado .....</b>	<b>31</b>
<b>4.4</b>	<b>Considerações finais .....</b>	<b>36</b>
<b>5</b>	<b>CONCLUSÃO .....</b>	<b>38</b>
<b>6</b>	<b>REFERÊNCIAS.....</b>	<b>39</b>
	<b>ANEXO 1.....</b>	<b>40</b>

## 1 INTRODUÇÃO

O grande desafio dos professores de física é fazer com que os objetivos dos Parâmetros Curriculares Nacionais (PCNs e PCN+) sejam postos em prática, para contribuir com o aumento do aprendizado dos alunos.

O problema é que os recursos das escolas públicas são limitados, fazendo com que o professor esteja limitado à sala de aula, onde provavelmente será ministrada uma aula nos moldes tradicionais. A passividade dos alunos é imediata, gerando tédio devido a aulas pautadas em conceitos, teorias e cálculos.

O ensino de física experimental pode ajudar nesse sentido, mas de acordo com a Campanha Educacional pelo Direito à Educação, somente 0,6% das escolas públicas brasileiras, tem infraestrutura próxima da ideal para o ensino. (CNDE, 2014).

Como podemos resolver o problema do ensino experimental de física?

Existem algumas soluções de baixo custo, mas limitadas devido à escassez de materiais, em alguns locais.

Há um poderoso recurso que temos nas mãos dos alunos, que muitas vezes atrapalha a aula, devido à distração por estar consigo. Os professores disputam a atenção dos alunos com os Smartphones, que sempre está a mão para verificar as redes sociais. Nesse cenário como podemos utilizar esse smartphone para o ensino experimental de física? É hora de usá-los a favor do conhecimento.

## 2 O ENSINO EXPERIMENTAL

De acordo com as diretrizes curriculares nacionais (Parâmetros Curriculares Nacionais – PCNs e PCN+), as ciências da natureza, matemáticas e suas tecnologias, devem ser ministradas, organizando o aprendizado nas disciplinas e buscando sempre a interdisciplinaridade e contextualização, de forma em que os conteúdos e aspectos tecnológicos associados ao aprendizado matemático e científico, sejam parte da formação essencial do cidadão. (PCN+, 2002, p. 9).

Existe hoje uma dificuldade por parte dos alunos, em interpretar dados, em compreender significados relacionados a ciências, devido à falta de enxergar o ensino de ciências como prático. Um dos objetivos dos PCNs e PCN+ é formar

cidadão com conhecimento cotidiano e prático. Atualmente muitos pensam somente em aprovações em vestibulares ou no ENEM (Exame Nacional do Ensino Médio).

Pena (2007) mostra que os PCNs e PCNs+ estão sendo implantados pelo MEC para o ensino médio, sendo considerado a importância da utilização dos preceitos pedagógicos e filosóficos e a pesquisa de conteúdos da vida contemporânea, incluindo no estudo da física, um modelo relacionado à história da ciência, como lapidação do conhecimento profissional e social, que visa assimilar a evolução dos meios tecnológicos e sua dinâmica do conhecimento científico. Porém, necessita da formação de professores enquadrados nessa área, além de materiais didáticos, dando oportunidade de conhecer a história para depois explorar os conteúdos.

A função do professor de física é facilitar esse processo de aprendizagem, utilizando todos os recursos possíveis para incentivar o aluno a perceber essa necessidade de aprender ciências. Como educadores, temos a responsabilidade de preparar aulas que possam construir o conhecimento e fazer com que os alunos percebam e entendam melhor o seu mundo, desenvolvendo a busca por novos conhecimentos em ciência, sendo uma aprendizagem contextualizada e significativa.

Moreira (2005) enfatiza como podemos alcançar essa aprendizagem contextualizada e significativa através do princípio da interação social e do questionamento: Aprender e ensinar perguntas através de respostas; e pelo princípio da não centralidade do livro texto: Aprender a partir de distintos materiais educativos.

A física está associada diretamente a conceitos e cálculos matemáticos, fazendo com que os alunos tenham dificuldades de assimilar o conteúdo, pela deficiência em leitura e cálculo. A partir do ensino experimental, temos como definir e conceituar os fenômenos físicos, mostrando ao aluno como se aplica aquele cálculo, ou até mesmo como aquele conceito foi provado.

O ensino de física experimental favorece a aprendizagem dos alunos e despertam a curiosidade, facilitando assim o processo de aprendizagem, o tornando eficaz.

Segundo Lev Vygotsky (GASPAR, 2005, p. 231) cada ser é capaz de aprender por meio do seu contexto histórico-cultural, ou seja, a partir do momento que o indivíduo enxerga algum fenômeno ou objeto, o mesmo estará apto a conectar

o conhecimento aprendido com diversos fatos vividos no seu dia a dia. O experimento expõe o estudante a situação de reflexão, ou seja, o que existe no seu dia a dia, nas relações humanas e na natureza. Os experimentos, sendo fáceis de serem feitos e compreendidos, podem dar uma nova visão para o aluno, permitindo que o mesmo una a teoria vista em sala de aula com o exemplo prático, analisando seus resultados, comparando-o com o cotidiano ao seu redor e o aproximando da disciplina.

Devemos considerar que na escola, o aluno permanece muito tempo sentado na sala de aula em cadeiras desconfortáveis, salas sem muitas estruturas. Deve ser levada em consideração a importância da diferenciação no ambiente da escola, para que o estudante não tenha desmotivação com a aula que será ministrada e com isso poderá ter uma redução do rendimento escolar como um todo.

Quando colocamos um experimento em sala de aula, cada aluno interage com os outros alunos e acaba que no final, todos estão conectados com o assunto da aula, devido ao sentimento de querer saber como aquele fenômeno funciona. Com isso despertamos o aluno a pensar e ao mesmo tempo motivamos cada um por reação em cadeia. No ensino da física, o uso da atividade experimental faz com que os alunos mais tímidos despertem e consigam liberar a sua expressão corporal através da sua criatividade.

Devemos fazer com que os alunos tenham novos pensamentos no assunto, abordando o método investigativo que irá despertar a curiosidade e aguçar o pensamento dos alunos. A física experimental nos permite explicar os fenômenos e teorias físicas e fazer com que esses alunos possam demonstrar teorias e equações vistas em uma aula nos moldes tradicionais.

Devemos proporcionar aos alunos ferramentas que desenvolvam o seu pensamento científico e com isso proporcionar o seu desenvolvimento crítico e autônomo sobre os fenômenos naturais abordados, explorando a sua capacidade física, intelectual e moral, buscando desenvolvê-lo na ciência e na vida social.

Quando se comprova os fenômenos físicos através dos experimentos, o aluno consegue perceber e assimila os conteúdos, tendo assim uma base para resolver questões e de ser avaliado de forma com que não se leve em conta apenas o cálculo mecanizado do ensino tradicional. Com isso teremos base para o desenvolvimento de conhecimento formal, social e cultural dos nossos alunos.



### 3 O SMARTPHONE

#### 3.1 Uma breve história sobre o smartphone

Smartphone, palavra da língua inglesa, significa "telefone inteligente". É um celular que combina os recursos da telefonia, com funções avançadas, por meio de aplicações ou programas, executados por meio de um sistema operacional.

Os sistemas operacionais dispõem de milhares de aplicações que são criadas por desenvolvedores e estão disponíveis em lojas virtuais, como a Google play, Apple Store e Windows Store.

Existem vários modelos e marcas de Smartphone, onde cada um possui características distintas de hardware e software, capaz de conectar com redes de dados para acesso à internet, a capacidade de sincronização dos dados do organizador com um computador pessoal, processamento de gráficos, filmagem em alta definição e etc.

A primeira combinação entre telefonia e computação foi desenvolvida por Nikola Tesla, em 1909 e o primeiro protótipo foi patenteado em 1974<sup>1</sup> por Theodore G. Paraskevakos, onde o aparelho de telefone tinha alguns recursos de processamento, acoplado em uma tela.

Na década de 1990, surgiram vários modelos, como o PDA<sup>2</sup> das empresas IBM (International Business Machine) e Nokia.

Naquela década, o termo designado aos aparelhos era "PDA Phone". O termo smartphone, foi utilizado pela primeira vez, no final da década de 1990, pela empresa Ericsson. No início dos anos 2000, as empresas Blackberry e Nokia, dominaram esse mercado com a venda de milhares de smartphones.

Em 2007, a Apple Inc., lançou o smartphone Iphone, com o sistema operacional IOS, que revolucionou mais uma vez o mercado, lançando um smartphone que combinava as funcionalidades de um smartphone e tinha uma tela multi-toque. Também foi o primeiro smartphone a vir com o sensor acelerômetro.

---

<sup>1</sup> Patenteado em 1974, conforme: U.S. Patent #3,812,296/5-21-1974 (*Apparatus for Generating and Transmitting Digital Information*), U.S. Patent #3,727,003/4-10-1973 (*Decoding and Display Apparatus for Groups of Pulse Trains*), U.S. Patent #3,842,208/10-15-1974 (*Sensor Monitoring Device*).

<sup>2</sup> Personal Digital Assistant, Assistente Digital Pessoal, é um computador de bolso, com dimensões reduzidas, dotado de grande capacidade computacional, cumprindo as funções de agenda e sistema informático de escritório elementar, com conexão para acesso a internet e redes sem fio.

Em 2008 a empresa Google, lançou seu Smartphone com o sistema operacional Android, baseado na linguagem Linux.

Hoje em dia a utilização do Smartphone é bem polivalente, podendo ser usado para filmar, fotografar, ler notícias na internet, jogar, entrar em redes sociais, ver a previsão do tempo, utilizar como calculadora, dentre outras.

Segundo estudo da Fundação Getúlio Vargas (2015), hoje no Brasil, o número de Smartphones ativos é de 154 milhões de unidades.

Figura 1 – Modelos de Smartphones existentes no mercado brasileiro



Fonte: <http://www.radioone.fm>

### 3.2 Sensores presentes no Smartphone

Existem vários modelos de Smartphone no mercado a venda. Desde o mais simples até o mais sofisticado, eles apresentam sensores para desempenhar algumas funções e são capazes de perceber e identificar dados com precisão e exatidão.

