



**Universidade Federal do  
Rio de Janeiro**

Programa de pós-graduação em  
Ensino de Física  
Campus Macaé



**MNPEF**  
Mestrado Nacional  
Profissional em  
Ensino de Física



# **FÍSICA EXPERIMENTAL EM SALA DE AULA MEDIANTE USO DO SMARTPHONE**

Antonio Geraldo Ramalho Braga

Dissertação de Mestrado apresentada ao Programa de Pós-Graduação da Universidade Federal do Rio de Janeiro – Campus Macaé, no Curso de Mestrado Profissional em Ensino de Física (MNPEF), como parte dos requisitos necessários à obtenção do título de Mestre em Ensino de Física.

Orientador: Claudio Ccapa Ttira

Macaé

Abril de 2017

# **FÍSICA EXPERIMENTAL EM SALA DE AULA MEDIANTE USO DO SMARTPHONE**

Antonio Geraldo Ramalho Braga

Orientador:

Claudio Ccapa Ttira

Dissertação de Mestrado submetida ao Programa de Pós-Graduação da Universidade Federal do Rio de Janeiro – Campus Macaé no Curso de Mestrado Profissional de Ensino de Física (MNPEF), como parte dos requisitos necessários à obtenção do título de Mestre em Ensino de Física.

Aprovada por:

---

Prof. Dr. Bernardo Mattos Tavares

---

Prof. Dr. Irina Nasteva

---

Prof. Dr. Carlos Eduardo Magalhães de Aguiar

Macaé

Abril de 2017

## FICHA CATALOGRÁFICA

B794f Braga, Antonio Geraldo Ramalho.

Física Experimental em sala de aula mediante uso do Smartphone / Antonio Geraldo Ramalho Braga - UFRJ Macaé, RJ: 2017.

xi, 91 f.; il.: 30 cm.

Orientador: Claudio Ccapa Ttira.

Dissertação de Mestrado - Universidade Federal do Rio de Janeiro, Campus Macaé Professor Aloísio Teixeira, Programa de Pós-Graduação em Ensino de Física, 2017.

Referências Bibliográficas: f. 90-91

1. Ensino de Física. 2. Experimentos. 3. Dispositivos móveis. 4. Laboratório I. Ccapa Ttira, Claudio II. Física experimental em Sala de Aula Mediante uso do Smartphone.

“A Física, mãe do universo”.

“À Serenidade para aceitar as coisas que não  
posso mudar, coragem para mudar aquilo  
do que sou capaz e sabedoria para diferenciar”

## **AGRADECIMENTOS**

Aos meus familiares, Ligia Maria, esposa e Bruno, filho, pelo apoio a todos os momentos em que estive absorvido na execução desse trabalho.

Aos dirigentes do Colégio Estadual Luiz Reid, a turma 2101 e ao professor Félix no apoio a aplicação do produto educacional.

A todos os mestrandos da turma de 2014, os quais me deram apoio e incentivo durante o curso.

Ao meu orientador Claudio Ccapa, pela paciência, compreensão e dedicação.

A CAPES pelo apoio financeiro, o qual muito ajudou.

## RESUMO

### **Física Experimental em Sala de Aula Mediante Uso do Smartphone**

Antonio Geraldo Ramalho Braga

Orientador: Claudio Ccapa Ttira

Resumo da Dissertação de Mestrado submetida ao Programa de Pós-Graduação em Ensino de Física da Universidade Federal do Rio de Janeiro- Campus Macaé no Curso de Mestrado Profissional em Ensino de Física (MNPEF), como parte dos requisitos necessários à obtenção do título de Mestre em Ensino de Física.

Esta dissertação trata o assunto do uso do *smartphone* na coleta de dados em um experimento de física. Coletar dados, criar modelos para explicar os dados obtidos, refazer o experimento e atualizar o método, é o processo básico da pesquisa. A popularização dos *smartphones* com a aplicação dos seus sensores traz uma gama de possibilidades no ensino da física desde, atrair e envolver o estudante através de atividades certas de maneira natural, estender o laboratório de física para fora das paredes da sala de aula e contribuir para que as atividades que envolvem um experimento sejam um processo altamente participativo e colaborativo, onde o estudante descobre o conhecimento praticando o método que o experimento idealiza. A transformação do laboratório tradicional pelo uso de dispositivos móveis é a alternativa usada nas aplicações apresentadas, possibilitando fazer desses dispositivos um minilaboratório de experimentos portátil que além de potencializar a aprendizagem significativa, transforma a experiência em uma situação reflexiva e de discussão de pares. A descrição, preparo de experimentos, coleta de dados, análise detalhada e representação gráfica, são apresentados de uma maneira objetiva e pedagógica, como recurso de apoio ao professor. A metodologia apresentada foi aplicada em uma turma de ensino médio, apresentando boa aceitação e com possibilidade de continuidade em futuras aplicações.

**Palavras-chave:** Tecnologia da Informação, dispositivos móveis, sensores, coleta de dados, representação gráfica.

## **ABSTRACT**

### **Experimental Physics in Classroom using Smartphone**

Antonio Geraldo Ramalho Braga

Orientador: Claudio Ccapa Ttira

Abstract of the master's dissertation submitted to Programa de Pós-Graduação em Ensino de Física, Universidade Federal do Rio de Janeiro - Campus Macaé in the course, Mestrado Nacional Profissional em Ensino de Física (MNPEF), in partial fulfillment of the requirements for the degree Mestre em Ensino de Física.

This dissertation addresses the subject of using the smartphone in data collection in a physics experiment. Collecting data, creating models to explain the data obtained, remaking the experiment and updating the method is the basic process of research. The popularization of smartphones with the application of their sensors brings a range of possibilities in the teaching of physics since, attracting and involving the student through certain activities in a natural way, extending the physics laboratory outside the walls of the classroom and contributing to that the activities involving an experiment be a highly participatory and collaborative process where the student discovers the knowledge practicing the method that the experiment idealizes. The transformation of the traditional laboratory by the use of mobile devices is the alternative used in the applications presented, making it possible to make these devices a mini-lab of portable experiments that, in addition to potentiating meaningful learning, transforms the experience into a reflexive and peer discussion situation. The description, preparation of experiments, data collection, detailed analysis and graphic representation are presented in an objective and pedagogical way, as a resource to support the teacher. The presented methodology was applied in a high school class, presenting good acceptance and with possibility of continuity in future applications.

**Keywords:** Information technology, Mobile devices, sensors, data collection, graphic representation.

# SUMÁRIO

<b>1 Introdução.....</b>	<b>1</b>
1.1 O professor e o ambiente escolar.....	2
1.2 As Tecnologias da Informação e Comunicação e os dispositivos móveis.....	2
1.3 Apresentação e organização .....	3
<b>2 Dispositivos móveis no ensino: o <i>smartphone</i></b>	
2.1 Histórico .....	5
2.2 O computador no laboratório .....	6
2.3 Dispositivos móveis no laboratório: o <i>smartphone</i> .....	7
2.4 Os experimentos em Física.....	8
<b>3 A proposta de um laboratório ágil e prático</b>	
3.1 Um novo laboratório.....	11
3.2 Sensores do <i>smartphone</i> .....	13
3.3 Aquisição de dados .....	16
3.4 Análise de dados – Representação visual do experimento .....	18
<b>4 Experimentos em mecânica, campo magnético e luz</b>	
4.1 Movimento retilíneo com uma força impulsiva.....	25
4.2 Movimento retilíneo de vai e vem.....	33
4.3 O elevador subindo e descendo .....	35
4.4 A escada rolante subindo .....	38
4.5 O plano inclinado .....	40
4.6 A queda livre .....	45
4.7 A 2ª Lei de Newton .....	49
Experimento 1 .....	49



Experimento 2 .....	52
4.8 Movimento de escorregamento em um plano horizontal com queda .....	54
4.9 Sistema massa mola.....	57
4.10 Movimento Circular.....	59
4.11 O Toca Vinil e o M.C.U.....	61
4.12 A roda de bicicleta.....	63
4.13 Movimento circular não uniforme.....	67
4.14 Movimentos Pendular.....	70
4.14.1 Pêndulo físico.....	70
4.14.2 Movimento Harmônico.....	73
4.15 Variação do campo magnético de um ímã com a distância .....	76
4.16 Iluminância.....	78
 <b>5 Aplicação do Produto</b>	
5.1 Aplicação.....	82
5.2 Resultados e análise obtidos com o produto aplicado.....	82
 <b>6 Conclusão.....</b>	<b>87</b>
 <b>REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....</b>	<b>90</b>

## LISTA DE FIGURAS E TABELAS

• Figura 3.1 Representação da coleta e análise de dados.....	12
• Figura 3.2 Indicação dos eixos coordenados no <i>smartphone</i> .....	13
• Figura 3.3 Os principais sensores encontrados no <i>smartphone</i> .....	16
• Figura 3.4 <i>Smartphone</i> sobre o toca vinil.....	17
• Figura 3.5 Tela do Excel com dados gravados de um experimento.....	17
• Figura 3.6 Tela do Excel indicando cálculo da velocidade.....	18
• Figura 3.7 Tela do Excel com gráfico de todos os dados de um experimento.....	20
• Figura 3.8 Gráfico com dados gravados em todos os eixos coordenados.....	21
• Figura 3.9 Gráfico depurado da figura anterior para melhor análise.....	21
• Figura 3.10 Gráfico indicativo da velocidade na queda livre.....	22
• Figura 4.1 Tela do Excel com indicação da posição dos dados gravados.....	25
• Figura 4.2 Tela do Excel reproduzindo dados gravados e a equação usada.....	27
• Figura 4.3 Tela do <i>smartphone</i> indicando o gráfico de um experimento.....	28
• Figura 4.4 Gráfico depurado da aceleração em um movimento horizontal.....	29
• Figura 4.5 Gráfico depurado da velocidade em um movimento horizontal.....	30
• Figura 4.6 Gráfico depurado da força aplicada em um movimento horizontal.....	30
• Figura 4.7 Gráfico depurado do impulso aplicado.....	31
• Figura 4.8 Gráfico comparativo de grandezas atuantes no experimento.....	32
• Figura 4.9 Gráfico depurado da energia cinética.....	33
• Figura 4.10 Gráfico da aceleração em um movimento de vai e vem .....	35
• Figura 4.11 Gráfico comparativo entre aceleração e velocidade.....	35
• Figura 4.12 Representação das forças atuantes na subida do elevador.....	36
• Figura 4.13 Gráfico do movimento de subida do elevador .....	37
• Figura 4.14 Gráfico comparativo da aceleração e velocidade do elevador.....	37
• Figura 4.15 Representação de uma escada rolante.....	38
• Figura 4.16 Gráficos da aceleração em uma escada rolante.....	39
• Figura 4.17 Gráficos da velocidade na escada rolante.....	39
• Figura 4.18 Esquema de forças e montagem de um experimento em um plano inclinado.....	41
• Figura 4.19 Gráficos da aceleração em um plano inclinado a $30^\circ$ e $45^\circ$ .....	42
• Figura 4.20 Gráficos da velocidade em um plano inclinado a $45^\circ$ e $30^\circ$ .....	42
• Figura 4.21 Gráfico da aceleração com escorregamento e rolamento a $30^\circ$ .....	43
• Figura 4.22 Gráfico da velocidade no plano inclinado.....	44
• Figura 4.23 Gráfico da variação da energia cinética no plano inclinado.....	44
• Figura 4.24 Representação de um corpo em queda livre.....	45
• Figura 4.25 Gráfico depurado da aceleração em queda livre.....	46

• Figura 4.26 Gráfico da velocidade em queda livre.....	46
• Figura 4.27 Gráfico da variação de posição do corpo em queda livre.....	47
• Figura 4.28 Gráfico comparativo da aceleração, velocidade e posição.....	47
• Figura 4.29 Gráfico comparativo entre a aceleração, velocidade e a energia cinética e potencial.....	48
• Figura 4.30 Montagem de um experimento da 2ª Lei de Newton.....	49
• Figura 4.31 Gráfico da aceleração no experimento da figura 4.30.....	50
• Figura 4.32 Gráfico comparativo entre aceleração e velocidade.....	51
• Figura 4.33 Montagem de um experimento com a máquina de Atwood.....	52
• Figura 4.34 Gráfico da aceleração no experimento da figura 4.33.....	53
• Figura 4.35 Montagem de um experimento na mesa com queda.....	54
• Figura 4.36 Gráfico da aceleração em um movimento na mesa com queda.....	55
• Figura 4.37 Gráfico da velocidade e posição no experimento da figura 4.35.....	55
• Figura 4.38 Representação da queda logo após a saída da mesa.....	56
• Figura 4.39 Representação de um sistema massa mola.....	58
• Figura 4.40 Gráfico da aceleração com a deformação.....	59
• Figura 4.41 Representação de um movimento circular.....	60
• Figura 4.42 Experimento com o <i>smartphone</i> em um toca vinyl.....	61
• Figura 4.43 Gráfico da velocidade angular no toca vinyl.....	62
• Figura 4.44 Representação de forças em uma rotação.....	64
• Figura 4.45 Representação de um experimento com roda da bicicleta.....	65
• Figura 4.46 Gráfico entre velocidade angular e a variação angular.....	66
• Figura 4.47 Gráfico comparativo entre velocidade angular, aceleração centrípeta, velocidade tangencial e força centrípeta.....	67
• Figura 4.48 Experimento com <i>smartphone</i> em uma plataforma.....	68
• Figura 4.49 Gráfico da velocidade angular variável.....	69
• Figura 4.50 Gráfico comparativo entre a velocidade a aceleração angular.....	69
• Figura 4.51 Representação de um movimento pendular.....	71
• Figura 4.52 Gráfico da aceleração centrípeta.....	72
• Figura 4.53 Gráfico depurado da figura 4.52.....	73
• Figura 4.54 Experimento do movimento harmônico com <i>smartphone</i> .....	74
• Figura 4.55 Gráfico da amplitude em um movimento harmônico.....	76
• Figura 4.56 Experimento com ímã e campo magnético.....	77
• Figura 4.57 Gráfico da variação do campo magnético.....	77
• Tabela 4.1 Variação do campo magnético com a distância.....	78
• Figura 4.58 Experimento com luminosidade.....	79
• Figura 4.59 Gráfico da intensidade luminosa.....	79
• Figura 4.60 Gráfico do afastamento e aproximação da luminosidade.....	80
• Figura 4.61 Gráfico do afastamento em função da distância da fonte.....	80
• Tabela 4.2 Luminosidade em função da distância.....	81
• Figura 5.1 Representação da aceleração na tela do <i>smartphone</i> .....	83

- Figura 5.2 Gráfico indicativo do desempenho na aplicação educacional.....85
- Figura 5.3 Gráfico de setores sobre uso do *smartphone*.....86

# CAPÍTULO 1

## INTRODUÇÃO

A sociedade atual, esta cada vez mais inserida e condicionada ao progresso com aplicação da tecnologia. Através do uso das Tecnologias da Informação e Comunicação (TICs) abre-se uma possibilidade de uso dessa tecnologia no meio educacional com a introdução de dispositivos móveis como o *smartphone* [1].

Convivemos hoje em um meio social de grandes avanços tecnológicos, onde encontramos os computadores e dispositivos portáteis móveis, mas o nosso ensino continua atrasado tecnologicamente. Propostas de inserção dessas tecnologias existem no ensino de física no ensino médio, porém a aplicabilidade das mesmas fica comprometida devida à falta de condições existentes no sistema educacional, tais como: carga horária reduzida, falta de laboratórios apropriados de física e insuficiência ou inexistência de laboratórios computacionais [2].

Por meio dos dispositivos móveis, tem-se a possibilidade de substituir os livros por conteúdos digitais, tornando o material escolar mais acessível e fazendo com que a prática pedagógica ganhe uma ferramenta valiosa no contexto do processo ensino-aprendizagem.

A inserção de dispositivos móveis em instituições de ensino traz desafios, como: identificar e entender as oportunidades de aplicabilidade em conteúdos e o impacto na qualidade da educação através dos aplicativos instalados nos dispositivos. E é através destas funcionalidades que estão à disposição dos professores que a melhoria quanto à prática pedagógica torna-se uma opção a ser analisada e desenvolvida [3].

O *smartphone* pode ser indicado como uma ferramenta para o estudo de experimentos correspondentes a tópicos correntes no ensino da Física, pois traz embutido, sensores que são capazes de medir e descrever grandezas físicas. Seu uso escolar encaixa-se no tempo didático disponível nas aplicações em sala de aula e através dos recursos que possui pode ser utilizado em atividades experimentais, adicionando qualidade e praticidade às aulas de física, sendo

desnecessários aparatos complexos na realização dos experimentos a serem realizados [4].

## **1.1 O PROFESSOR E O AMBIENTE ESCOLAR**

No decorrer do tempo, a prática didática de ensino do professor tem se mostrado constante na forma de apresentação de conteúdo e sem mudanças apreciáveis, apesar de alguns avanços sobre essa prática nas últimas décadas com a inclusão da tecnologia e novas teorias educacionais [5]. Em muitas escolas atualmente o professor transmite o conteúdo, realiza tarefas e o conhecimento é recebido como verdade absoluta.

Por outro lado, em uma metodologia interacionista [6], busca-se um ensino e uma prática diferenciada, em que o professor não esteja mais tanto adepto da abordagem tradicional, mas compreenda a importância de interagir com os alunos, tornando sua prática pedagógica passível de um planejamento com possibilidades reflexivas em que participem e contem com a mediação do professor no seu desenvolvimento e aprendizagem.

O professor ao preparar uma aula com uma metodologia diferenciada, com foco na interação aluno-aluno e aluno-professor, oferece uma prática pedagógica que proporciona ao aluno uma autonomia no desenvolvimento das atividades escolares. Entre estas metodologias está a inserção de dispositivos móveis no ensino como uma ferramenta para acrescentar uma interação a mais entre professor e aluno [7].

## **1.2 AS TECNOLOGIAS DA INFORMAÇÃO E COMUNICAÇÃO E OS DISPOSITIVOS MÓVEIS**

A inserção de dispositivos móveis em atividades educacionais implica que haja uma significativa contribuição para modificar as práticas do ensino tradicional, oferecendo oportunidades para a criação de ambientes de aprendizagem que ampliem as possibilidades de uso em contrapartida com as metodologias tradicionais [8].

A partir da utilização do *smartphone* em sala de aula com foco no modo de uso experimental, pode-se criar um ambiente rico e flexível, onde os estudantes interagem e

comunicam suas ideias de modo participativo e colaborativo [9].

O que se espera é que as tecnologias móveis sejam consideradas aliadas na promoção do ensino em geral, desenvolvendo no estudante habilidades para a construção do conhecimento, da colaboração e do pensamento crítico, possibilitando a formação de cidadãos pensantes e atuantes na sociedade [11]. Devido a isso este trabalho reúne esforços para introduzir o *smartphone* em sala de aula, como instrumento na coleta de dados e laboratório móvel para os experimentos de física, assim como facilitador da aplicação do método experimental [2].

### 1.3 APRESENTAÇÃO E ORGANIZAÇÃO

O trabalho da dissertação consiste na proposta de experimentos de física básica para o Ensino Médio, baseados na utilização do *smartphone* para a coleta de dados e um computador para a representação, leitura e análise gráfica desses dados. Os experimentos criados e desenvolvidos nesta pesquisa são simples, pois visam estimular o raciocínio e a criatividade do aluno, introduzindo-o no ambiente da física experimental [8].

O computador é incorporado no esquema experimental devido a sua capacidade de lidar com a grande quantidade de dados gravados, realizando o processamento e visualização desses dados através de softwares específicos. Um experimento simples como o da queda livre que tem uma duração de poucos segundos, determina centenas de informações que dependem da frequência da coleta do sensor e tais quantidades são demais para serem tratados com anotações ou com uma calculadora.

A dissertação está distribuída da seguinte maneira: O capítulo 2 refere-se a uma introdução histórica e revisão da literatura sobre o emprego de dispositivos móveis como ferramenta auxiliar de ensino-aprendizagem em sala de aula.