Os sensores internos dos Smartphones podem medir movimentos, orientações e condições ambientais.

Os sensores de proximidade detectam a presença de objetos ao seu redor sem o contato direto, possuem um emissor e receptor de luz infravermelha. Essa detecção acontece através da emissão e reflexão da luz infravermelha. O smartphone aciona o circuito elétrico a partir da medição da luz infravermelha refletida e detectada pelo circuito elétrico do receptor. Exemplo de aplicação do sensor de proximidade: Ao aproximar o seu corpo da tela do smartphone durante uma chamada atendida, o sensor de proximidade, desliga a tela, para economizar energia e evitar algum toque indesejado durante a chamada atendida.

O sensor geomagnético age como uma bússola e detecta o polo magnético do planeta Terra e aperfeiçoa os dados do GPS, otimizando a sua posição de latitude e longitude.

O sensor de temperatura detecta a temperatura externa e interna do Smartphone, ajudando a proteger os componentes internos como processadores e bateria.

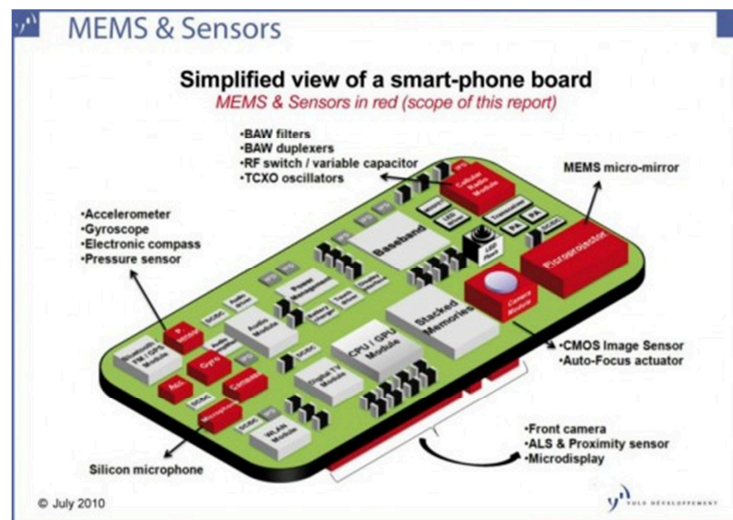
O sensor de luminosidade mede a intensidade de luz do ambiente em que está e ajusta o brilho da tela do Smartphone.

O sensor de impressão digital consegue ler a sua impressão digital e a utiliza como senha para liberar aplicativos ou até mesmo o Smartphone.

O acelerômetro tem a função de identificar o movimento do seu aparelho com base em três eixos. Sua função é detectar as mudanças de direção e o ângulo do seu aparelho, através dos dados coletados e até mesmo por meio do modo de tela (modo retrato ou paisagem). Esta função também é utilizada em aplicações de jogos, como os de corrida, onde é necessário mover o celular para direcionar o veículo. Outras funções do acelerômetro: funções de atalho, atender ou recusar uma ligação com uma chacoalhada, entre outras.

O acelerômetro está tornando um item de série de todos os Smartphones novos e será o sensor que utilizaremos para os nossos experimentos em física que serão demonstrados neste trabalho.

Figura 2 – Sensores presentes nos Smartphones



Fonte: <http://www.decom.ufop.br/imobilis/?p=1889>

### 3.3 Como funciona o acelerômetro

O acelerômetro é um componente eletromecânico que mede aceleração. O acelerômetro pode medir aceleração no modo dinâmico e até a intensidade do campo gravitacional no modo estático, ou seja, registrando a presença da gravidade, ou sua componente em função da inclinação do eixo de leitura. Estas medidas podem ser feitas mesmo com o dispositivo em inércia de repouso em relação ao sistema de referência do smartphone.

O acelerômetro mede acelerações no intervalo de  $-2g$  à  $+2g$ , onde  $g$  é o valor da aceleração da gravidade, em relação a um referencial inercial. A resolução é de  $0,002g$ , mas essa pode ser reduzida devido a fatores externos, como por exemplo, as vibrações ao redor do Smartphone. O acelerômetro mede a aceleração  $a'$ , conforme equação abaixo:

$$a' = g - a \quad (1)$$

onde  $g = 9,81 \text{ m/s}^2$ , aceleração da gravidade e  $a =$  aceleração do Smartphone durante um determinado movimento.

O acelerômetro mede a aceleração em três eixos perpendiculares, sendo X, Y e Z. Se colocarmos um Smartphone com a tela virada para cima, a aceleração indicada e medida pelo acelerômetro será conforme abaixo:

- $a'_x = a'_y = 0$
- $a'_z = 9,81 \text{ m/s}^2$

Se o smartphone estiver em queda livre e sem rotação entre os eixos X, Y e Z, o acelerômetro deverá marcar:  $a'_x = a'_y = a'_z = 0$

Figura 3 – Orientação dos eixos do acelerômetro

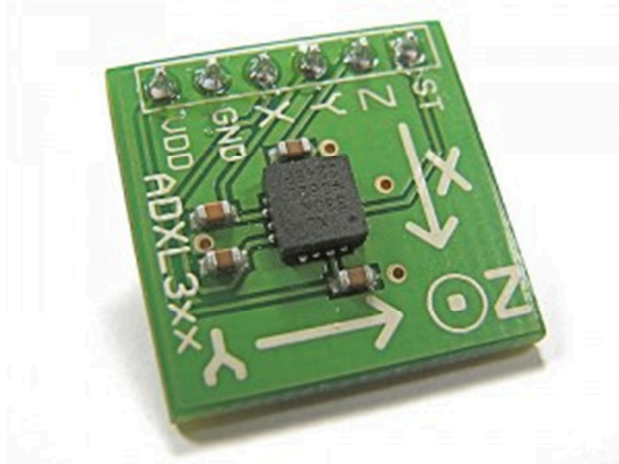


Existem inúmeros tipos de acelerômetro que utilizam diferentes efeitos para medir a aceleração. De acordo com o princípio físico de medida, os principais são:

- Piezoelétrico;
- Piezoresistivo;
- Capacitivo;
- Acelerômetro de Efeito Hall;
- Magnetoresistivo;
- Acelerômetro de transferência de calor;

O acelerômetro piezoelétrico faz o uso do efeito piezoelétrico<sup>3</sup>, onde há uma massa fixada a um cristal piezoelétrico. Quando há uma aceleração no sistema, a massa fixada ao cristal gera uma deformação e este deslocamento gera um sinal elétrico.

Figura 4 – Circuito eletrônico de um acelerômetro



Fonte: <http://www.decom.ufop.br/imobilis/?p=1889>

---

<sup>3</sup> Efeito piezoelétrico: a capacidade de alguns cristais gerarem tensão elétrica por resposta a uma pressão mecânica. O termo piezoelétrico provém do grego (piezein), que significa apertar ou pressionar. Referente à geração de corrente elétrica, juntou-se a designação eletricidade, de modo que piezoelétrico é interpretado como a produção de energia elétrica devido a compressão sobre determinados materiais.

O acelerômetro piezoresistivo varia a resistência elétrica, conforme a aplicação da força.

O acelerômetro capacitivo funciona detectando a variação da capacitância em estruturas microeletrônicas próximas umas das outras. A aceleração no dispositivo desloca uma placa móvel de um capacitor em relação as placas fixas, alterando assim a capacitância.

O acelerômetro de efeito Hall a aceleração move uma fita, que está conduzindo corrente elétrica, por um campo magnético não uniforme. Assim, quanto maior for o deslocamento, maior será o campo magnético, portanto maior será a diferença de potencial transversal a corrente, devido ao efeito Hall<sup>4</sup>.

O Acelerômetro magnetoresistivo a aceleração causa um deslocamento em uma massa de material magnético, e na parte fixa do dispositivo tem materiais que alteram sua resistência com a presença de um campo magnético.

O acelerômetro de transferência de calor funciona com uma fonte de calor como massa de prova, colocando termoresistores em posições opostas. Assim, uma aceleração altera a posição da fonte de calor e conseqüentemente muda-se a resistência de cada termoresistor. Outra forma faz uso da variação do fluxo de calor em um meio convectivo quando acelerado. Uma fonte de calor é colocada igualmente espaçada entre termoresistores. Quando o sensor é acelerado, o fluxo convectivo não é mais simétrico, gerando uma diferença de temperatura e conseqüentemente de resistência nos termoresistores.

Figura 5 – Acelerômetro em um Iphone 3GS



Fonte: <http://www.decom.ufop.br/imobilis/?p=1889>

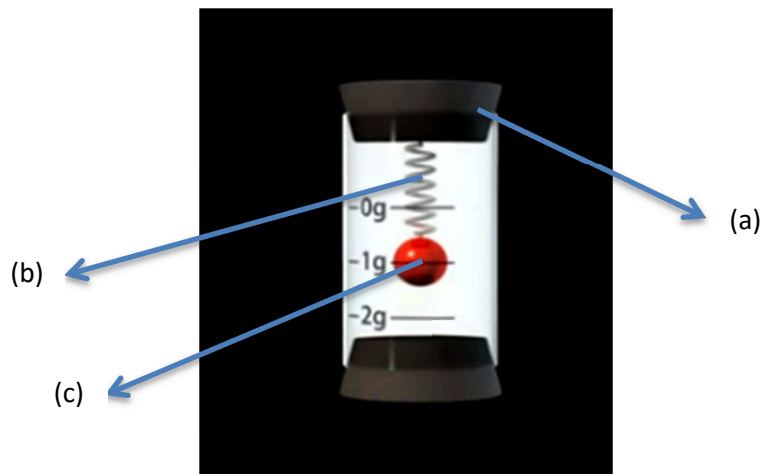
---

<sup>4</sup> Efeito Hall: é a diferença de potencial medida perpendicularmente à direção da corrente que passa em um condutor colocado em um campo magnético. A voltagem Hall é determinada pela condição de que a força elétrica associada seja exatamente igual à força magnética que atua sobre a carga que se move.

Em todos os casos, os tipos de acelerômetros utilizam circuitos eletroeletrônicos auxiliares que servem para energizar o acelerômetro e condicionar os sinais de tensão de saída, de acordo com a força aplicada.

A sensibilidade do acelerômetro aponta a taxa de variação do sinal de saída de acordo com a aceleração sofrida. Quanto mais sensível o dispositivo, variações menores do sinal elétrico podem ser percebidas mais facilmente tornando mais precisa a medição.

Figura 6 – Exemplo de Acelerômetro conceitual: (a) base; (b) mola; (c) massa.

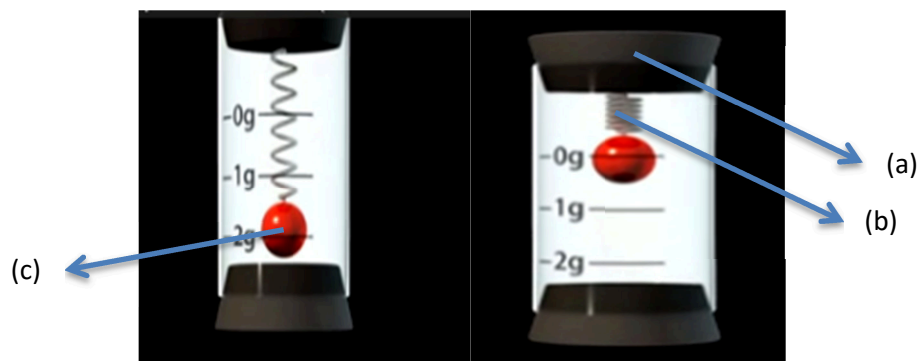


Fonte: <http://www.decom.ufop.br/imobilis/?p=1889>

Na figura 6, podemos ver a representação do acelerômetro conceitual, onde temos uma mola (b), que está fixada a uma base (a) e ergue uma massa (c) aferida com o peso correspondente a  $1g$  ( $g$  = aceleração da gravidade).

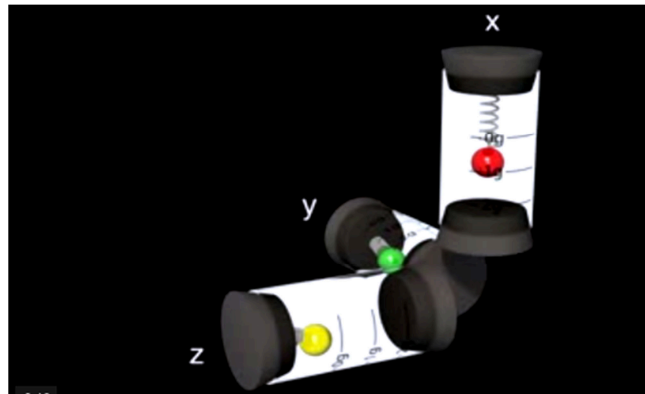
Quando movimentamos o sistema, a massa (c) comprime ou estende a mola (b), conforme a figura 7.

Figura 7 – Acelerômetro: (a) base; (b) mola; (c) massa.



Fonte: <http://www.decom.ufop.br/imobilis/?p=1889>

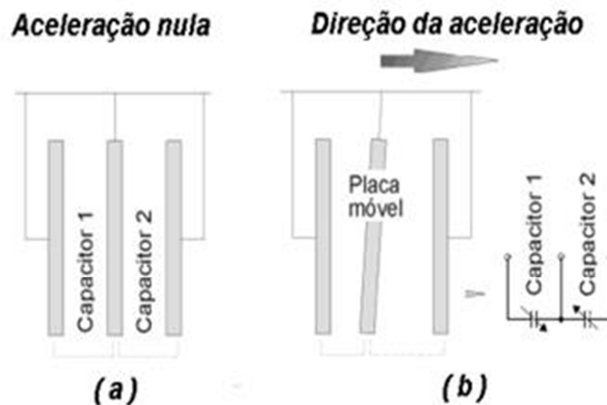
Figura 8 – Acelerômetro disposto em três eixos



Fonte: <http://www.decom.ufop.br/imobilis/?p=1889>

O circuito conectado a base, registra o valor da força elástica aplicada à mola e mede a aceleração do determinado instante. Cada eixo possui um conjunto para medir a mudança da aceleração conforme a figura 8.

Figura 9 – Modelo de acelerômetro capacitivo: (a) Aceleração nula; (b) Direção da aceleração.



Fonte: [http://www.lajpe.org/march13/6\\_LAJPE\\_739](http://www.lajpe.org/march13/6_LAJPE_739)

As leituras dos sensores do acelerômetro podem ser determinadas pelas saídas, que podem ser analógicas ou digitais. O que irá diferenciar para qual tipo de saída deverá ser utilizada dependerá de qual será o hardware que realizará a interface com o acelerômetro. O tipo de saída analógica dos acelerômetros tem um valor constante para cada valor da medida de aceleração. Um exemplo: 2.5V para 0 g, 2.6V para 0.5 g, 2.7V para 1 g. Os acelerômetros digitais usam variação de pulso para sua saída. Representa que uma sequencia de ondas em formato quadrado irá definir o valor proporcional de sua referida aceleração.



Existem vários modelos de circuitos de acelerômetro que podem vir com dois modelos, acelerômetro com dois eixos (X, Y) ou acelerômetro com três eixos (X, Y, Z). Exemplo de utilização em localização espacial pode ser utilizado pelo um acelerômetro com três eixos ou dois acelerômetros de dois eixos montados em planos ortogonais.

Se desejarmos medir apenas modulações com relação à gravidade da terra, um acelerômetro de  $1.5 g$  será o bastante. Se a finalidade for à medida de translação de um veículo, o acelerômetro com  $-2 g$  à  $+2 g$  permite uma resolução adequada para diagnóstico das variações. Melhor resolução permite melhor perfeição nas medidas.

Como o Android registra os valores do acelerômetro em termos absolutos? Os valores aferidos do sensor acelerômetro são sempre regulados para a forma canônica do Android, de modo que todos dispositivos tem a mesma referência. Os dados lidos pelo acelerômetro não são regulados pelo sistema Android, quando há uma mudança de orientação, sendo de responsabilidade para quem irá desenvolver uma determinada aplicação. O acelerômetro deverá ser iniciado pelo algoritmo de cada aplicação desenvolvida.

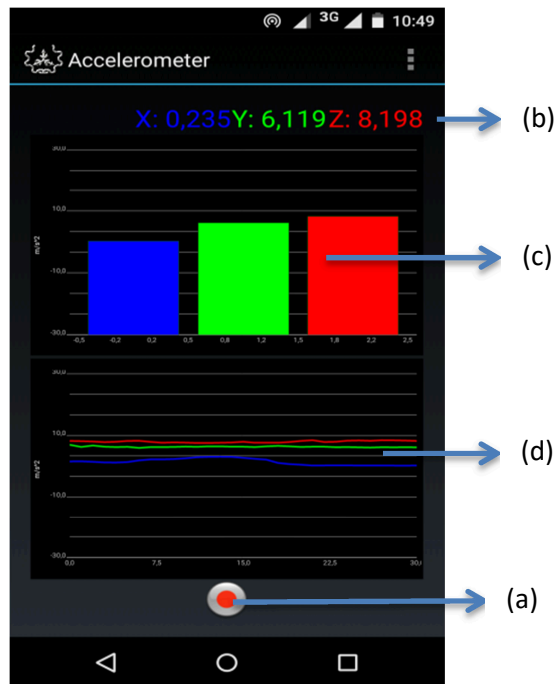
### 3.4 Aplicativos utilizados

Existem várias aplicações para a leitura dos dados do acelerômetro. Iremos utilizar o sistema operacional Android.

Testamos algumas aplicações Android e escolhemos a que conseguimos captar mais dados, que tivesse uma interface gráfica e que fosse possível armazenar os valores dos gráficos (em arquivos csv ou em gráficos).

Dois programas foram escolhidos: o *Accelerometer* (Arcanus Eternal, disponível em Google Play Store) e o *Accelerometer Meter* (Keuwsoft, disponível em Google play Store), ambos baixados da Google Play Store e disponíveis gratuitamente para download. A figura 10 mostra a tela do aplicativo Accelerometer, onde temos o gráfico de linhas e gráfico de colunas dos valores de  $a'_x$  (cor azul),  $a'_y$  (cor verde) e  $a'_z$  (cor vermelha), onde  $a'_x$ ,  $a'_y$  e  $a'_z$ , são os valores de  $a'$  para cada eixo de orientação X, Y e Z, conforme a equação 1. Na tela do Aplicativo Accelerometer, figura 10, temos o botão de iniciar/parar gravação de dados (botão vermelho).

Figura 10 – Tela do Aplicativo *Accelerometer*: (a) Botão Iniciar/Parar gravação de dados; (b) Valores de  $a'_x$ ,  $a'_y$  e  $a'_z$ ; (c) Gráfico de Colunas; (d) Gráfico de linhas



Fonte: *Print screen* da aplicação no Smartphone

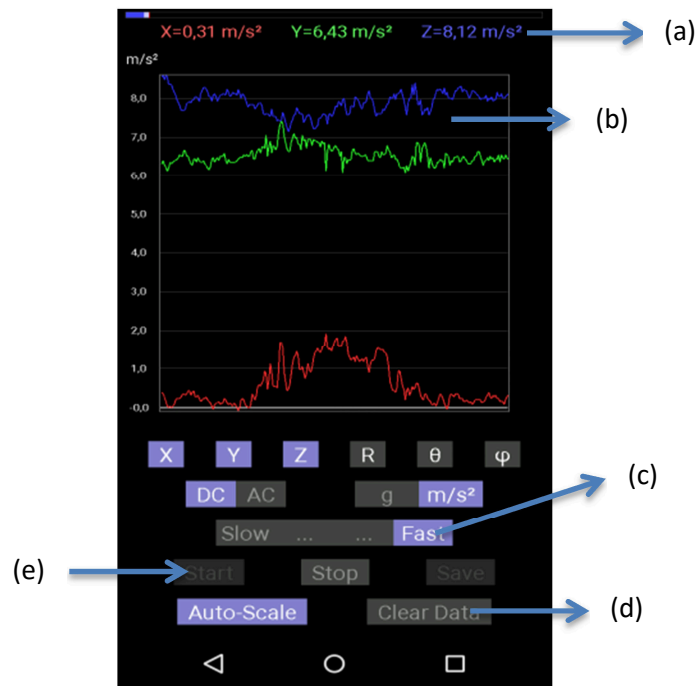
A Figura 11, mostra a tela do aplicativo *Accelerometer Meter* (Keuwssoft, disponível em Google play Store), onde temos o gráfico de linhas das acelerações  $a'_x$  (gráfico Vermelho),  $a'_y$  (gráfico Verde) e  $a'_z$  (gráfico Azul). Na parte superior temos os valores de  $a'_x$ ,  $a'_y$ ,  $a'_z$ , representados por X, Y, Z, respectivamente. Na parte inferior da tela temos os controles de iniciar e parar a coleta dos dados do acelerômetro. O diferencial do aplicativo *Accelerometer Meter* (Keuwssoft, disponível em Google play Store) é que podemos medir o ângulo de inclinação do eixo Y, sendo representado por  $\theta$ .