O capítulo 3 é importante para esta pesquisa, pois indica uma metodologia de trabalho experimental adaptada e diferenciada, devido ao uso do *smartphone*. Mostrando um novo laboratório com o uso dos sensores dos dispositivos móveis, o desenvolvimento do experimento e a análise dos resultados; representando todo o processo em um ciclo

experimental.

O capítulo 4 contém o corpo da pesquisa. Com o desenvolvimento de experimentos, onde se inclui a coleta de dados, a análise e a representação gráfica dos mesmos. Propondo vários experimentos na área da mecânica, com o uso dos sensores acelerômetro e giroscópio. Contemplando também experimentos com o magnetômetro e o sensor de luz.

No capítulo 5 é apresentada a aplicação de uma parte do produto desenvolvido no trabalho (capítulo 4) em uma turma de 1º ano do ensino médio, tendo o aproveitamento determinado por uma pesquisa em forma de questionário avaliativo e interrogativo.

O capítulo 6 descreve a conclusão da pesquisa, indicando a necessidade de uma mudança no ambiente escolar com a aplicação de dispositivos móveis tanto em sala de aula como fora dela.



## CAPITULO 2

### DISPOSITIVOS MÓVEIS NO ENSINO: O *SMARTPHONE*

#### 2.1 HISTÓRICO

O uso das tecnologias da Informação e Comunicação na educação remonta a mais de 40 anos em nosso território nacional, quando começaram as primeiras experiências em escolas federais com o uso do computador inicialmente na área de química, com simulações através do Núcleo de Tecnologia Educacional para a Saúde (NUTES). Em 1975, produziu-se através do Programa de Reformulação do Ensino (PREMEN), um documento denominado Introdução de Computadores no Ensino do 2º grau, desenvolvido especificamente para o ensino, tendo como base a linguagem de programação denominada LOGO, desenvolvida pelo Massachusetts Institute of Technology (MIT).

A implantação do programa de informática na educação brasileira deu-se através do Seminário Nacional de Informática em Educação, realizado inicialmente na Universidade de Brasília em 1981 e posteriormente na Universidade Federal da Bahia em 1982. Foi estabelecido um programa denominado (EDUCOM), que teve como proposta o uso do computador nas áreas de Matemática, Física, Química, Biologia e Letras, como ferramenta de aprendizagem. Em 1986 foi criado pelo MEC o programa de Ação Imediata em Informática na Educação de 1º e 2º grau, denominado projeto (FORMAR), para a capacitação de professores. No ano de 1989, o MEC instituiu o Programa Nacional de Informática na Educação (PRONINFE) e a partir de 1997 iniciou-se o Programa Nacional de Informática na Educação (PROINFO), com a proposta de inserção da informática no ensino público, criando centros de pesquisas, capacitação na área e levar o computador para dentro da sala de aula [13].

Recentemente, a partir de 9 de janeiro de 2007 (lançamento do primeiro *Iphone* por Steve Jobs da empresa americana Apple), começou a popularização dos dispositivos móveis com tela sensível ao toque, o qual levou a uma incorporação mais crescente de sensores pequenos e altamente precisos, chamados MEMS (*Micro Electro Mechanical Systems*). Por

exemplo, o acelerômetro e o giroscópio são sensores usados em muitos experimentos relacionados à Mecânica [8].

## **2.2 O COMPUTADOR NO LABORATÓRIO**

Com o avanço das inovações tecnológicas, existe uma grande oportunidade em termos pedagógica relacionadas a aplicação dos recursos proporcionados por um computador nesta prática. Nesse sentido, os conhecimentos adquiridos somados às práticas pedagógicas, induzem a uma aprendizagem significativa, que somados a um conjunto de recursos computacionais voltados para o ensino de física básica, produzem e ampliam conceitos físicos [9]. A abordagem visual e dinâmica desses conceitos pode ser feita através simuladores computacionais para o ensino de física que poderiam ser relacionados com diferentes dinâmicas instrucionais. Na década de 1980 foram apresentadas propostas para a integração de microcomputadores em laboratórios didáticos. Alguns sensores de vários tipos e sistemas de aquisição de dados foram inseridos nos computadores e utilizados em vários experimentos, tornando-se possível coletar grande quantidade de dados com rapidez e apresentar os dados em forma de gráfico para uma análise sobre o experimento efetuado. A coleta e processamento dos dados analisados pelo computador fazem com que este seja um instrumento didático mais ágil que o laboratório tradicional, dando ao educando condições de visualizar, compreender e planejar o que será realizado durante o experimento [10].

Com a representação gráfica dos resultados das medidas efetuadas fica mais fácil de compreender o que está sendo obtido no experimento. Os estudantes podem avaliar melhor o significado e as implicações dos resultados encontrados, comparando-os com os valores dos modelos teóricos. Em um laboratório tradicional a possibilidade de se realizar essas atividades é limitada pela falta de tempo e pela dificuldade em visualizar e analisar de imediato os resultados experimentais.

No estudo das ciências em geral, ou mais precisamente na Física, o computador vem se tornando de grande utilidade na criação de modelos científicos, na realização de cálculos, no teste de teorias, na criação de simulações, etc. Em nosso cotidiano esta ferramenta adquiriu tal importância, que se pode imaginar e realizar as mais diversas transformações que ocorrem

em nosso sistema de ensino. Na aplicação da tecnologia da informação e comunicação na formação do indivíduo, o computador passa a ser um instrumento eficaz na modelagem e assimilação do conhecimento, assim como suporte ao laboratório didático [12].

O trato do experimento focado na montagem, na coleta de dados e análise dos resultados é feito segundo instruções de roteiros pré-estabelecidos que não costumam dar espaço a discussões sobre a atividade [14]. O que pode potencializar esse tipo de problema é a introdução de computadores nos laboratórios didáticos onde a tomada e apresentação de dados é obtida de forma mais rápida, dando espaço para atividades paralelas no desenvolvimento cognitivo do aluno. Porém os computadores apresentam limitações de ordem prática, pois necessitam de sensores e interfaces na execução de determinados tipos de experimentos, além da portabilidade que limita seu deslocamento.

Uma das alternativas possíveis para a resolução dessas limitações da informática em relação ao laboratório é a introdução do *smartphone*, pela sua mobilidade e aquisição de dados com uso de sensores. Quase todos os *smartphones* são equipados com os sensores: acelerômetro, magnetômetro, giroscópio, luxímetro, GPS, sensor de proximidade, etc.

### **2.3 DISPOSITIVOS MÓVEIS NO LABORATÓRIO: O SMARTPHONE**

Os Parâmetros Curriculares Nacionais ressaltam a importância da utilização das tecnologias no ensino fundamental e médio [11], definindo-a como uma das competências a serem desenvolvidas pelos estudantes, identificando variáveis na solução de procedimentos para produção, análise e interpretação dos resultados de processos e experimentos. Os laboratórios didáticos têm por objetivo fortalecer o ensino da Física, permitindo ao estudante desenvolver vários campos, testar e comprovar conceitos que favoreçam a capacidade e abstração, além de ajudar na interdisciplinaridade.

A inserção de dispositivos móveis em instituições de ensino traz desafios na identificação e entendimento relativo às oportunidades e ao impacto na qualidade da educação através dos aplicativos e sensores que serão utilizados. E é através dessas funcionalidades que estão à disposição dos professores que a melhoria quanto à prática pedagógica, torna-se uma opção a ser analisada e desenvolvida [13].

“É indispensável que a experimentação esteja sempre presente ao longo de todo o processo de desenvolvimento das competências em Física, privilegiando-se o fazer, manusear, operar, agir, em diferentes formas e níveis. É dessa forma que se pode garantir a construção do conhecimento pelo próprio aluno, desenvolvendo sua curiosidade e o hábito de sempre indagar, evitando a aquisição do conhecimento científico como uma verdade estabelecida e inquestionável” [3].

A sala de aula é um espaço de aprendizagem, de interação, informação e conhecimentos e é neste espaço que reclamações quanto ao uso desses aparelhos estão cada vez mais comuns. Alunos com smartphones conectados à internet podem se dispersar durante a aula, entrando em redes sociais, se comunicando com amigos em momentos inadequados e até mesmo atrapalhar a aula e outros colegas. No entanto, uma gama de possibilidades surge quando os dispositivos móveis em questão deixam de ser vistos como vilões e passam a ser aceitos como novos instrumentos para a aprendizagem.

Se o compromisso do professor é com a humanização e liberação, ele não deve prescindir nem da ciência e nem da tecnologia, mas sim instrumentalizar-se para melhorar e inovar em sua prática pedagógica, utilizando tudo o que for possível para ajudar, auxiliar e contribuir no processo de aprendizagem [15].

Os *smartphones* são realmente invenções úteis, pois são ágeis e versáteis, sendo objeto de grande utilidade em termos de atividade na comunicação de muitos, principalmente as crianças e os adolescentes. Inúmeros modelos de diversas marcas oferecem aplicativos e sensores interessantes que se tornam grandes atrativos. O melhor caminho em termos de educação é utilizá-los como recursos que favoreçam a aprendizagem e a curiosidade, buscando respostas e aprofundando o conhecimento [16].

## **2.4 OS EXPERIMENTOS EM FÍSICA**

Ao se iniciar um assunto, geralmente o professor realiza uma introdução ao que vai

ser apresentado, de forma teórica acrescida de formulação e resolução de problemas em uma abordagem que na maioria das vezes não é acompanhada de atividade experimental ou demonstrações em laboratório [17]. Em contrapartida quando as atividades do laboratório são realizadas, utilizam-se roteiros prontos, o que não deixa margem para possíveis discussões acerca do conteúdo apresentado, o processo de ensino-aprendizagem torna-se desinteressante, fazendo com que o estudante faça aplicações objetivas não se atendo a análises e possíveis mudanças em aplicações nas outras áreas de ensino, inibindo o desenvolvimento crítico dos conteúdos apresentados.

A busca de motivação para a prática de um experimento compreende a curiosidade para o entendimento da ocorrência de fenômenos naturais, fazendo-se necessário a observação, controle e interpretação de eventos definidos que são característicos da atividade científica [18].

As leis da Física têm por objetivo descrever o comportamento de sistemas e prever a ocorrência em situações determinadas. Por essa perspectiva o ensino da Física não pode estar à parte de experimentos e práticas que relacionam as observações e interações que ocorrem no cotidiano físico.

Experimentos demonstrativos são propostas de atividades experimentais de caráter simples. Com utilização muitas vezes de objetos usuais no dia a dia, a combinação de aparatos de montagem simples e a inclusão do *smartphone* como aparelho de sensoriamento principal, geram a possibilidade de criar ambientes criativos e produtivos onde o estudante realiza experimentos significativos, fortalecendo seu engajamento e participação. Portanto é indispensável adotar algumas diretrizes na seleção dos experimentos para serem realizados.

- 1) Experimentos demonstrativos com aparatos de montagem simples e uso mínimo de material, apresentando uma atividade experimental a partir de objetos usuais no cotidiano. Reduzindo ao mínimo a quantidade de equipamentos necessários para a montagem experimental.
- 2) Experimentos problematizadores, onde se enquadram as atividades experimentais que se baseiam em uma proposta de ensino investigadora. Nesse caso o experimento exerce papel importante como um elo entre os conteúdos que se quer ensinar e os conhecimentos e experiências que os alunos possuem [19].

A fim de atingir seus objetivos, a física bem como as outras ciências, depende da observação e da experimentação. A experimentação consiste na observação de um fenômeno em condições previamente estabelecidas e controladas. Variando-se as condições, descobre-se mais facilmente como afetam o processo. Sem a experimentação a ciência não atingiria o grau de desenvolvimento que apresenta atualmente, motivos que torna o laboratório essencial ao estudante [8].

## CAPÍTULO 3

### A PROPOSTA DE UM LABORATÓRIO ÁGIL E PRÁTICO

A proposta da utilização dos *smartphones* na realização de experimentos requer um novo método no processo do trabalho experimental. O processo de coleta de dados através de um *smartphone* é diferente do laboratório tradicional, assim como o processo de análise de dados, representação e visualização de dados.

#### 3.1 UM NOVO LABORATÓRIO

O laboratório tradicional tem um lugar físico específico. Dependendo da escola, a possibilidade de realizar experimentos é muito limitada, tanto pela falta de equipamentos, pela falta de preparo do professor ou pela sua ausência em algumas escolas, além da realização de atividades repetitivas e limitadas pelo pouco tempo disponível, o que contribui na dificuldade de análise imediata dos resultados obtidos.

Em um laboratório a precisão e a rapidez são fundamentais para uma boa coleta de dados. A grande quantidade de dados gravados faz do computador um instrumento eficaz em um laboratório moderno na comparação com um laboratório tradicional que não o utiliza, pois traz ao estudante um leque de opções em atividades desenvolvidas na execução de experimentos. O acesso à visualização gráfica e análise imediata torna possível melhorar a qualidade dos resultados obtidos possibilitando um estudo mais profundo do tópico desenvolvido no experimento [20].

Portanto, em contrapartida ao laboratório tradicional é proposto o laboratório “móvel”, composto por *smartphones* e computadores munidos de softwares específicos para a experimentação e o tratamento de dados.

O laboratório “móvel” apresenta muitas vantagens em contraste com o laboratório

tradicional. A mobilidade do laboratório basicamente é devido à mobilidade do *smartphone*, que é um aparelho que pode ser transportado para qualquer lugar, com uma quantidade de sensores que aumenta a possibilidade de realização de uma quantidade maior de experimentos.

No laboratório “móvel” o procedimento de laboratório pode ser resumido no esquema mostrado na figura abaixo.



Figura 3.1: Tomada de dados através do *smartphone* no experimento efetuado e posterior envio para análise e representação gráfica no computador.

A Figura mostra um ciclo, um processo repetitivo, significando que o experimento pode ser repetido várias vezes, para aperfeiçoar o experimento, até que os padrões, as relações entre as grandezas físicas em estudo, sejam evidentes e compatíveis com os modelos teóricos.

O computador representa um papel importante neste processo na indicação gráfica dos resultados com a visualização que fica muito mais fácil de compreender o que está sendo obtido no experimento apresentado.



### 3.2 SENSORES DO *SMARTPHONE*

O acesso aos sensores disponíveis no dispositivo *smartphone* é feito através de aplicativos que podem ser baixados da loja virtual correspondente ao sistema operacional do aparelho, por exemplo, a loja Play Store para os dispositivos com a plataforma Android.

Os sensores que encontramos nos *smartphones* são os de movimentação, posicionamento e ambientação. Os sensores de movimentação: acelerômetro e giroscópio, são os sensores que medem a aceleração e a velocidade angular no movimento de translação ou de rotação do aparelho, através dos eixos coordenados (X, Y, Z) associados a eles segundo se mostra na figura 3.2.

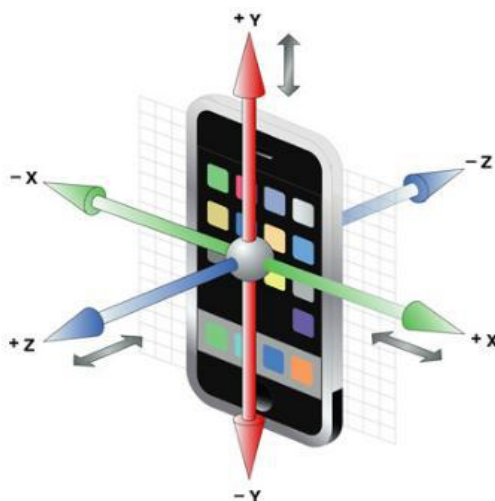


Figura 3.2: Representação de um *smartphone* com os respectivos eixos.

O sensor de posicionamento que determina a posição física do *smartphone* é o GPS.

Os sensores de ambientação que determinam os dados referentes ao meio ambiente no entorno do *smartphone* como a temperatura do ar, a pressão atmosférica, a luminosidade local e o som ambiente, são o: barômetro, o termômetro, sensor de som e luz e o fotômetro.

A seguir a continuação de uma pequena descrição sobre alguns dos sensores mencionados acima:

#### **- Acelerômetro**

Sensor que mede a aceleração através de uma força aplicada ao dispositivo em função dos eixos coordenados (X, Y, Z), tendo como unidade de medida  $m/s^2$ .

O acelerômetro é baseado em três circuitos de silício perpendiculares entre si, com oscilações indicando o eixo utilizado e sendo controlado pelo aplicativo. A aplicação informa o movimento do aparelho registrando as componentes da aceleração ( $a_x, a_y, a_z$ ) relativos aos eixos coordenados (X, Y, Z) como uma função do tempo. A aplicação permite salvar os dados para um arquivo cuja estrutura é formada por quatro colunas, a primeira é a indicação do tempo (que depende da frequência de coleta do sensor) e as outras três contém as acelerações nos eixos (X, Y, Z).

#### **- Giroscópio**

Sensor que analisa movimentos de rotação em torno dos eixos predefinidos fixos no quadro de referência do dispositivo fornecendo leituras diretas da velocidade angular, tendo como unidade de medida o (rad/s).

#### **- Magnetômetro**

O sensor magnetômetro faz a medida das componentes do vetor de campo magnético local na posição do *smartphone* em relação aos eixos coordenados (X, Y, Z), com unidade de medida  $\mu T$ .

#### **- GPS (Sistema de Posicionamento Global)**

Sistema de referência usado em serviços baseados em localização. A maior parte das aplicações móveis para *smartphone*, usa o GPS para cálculo da posição geográfica, fornecendo a localização física.

#### **- Proximidade**

Sensor que indica a presença de um corpo cerca do dispositivo móvel.

#### **- Barômetro**

Sensor que determina a pressão atmosférica a que o aparelho está submetido (meio ambiente). Útil na verificação da altitude pela variação da pressão.

#### **- Luxímetro**

A intensidade luminosa é a concentração de luz irradiada em uma dada direção específica por segundo. O luxímetro é o sensor de luz que mede os níveis de luz (intensidade luminosa) no entorno onde se encontra o *smartphone*, ajustando o brilho da tela do aparelho, fazendo com que varie o consumo da bateria, sendo a unidade de medida o Lux. As medições fotométricas são possíveis porque vários aplicativos permitem a leitura e coleta de dados em tempo real.

#### **- Wifi**

Sensor de nome Wireless Fidelity (Fidelidade sem fio), é uma tecnologia que usa redes de computador doméstico sem fio com acesso a internet, funcionando de duas maneiras diferentes: o modo que não precisa de ponto de apoio para gerenciamento de rede e o modo infraestrutura em que tudo é gerenciado por um ponto de acesso. É uma tecnologia que pode ser usada em técnicas de localização nos *smartphones* na determinação da posição por triangulação. Em um *smartphone* o sistema mais usado é o WPS (Wi-Fi Positioning System), quando não existe infraestrutura Wi-Fi dedicada.

O WPS é usado como alternativa de localização quando o GPS não esteja disponível, sendo mais usados em ambientes fechados, centros urbanos ou locais onde é frequente a perda de sinal.

#### **- Microfone**

Sensor transmissor de som, detectando e gravando sons emitidos na periferia do aparelho. A frequência do *smartphone* serve como som detector estacionário.



Figura 3.3: O *smartphone* e os seus principais sensores.

### 3.3 AQUISIÇÃO DE DADOS

A aquisição de dados pelos sensores do *smartphone* nos experimentos realizados é feita através de um aplicativo que armazena os dados em um arquivo de extensão .csv (*comma separeted values*), o que permite sejam salvos em formato de tabela estruturada na forma de colunas, podendo ser usado com qualquer programa de planilha como o *Microsoft Excel*. No presente trabalho devido a variedade de ensaios, houve a necessidade de utilizar um aparelho que tivesse instalado vários sensores úteis aos experimentos a serem realizados. Foi usado um *smartphone* Motorola Moto G (Segunda geração), com o uso do aplicativo *Physics Toolbox Sensor Suite*, através dos sensores: acelerômetro, giroscópio, magnetômetro e o luxímetro. Existem várias marcas e modelos de aparelhos que podem ser usados, é importante escolher o que mais se adequa às necessidades do experimento, além de instalar os aplicativos disponíveis nas lojas virtuais para os distintos sistemas operativos.

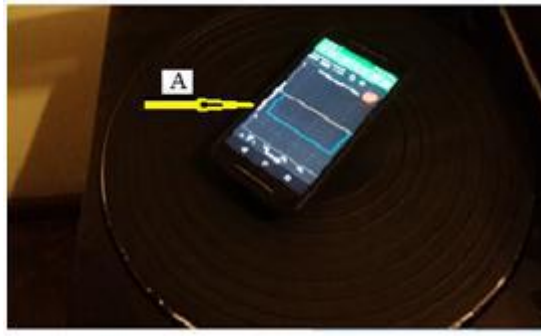


Figura 3.4: Representação de um experimento com o *smartphone* colocado sobre um toca vinil realizando um movimento de rotação horizontal em torno do próprio eixo

A figura 3.4, mostra a realização de um movimento circular uniforme, tomando como base um aparelho de toca vinil, com o *smartphone* apoiado sobre um suporte cilíndrico para a manutenção do seu centro de gravidade coincidindo com o eixo de rotação. A representação do movimento é demonstrada na tela do aparelho com o uso do sensor giroscópio, indicando a velocidade angular. A visualização na tela indica um valor da velocidade angular (no eixo vertical) contra o tempo transcorrido (no eixo horizontal).

	A	B	C	D	E
1	time	x	y	z	
2	0,024	-1,24	-0,03	1,33	
3	0,025	-1,09	-0,32	1,34	
4	0,026	-0,62	0,24	0,58	
5	0,028	-0,8	-0,03	0,33	
6	0,036	-0,98	-0,09	0,37	
7	0,061	-0,77	0,07	0,71	
8	0,062	-0,58	-0,07	0,42	
9	0,066	-0,48	-0,11	0,5	
10	0,076	-0,58	-0,03	0,52	

Figura 3.5: Representação dos dados gravados após um experimento.

Os dados gravados pelo acelerômetro, de um experimento de movimento do *smartphone*, como vistos na planilha de dados estão representados na figura 3.5.

PRODUTO       $=F1273+C1273*(A1273-A1272)$

	A	B	C	D	E	F	G
1270							
1271	tempo	ax	ay	az		velocidade	
1272	13,507	0,04	-0,01	0,09		0	
1273	13,517	-0,02	0,01	0,05		1,00E-04	
1274	13,526	0	0,01	0,16		0,00019	
1275	13,537	0,02	0,01	0,24		0,0003	
1276	13,546	0,04	-0,03	0,09		3,00E-05	
1277	13,56	0,02	-0,03	0,09		-0,00039	
1278	13,616	0	-0,03	0,07		-0,00207	
1279	13,617	0,02	-0,05	0,18		-0,00212	
1280	13,618	0	-0,05	0,16		-0,00217	
1281	13,621	0,04	-0,05	0,11		-0,00232	

Figura 3.6: Representação da tela com a planilha de dados do Microsoft Excel indicando alguns dos valores gravados em um experimento referente ao movimento retilíneo.

A planilha da figura 3.6, indica a gravação de dados em um experimento realizado com o sensor acelerômetro em um movimento retilíneo, com a coluna A, indicando o tempo decorrido, as colunas B, C, D, a aceleração nos respectivos eixos (X, Y, Z) e a coluna F a velocidade a través da fórmula apresentada.

### 3.4 ANÁLISE DE DADOS: REPRESENTAÇÃO VISUAL DO EXPERIMENTO

Para que a utilização de um aplicativo atenda aos objetivos propostos em uma aprendizagem significativa utilizando recursos de visualização, é necessário que o estudante tenha conhecimento do significado da linguagem visual presente. Ao serem utilizados recursos visuais no processo de ensino e aprendizagem e observados os resultados, a visualização é fundamental para que os melhores resultados sejam obtidos, fazendo com que o uso contínuo desses recursos visuais torne a visualização mais apurada e aperfeiçoada, permitindo que o estudante interaja com ambientes visuais do ponto de vista conceitual fazendo com que tenha capacidade de extrapolar o que aprendeu e aplicar em novas situações.

Por exemplo, no estudo dos movimentos, os gráficos são uma alternativa válida, pois possibilitam informações imediatas e mais simples de entendimento, permitindo a obtenção de qualquer dado, principalmente com as funções do movimento [20].

O professor ao utilizar os *smartphones* deve dar atenção ao fato que a representação visual está associada ao tempo de exibição de um conjunto de parâmetros relacionados ao experimento, devendo estar atento à rapidez de execução do experimento a ser analisado, sendo necessário para isso que o aplicativo possua ferramentas interativas.

Os elementos apresentados na tela são caracterizados pelos recursos visuais do aplicativo. Em muitos casos esses recursos são insuficientes ou limitados, por exemplo, pelo tamanho da tela do aparelho (prejudicando a visualização e compreensão do assunto em estudo), neste caso são usados recursos auxiliares como as oferecidas por um computador pessoal ou *notebook*, não só para a representação gráfica, mas também para a análise da grande quantidade de dados disponíveis.

Uma análise de dados mais completa só poderá ser realizada no *notebook*, portanto é necessário enviar os dados coletados do *smartphone* para um computador que tenha algum software para fazer a análise gráfica (Planilhas do Google, Microsoft Excel, Libre Office, etc.). O envio dos dados coletados é feito de uma maneira rápida e simples. A forma mais fácil é usando a rede 3G ou 4G do dispositivo móvel a través dos serviços de e-mail, Drive, etc., mas também pode ser feito diretamente por meio de um cabo USB.

As figuras quando apresentadas graficamente podem conter distorções que se apresentam na tela podendo confundir o estudante não atento, mas ele deve ficar prevenido para distinguir e excluir estas em uma análise final através de uma depuração gráfica.

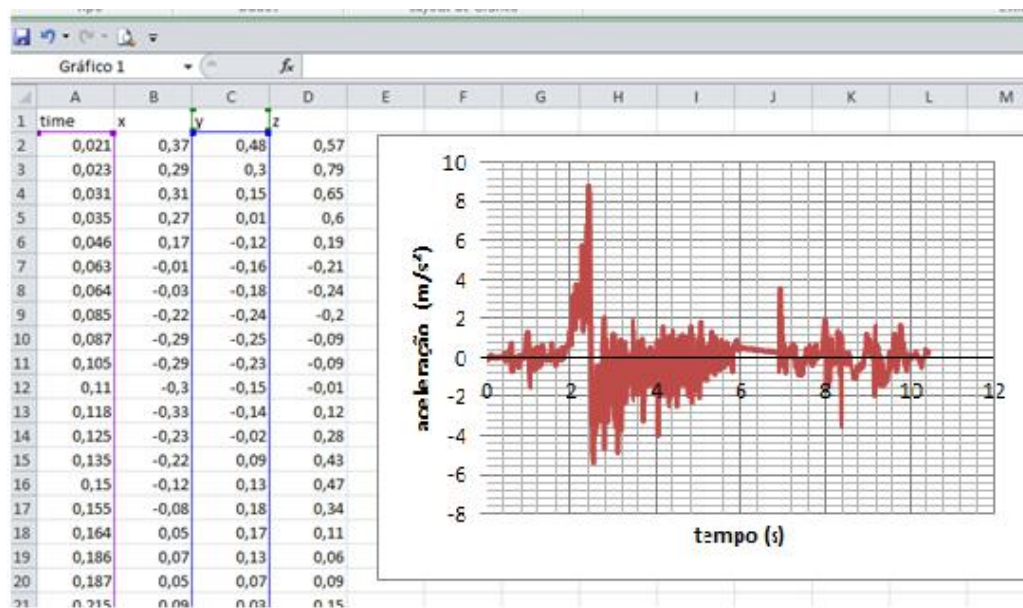


Figura 3.7: Representação referente a um experimento de movimento retilíneo horizontal usando o eixo Y do sensor acelerômetro do *smartphone* com escorregamento sobre uma mesa para a determinação da aceleração do movimento.

A maioria dos dados gravados são dispensáveis por apresentarem valores alheios ao experimento realizado, gerando a necessidade da depuração desses valores para uma posterior representação gráfica. No gráfico da figura 3.7, a parte a ser aproveitável esta situada entre 1s e 3s.



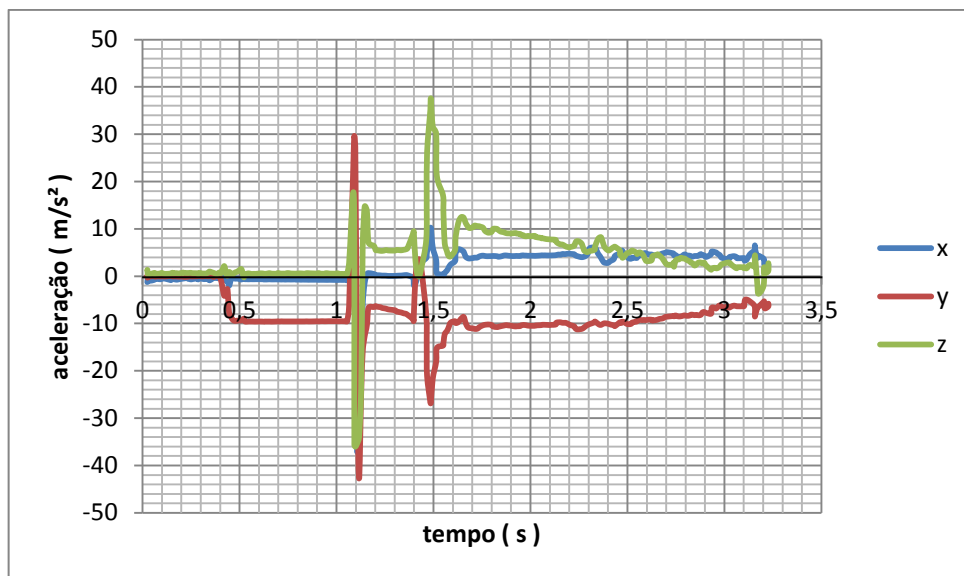


Figura 3.8: Representação de um experimento com o *smartphone* em queda livre, indicando o movimento gravado nos três eixos.

Na figura 3.8, o gráfico é retratado de maneira como foram gravados os dados durante todo o processo experimental. Em uma primeira visualização, o gráfico indica valores que abrangem o período de tempo da coleta de dados pelo aplicativo, mostrando informações desnecessárias para os objetivos do experimento, fazendo com que haja a necessidade de uma depuração para melhor análise.

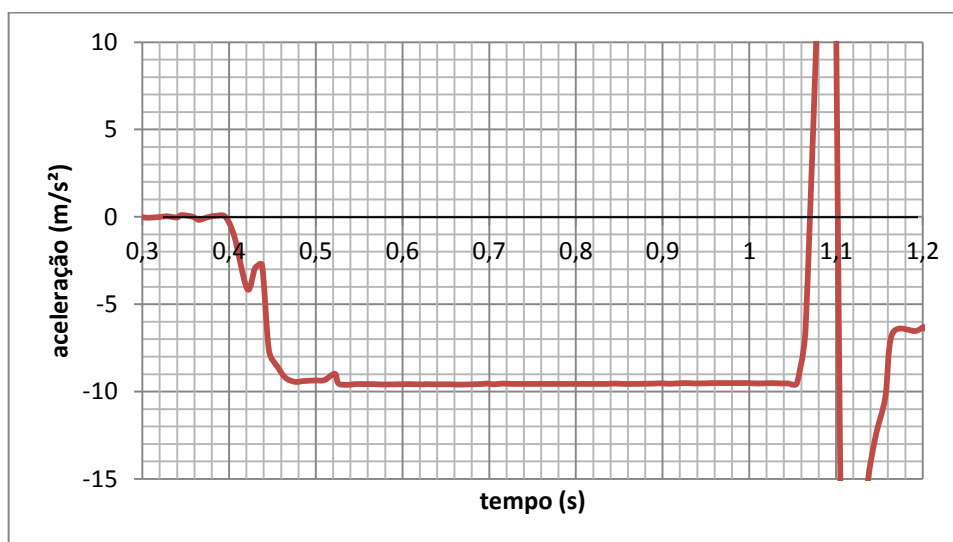


Figura 3.9: Representação depurada do gráfico da figura 3.8, para melhor análise do experimento.

Na representação da figura 3.9, que é referente ao mesmo experimento representado na figura 3.8, o gráfico foi depurado com a eliminação de dados gravados em consequência da indicação de valores da aceleração não representativos ao experimento. Isto se torna necessário selecionando o período próprio do experimento (intervalo de tempo em estudo). A parte visual do gráfico pode ser mudada com alteração de valores e visualização ao ser tratado com as ferramentas gráficas do *Excel*.

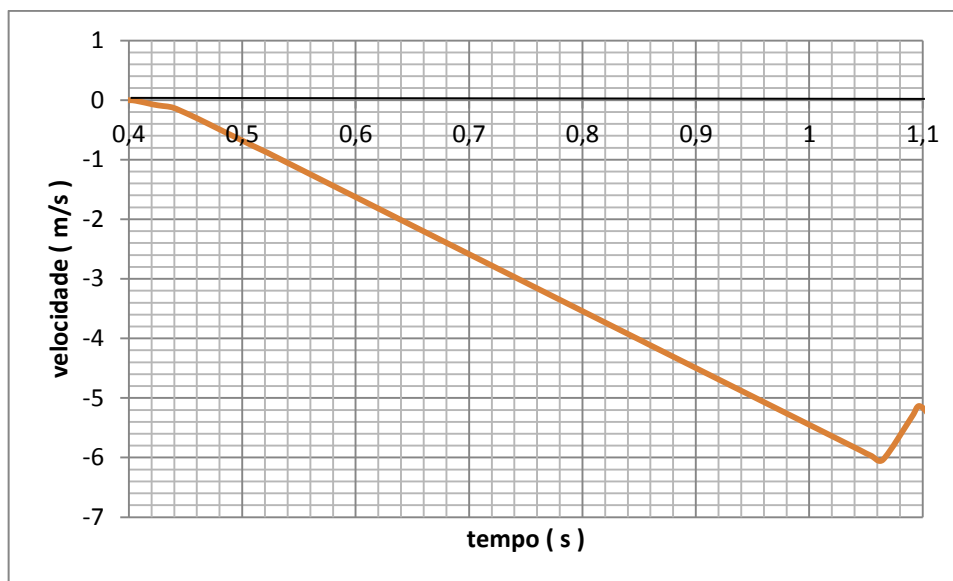


Figura 3.10: Gráfico da velocidade em um movimento em queda livre, com os dados gravados a partir da figura 3.9.

Com os dados obtidos através da figura 3.9, considerando o intervalo de tempo  $\Delta t = 0,65$  s e a aceleração de  $9,81 \text{ m/s}^2$ , a velocidade final calculada no experimento é  $6 \text{ m/s}$ , conforme representação na figura 3.10.

É importante salientar que neste método de trabalho em laboratório, usando *smartphone*, fica mais evidente a aplicação do método experimental, com suas regras sequenciais: a observação, a hipótese, a experimentação, a formulação teórica ou modelo teórico do fenômeno estudado e a conclusão. A agilidade na tomada de dados e visualização rápida dos dados através dos gráficos permite que o estudante ocupe parte importante do tempo da aula para interpretar os dados, analisar modelos, discutir as conclusões e caso necessário refazer o experimento para refinar o experimento, tirar melhores conclusões ou explorar novas ideias.

## **CAPITULO 4**

### **EXPERIMENTOS EM MECÂNICA, CAMPO MAGNÉTICO e ILUMINÂNCIA.**

A análise de um movimento é determinante na percepção e entendimento dos conceitos da mecânica

Na descrição de um movimento é necessário inicialmente um referencial, que, no caso de um movimento retilíneo é uma reta orientada que pode ser na horizontal ou na vertical e ocorrendo em uma dimensão é dispensado o tratamento vetorial, levando-se em conta o tratamento em termos de grandezas escalares ao se analisar o sentido do movimento.

O movimento de um corpo é o resultado direto de sua interação com outros corpos que o cerca e esta interação é descrita por um conceito denominado de força. A relação entre uma força impulsiva e um corpo indica as variações em seu movimento.

O movimento realizado por um corpo rígido, no espaço, pode ser identificado através da combinação de dois movimentos: o movimento de translação e o movimento de rotação. Um movimento de translação ocorre quando qualquer reta ligando dois pontos quaisquer de um corpo conserva a mesma direção durante o movimento. No movimento de translação é possível observar que todos os pontos do corpo se deslocam através de trajetórias paralelas, sejam estas trajetórias retas ou curvilíneas. Um movimento de rotação é observado quando todos os pontos que formam o corpo se deslocam em planos paralelos ao longo de circunferências. Os centros dessas circunferências estão posicionados sobre uma mesma reta e fixos, sendo denominado eixo de rotação.

Para medir o movimento realizado por um corpo rígido, os sistemas de navegação inercial utilizam instrumentos que combinam a utilização de dois tipos de sensores: o giroscópio e o acelerômetro. Entretanto, é possível encontrar modelos destes instrumentos que não utilizam giroscópios e adotam apenas acelerômetros lineares para medir o movimento

linear e angular de um corpo rígido. Por definição, a partir dos vetores correspondentes a velocidade angular e da aceleração linear nos três eixos do espaço, é possível determinar o movimento realizado por este corpo rígido em relação a um sistema de coordenadas.

Experimentos relacionados ao movimento são considerados, tendo como foco principal o uso do sensor acelerômetro e em alguns casos o giroscópio, também são realizados em relação a outros fenômenos com uso do magnetômetro e do luxímetro.

Os experimentos que serão considerados são:

- a) Movimento retilíneo com uma força impulsiva – movimento retilíneo horizontal
- b) Movimento retilíneo de vai e vem – movimento retilíneo horizontal
- c) O elevador subindo e descendo – movimento retilíneo vertical
- d) A escada rolante subindo – movimento retilíneo
- e) O plano inclinado – movimento retilíneo
- f) A queda livre – movimento retilíneo
- g) A 2ª Lei de Newton – movimento retilíneo
- h) Movimento de escorregamento em um plano com queda – movimento retilíneo
- i) Sistemas massa mola – movimento harmônico
- j) O Toca Vinil e o M.C.U – movimento circular
- k) A roda de bicicleta – movimento circular
- l) Movimento circular não uniforme
- m) Pêndulo físico – movimento oscilatório
- n) Movimento Harmônico
- o) Uso do magnetômetro – campo magnético
- p) A Luminosidade – intensidade da luz

## 4.1 MOVIMENTO RETILÍNEO COM UMA FORÇA IMPULSIVA (PASSO A PASSO)

Ao início de um experimento abrimos o aplicativo *Physics Toolbox Suite* a través do ícone na tela do *smartphone*, encontrando vários sensores disponíveis e dentre eles destaca-se o acelerômetro. Ao começar o experimento a gravação dos dados é realizada apertando o sinal (+) e quando terminado apertamos o símbolo (o) que fica acima e a direita do aparelho.

O aplicativo permite que se enviem os dados gravados relativos ao experimento através do Drive, o arquivo é enviado a nuvem e posteriormente ao computador ou para a pasta de arquivo local, de onde passa ao computador através de um cabo USB para análise dos dados.

Com os dados gravados em um arquivo, os mesmos são transferidos para o *Microsoft Excel* onde são representados em uma planilha de dados dispostas em linhas e colunas

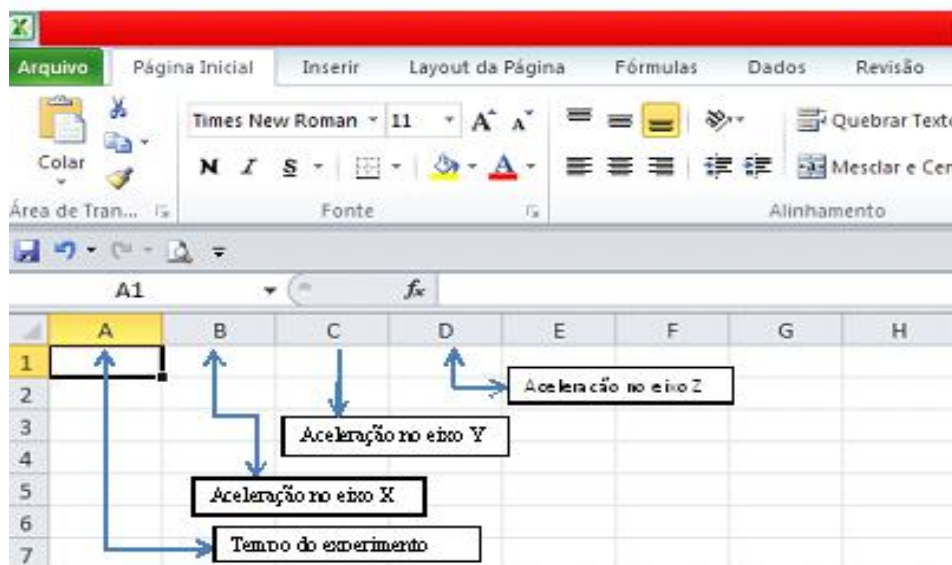


Figura 4.1: Representação da tela com a planilha de dados do Microsoft Excel indicando as colunas onde serão gravados os valores de um experimento realizado usando o acelerômetro, relacionando-as com os eixos do sensor no aparelho.