Para melhorar a visualização dos dados e espelhar a tela do Smartphone no computador ou notebook em um projetor digital (Datashow), utilizamos o aplicativo *Mobizen – Screen Recorder* (Rsupport Co., Ltd, disponível em Google Play Store.), baixado também na Google Play Store, disponível gratuitamente.

O aplicativo *Accelerometer Meter* (Keuwssoft, disponível em Google play Store) mostra o gráfico das acelerações nas coordenadas X, Y e Z, os valores instantâneos das acelerações e o ângulo de inclinação em relação ao eixo Y. Há também a opção de obter os valores da aceleração  $a'$ , em função de  $g$  ou em  $m/s^2$ .

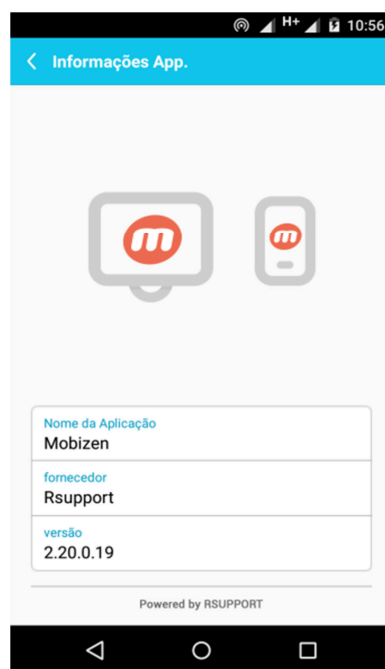
Outro recurso é que podemos reduzir ou aumentar a taxa da captação dos dados da aceleração (frames/segundo) em quatro velocidades, conforme mostra a figura 11.

Figura 11 – Tela do aplicativo *Accelerometer Meter*: (a) Valores de  $a'_x$ ,  $a'_y$  e  $a'_z$ ; (b) Gráfico de linhas; (c) Botão de seleção de frames por segundo; (d) Botão apagar dados; (e) Botão iniciar/parar gravação de dados



Fonte: *Print screen* da aplicação no Smartphone

Figura 12 – Tela do Aplicativo Mobizen



Fonte: *Print screen* da aplicação no Smartphone

## **4 APLICAÇÃO DOS EXPERIMENTOS UTILIZANDO O ACELERÔMETRO**

Preparamos um plano de aula (ver Anexo I) com o intuito de apresentar nossa proposta do uso do smartphone como recurso didático a alunos de licenciatura em física. A aula foi ministrada à turma do semestre 2015.2 da disciplina de Métodos de Ensino de Física do Curso de Licenciatura em Física da Universidade Federal do Ceará.

Inicialmente começamos a discorrer sobre questões relativas ao ensino experimental de física e sobre os desafios que o professor pode enfrentar na sala de aula e, principalmente, sobre a aparente falta de motivação dos alunos.

Em seguida, explanamos sobre o funcionamento dos sensores do smartphone, dando ênfase ao acelerômetro, que é o recurso essencial para a realização dos experimentos e demonstrações propostos.

Após nossa explanação, alguns alunos ainda mantinham dúvidas sobre o funcionamento e a orientação dos eixos do acelerômetro. Reconhecemos que nossa apresentação neste sentido foi resumida, pois consideramos que estes aspectos seriam de fácil compreensão para aquela turma. Com efeito, os assuntos básicos de cinemática já deveriam ser de conhecimento dos alunos, pois deveriam ter sido abordados no semestre anterior, na disciplina de Física Fundamental I. No entanto, vale ressaltar a enorme dificuldade de alunos do primeiro ano de graduação em física em compreender operacionalmente o conceito de aceleração que, segundo Arons (1996), podem perdurar durante todo o curso. Depois de elucidada as dúvidas, começamos a expor ideias de como poderíamos utilizar o recurso do acelerômetro para o ensino experimental. Com isso foram demonstrados os experimentos propostos para a aplicação do acelerômetro, quais sejam:

- Experimento 1: Movimento Circular;
- Experimento 2: Pêndulo;
- Experimento 3: Plano Inclinado;

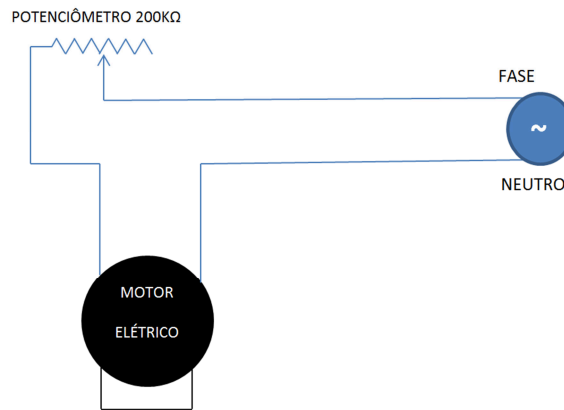
### **4.1 Experimento 1: Movimento circular**

Demonstramos o primeiro procedimento informando que sua realização permite medir a aceleração centrípeta para rotações. Para a utilização do

Smartphone no experimento, criamos um aparato que simulasse um movimento circular.

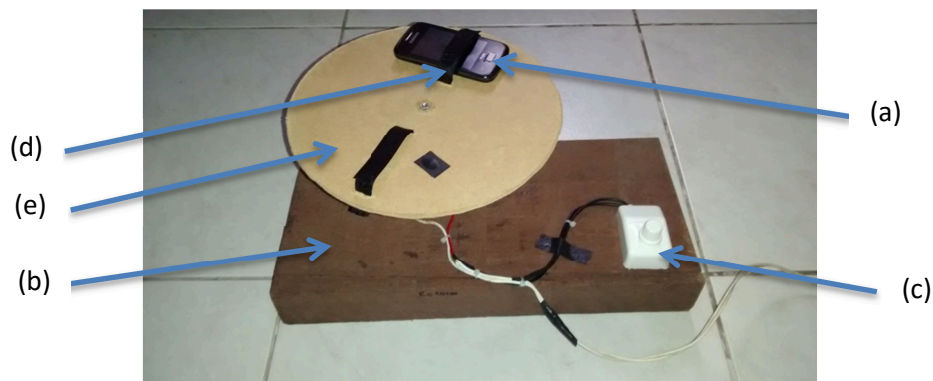
O aparato foi construído com um motor de liquidificador, fixado em uma base de madeira. Para o acionamento, ligamos em série ao motor de liquidificador, um potenciômetro de 200 k $\Omega$ , para variar a tensão na entrada do motor, dando assim um maior controle na rotação, utilizando somente baixas rotações (não conseguimos medir a rotação, pois não temos instrumento). Segue a abaixo a figura 13 que mostra o circuito elétrico do aparato de baixo custo e a figura 14 que mostra o aparato de baixo custo:

Figura 13 – Circuito elétrico do aparato para simular movimento circular:



Fonte: Elaborada pelo autor

Figura 14 – Aparato para simular movimento circular: (a) Smartphone; (b) base de madeira; (c) Potenciômetro; (d) Velcro de fixação do Smartphone; (e) Disco de rotação



Fonte: Elaborada pelo autor

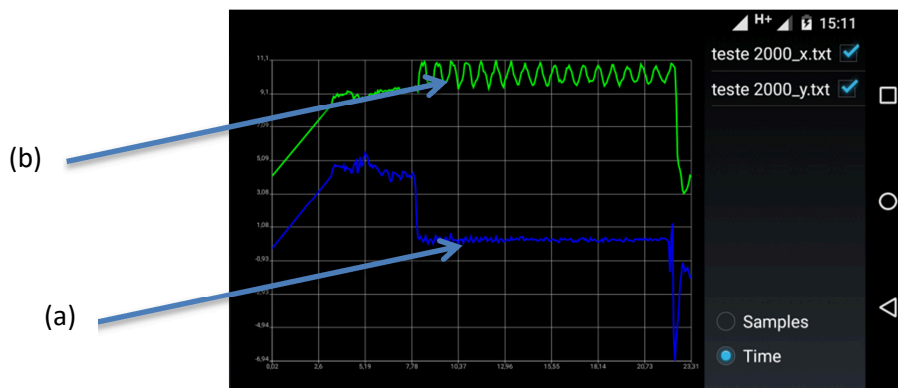
Fixamos o Smartphone, através de uma abraçadeira com velcro, para evitar o desprendimento durante o movimento. Para esse experimento iremos utilizar

o aplicativo *Accelerometer* (Arcanus Eternal, disponível em Google Play Store), para medição das acelerações nos eixos X e Y. O raio  $R$  do círculo é a distância do eixo de fixação do disco de rotação ao ponto médio do velcro de fixação do smartphone. O valor de  $R$  é igual a 8 centímetros.