A determinação do cálculo com o uso de uma planilha de dados do *Microsoft Excel* da

velocidade adquirida pela plataforma (*smartphone* e carrinho lego) em um movimento retilíneo horizontal indicando a aceleração nos eixos coordenados (x, y, z), é obtida pela relação.

$$a = \frac{dv}{dt} \quad (1).$$

O que corresponde a

$$\int_{v_{i-1}}^{v_i} dv = a_i \int_{t_{i-1}}^{t_i} dt \quad (2)$$

Considerando que a aceleração é variável no tempo, mas sendo o intervalo de tempo ( $t_i - t_{i-1}$ ) muito curto, a variação da aceleração nesse intervalo é pequena. Logo se pode estimar como primeira aproximação o valor da aceleração igual a  $a_i$  para o intervalo considerado, a velocidade para efeito de cálculo é:

$$v_i = v_{i-1} + a_i(t_i - t_{i-1}) \quad (3)$$

A posição é encontrada da mesma maneira:

$$x_i = x_{i-1} + v_i (t_i - t_{i-1}) \quad (4),$$

através da relação:

$$v = \frac{dx}{dt} .$$

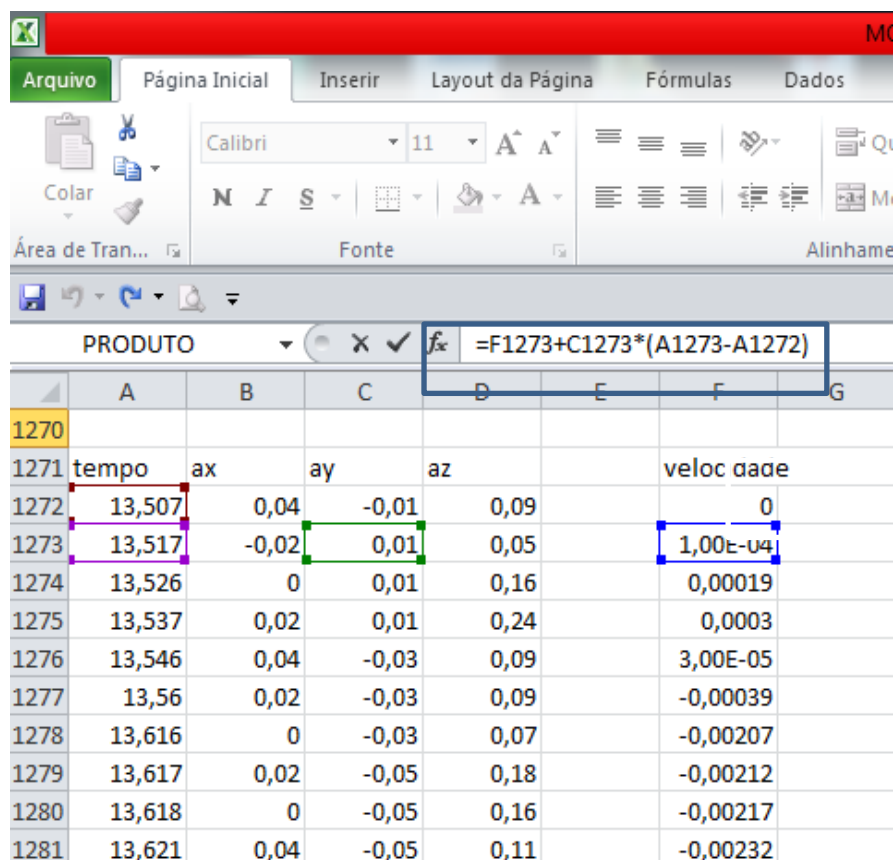


Figura 4.2: Representação da tela com a planilha de dados do Microsoft Excel indicando alguns dos valores gravados em um experimento referente ao movimento retilíneo plano horizontal para o cálculo e representação gráfica da velocidade com uso da equação (3).

A primeira coluna à esquerda da planilha indica o número da linha da planilha onde o dado está gravado. A segunda coluna indicada por (A) representa os valores gravados do tempo de duração do experimento; A terceira, quarta e quinta colunas indicadas respectivamente pelas letras (B, C, D) representam os valores gravados da aceleração nos eixos coordenados (x, y, z) e a sexta coluna indicada por (F) representa os valores da velocidade, calculados através da relação (3).

Os valores da relação (3) são representados para cálculo na planilha de acordo com as indicações a seguir: sendo  $v_i$  a velocidade a ser calculada através da equação, que na linguagem do Microsoft Excel é determinada escrevendo em cada célula o valor correspondente:  $=F1273 + C1273*(A1273 - A1272)$ . A representação gráfica dos valores determinados está indicada na figura 4.5.

A seguir tem-se um movimento realizado com a plataforma (*smartphone* e carrinho lego) em um plano horizontal na verificação das grandezas físicas envolvidas: aceleração, velocidade, força aplicada, impulso recebido e energia cinética.

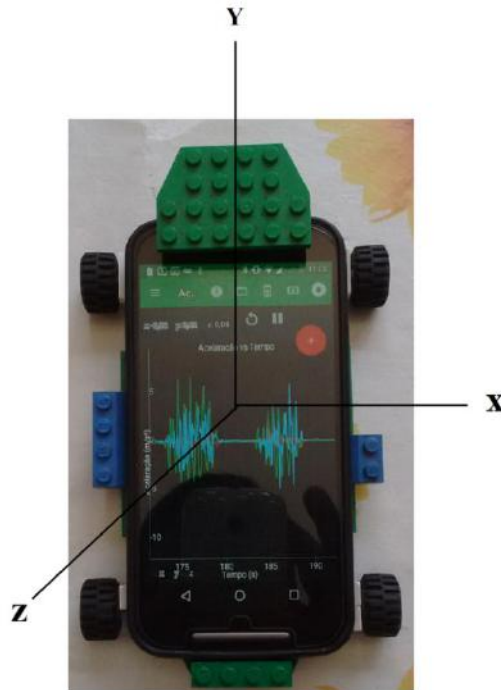


Figura 4.3: Plataforma com a indicação no *smartphone* de seus respectivos eixos coordenados, realizando um movimento retilíneo horizontal e tomando como referência o eixo y, através de uma força impulsiva.

Em um primeiro momento o movimento é realizado com a aplicação de uma força de impulsão que provoca uma aceleração de pico e depois desacelerando devido ao atrito no eixo das rodas do carrinho lego.

O início do movimento é representado graficamente pela aceleração que a plataforma adquire ao receber uma força que a impulsiona, registrando a dependência temporal dessa força através do sensor acelerômetro.



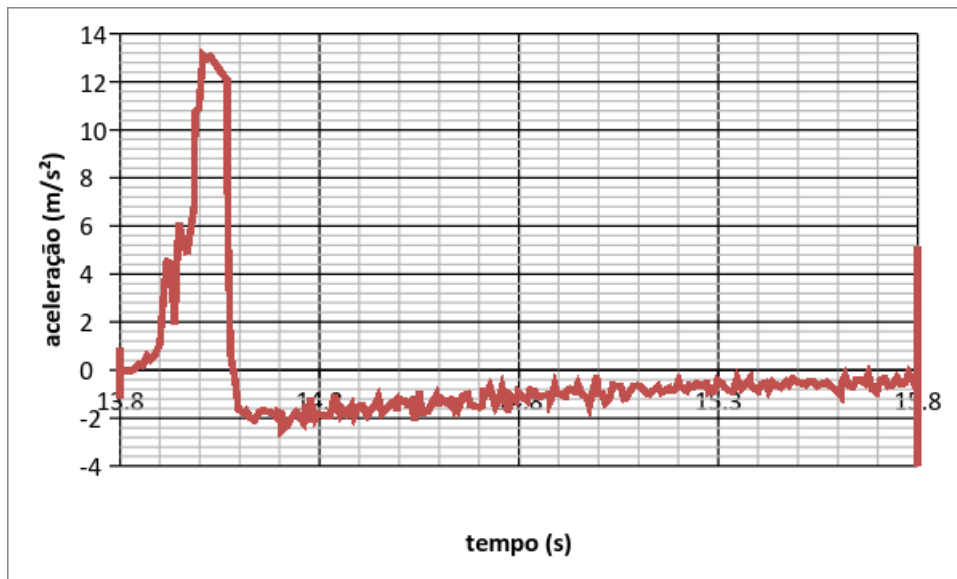


Figura 4.4: Aceleração adquirida pela plataforma em um movimento retilíneo horizontal, tendo um valor de pico de 13,08 m/s<sup>2</sup> e um valor médio negativo devido à desaceleração provocada pela força de atrito dos eixos das rodas, que é (-1,81 m/s<sup>2</sup>), visto no gráfico. A força impulsiva produzirá uma aceleração total de 14,89 m/s<sup>2</sup> em um intervalo de tempo  $\Delta t = (14,088 - 13,800) = 0,288$  segundos.

No experimento realizado e representado através da Figura 4.4, a velocidade adquirida pela plataforma é obtida graficamente com os valores obtidos no intervalo de tempo em que ocorreu a aplicação da força impulsiva, com representação na figura 4.5. Os dados mostram que a velocidade aumenta em uma taxa crescente logo após a aplicação da força impulsiva, sofrendo uma pequena inflexão e chegando a um valor máximo de 1,47 m/s.

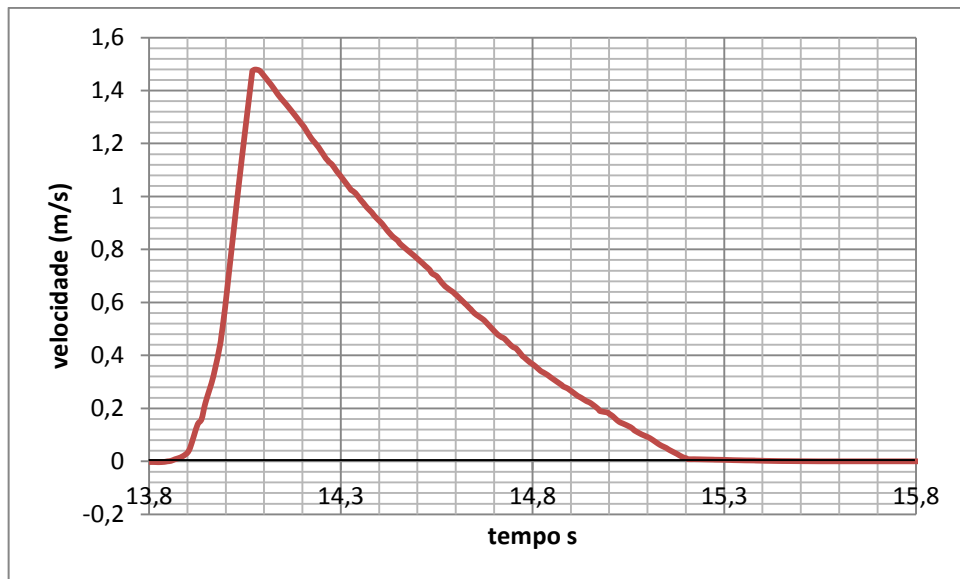


Figura 4.5: Gráfico representativo da velocidade máxima de 1,47 m/s que a plataforma adquire no movimento horizontal através de uma força impulsiva.

A força máxima,  $F = 2,943 \text{ N}$ , que provocou o movimento, foi calculada considerando a massa da plataforma com  $m = 0,225 \text{ kg}$  e o valor da aceleração máxima,  $a = 13,08 \text{ m/s}^2$  indicada na figura 4.4. O valor foi calculado usando a 2ª Lei de Newton.

$$F = m \cdot a \quad (5)$$

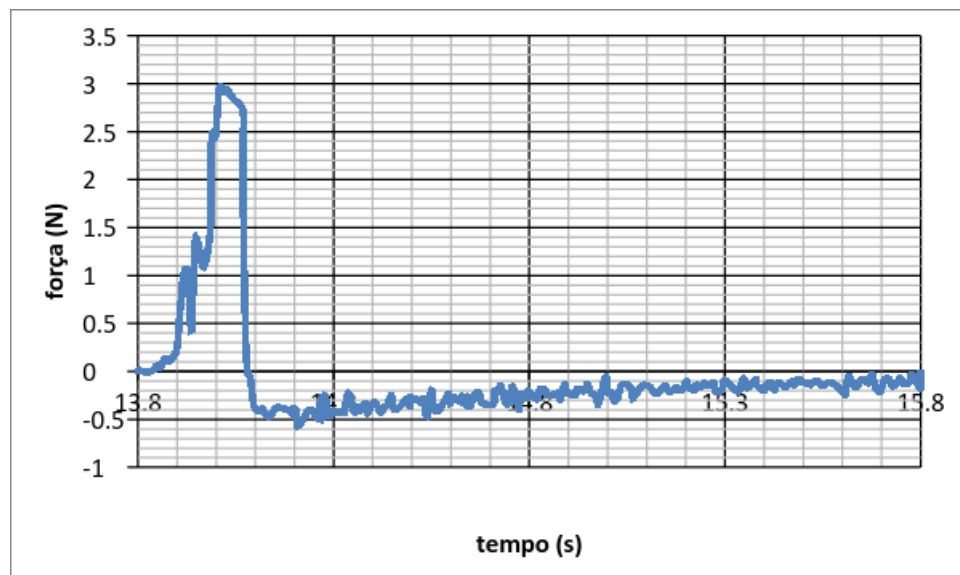


Figura 4.6: Gráfico representativo da força aplicada em uma plataforma, na execução de um movimento retilíneo horizontal em um intervalo de tempo,  $\Delta t = 0,288$  segundos.

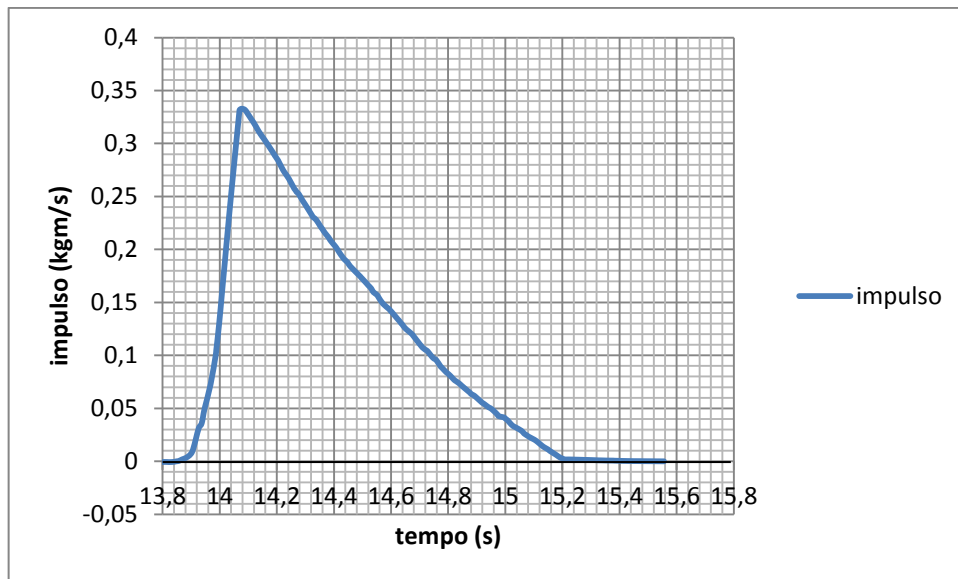


Figura 4.7: Gráfico representativo do impulso aplicado em uma plataforma na execução de um movimento retilíneo horizontal.

No gráfico da figura 4.7, o valor do impulso ( $I$ ) encontrado corresponde a,  $I = 0,328$  Ns, valor determinado pelas relações (6) ou (7).

$$I = F \cdot \Delta t \quad (6)$$

Substituindo (5) em (6)

$$I = m \cdot \Delta v \quad (7)$$

O valor da força aplicada corresponde a  $F = 2,943$  N, conforme leitura gráfica da figura 4.7. O Impulso aplicado é calculado usando a relação (6).

Sabendo que a massa da plataforma é,  $m = 0,225$  kg e o valor da variação da velocidade ( $\Delta v$ ) quando da aplicação da força no início do movimento é  $\Delta v = 1,47$  m/s, valor este determinado a partir da representação gráfica da velocidade na figura 4.5, o Impulso aplicado é calculado usando a relação (7).

O movimento com as representações gráficas das grandezas físicas atuantes no experimento é indicado na figura 4.8.

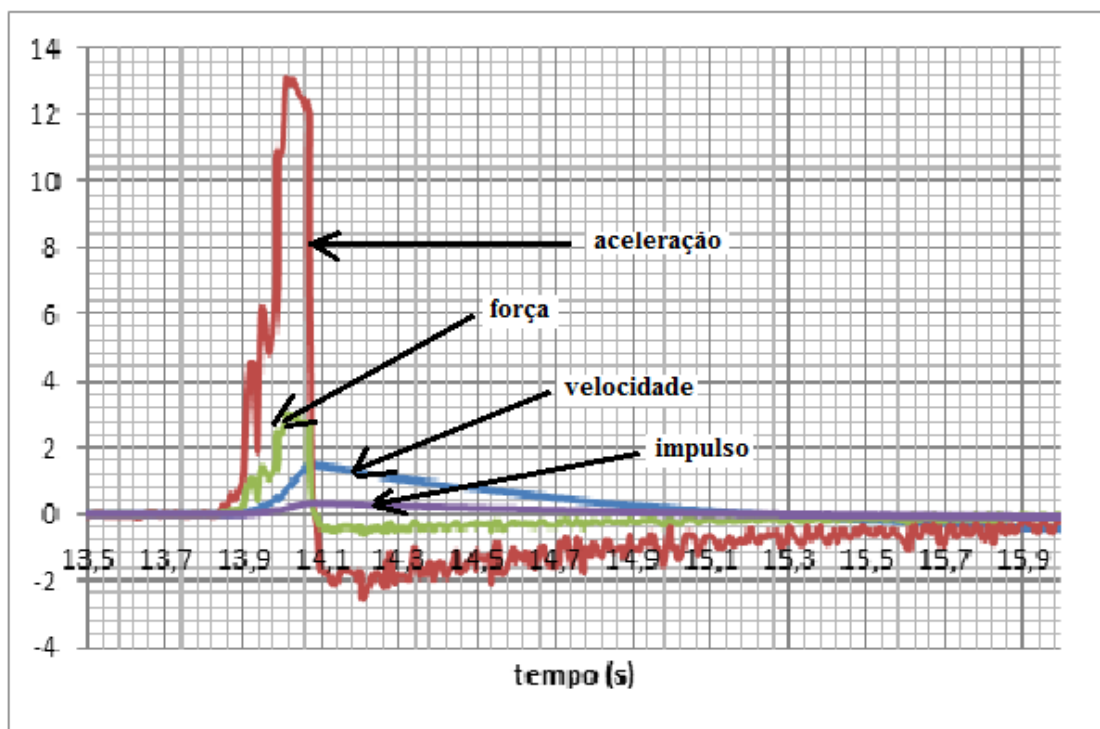


Figura 4.8: Gráfico representativo e comparativo das grandezas físicas atuantes em um movimento retilíneo horizontal através de uma força impulsiva.