Iniciaremos a coleta de dados pressionando o botão vermelho (Ver Figura 10) do aplicativo *Accelerometer* (Arcanus Eternal, disponível em Google Play Store). Após iniciar a coleta de dados do acelerômetro, ligamos aparato por meio do potenciômetro, inicialmente em baixa rotação. Deixamos a rotação estabilizar por um tempo, até atingir uma velocidade de rotação uniforme, e verificamos o comportamento dos gráficos (Figura 15) lançados pelo aplicativo para  $a_x$  e  $a_y$ . Depois de estabilizado o gráfico, desligamos o potenciômetro e pressionamos o botão vermelho (Ver Figura 10) para a finalização da coleta de dados.

O gráfico terá a seguinte característica:

Figura 15 – Gráfico do movimento circular: (a) Gráfico de  $a_x$ , (b) Gráfico de  $a_y$



Fonte: *Print screen* da aplicação no Smartphone

De acordo com a orientação do smartphone, poderemos ter valores negativos para  $a_x$  e  $a_y$ . Isso se dá devido à orientação padrão dos eixos cartesianos no smartphone. No entanto, para efeito de cálculo, consideramos o módulo da aceleração medida, ou seja, sempre valores positivos.

De posse destes dados, podemos calcular o valor médio da velocidade tangencial  $v$ , pois dispomos do valor da aceleração centrípeta  $a_x$  e do raio  $R$  do círculo da trajetória, conforme a equação abaixo:

$$a_x = \frac{v^2}{R} \quad (2)$$

Pela equação (2), conseguimos calcular o valor da velocidade tangencial para diferentes velocidades angulares. Para isto, basta girar o potenciômetro para modificar essas velocidades angulares, mas sempre tomando precaução para não elevar muito a rotação a fim de evitar acidentes, como o desprendimento do smartphone das alças de fixação.

Após a apresentação do procedimento acima, um dos alunos da turma, que detém conhecimentos técnicos avançados por ter bastante experiência na área tecnológica, deu uma sugestão para a melhoria do aparato: a instalação de um inversor de frequência, que é um instrumento eletrônico capaz de controlar a rotação e consegue modular a frequência e corrente elétrica no motor, alterando a rotação. Como o objetivo da proposta é apresentar um método de baixo custo, explicamos ao aluno que sua sugestão, apesar de interessante, seria aplicável em uma escola onde tivesse recurso disponível para ser investido em um laboratório didático de física mais aprimorado.

## 4.2 Experimento 2: Pêndulo

Para o experimento com o pêndulo, utilizamos uma base e um fio de nylon para a fixação do smartphone. A base foi cedida pelo laboratório de Mecânica, mas podemos fazer esse experimento em qualquer local onde possa fixar o fio de nylon e tenha espaço para o pêndulo percorrer, por exemplo, o portal de uma porta.

Para esse experimento utilizamos o aplicativo *Accelerometer* (Arcanus Eternal, disponível em Google Play Store), pois vamos utilizar o gráfico para medir o período  $T$  do pêndulo.

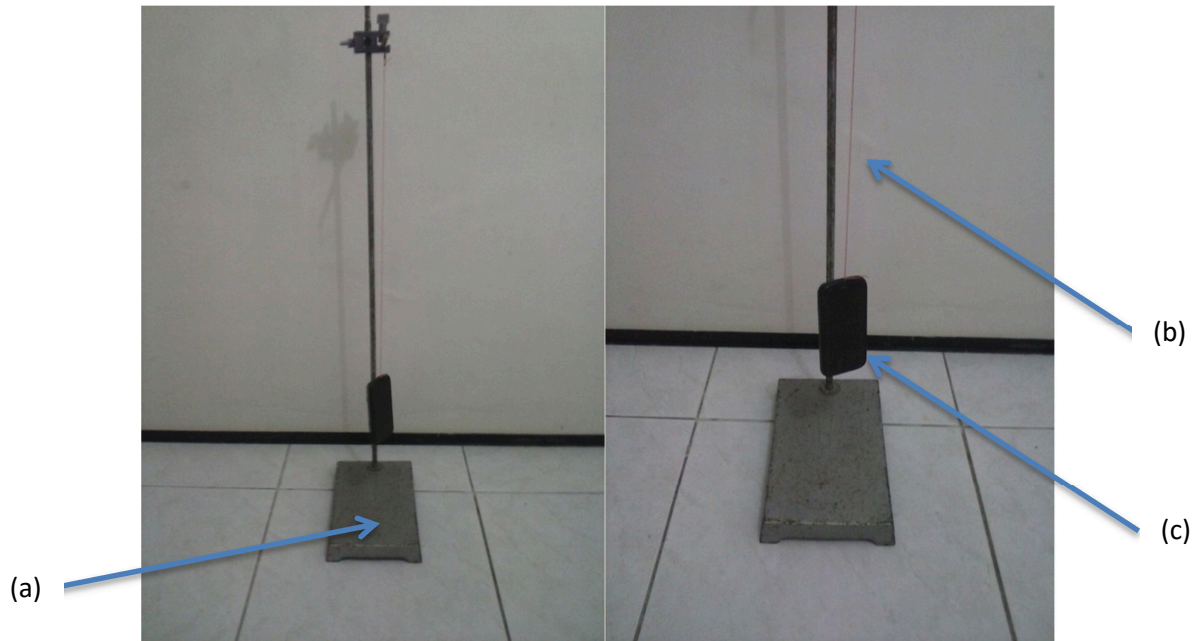
Iniciamos fixando o Smartphone na extremidade livre do fio de nylon fixando bem para evitar que o mesmo se desprenda durante o movimento. Deve ser medida a distância  $L$ , que vai do Smartphone até onde o fio foi fixado à base. Para esse experimento a distância  $L$  medida foi 67 centímetros.

Após a fixação iniciaremos o registro dos dados pressionando o botão vermelho (Ver figura 10) para iniciar a coleta dos dados do acelerômetro.

O movimento do pêndulo assim preparado é amortecido devido à dissipação de energia mecânica nas fixações e pela viscosidade do ar. No entanto, para efeito da determinação do período  $T$ , desprezamos o efeito do atrito.

Considerando que a massa do smartphone é bem superior à massa do fio de nylon, utilizamos a aproximação matemática do modelo do pêndulo simples. Omitimos, por motivos de brevidade, uma descrição matemática desta aproximação.

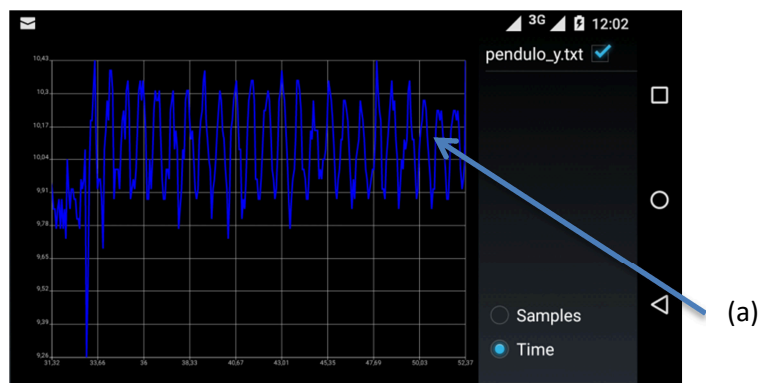
Figura 16 – Base do pêndulo com o Smartphone: (a) Base de Fixação; (b) Fio de nylon; (c) Smartphone.



Fonte: Elaborada pelo autor

Ajustamos o arranjo da fixação do smartphone de modo que seu eixo Y represente a orientação tangencial do movimento do pêndulo. Realizamos um pequeno deslocamento angular para iniciarmos a oscilação e soltamos o smartphone, com cuidado para não sofrer uma rotação brusca do eixo X devido à torção do fio. O Gráfico do movimento deve ser semelhante à figura abaixo (Figura 17):

Figura 17 – Gráfico do pêndulo: (a) Gráfico das acelerações no eixo Y



Fonte: *Print screen* da aplicação no Smartphone



De acordo com o modelo do pêndulo simples, o período  $T$  deve ser calculado conforme a equação 3:

$$T = 2\pi \cdot \sqrt{L/g} \quad (3)$$

Onde,  $T$  = período teórico,  $L$  = comprimento do fio e  $g = 9,81 \text{ m/s}^2$ .

Desprezando os momentos inicial e final do movimento representados no gráfico e determinado o período como o intervalo de tempo entre dois máximos ou dois mínimos da curva traçada pelo aplicativo (em azul, na Figura 17), podemos medir o período experimentalmente.

Tabela 1 – Valores de  $T'$ (período experimental)

Tempo 1 (s)	Tempo 2 (s)	Período $T'$ (s)
58,65	60,23	1,58
61,08	62,69	1,61
62,69	64,3	1,61
65,91	67,52	1,61
81,86	83,44	1,58
Média		1,60
Período $T$ - calculado (s)		1,64
Erro médio (%)		2,63

Realizamos cinco medidas do período  $T'$ (experimental) e conforme a tabela 1 foi encontrado um erro experimental médio de 2,63% em relação ao período  $T$  (calculado conforme a equação 3).

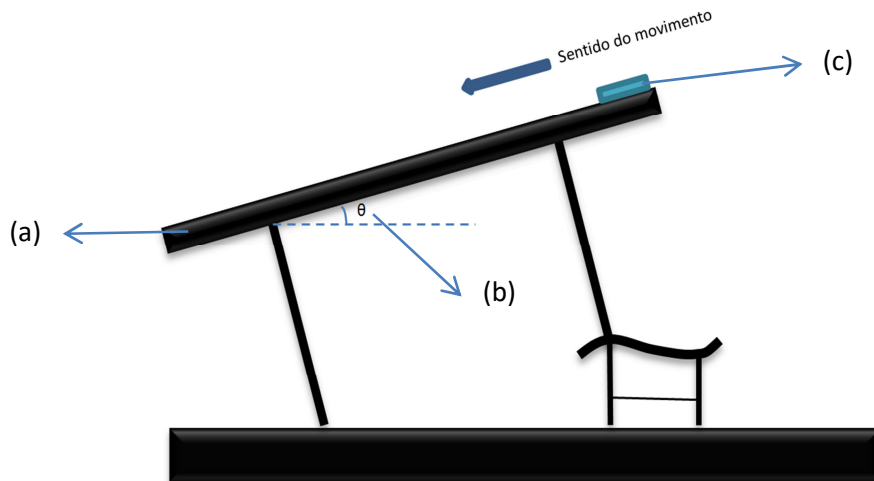
Os alunos observaram que mesmo desprezando o atrito entre o fio de nylon e o suporte e também a resistência do ar, o acelerômetro consegue ter uma boa resolução e precisão com os valores estimados.