A energia cinética que a plataforma adquire ao receber o impulso no início do movimento é calculada pela relação.

$$Ec = \frac{m.v^2}{2} \quad (8)$$

O valor máximo encontrado para a energia cinética corresponde a uma velocidade máxima de 1,477 m/s, indicada na figura 4.5. Com a massa da plataforma (*smartphone* e carrinho lego) sendo de 0,225 kg, o valor da energia cinética máxima com a substituição dos dados na equação (8) será:  $Ec = 0,245 \text{ J}$ , valor este de acordo com o gráfico da figura 4.9.

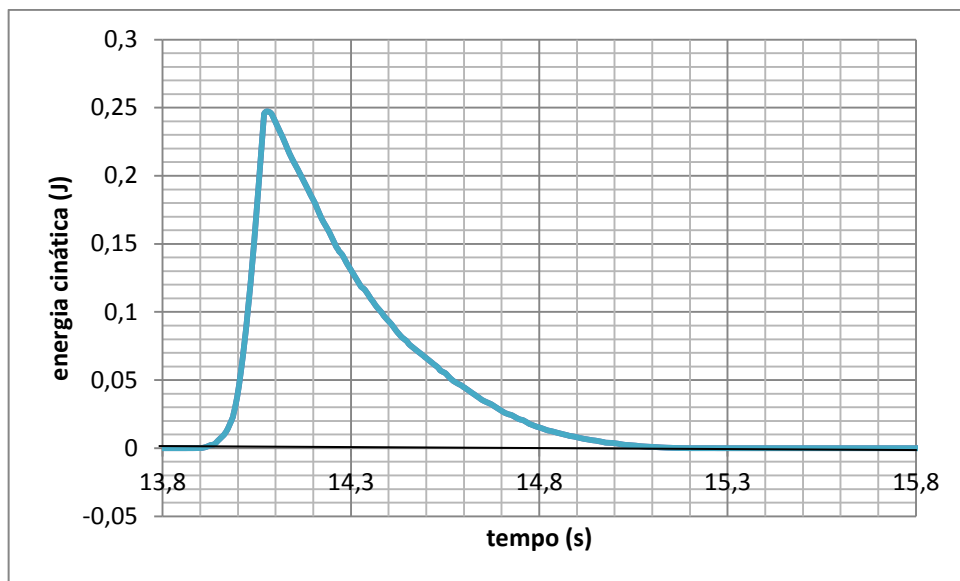


Figura 4.9: Representação gráfica da energia cinética adquirida pela plataforma ao receber um impulso em um movimento horizontal.

## 4.2 MOVIMENTO RETILÍNEO DE VAI E VEM

Movimento realizado com *smartphone* usando o sensor acelerômetro, em um plano horizontal sobre uma plataforma (carrinho de Lego), fazendo um vai e vem para a verificação da direção e sentido da velocidade e da aceleração, cujas representações são indicadas nos gráficos representados nas Figuras 4.10 e 4.11.

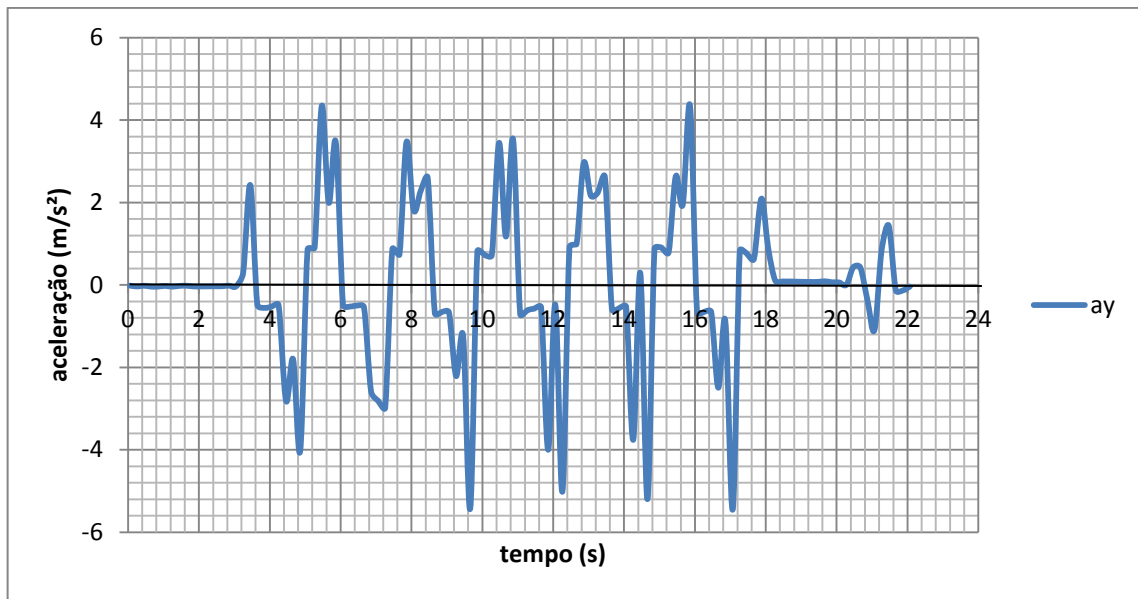


Figura 4.10: Aceleração adquirida pela plataforma em um movimento retilíneo de vai e vem no plano horizontal usando o eixo (Y) do sensor acelerômetro como referência. Os pontos que cortam o eixo horizontal indicam uma mudança de sentido.

O experimento é um indicativo da mudança de sentido no movimento retilíneo, implicando em uma respectiva mudança de sinal das grandezas físicas medidas. Neste tipo de movimento também pode ser feita uma analogia com um movimento oscilatório.

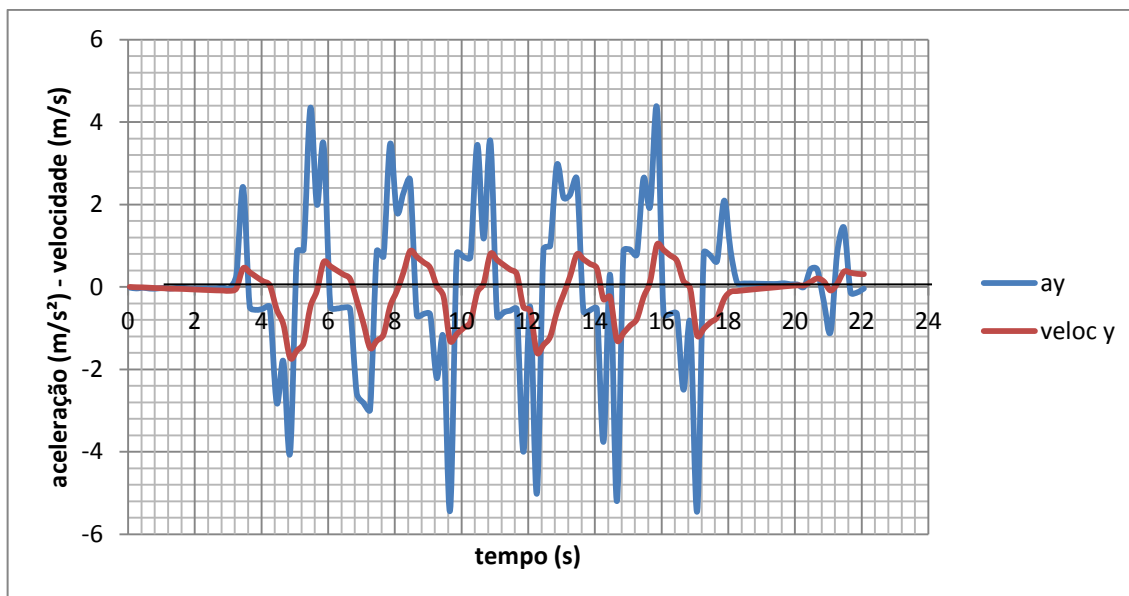


Figura 4.11: Gráfico comparativo entre a velocidade em relação ao eixo y do *smartphone* (veloc y) e a aceleração (ay) em um movimento retilíneo de vai e vem.

Os picos inferiores do gráfico da velocidade e da aceleração representam uma mudança de sentido do movimento com a aceleração apresentando um movimento análogo a um movimento oscilatório. A velocidade no movimento é determinada pela relação (3).

A área da figura formada, tomando o valor máximo da velocidade e o intervalo de tempo, determina o valor máximo do deslocamento devido a força de impulsão no movimento.

Com o valor médio máximo da velocidade em módulo de 1,5 m/s, tomado em relação ao eixo (y) e o intervalo de tempo entre os picos de 2,4 s, a área formada semelhante a um triângulo determina o deslocamento aproximado de 3,6 m.

### 4.3 O ELEVADOR SUBINDO E DESCENDO

No estudo do movimento retilíneo o elevador subindo é um exemplo prático. No experimento o *smartphone* é colocado na palma da mão ou no chão do elevador com a tela voltada para cima, com a marcação do acelerômetro indicando o valor de  $9,81 \text{ m/s}^2$  que é

referente ao eixo z. No movimento vertical para cima o elevador adquire a partir do repouso um movimento até a velocidade limite. Na parada em um determinado andar há uma desaceleração, advindo à parada e quando volta a subir é sentido um leve empurrão para baixo que é devido à inércia do conjunto passageiro e smartphone acontecendo ao contrario quando o elevador estiver descendo.

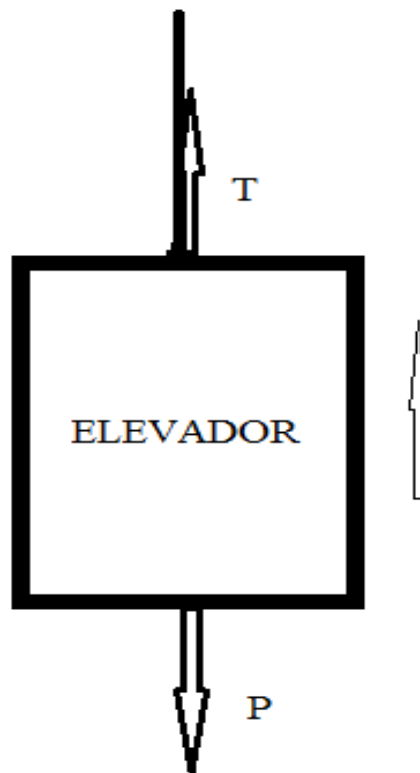


Figura 4.12: Representação de um elevador em movimento de subida, com a indicação das forças atuantes: a força Peso (P) e a força de tração (T) no cabo de sustentação.

Observa-se que a aceleração é constante ao longo do movimento, pois o sensor acelerômetro capta também ruídos (trepidações). O elevador está acelerando a um valor próximo de  $0,8 \text{ m/s}^2$ , com a aceleração apresentando um valor positivo no início da subida e logo após um valor igual a zero na maior parte do movimento e ao chegar a um andar superior e for parar um valor negativo próximo de  $0,8 \text{ m/s}^2$ .



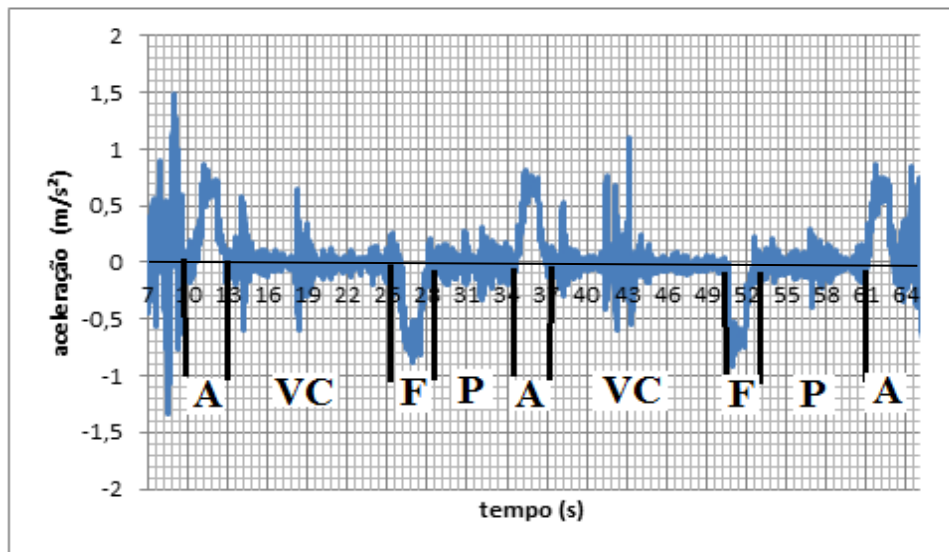


Figura 4.13: Gráfico representativo de um elevador em movimento de subida,

O ponto A indica a aceleração de partida do elevador. O ponto F representa uma desaceleração indicando a parada do elevador. O ponto P indica o elevador parado com passageiros entrando ou saindo, o que geralmente causa alguma vibração no piso e o ponto VC é a indicação do elevador em movimento uniforme após uma aceleração inicial.

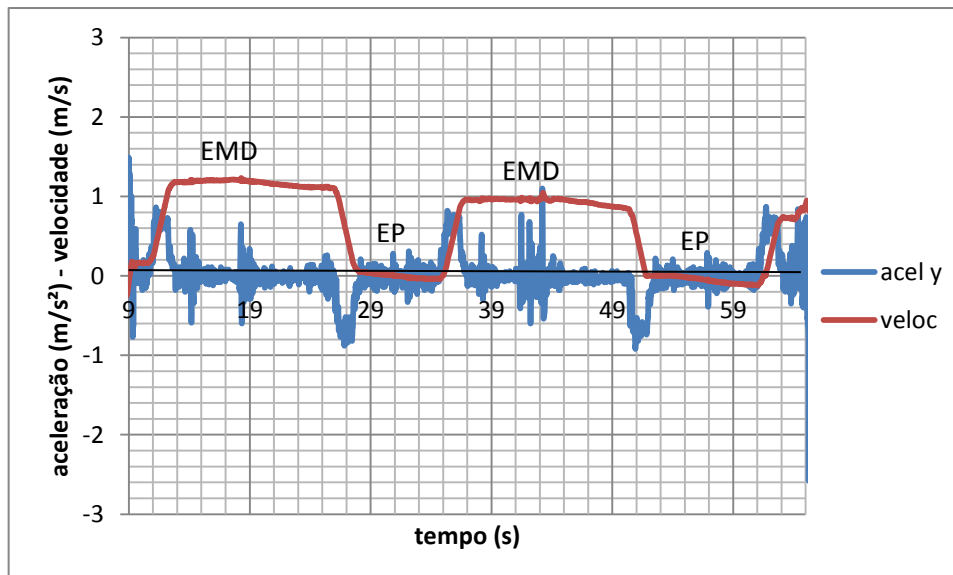


Figura 4.14: Representação gráfica comparativa da velocidade e da aceleração de um elevador em uma parte inicial no movimento de subida.

Na representação da figura 4.14, o elevador tem movimento de inicial de subida com aceleração positiva e velocidade crescente, logo após a aceleração passa a ser nula e a velocidade se mantém constante (EMD). No movimento de parada (EP), a velocidade decresce e a aceleração apresenta um valor negativo e ambas se tornam nulas.

#### 4.4 A ESCADA ROLANTE SUBINDO

Em um movimento usando uma escada rolante o *smartphone* é colocado paralelo ao piso da escada em sua base. Iniciando com aceleração positiva e nula durante o movimento, pois a escada se movimenta com velocidade constante, chegando ao final com aceleração negativa devido ao término do movimento.

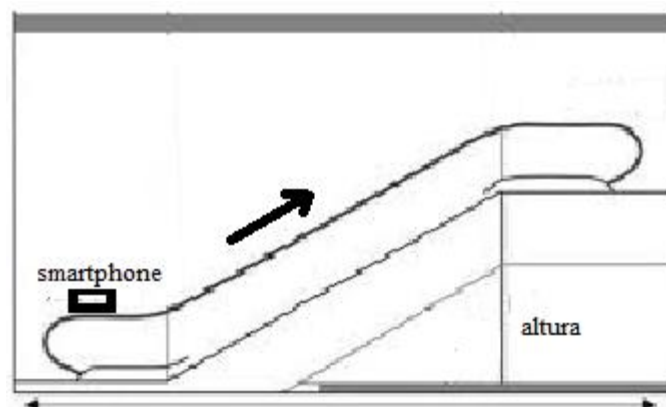


Figura 4.15: Representação de uma escada rolante em um movimento de subida com o *smartphone* colocado em sua base.

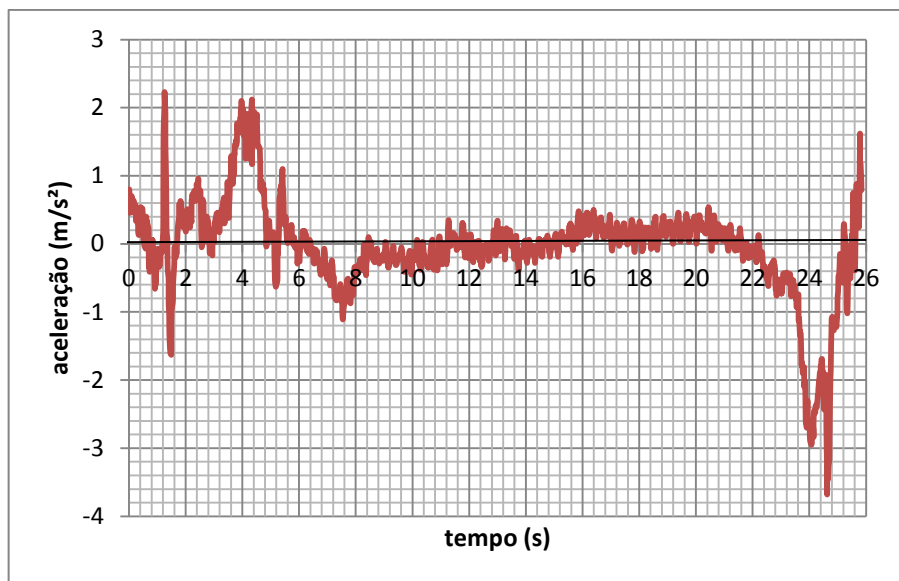


Figura 4.16: Representação gráfica da aceleração durante a subida em uma escada rolante,

Verifica-se no início do movimento, uma aceleração máxima em 4 s e logo após uma desaceleração chegando a um valor constante nulo no intervalo entre 10 segundos e 23 segundos, desacelerando logo após, indicando o término do movimento.

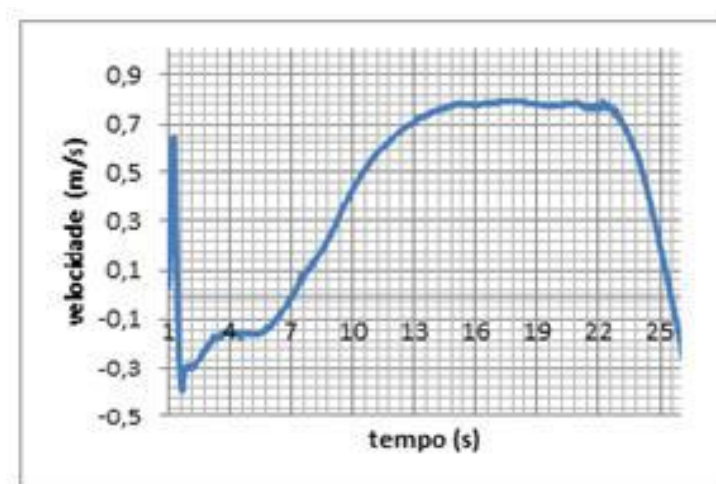


Figura 4.17: Representação comparativa do gráfico da velocidade no movimento de subida em uma escada rolante.