Para esse experimento devemos ter cuidado com as vibrações externas, pois a sensibilidade do acelerômetro é alta, podendo sofrer desvios nas medições e alterar o resultado final do gráfico.

### 4.3 Experimento 3: Plano inclinado

Este é o experimento mais simples que podemos fazer com o Smartphone. Precisamos apenas de uma mesa e do Smartphone.

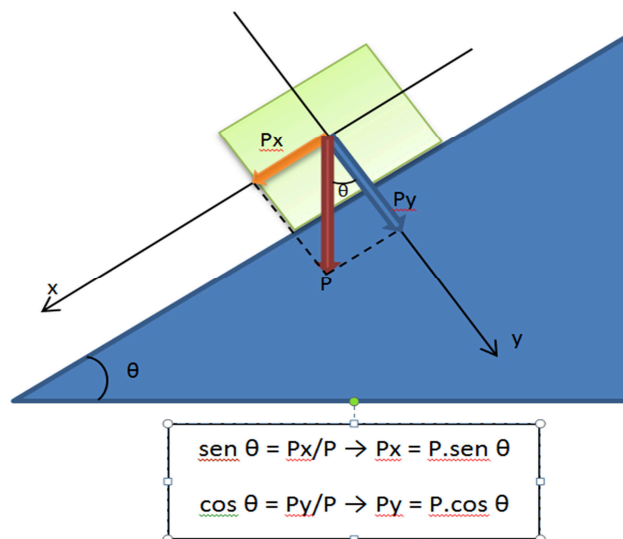
Figura 18 – Esquema para o experimento do plano inclinado: (a) Mesa; (b) Ângulo de inclinação  $\theta$ ; (c) Smartphone



Fonte: Elaborada pelo autor

Para esse experimento iremos utilizar o aplicativo *Accelerometer Meter* (Keuwsoft, disponível em Google play Store), pois além de medir a aceleração nos eixos X, Y e Z, é possível medir a inclinação do ângulo do eixo Y.

Figura 19 – Forças atuantes no plano inclinado



Fonte: Elaborado pelo autor

Para simplificar ainda mais o procedimento, desprezamos o atrito entre o smartphone e a mesa. Assim, apenas a componente do peso ao longo do movimento é responsável pela aceleração.

Inclinamos a mesa com auxílio de algo fixo, para evitar variações bruscas no ângulo de inclinação, para evitar maiores instabilidades nos gráficos.

Pela segunda lei de Newton temos que:

$$\sum F = m \cdot a' \quad (4)$$

Desprezando o atrito, a componente do peso no eixo Y será:

$$P_y = P \cdot \text{sen}\theta \quad \rightarrow \quad P_y = m \cdot g \cdot \text{sen}\theta \quad (5)$$

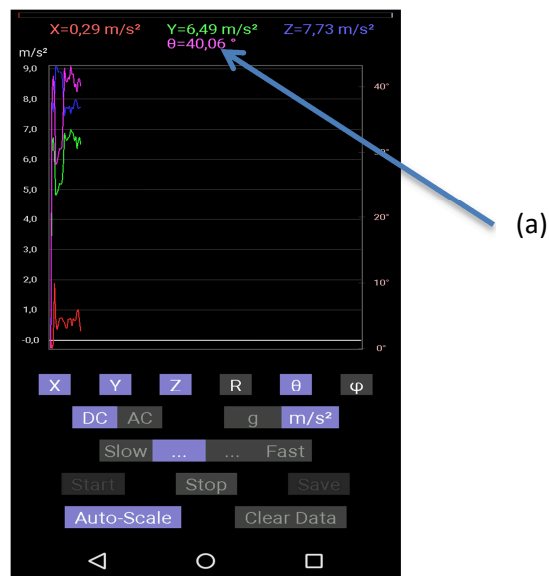
Igualando as equações (4) e (5), temos que:

$$a' = g \cdot \text{sen}\theta \quad (6)$$

Sendo o valor de  $a'$ , igual ao valor teórico para a aceleração no eixo Y e a aceleração igual ao valor de  $a'_y$ . O Smartphone deverá ser solto no sentido do eixo Y, conforme mostra a figura 18.

Primeiramente devemos inclinar a mesa e medir o ângulo  $\theta$  no aplicativo:

Figura 20 – Medição do ângulo do plano inclinado (a) Valor da inclinação em relação ao eixo Y



Fonte: *Print screen* da aplicação no Smartphone

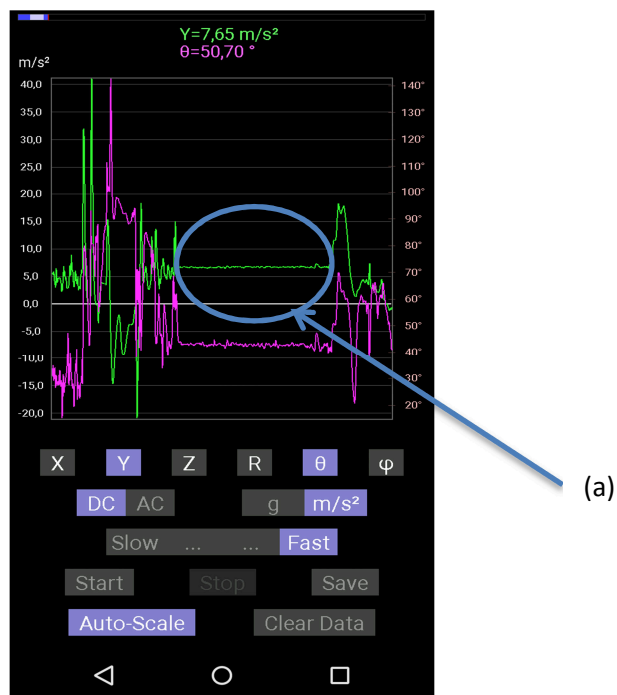
O ângulo de inclinação medido é em relação ao eixo Y, ou seja, se realizarmos o experimento no sentido do eixo X, não será possível a medição com precisão em relação a inclinação do plano.

Depois de verificar o ângulo do plano inclinado, iniciamos a coleta de dados pressionando o botão *Start* (ver figura 11). Soltamos o Smartphone, conforme figura 18, no sentido de seu eixo Y, evitando rotacioná-lo no sentido do eixo X. Após deslizar pelo plano, pressionamos o botão *Stop* (ver figura 11) para parar a coleta de dados. O gráfico deverá ter o aspecto conforme a figura 21:

Consideramos somente o trecho do gráfico que mostra o movimento intermediário no plano inclinado, ou seja, rejeitamos os dados colhidos nos momentos inicial e final. O valor médio da aceleração  $a_y$  pode ser visto no gráfico (Figura 20). Desta forma, medimos o valor da aceleração experimental  $a_y$ .

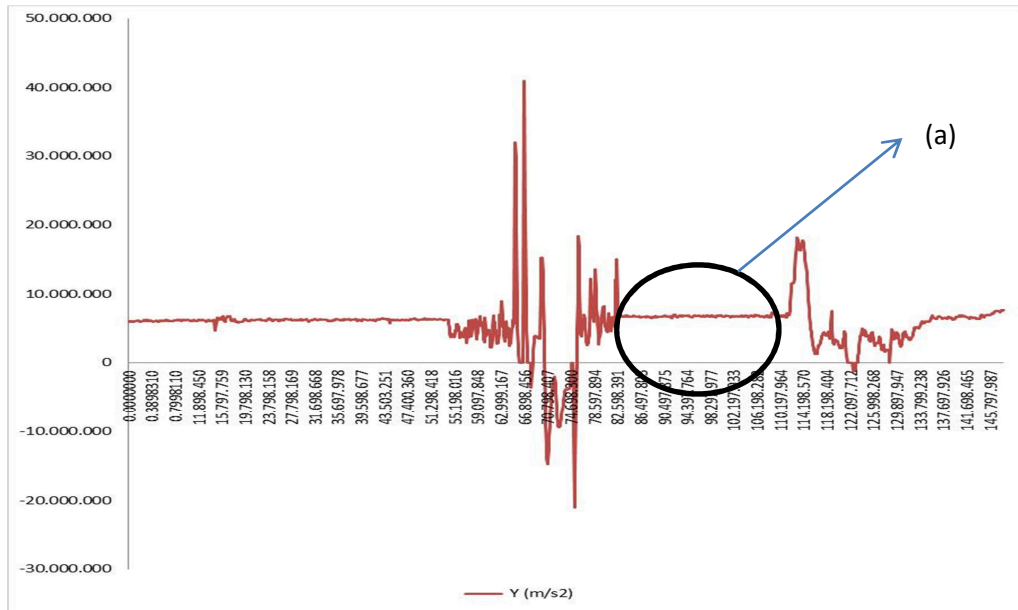
Mais uma vez conseguimos demonstrar resultados que se aproximam dos valores teóricos estimados. Com efeito, mesmo desprezando o atrito do smartphone com a mesa, o procedimento experimental nos mostrou que o acelerômetro possui uma excelente resolução e precisão nos dados coletados.

Figura 21 – Gráfico do plano inclinado: (a) Gráfico da aceleração no sentido do eixo Y, cor verde.



Fonte: *Print screen* da aplicação no Smartphone

Figura 22 – Gráfico do plano inclinado, plotado em excel: (a) Área do gráfico referente ao movimento do plano inclinado



Fonte: Elaborado pelo autor

Figura 23 – Dados do gráfico do plano inclinado referente ao movimento:

$a_y$ (m/s <sup>2</sup> )	Theta (deg)	$a_y$ (m/s <sup>2</sup> )	Theta (deg)	$a_y$ (m/s <sup>2</sup> )	Theta (deg)	$a_y$ (m/s <sup>2</sup> )	Theta (deg)	$a_y$ (m/s <sup>2</sup> )	Theta (deg)	$a_y$ (m/s <sup>2</sup> )	Theta (deg)	$a_y$ (m/s <sup>2</sup> )	Theta (deg)	$a_y$ (m/s <sup>2</sup> )	Theta (deg)
6.629.295	43.195.847	6.668.522	43.293.312	6.746.975	43.402.317	6.786.201	43.705.349	6.707.748	42.562.832	6.825.428	43.125.565	6.707.748	42.858.761	6.903.882	43.415.184
6.668.522	43.241.562	6.590.069	42.295.174	6.668.522	43.240.643	6.746.975	43.196.438	6.668.522	42.319.405	6.864.655	43.491.993	6.668.522	42.363.667	6.786.201	42.914.459
6.629.295	42.889.778	6.590.069	42.589.344	6.590.069	42.835.686	6.707.748	42.801.868	6.590.069	42.245.735	6.825.428	43.108.654	6.668.522	42.528.866	6.707.748	43.026.379
6.590.069	42.546.638	6.550.842	42.786.629	6.590.069	42.737.659	6.707.748	42.701.126	6.746.975	43.012.318	6.825.428	42.705.868	6.707.748	42.792.572	6.786.201	43.377.934
6.629.295	42.792.919	6.550.842	42.682.079	6.590.069	42.641.399	6.786.201	42.958.607	6.786.201	43.254.829	6.707.748	42.201.088	6.707.748	43.093.353	6.786.201	43.036.343
6.668.522	43.303.379	6.590.069	42.789.749	6.590.069	42.589.344	6.786.201	43.121.475	6.629.295	42.395.081	6.707.748	41.993.877	6.668.522	42.744.736	6.786.201	43.486.671
6.786.201	43.591.370	6.550.842	42.436.634	6.746.975	42.900.257	6.707.748	42.518.257	6.668.522	42.548.435	6.590.069	42.347.874	6.746.975	42.758.972	6.786.201	43.103.546
6.746.975	43.342.190	6.433.162	41.974.606	6.668.522	42.303.856	6.746.975	43.117.405	6.707.748	42.608.181	6.629.295	42.415.241	6.825.428	43.069.218	6.707.748	43.052.612
6.746.975	43.095.882	6.550.842	42.436.634	6.668.522	42.792.919	6.786.201	43.121.475	6.707.748	42.474.445	6.668.522	42.704.502	6.707.748	42.201.088	6.668.522	42.486.938
6.668.522	42.847.862	6.629.295	42.889.778	6.550.842	42.186.268	6.746.975	43.311.676	6.786.201	42.887.901	6.668.522	42.466.839	6.668.522	42.445.808	6.590.069	42.129.723
6.668.522	42.892.792	6.511.615	42.928.421	6.433.162	41.429.531	6.629.295	42.698.635	6.786.201	42.954.304	6.786.201	43.528.889	6.707.748	42.643.448	6.629.295	42.076.588
6.629.295	42.941.330	6.629.295	42.395.081	6.629.295	42.301.167	6.629.295	43.045.734	6.864.655	43.601.608	6.707.748	42.919.464	6.707.748	42.942.539	6.707.748	42.536.636
6.590.069	42.493.877	6.707.748	42.559.231	6.629.295	42.250.423	6.668.522	42.914.177	6.746.975	42.968.159	6.707.748	42.621.952	6.668.522	42.827.854	6.629.295	41.700.699
6.668.522	42.701.015	6.746.975	43.102.943	6.825.428	43.540.886	6.668.522	42.720.684	6.590.069	42.542.915	6.707.748	42.225.666	6.786.201	43.227.818	6.707.748	42.347.710
6.590.069	42.842.552	6.550.842	42.596.588	6.903.882	44.845.562	6.472.389	42.080.936	6.590.069	42.154.503	6.707.748	44.660.919	6.746.975	43.832.802	6.707.748	42.518.257
6.707.748	43.197.128	6.590.069	43.249.596	6.903.882	43.991.779	6.590.069	42.393.902	6.590.069	42.007.217	6.746.975	43.311.676	6.825.428	43.599.285	6.629.295	42.163.658
6.629.295	43.195.847	6.550.842	42.690.857	6.746.975	43.196.438	6.590.069	42.585.804	6.746.975	42.672.146	6.707.748	42.814.144	6.707.748	43.328.918	6.550.842	41.781.048
6.550.842	43.346.642	6.590.069	42.835.445	6.629.295	42.443.653	6.746.975	43.196.438	6.786.201	43.185.619	6.707.748	42.518.257	6.668.522	42.511.124	6.590.069	41.606.796
6.629.295	43.605.026	6.668.522	42.892.792	6.629.295	42.888.634	6.786.201	43.442.894	6.786.201	43.528.889	6.629.295	41.682.674	6.511.615	42.426.937	6.668.522	42.486.938
6.511.615	43.250.050	6.590.069	42.347.187	6.511.615	42.425.396	6.746.975	42.270.603	6.668.522	42.511.124	6.550.842	41.703.716	6.668.522	42.704.502	6.825.428	42.977.856
6.550.842	43.346.642	6.590.069	44.796.043	6.668.522	43.247.055	6.825.428	42.378.201	6.668.522	42.275.925	6.668.522	42.870.621	6.707.748	42.814.144	6.825.428	43.257.511
6.590.069	43.249.596	6.590.069	43.141.796	6.629.295	42.494.709	6.746.975	42.224.316	6.707.748	42.096.699	6.707.748	42.814.144	6.746.975	43.073.994	6.668.522	42.207.500
6.668.522	43.549.080	6.590.069	42.789.749	6.746.975	43.659.367	6.746.975	42.379.414	6.590.069	41.382.095	6.707.748	42.665.787	6.786.201	43.078.529	6.668.522	42.486.938
6.668.522	43.101.051	6.629.295	42.941.330	6.786.201	43.767.437	6.746.975	42.799.236	6.550.842	41.408.691	6.668.522	42.704.502	6.707.748	42.536.636	6.668.522	42.486.938
6.668.522	42.900.257	6.590.069	42.546.638	6.707.748	43.678.040	6.746.975	42.989.498	6.629.295	42.107.323	6.629.295	42.698.635	6.786.201	42.954.304	6.668.522	42.486.938
6.668.522	43.549.080	6.668.522	42.694.893	6.786.201	43.596.992	6.746.975	42.948.418	6.707.748	42.963.333	6.707.748	42.684.940	6.786.201	42.994.938	6.668.522	42.486.938
6.550.842	42.637.508	6.746.975	42.948.093	6.746.975	43.209.003	6.786.201	43.227.818	6.786.201	43.638.454	6.668.522	42.338.722	6.668.522	42.363.667	6.668.522	42.486.938
6.629.295	43.154.594	6.746.975	43.196.438	6.707.748	43.264.233	6.746.975	43.102.894	6.746.975	43.360.710	6.746.975	42.650.883	6.629.295	42.459.221	6.668.522	42.486.938
6.746.975	44.049.850	6.746.975	43.149.303	6.668.522	42.946.163	6.746.975	43.117.405	6.786.201	42.875.401	6.746.975	42.586.197	6.668.522	42.720.684	6.668.522	42.486.938
6.629.295	43.648.693	6.786.201	43.358.959	6.746.975	43.507.572	6.668.522	43.003.647	6.746.975	42.799.236	6.746.975	42.544.384	6.746.975	43.181.408	6.668.522	42.486.938

Valores Médios - experimentais	
$a_y$ (m/s <sup>2</sup> )	Theta (deg)
6,686	42,842

Calculando  $a'$  conforme a equação 6, temos que:

$$a' = 9,81 \times \text{sen } 42,842 = 6,67 \text{ m/s}^2.$$

Comparando o valor teórico calculado pela equação (6) com o medido experimentalmente de  $a_y = 6,68 \text{ m/s}^2$ , obtivemos um erro médio de 0,14%.

#### 4.4 Considerações Finais

Para uma aplicação em sala de aula no Ensino Médio, por exemplo, devemos tomar alguns cuidados antes de iniciar os procedimentos.

Será necessário disponibilizar as aplicações para os alunos em uma aula anterior e explicar como funciona cada uma das aplicações. Caso os alunos não consigam baixar as aplicações, o professor deverá disponibilizar o seu smartphone para que os alunos possam realizar os experimentos.

Devem ser explicadas também noções de manuseio e cuidados que os alunos devam ter durante os experimentos com os smartphones, de modo a evitar algum sinistro nos aparelhos.

O professor que irá realizar os experimentos com o acelerômetro deve ter um conhecimento de como funciona o sensor e quais são os dados coletados e como serão tratados esses dados.

Ao final da apresentação para os alunos da disciplina de Métodos de Ensino de Física II, indagamos a todos com 5 (cinco) questões sobre as dificuldades que observadas nessa proposta (do uso do smartphone) e quais são os desafios para o professor de física em aulas experimentais. As questões encontram-se Plano de Aula elaborado (Anexo I).

Os alunos da disciplina de Métodos de Ensino de Física II responderam sobre as dificuldades nos métodos experimentais e na falta de recurso, principalmente nas escolas públicas, mas em totalidade aprovaram a proposta do smartphone como alternativa para o ensino de física experimental.

Todos que estavam presentes na aula concordaram com a situação em que o professor de física, quando ao apresentar uma aula tradicional faz uma pergunta a um aluno já desmotivado, provavelmente este não a responderá, pois ele terá várias indagações, como por exemplo: “será que isso acontece mesmo?”. Poderá até mesmo pensar: “eu nunca vi isso acontecer, não sei responder”. Já em uma aula de física experimental, o aluno ficará mais atencioso e participativo, ele verá o fenômeno físico de perto, elaborará perguntas para si e tentará descobrir

como o fenômeno físico aconteceu, buscará mais informações para as suas perguntas e sentirá mais motivado, alcançando o objetivo, que é o aprendizado.