A velocidade determinada através da relação (3) apresenta um valor constante de aproximadamente 0,8 m/s, caracterizando um movimento uniforme entre os instantes 10s e 23s, com a aceleração praticamente nula nesse intervalo de tempo. O início do movimento ao subir na escada, a velocidade e a posição apresentam valores negativos devido a ajustes no smartphone para início do experimento. A aceleração vai a um valor máximo próximo de 2,04 m/s<sup>2</sup> desacelerando a seguir e chegando a um valor tendendo a zero, com a velocidade mantendo um valor médio constante de 0,8 m/s no intervalo em que a aceleração tende a ser nula. Após o tempo de 23s ocorre o fim do movimento quando advém uma desaceleração com consequente diminuição da velocidade até a parada total. A representação gráfica da variação de posição durante o movimento indica a distância (D) percorrida na subida e o valor determinado pela relação:  $x_i = v_i (t_i - t_{i-1})$ , com o valor da velocidade constante de 0,8 m/s, no intervalo de tempo de 13 segundos, o valor da distância é D = 10,4 m.

## 4.5 O PLANO INCLINADO

Superfície plana cujos pontos considerados do início e fim do movimento retilíneo estão em alturas diferentes, fazendo um ângulo qualquer ( $\alpha$ ) com o plano horizontal. A plataforma (*smartphone*) é colocada neste plano e estando em movimento do ponto mais alto para o mais baixo, apresenta uma trajetória cuja aceleração é determinada através da 2ª lei de Newton pela relação (5).

Como a plataforma está em movimento, ela experimenta forças de atrito e a força de gravidade, dada pela relação.

$$P = m.g \quad (9),$$

Sendo  $m$  a massa da plataforma. Em uma primeira aproximação podemos considerar a força de gravidade como a força mais importante sobre o sistema

$$F = m.g.\text{sen}\alpha \quad (10)$$

Substituindo (5) em (10), a aceleração do movimento é dada por:

$$a = g.\text{sen}\alpha. \quad (11)$$

Lembrando que este valor este valor é determinado em um modelo simplificado onde o atrito é desconsiderado assim como o momento de inercia das rodas do carrinho Lego.

Para um valor ( $\alpha = 45^0$ ), a aceleração calculada pela equação (11) será  $a = 6,9 \text{ m/s}^2$  e para ( $\alpha = 30^0$ ) a aceleração será:  $a = 4,9 \text{ m/s}^2$ .

Primeiramente foram realizados dois experimentos com a plataforma (*smartphone*) em um plano inclinado a  $30^\circ$  e outro a  $45^\circ$ . Os gráficos representativos do movimento são comparados, mostrando as características do movimento, de rolamento ou de deslizamento.

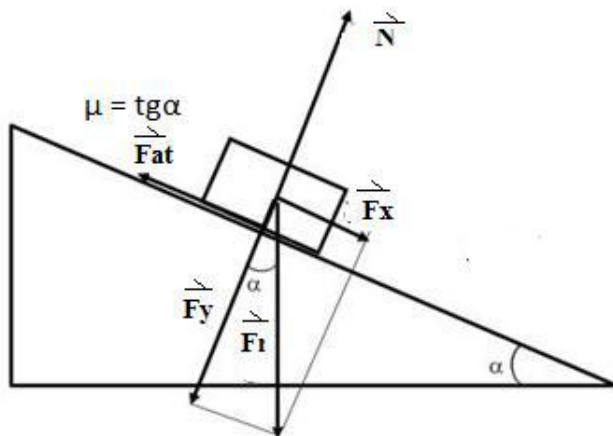


Figura 4.18a



Figura 4.18b

As figuras (4.18a e 4.18b) representam a montagem do experimento em um plano inclinado com escorregamento do *smartphone*.

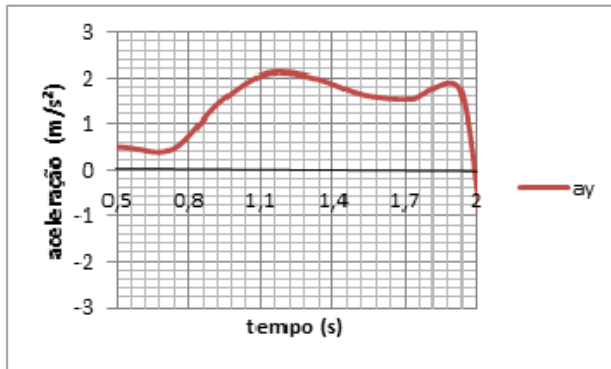


Figura 4.19a

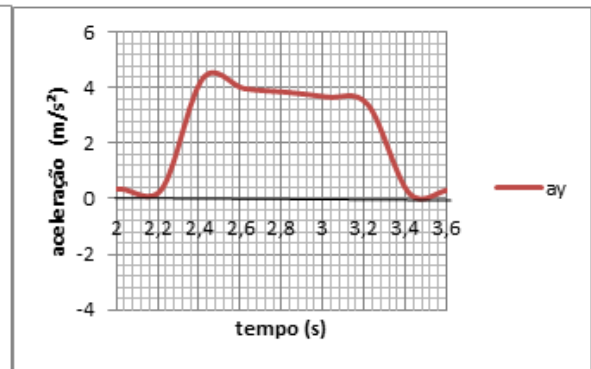


Figura 4.19b

Figuras: 4.19a e 4.19b, gráficos do movimento em um plano inclinado com escorregamento da plataforma em um ângulo de  $30^\circ$ (figura 4.19a) e  $45^\circ$ (figura 4.19b).

As representações gráficas dos experimentos, determinadas nas figuras (4.19a e 4.19b), foram realizadas usando o *Microsoft Excel*, considerando para efeito de cálculo o eixo y, direção de movimento do *smartphone*, verificando na análise um valor próximo do modelo teórico no início do movimento quanto o efeito das forças de atrito ainda não são importantes. A velocidade é calculada usando a equação (3), para os dois conjuntos de dados, mostrada nas figuras 4.20a e 4.20b.

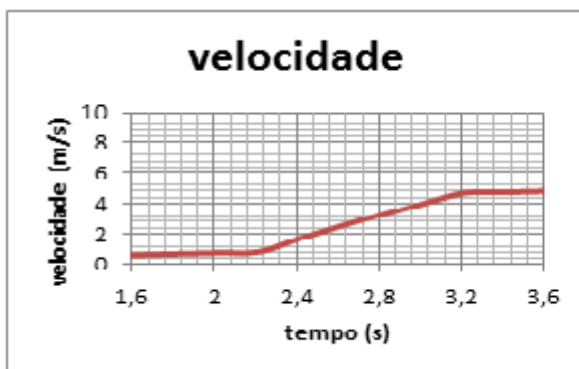
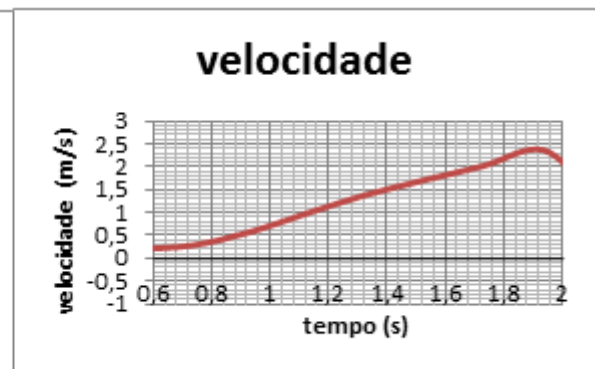


Figura: 4.20a



Figuras: 4.20b

As figuras 4.20a e 4.20b indicam respectivamente a velocidade durante o movimento em um plano inclinado a  $45^\circ$  e a  $30^\circ$  respectivamente.

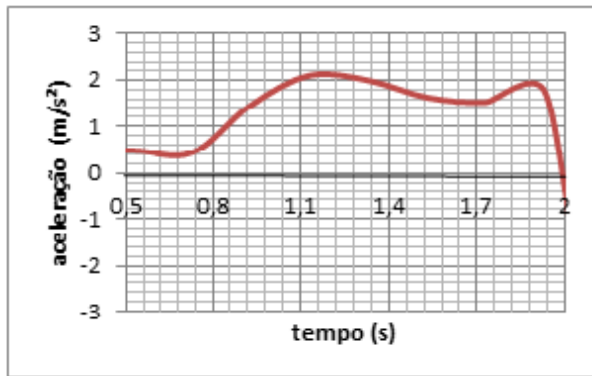
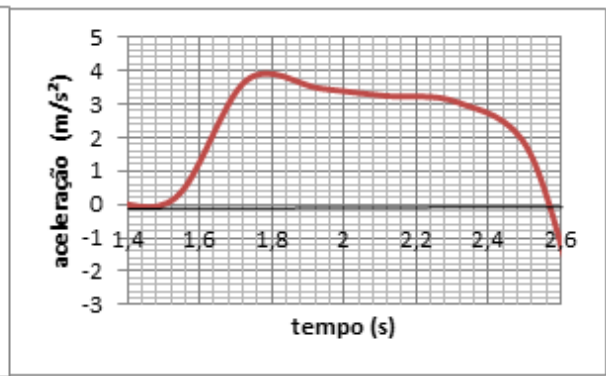


Figura: 4.21a



Figuras: 4.21b

Em um segundo experimento foi comparado o movimento de deslizamento do *smartphone* (sem carrinho lego) e de rolamento da plataforma sobre uma rampa a  $30^\circ$ . Os gráficos 4.21a e 4.21b, mostram os resultados respectivos. A aceleração nos gráficos indica um valor aproximadamente constante, porém decrescente. Esse valor decrescente é um indício do atrito cinético no eixo das rodas do carrinho e de alguma força dependente da velocidade e oposta ao movimento [21].

A determinação do coeficiente de atrito cinético ( $\mu_c$ ) em um plano inclinado com o *smartphone* realizando movimento de deslizamento, pode ser determinado usando os dados obtidos no gráfico da figura 4.21a, com a aceleração de  $2,0 \text{ m/s}^2$  (valor médio) e  $\sin(30^\circ) = 0,500$  e  $\cos(30^\circ) = 0,866$ , usando a relação (12).

$$\mu_c = \frac{g \sin \alpha - a}{g \cos \alpha} \quad (12)$$

O valor encontrado foi,  $\mu_c = 0,34$ .

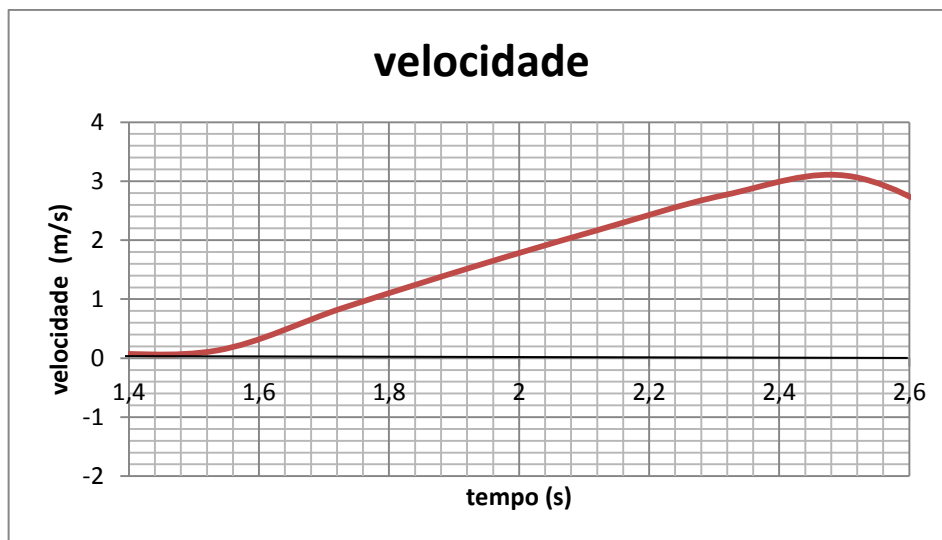


Figura 4.22: Representação gráfica da velocidade, determinada a partir do movimento de descida em um plano inclinado a  $30^\circ$  com a plataforma (carrinho lego e *smartphone*).

O valor da velocidade máxima encontrado corresponde a  $v = 3,1$  m/s, determinado a partir da relação (3), em que a aceleração,  $a = 3,8$  m/s<sup>2</sup> (valor médio), indicado na figura 4.21b e o intervalo de tempo de 0,85 s.

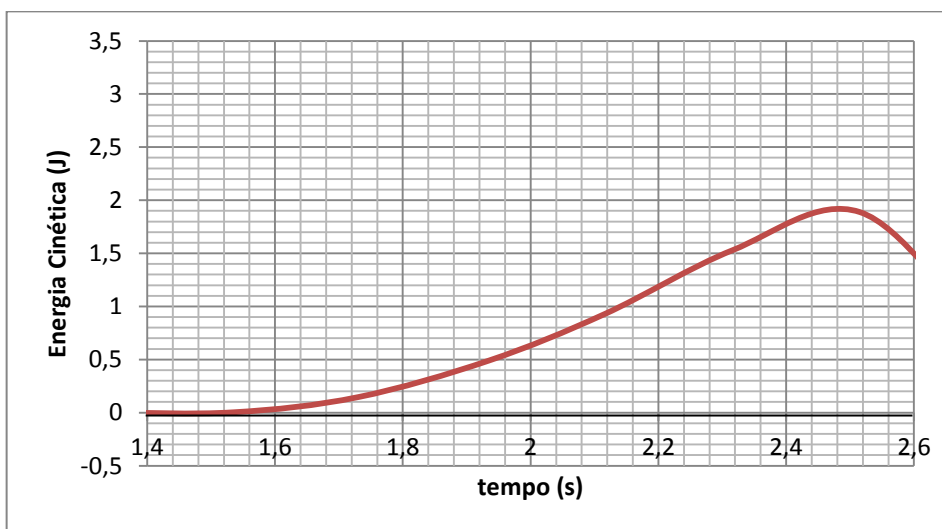


Figura 4.23: Representação gráfica da variação da Energia Cinética em um plano inclinado a  $30^\circ$  com a plataforma (carrinho lego e *smartphone*).

A energia cinética ( $E_c$ ) reproduzida graficamente na figura 4.23 é determinada pela relação (8), com os valores da velocidade determinados graficamente na figura 4.22 e a massa da plataforma de 0,400 kg.



A mesa usada na realização do experimento tem um comprimento de 1,40 m e usando o ângulo de 30°, a altura de lançamento da plataforma é de 0,70m. Usando o cálculo para a energia potencial é encontrado,  $E_p = 2,74 \text{ J}$  sendo que a Energia Cinética final é  $E_c = 1,96 \text{ J}$ . Valores diferentes indicando uma perda de energia durante o movimento.

## 4.6 A QUEDA LIVRE

A força gravitacional devida a atração da terra sobre um corpo é representada por  $F_g$ . A aceleração próxima à superfície terrestre é dada pela relação

$$g = \frac{F_g}{m} \quad (13).$$

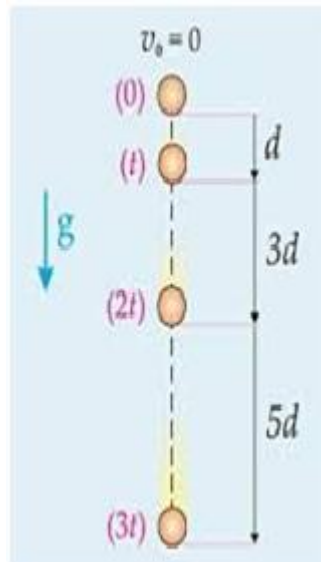


Figura 4.24: Representação de um corpo em queda livre em função do tempo.

Quando determinamos o peso de um corpo perto da superfície da Terra, o que o medimos é a força  $F_g$  [22].

O experimento sobre queda livre é a princípio de fácil realização, bastando para sua realização de uma mesa ou escada e uma almofada ou pano grosso para amortecer a queda do *smartphone* durante o experimento.

O início do experimento é feito com a subida na cadeira, mesa ou escada, a uma altura

de aproximadamente 2 metros e deixa-se cair o *smartphone* com a tela virada para cima na almofada. O estudo do movimento será feito através do acelerômetro, medindo a aceleração no eixo Z durante a queda.

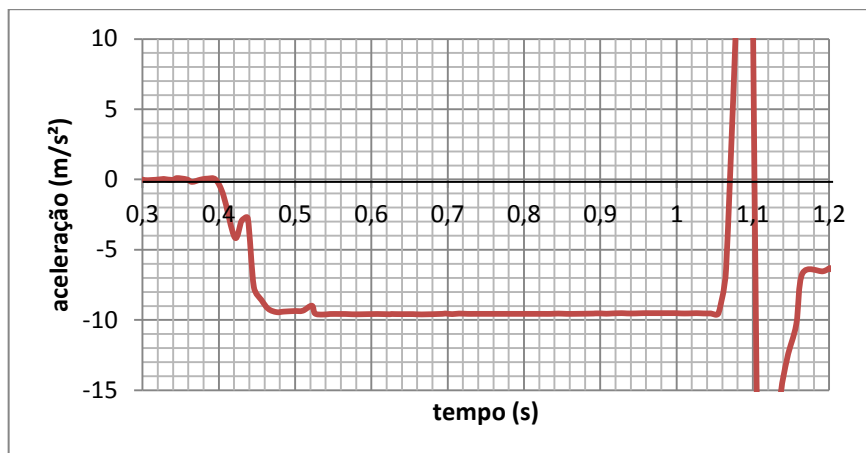


Figura 4.25: Representação gráfica da aceleração adquirida pelo *smartphone* em um movimento de queda livre.

O gráfico representativo do movimento na Figura 4.25, determinado através do *Microsoft Excel* com alguns ajustes, indica que no eixo horizontal (tempo) o valor a ser analisado está entre (0,300 e 1,100) segundos e no eixo vertical a aceleração em (m/s<sup>2</sup>) indica o valor da aceleração da gravidade (g) que mostra valores semelhantes com os valores tabelados. O valor negativo no gráfico indica a colocação do *smartphone* no experimento caindo no sentido negativo do eixo (Z) representado pelo sensor acelerômetro.

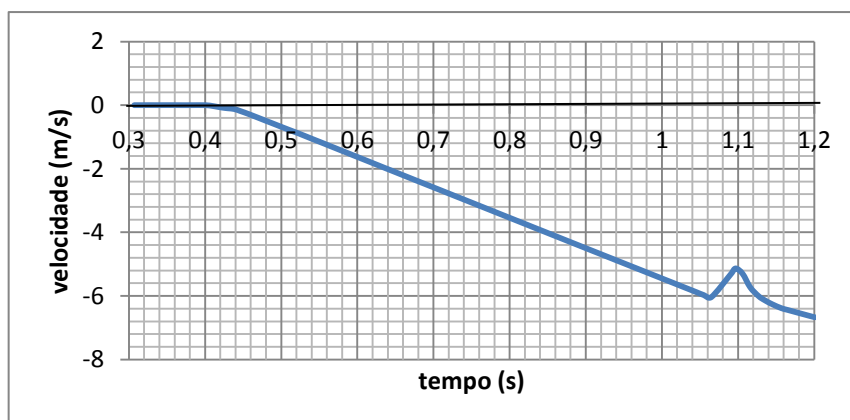


Figura 4.26: Representação gráfica da velocidade de um movimento em queda livre com gráfico da aceleração indicado na figura 4.25.

A determinação da velocidade foi calculada considerando  $\Delta t$  muito pequeno e a aceleração média como instantânea no intervalo considerado. A relação indicativa da velocidade é dada a partir da relação (3).

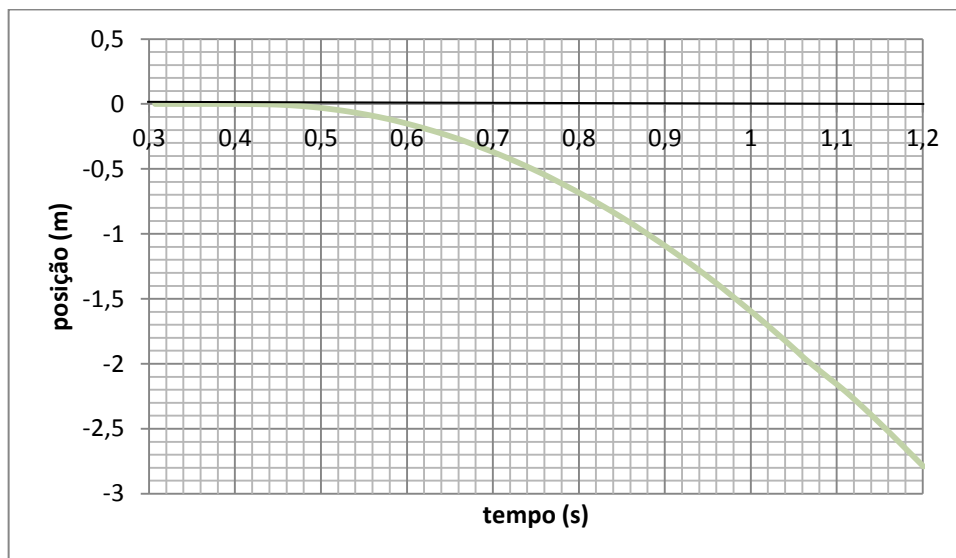


Figura 4.27: Representação gráfica da variação de posição em uma queda livre de acordo com os dados relativos aos gráficos das figuras (4.25 e 4.26).

Com os dados substituídos na relação (4), a altura obtida da queda é 2,8 m.

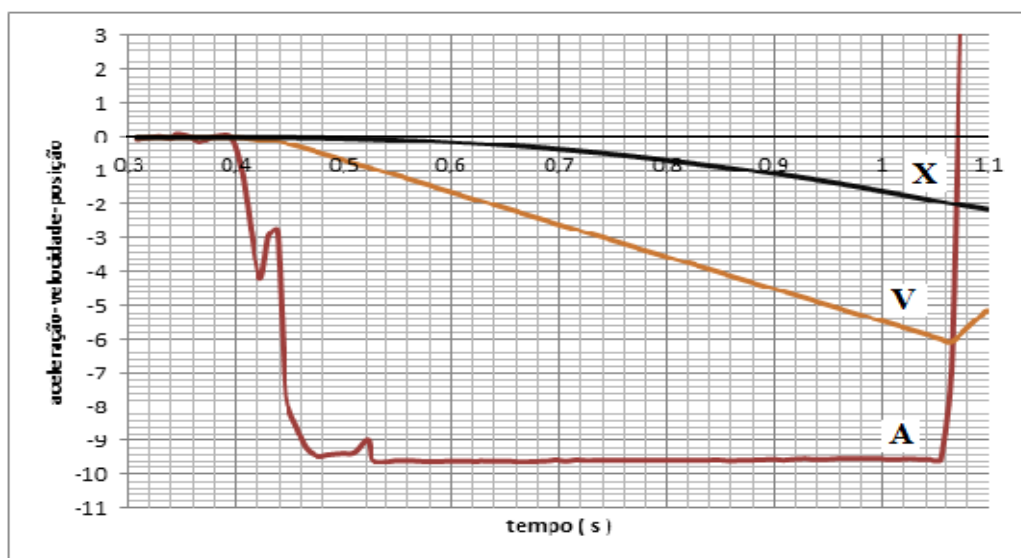


Figura 4.28: Representação gráfica relacionando a aceleração (A) com a velocidade (V) e a posição (X) em um movimento de queda livre.

O gráfico comparativo dos valores determinados indica uma aceleração constante durante o movimento enquanto que a velocidade em módulo e a posição aumentam em função do tempo considerado

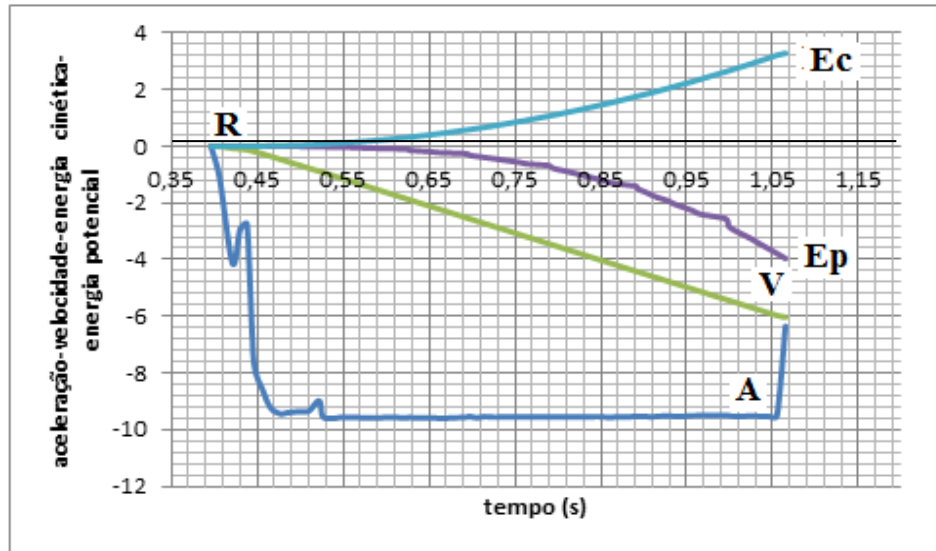


Figura 4.29: Representação gráfica relacionando a aceleração (A), com a velocidade (V) e as energias cinética (Ec) e potencial (Ep) em um movimento de queda livre a partir do referencial (R).

No gráfico da figura 4.29, o aumento da energia cinética iguala-se ao trabalho realizado pela força da gravidade, mantendo constante a Energia mecânica do sistema.

Considerando o referencial R com origem a posição inicial de repouso do corpo, portanto, a posição inicial ( $x_0$ ) será nula e o mesmo com a velocidade inicial ( $v_0$ ), logo a energia potencial inicial ( $Ep_i$ ) é nula, assim como a energia cinética inicial ( $Ec_i$ ). Usando a conservação de energia E

$$Ec + Ep = 0 \quad (14)$$

a energia potencial (Ep) sendo determinada pela relação, onde  $m$  é a massa do *smartphone*,

$$Ep = mgx \quad (15).$$

A representação gráfica da figura 4.29 indica a energia cinética (Ec) como função do tempo calculada pela relação (8) e a energia potencial (Ep) calculada pela relação (15), onde  $x$

representa a posição do aparelho a partir da origem de coordenadas. A posição  $x$  é calculada pela relação (4). A conservação de energia no movimento pode ser verificada no gráfico.

## 4.7 A 2ª LEI DE NEWTON

### 4.7.1 Experimento 1: Aceleração e 2ª Lei de Newton

Utilizando o acelerômetro do dispositivo móvel, o objetivo é determinar a aceleração do movimento. A montagem inicial é realizada com o *smartphone* colocado em um carrinho Lego que serve como plataforma para a realização do movimento a ser estudado. Também se faz necessário a colocação de uma polia acoplada a uma mesa e uma massa pendurada de 50 g. O experimento é realizado segurando o conjunto colocado sobre a mesa, com massa total de 230 g, de modo que a tela do *smartphone* esteja paralela à superfície de apoio e deixando que se movimente sobre a mesa devido à força peso da massa pendurada por um determinado intervalo de tempo, segurando o conjunto no final da queda e finalizando a medição.

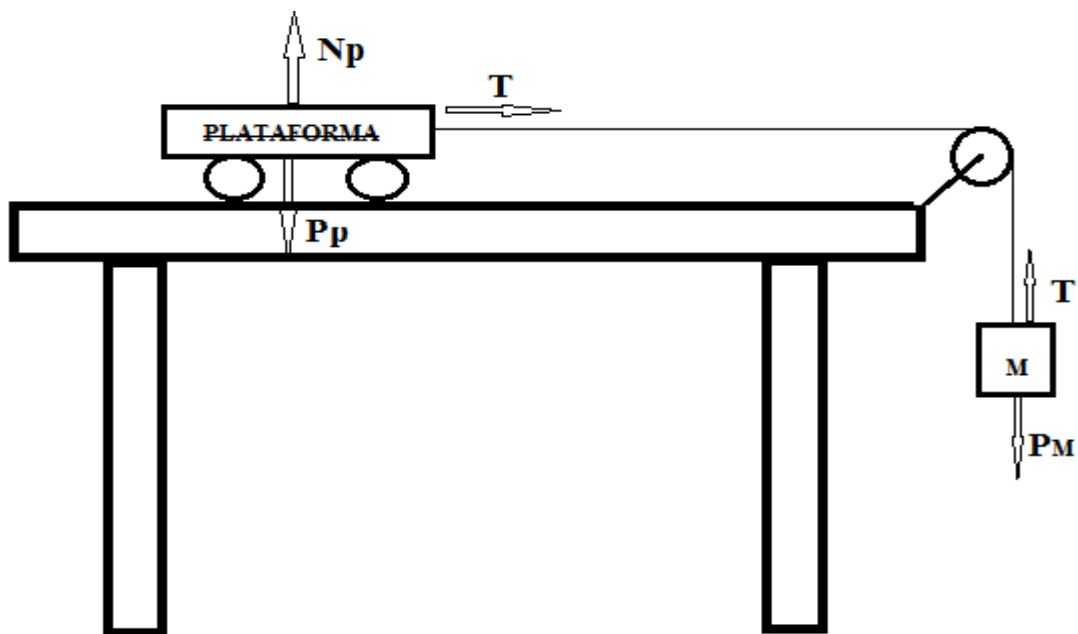


Figura 4.30: Representação da montagem do experimento envolvendo força de tração e a 2ª Lei de Newton. No esquema as forças representadas estão indicadas por:  $P_p$  é a força peso que atua na plataforma,  $P_M$  é a força peso da massa  $M$ ,  $N_p$  é a força normal à superfície e a força de tração  $T$ .

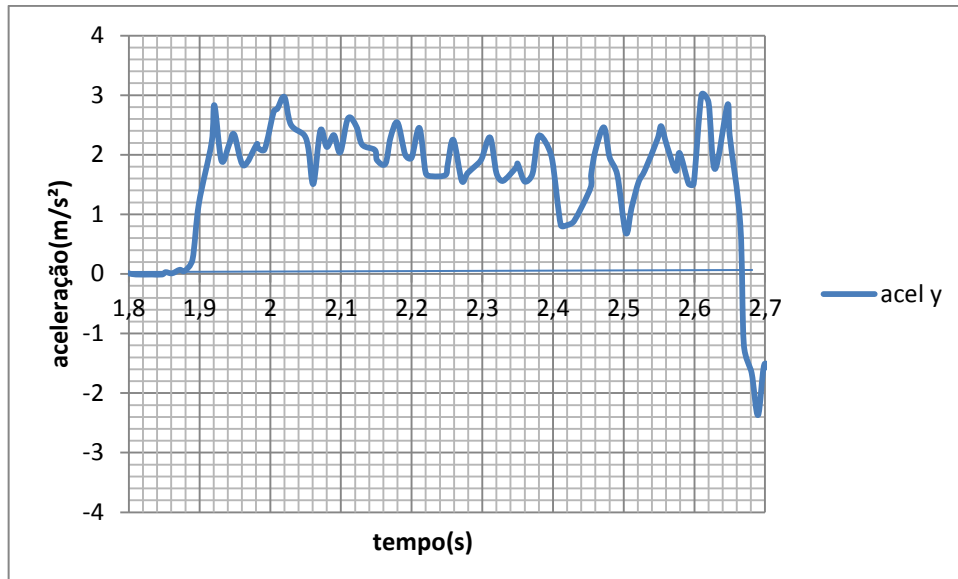


Figura 4.31: Representação gráfica da aceleração adquirida pela plataforma conforme o experimento representado na figura 4.30, com um valor médio (**am**) de 2,0 m/s<sup>2</sup>.

A determinação da aceleração no movimento, de acordo com a 2ª Lei de Newton é obtida pela relação.

$$F_R = m \cdot a \quad (16)$$

A força resultante perpendicular à mesa na plataforma é nula,  $P_p - N_p = 0$  e com a força resultante no sistema dada por.

$$P_M = (M + m_p) a \quad (17)$$

Sendo a massa da plataforma,  $m_p = 0,230$  kg e a massa do corpo pendurado  $M = 0,070$  kg, encontramos a aceleração adquirida pela plataforma, substituindo os valores na relação (17),  $a = 2,0$  m/s<sup>2</sup>, valor este, condizente com o valor médio da aceleração representada no gráfico da figura 4.31.

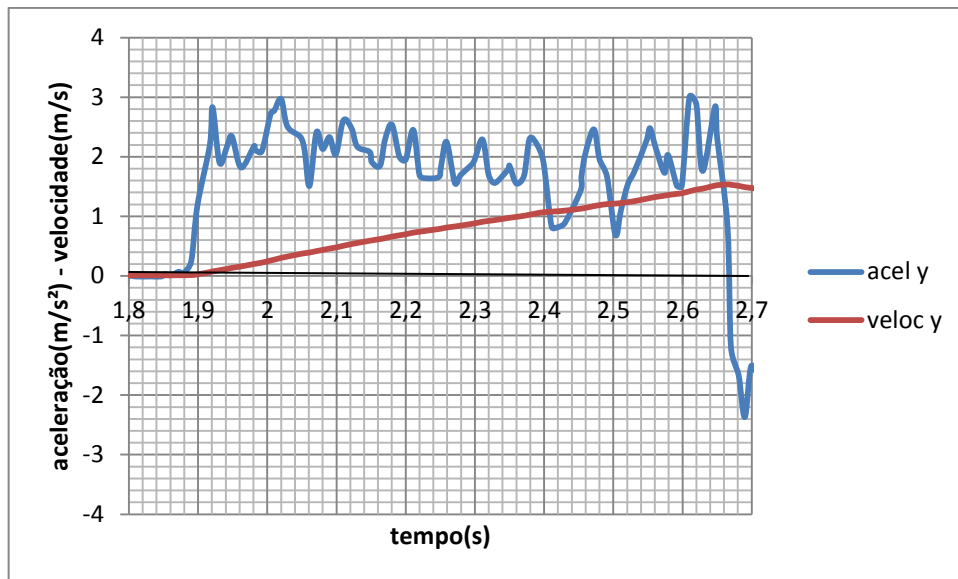


Figura 4.32: Gráfico comparativo da aceleração e velocidade adquiridas pela plataforma no experimento representado na figura 4.30.

Sendo a velocidade determinada usando a relação (3), com o valor estabelecido da aceleração e o intervalo de tempo de 0,8 segundos até o ponto de velocidade máxima, pelo valor representado no gráfico da figura 4.32, a velocidade calculada é de 1,40 m/s, que é um valor bem próximo do representado graficamente.

#### 4.7.2 Experimento 2: A máquina de Atwood

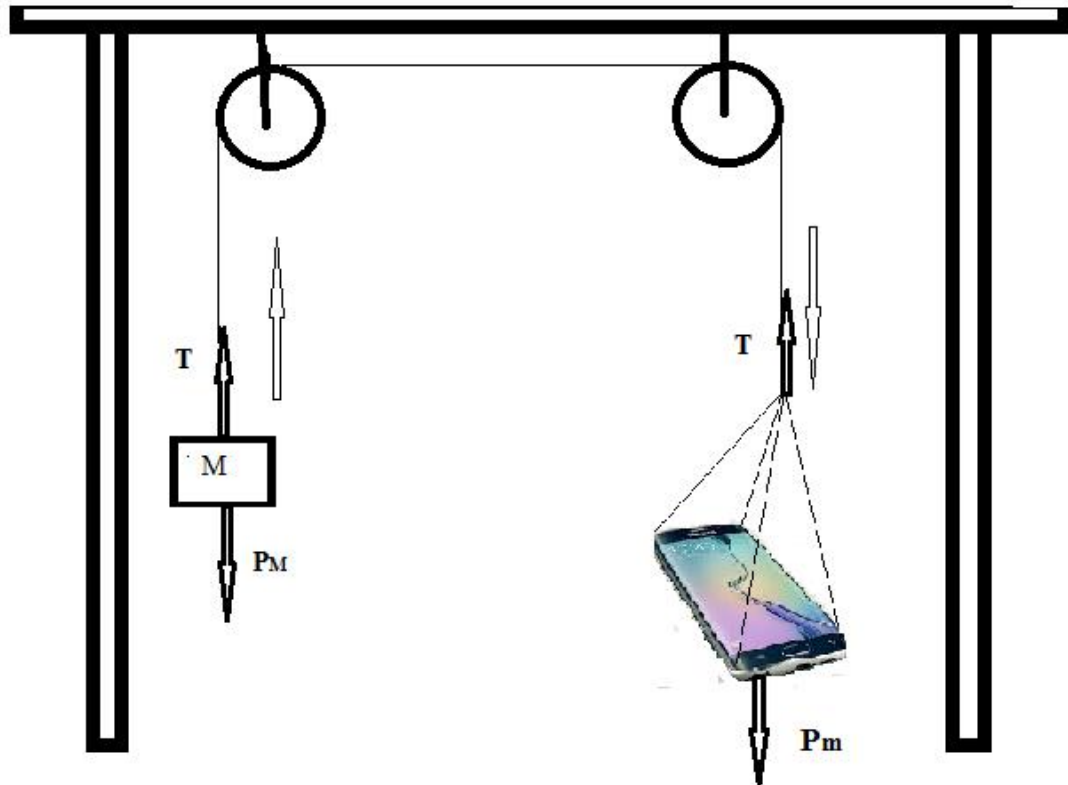


Figura 4.33: Representação de um experimento utilizando a Máquina de Atwood, sendo (T) a tração no fio, ( $P_M$ ) o peso da massa ( $M$ ) e ( $P_m$ ) o peso da massa da plataforma ( $m$ ).

A Máquina de *Atwood* é um experimento clássico na parte de mecânica, pois envolve vários conceitos de mecânica principalmente os relacionados às leis de Newton. Na representação da figura 4.33, são usadas duas polias, um fio de massa desprezível ligando uma massa ( $M$ ), que pode ser variável, a um smartphone e plataforma de apoio de massa ( $m$ ) com a indicação das forças atuantes no sistema.



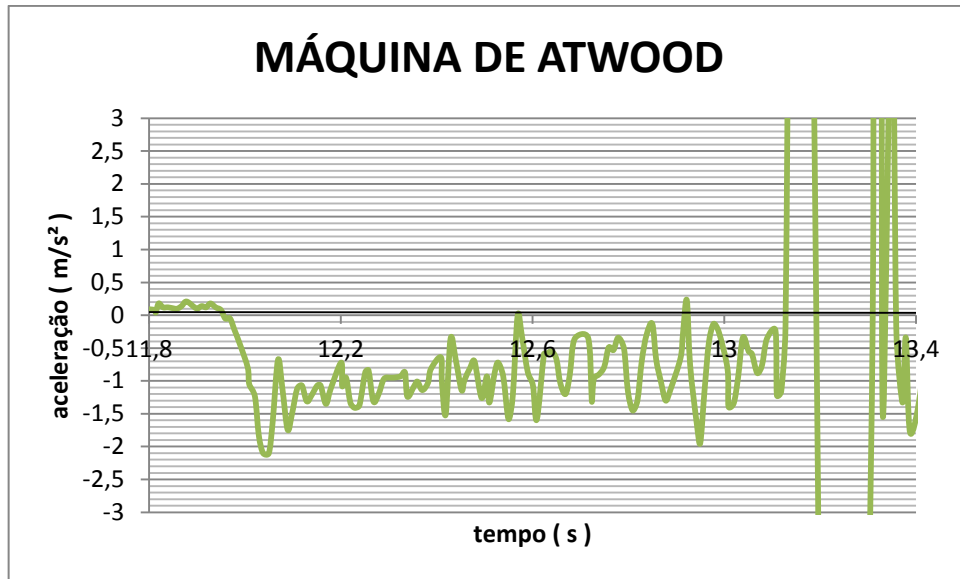


Figura 4.34: Representação gráfica do experimento referente a máquina de Atwood. O valor negativo da aceleração indica que o sentido do movimento é oposto ao sentido positivo do eixo Z do *smartphone*.

A determinação do valor teórico da aceleração é indicada pelas equações:

$$P_m - T = m a \quad (18)$$

$$T - P_M = M a \quad (19)$$

Somando (18) com (19), a equação resultante, é:

$$P_m - P_M = a (m + M) \quad (20)$$

O valor teórico da aceleração é :

$$a = \frac{M-m}{M+m} \cdot g \quad (21)$$

Os valores usados na execução do experimento foram: o conjunto *smartphone* com plataforma tendo uma massa  $m = 0,288$  kg e o bloco de massa  $M = 0,204$  kg; considerando  $g = 9,81$  m/s<sup>2</sup>. O valor teórico encontrado com esses valores é:  $a = 1,67$  m/s<sup>2</sup> e o valor experimental encontrado fazendo ajustes no gráfico é aproximadamente  $a = 1,50$  m/s<sup>2</sup>. A diferença nesses valores pode ser devido ao momento de inercia das polias durante o movimento.