## CONCLUSÃO

Ficou evidenciado que a proposta de utilizar o smartphone como recurso didático através da utilização do sensor acelerômetro é legítima e factível. Trata-se de utilizar um recurso que está no cotidiano dos alunos.

Sabemos que, para experimentos em laboratório didáticos, é aceitável um erro experimental de até 5%. Ora, os experimentos propostos neste trabalho com o smartphone apresentaram erros máximo de 2,63%, portanto admissíveis.

A proposta foi fundamentada em experimentos simples e de fácil entendimento para os professores. São necessários, no entanto, conhecimentos básicos em informática, mas em sua essência o conhecimento teórico em física experimental é o fundamental para a criação de novos experimentos.

Em relação aos professores em formação, alunos do curso de licenciatura em física, onde foi exposta a proposta, notamos que conseguimos plantar uma semente de inovação. Foi evidenciado que devemos reinventar novos métodos para conseguir captar a atenção e motivar nossos futuros alunos para a aprendizagem da Física.

Devemos motivar nossos futuros alunos nas escolas para que possamos ter êxito em nosso papel, que não só resume-se a transmitir nossos conhecimentos em física, mas preparar o indivíduo para conseguir resolver os problemas do seu cotidiano por si só.



## REFERÊNCIAS

- Accelerometer. Disponível em: <[https://play.google.com/store/apps/details?id=com.damg.accelerometer&hl=pt\\_BR](https://play.google.com/store/apps/details?id=com.damg.accelerometer&hl=pt_BR)>, acessado em 05/01/2016.
- Accelerometer Meter. Disponível em: <[https://play.google.com/store/apps/details?id=com.keuwl.accelerometer&hl=pt\\_BR](https://play.google.com/store/apps/details?id=com.keuwl.accelerometer&hl=pt_BR)>, acessado em 05/01/2016.
- Acelerômetros: uso em celulares e detecção de velocidade. Parte 1. Disponível em: <<http://www.decom.ufop.br/imobilis/?p=1889>>, acessado em 05/01/2016.
- Almeida, M. J. P. M. Texto escrito no ensino da física: influência de proposições na resolução de problemas. Tese de Doutorado. São Paulo: USP (1987).
- BORGES, A. T.; Novos Rumos para o Laboratório Escolar. Caderno Brasileiro de Ensino de Física. Vol. 19, No. 3, p.291-313. 2002.
- BRASIL. Ministério da Educação. Secretaria de Educação Média e Tecnológica. Parâmetros Curriculares Nacionais (Ensino Médio). Brasília: MEC, 2000.
- BRASIL. Ministério da Educação. Secretaria da Educação Média e Tecnológica. Parâmetros Curriculares Nacionais + (PCN+) - Ciências da Natureza e suas Tecnologias. Brasília: MEC, 2002.
- Campanha Nacional pelo Direito à educação - (CNDE). 2014. Disponível em: <<http://www.campanhaeducacao.org.br/?idn=1350>>. Acesso em 05 jan. 2016.
- GASPAR, A; MONTEIRO I. C. C. (2005). Atividades experimentais de demonstrações em sala de aula: Uma análise segundo o referencial da teoria de Vygotsky. UNESP-SP.
- Mobizen. Disponível em:<[https://play.google.com/store/apps/details?id=com.rsupport.mvagent&hl=pt\\_BR](https://play.google.com/store/apps/details?id=com.rsupport.mvagent&hl=pt_BR)>, acessado em 05/01/2016.
- P. A. Tipler e G. Mosca, *Física*, vol. 1, 5ª ed., LTC (2006).
- R. Resnick, D. Halliday, e J. Merrill, *Fundamentos de Física*, vol. 1 Mecânica, 7a ed., LTC (2006).
- Texas Instruments. Accelerometers and how they work. 2005.
- VIEIRA, Leonardo Pereira. Experimentos de Física com Tablets e Smartphones. Rio de Janeiro, 2013.

## ANEXO 1

### PLANO DE AULA

#### ***I. Título: O smartphone como alternativa para o ensino de física experimental***

#### **II. Dados de Identificação**

II.1 Professor: Francisco Hedler Barreto de Lima Morais

II.2. Disciplina: Monografia

II.3. Data de apresentação: 21/01/2016

II.4. Tempo proposto: 3 aulas

#### **III. Tema**

III.1 Tema geral: Física Experimental baseado no acelerômetro, presente em smartphones;

III.2 Tema específico: Experimentos de Baixo custo;

III.3 Nível: Ensino Médio - Mecânica;

III.4 Disciplina: Métodos de Ensino de Física II.

#### **IV. Objetivos**

- Aplicar método experimental baseado nas observações dos dados do acelerômetro do smartphone;
- Interpretar gráficos físicos com situações reais e aplicar o método investigativo para os alunos do ensino médio;
- Aprender como funciona o acelerômetro no smartphone;
- Saber utilizar o acelerômetro no smartphone;
- Avaliar qualitativamente os dados do gráfico obtido pelo acelerômetro;
- Utilizar o acelerômetro para descrever fenômenos físicos de mecânica;

#### **V. Conteúdo – Núcleo Conceitual.**

V.1 Experimentos de baixo custo utilizando o smartphone, baseados nas medições do acelerômetro.

V.2 Conceitos e equações do movimento circular

V.3 Conceitos e equações do pêndulo simples

V.4 Conceitos e equações do plano inclinado

## **VI. Enfoque**

Propiciar ao professor método alternativo para o ensino experimental de física, com aulas práticas. Ensino por experimento de baixo custo, utilizando o smartphone como ferramenta de aprendizagem para o ensino de física;

## **VII. Desenvolvimento do tema / Prática**

Os experimentos foram demonstrados aos alunos do curso de Licenciatura de Física, da disciplina de Métodos de ensino de física 2, do semestre 2015.2, da Universidade Federal do Ceará.

Inicialmente deverão ser demonstrados quais são os sensores presentes nos Smartphones e o princípio de funcionamento do acelerômetro.

Informar quais são os aplicativos usados para o sistema operacional Android, que possam coletar os dados do acelerômetro.

Utilizar para a nossa medição os programas:

1. Accelerometer:  
[https://play.google.com/store/apps/details?id=com.damg.accelerometer&hl=pt\\_BR](https://play.google.com/store/apps/details?id=com.damg.accelerometer&hl=pt_BR)
2. AccelerometerMeter:  
[https://play.google.com/store/apps/details?id=com.keuwl.accelerometer&hl=pt\\_BR](https://play.google.com/store/apps/details?id=com.keuwl.accelerometer&hl=pt_BR)

E para projetar a tela do Smartphone no Notebook, para uma melhor visualização, será baixado:

3. Mobizen:  
[https://play.google.com/store/apps/details?id=com.rsupport.mvagent&hl=pt\\_BR](https://play.google.com/store/apps/details?id=com.rsupport.mvagent&hl=pt_BR)

Vamos realizar três experimentos com o auxílio do smartphone: Experimento 1 – Movimento Circular, Experimento 2 - Pêndulo e Experimento 3 – Plano inclinado.

Mas antes de iniciar os procedimentos vamos indagar os alunos para as seguintes perguntas:

Quais grandezas poderão ser extraídas dos dados do acelerômetro?  
 Qual o melhor posicionamento do smartphone?  
 Como utilizaremos esses dados?  
 Como serão interpretados os dados coletados?

### 1. Estudo do Movimento Circular com smartphone:

Antes de iniciar os procedimentos devem ser perguntadas aos alunos quais grandezas poderemos extrair do acelerômetro.  
 Quais dados serão coletados? Como utilizarei esses dados?

Utilizando o equipamento de baixo custo, feito com um motor de liquidificador, base de sustentação e potenciômetro para regular a rotação, iremos fixar o smartphone para que não venha a cair. Após fixar iniciaremos o aplicativo Mobizen, para a visualização na tela do notebook e iniciaremos também o aplicativo AccelerometerMeter.

Após iniciado os aplicativos iremos iniciar o movimento circular ligando o potenciômetro na faixa de rotação previamente escolhida.

Após a medida, verificar a aceleração nos eixos "X" e "Y", anotando os valores médios medidos em um dado intervalo de tempo.

Mudar para o outro valor de rotação previamente escolhido e proceder conforme procedimento anterior.

Utilizar as equações  $a_c = v^2 / R$ , para obter os valores de "v"

### 2. Estudo do pêndulo com auxílio do smartphone:

O smartphone deverá ser pendurado por um fio, utilizando a base Y. O comprimento do fio deve ser medido e anotado. Levantar o pêndulo de acordo com um ângulo escolhido e iniciar o movimento. O Gráfico deverá conter os máximos e mínimos de cada período. Com posse dos dados, calcular os valores teóricos para o período do pendulo e utilizar o gráfico e calcular 3 períodos. Tirar a média. Justificar por que o período não depende da massa.

Aplicara a equação:

$$T = 2\pi \cdot \sqrt{l/g}$$

Para comparar os dados do gráfico.

### 3. Estudo da aceleração do plano inclinado

O smartphone pode ser usado para medir a aceleração no movimento de um corpo no plano inclinado. Vamos inclinar a mesa e medir o ângulo inicial para depois soltarmos o objeto. Após a descida iremos verificar o gráfico da aceleração, desprezando o atrito e a parte inicial e final do gráfico.

Usar  $a = g \cdot \sin(\theta)$ , para comparar com os resultados obtidos pelo gráfico.

### **VII. Recursos didáticos**

Smartphone, notebook, base, fio de nylon, trena e aparato de baixo custo feito com motor de liquidificador, plano inclinado.

### **VIII. Avaliação**

- Conclusões, feitas pelos alunos, e respostas do questionário.
- Critérios: analisar as conclusões obtidas pelos alunos.

### **IX. Questionário pós-aula**

1. Quais serão as dificuldades na interpretação dos dados do acelerômetro?
2. Que dificuldades terão na aplicação dos experimentos em sala de aula?  
Justifique?
3. Quais fatores externos que poderão aumentar o erro nas medidas feitas pelo acelerômetro?
4. Descreva quais dados físicos poderemos extrair do acelerômetro nos procedimentos mostrados?
5. Como professor de física, descreva como poderemos motivar os alunos.