## 4.8 MOVIMENTO DE ESCORREGAMENTO SOBRE UM PLANO HORIZONTAL COM QUEDA

O experimento a ser realizado e a determinação dos dados gravados, refere-se a gravação dos valores em relação aos eixos coordenados  $y$  e  $z$ , pois o movimento é realizado inicialmente sobre uma mesa, caracterizando um movimento horizontal plano (valores referentes ao eixo  $y$ ) e caindo em queda livre (valores referentes ao eixo  $z$ ).

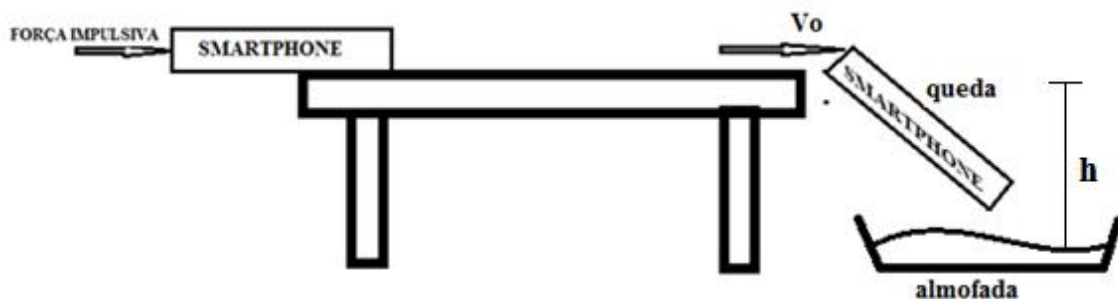


Figura 4.35: Representação de um movimento horizontal sobre uma mesa com escorregamento do *smartphone* devido a uma força impulsiva e a queda sobre uma almofada.

O experimento composto dos dois movimentos, horizontal e vertical, descrito na figura 4.35 é analisado e representado nas figuras 4.36 e 4.37 respectivamente.

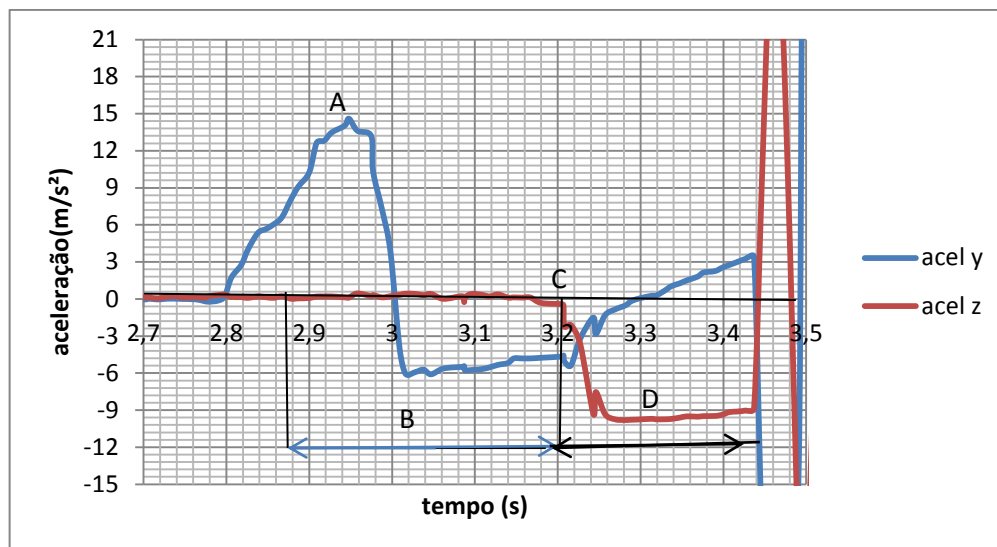


Figura 4.36: Representação gráfica da aceleração adquirida pelo *smartphone* durante o experimento representado na figura 4.35, em relação aos eixos coordenados y e z.

O ponto A representado no eixo z indica a aceleração máxima adquirida pelo *smartphone* devida à força impulsiva. B representa a região onde houve o movimento de deslizamento sobre a mesa, com algumas distorções devidas ao atrito. O ponto C é o tempo onde ocorreu o início da queda e D indica a região em que o *smartphone* está em queda livre, com os dados gravados através do eixo z.

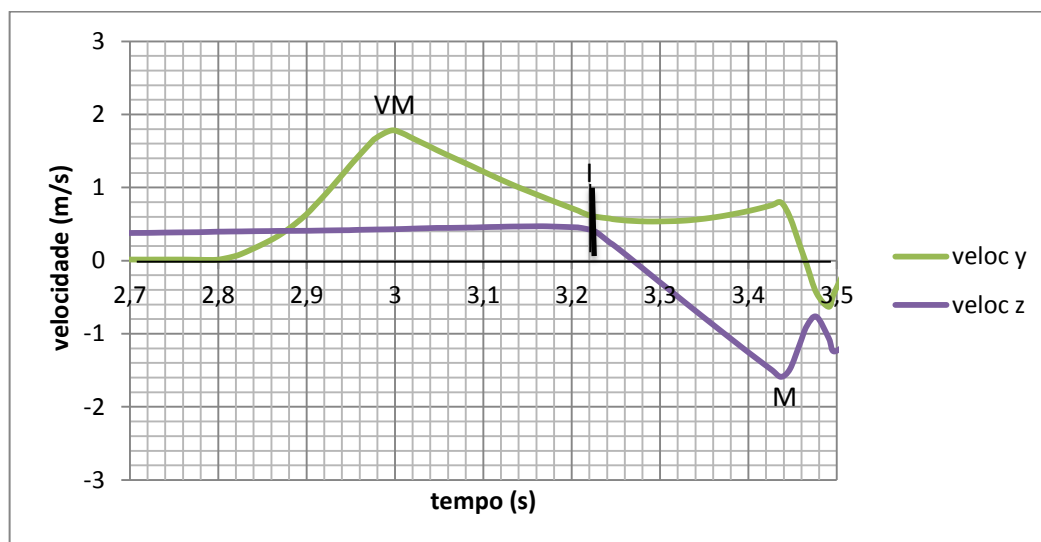


Figura 4.37: Gráfico representativo da velocidade em relação aos eixos y e z do *smartphone*, no movimento referente a figura 4.36.

Onde VM é a velocidade máxima ao receber a força impulsiva, IQ é o segmento indicando o fim do movimento sobre a mesa e início da queda e o ponto M a velocidade máxima ao fim da queda.

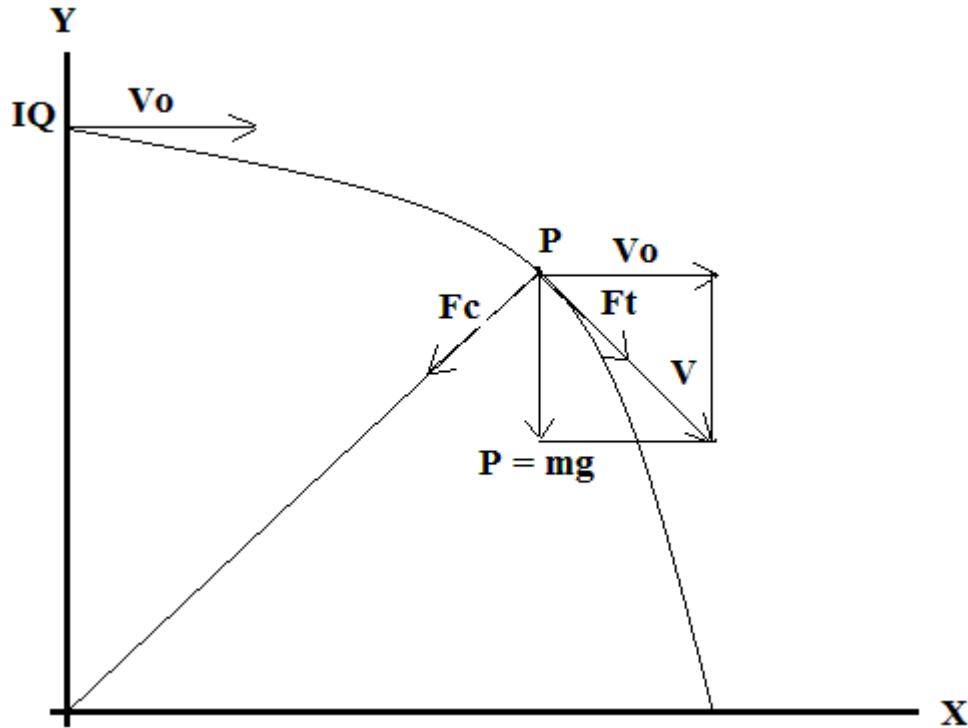


Figura 4.38: Representação do movimento em queda logo após sair da superfície da mesa. O ponto P representa o *smartphone* com as forças atuantes sobre ele: o peso ( $mg$ ).

A velocidade inicial ( $v_0$ ) no ponto IQ, continua na horizontal uniforme devido a inércia, com o mesmo valor do início da queda enquanto a velocidade na vertical segue a relação  $v = a.t$  e  $a = g$ , logo  $v = g.t$ , com  $t$  sendo o tempo de queda para percorrer a distância vertical  $y$  ou horizontal  $x = v_0.t$ .

A velocidade resultante considerando o valor da velocidade inicial ( $v_0$ ) ao último dado gravado no movimento sobre a mesa, pelo eixo y, ponto ( IQ ) da figura 4.37 e o intervalo de tempo de queda gravado através dos dados obtidos na representação gráfica relativa ao eixo z, com os valores entre os pontos ( IQ ) e ( F ), é determinada pela relação.

$$v^2 = v_0^2 + (g.t)^2 \quad (22)$$

Substituindo os valores correspondentes, com  $v_0 = 0,4 \text{ m/s}$  e o intervalo de tempo,  $t = 0,22 \text{ s}$ , a velocidade final encontrada,  $v = 1,54 \text{ m/s}$ , valor bem razoável em comparação com o obtido graficamente no eixo  $z$ .

Com os dados dos gráficos da figura 4.37, determina-se a altura ( $h$ ) da queda pela relação.

$$v^2 = v_0^2 + 2 \cdot g \cdot h \quad (23)$$

Tomando como referência os dados obtidos no gráfico do eixo  $z$ , com a velocidade inicial sendo zero,  $v = 1,6 \text{ m/s}$  e  $g = 9,81 \text{ m/s}^2$ , o valor da altura ( $h$ ) de queda é,  $h = 0,130 \text{ m} = 13,0 \text{ cm}$ .

## 4.9 SISTEMA MASSA MOLA

No sistema massa-mola, representado na Figura 4.39, a força ( $F$ ) exercida sobre a mola é proporcional a deformação ( $x$ ) na mola.

$$F = k x \quad (24)$$

Em que  $k$  é denominada constante elástica da mola, cujo valor depende das propriedades físicas do material que ela é formada.

Logo após o início do movimento é possível manter o sistema se movimentando através de uma força  $F'$  de intensidade menor que  $F$  necessária para deslocá-lo. A deformação da mola é  $x'$  menor que  $x$ , mas para manter o sistema em movimento é necessária uma força no sentido do movimento fazendo com que o sistema não retorne ao repouso. Portanto, também há uma força se opondo ao deslocamento quando o sistema está em movimento sobre o plano, esta força é a força de atrito estático que atua sobre as rodas fazendo-as girar e não deslizar [23].

$$F_x = \mu N \quad (25)$$

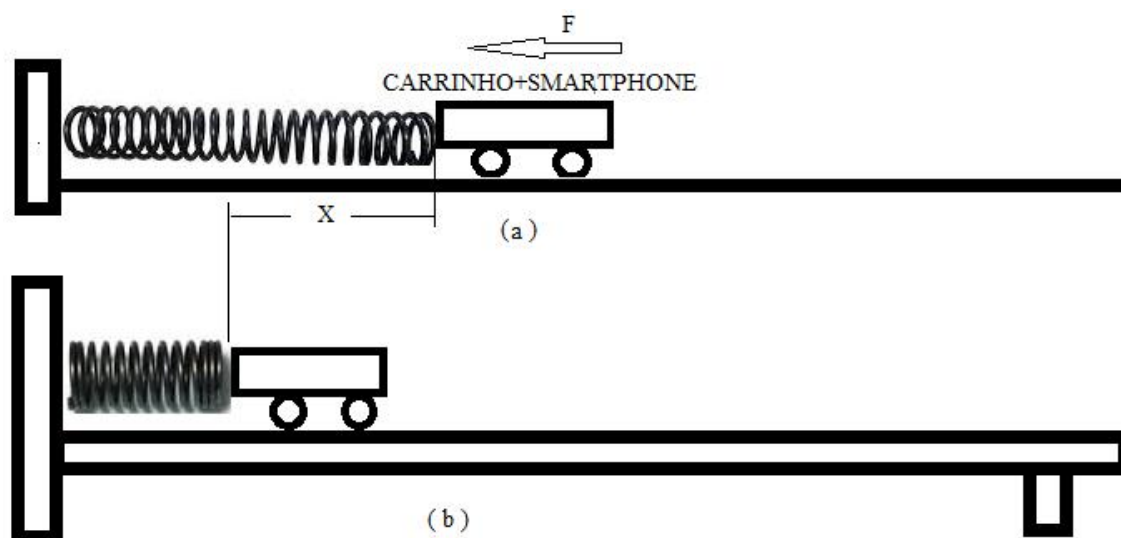


Figura 4.39: Representação de um sistema massa-mola com a plataforma (carrinho e *smartphone*) provocando uma deformação  $x$  em uma mola. Em (a) uma força  $F$  é aplicada sobre a mola através da plataforma e em (b) a mola é deformada (comprimida) pela ação da força aplicada.

Um experimento para a determinação da constante elástica de uma mola pode ser realizado com a utilização do sensor acelerômetro na gravação dos dados em relação ao eixo Y e variando a deformação da mola através de uma força aplicada conforme a representação da figura 4.39. O experimento é realizado com a tomada de três medidas de deformação da mola, em relação à sua posição inicial pela força representada na relação (24).

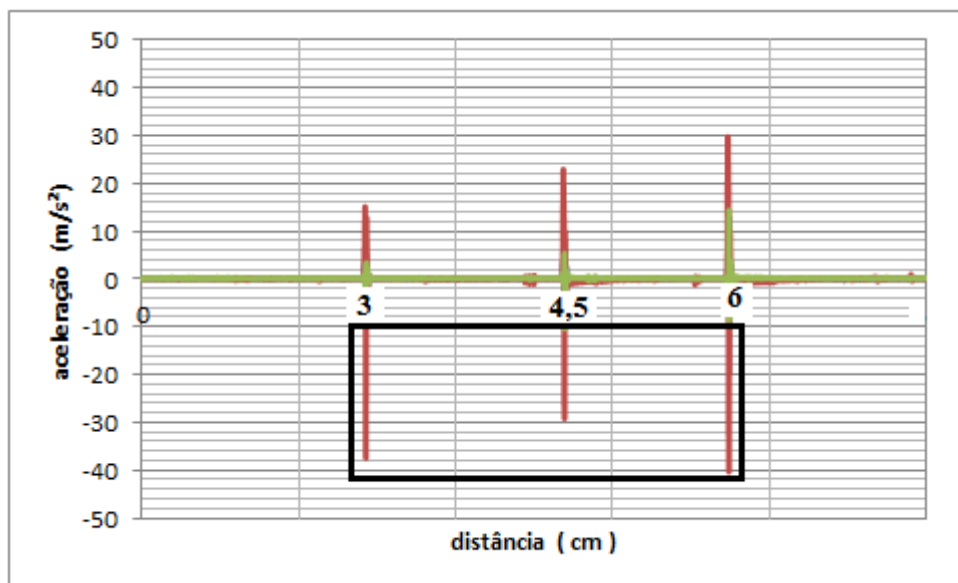


Figura 4.40: Representação gráfica da aceleração adquirida em função da deformação sofrida por uma mola devido a aplicação de uma força. As indicações representadas no interior do retângulo correspondem a valores descartáveis, pois representam dados obtidos após o choque e retorno da mola à posição inicial.

A determinação da constante elástica da mola (  $k$  ) aplicando a relação a equação (24).

Sendo:  $F = m \cdot a$  , com  $m = 0,180$  kg, massa da plataforma (carrinho + *smartphone*)

$$k = \frac{m \cdot a}{x} \quad (26)$$

Com os valores estabelecidos no gráfico da figura 4.46, o valor encontrado para  $K$  nos pontos de referência A, B, C são:

(A)  $x = 3$  cm = 0,03 m,  $a = 15$  m/s<sup>2</sup> ,  $k = 90$  N/m

(B)  $x = 4,5$  cm = 0,045 m,  $a = 23$  m/s<sup>2</sup> ,  $k = 92$  N/m

(C)  $x = 6$  cm = 0,06 m,  $a = 30$  m/s<sup>2</sup> ,  $k = 90$  N/m

## 4.10 O MOVIMENTO CIRCULAR

Considerando o movimento de um corpo sendo uma circunferência, com a velocidade

( $v$ ) tangente a trajetória e perpendicular ao raio ( $R$ ). O estudo do movimento a partir destas duas relações é indicado abaixo.

$v = \frac{ds}{dt}$  e  $R = \frac{ds}{d\theta}$ , temos : :  $ds = R d\theta$ , sendo ( $\theta$ ) o ângulo plano formado.

Logo,  $v = R \frac{d\theta}{dt}$ , e por definição a velocidade angular ( $\omega$ ) é determinada por:

$$\omega = \frac{d\theta}{dt} \quad (27)$$

Indicando a variação angular em função do tempo, a velocidade ( $v$ ) em função de ( $\omega$ ), é dada por,  $v = \omega R$  e integrando (1) encontramos,

$$\theta = \theta_0 + \omega (t - t_0). \quad (28)$$

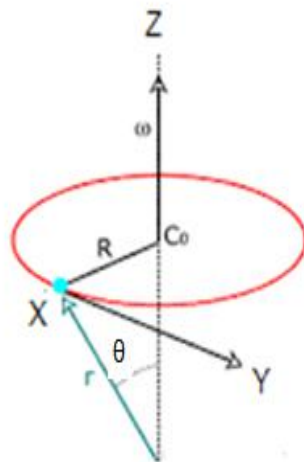


Figura 4.41: Representação de um movimento circular em torno do eixo de rotação.

Quando for Movimento Circular Uniforme (MCU), a velocidade angular ( $\omega$ ) é constante, teremos o Período ( $T$ ) indicando o intervalo de tempo em uma revolução ou volta completa e a Frequência ( $f$ ) indicando o número de revoluções na unidade de tempo.



$$T = \frac{t}{n} \quad \text{e} \quad f = \frac{n}{t}, \quad \text{com } n \text{ indicando o número de voltas.}$$

#### 4.11 O TOCA VINIL E O M.C.U.



Figura 4.42: Representação de um experimento com o *smartphone* colocado sobre um toca vinil realizando um movimento de rotação horizontal em torno do próprio eixo. A seta (A) indica o valor da velocidade angular  $\omega$  através do segmento de reta paralelo ao eixo horizontal, caracterizando um movimento circular uniforme. A seta (B) indica valores e indicadores do gráfico durante o movimento, tornando a imagem difusa e a seta (C) indica a formação do gráfico durante o movimento.

O experimento foi realizado com o *smartphone* centralizado sobre o pino central do toca vinil sobre um apoio circular (pequeno pedaço de cano de pvc) para a manutenção de seu equilíbrio durante o movimento, pois o pino é fino e pontiagudo. As rotações do aparelho são determinadas em R.P.M. (Rotações Por Minuto) que por sua vez são transformadas em rad/s, que é a unidade de medida usada pelo sensor giroscópio.

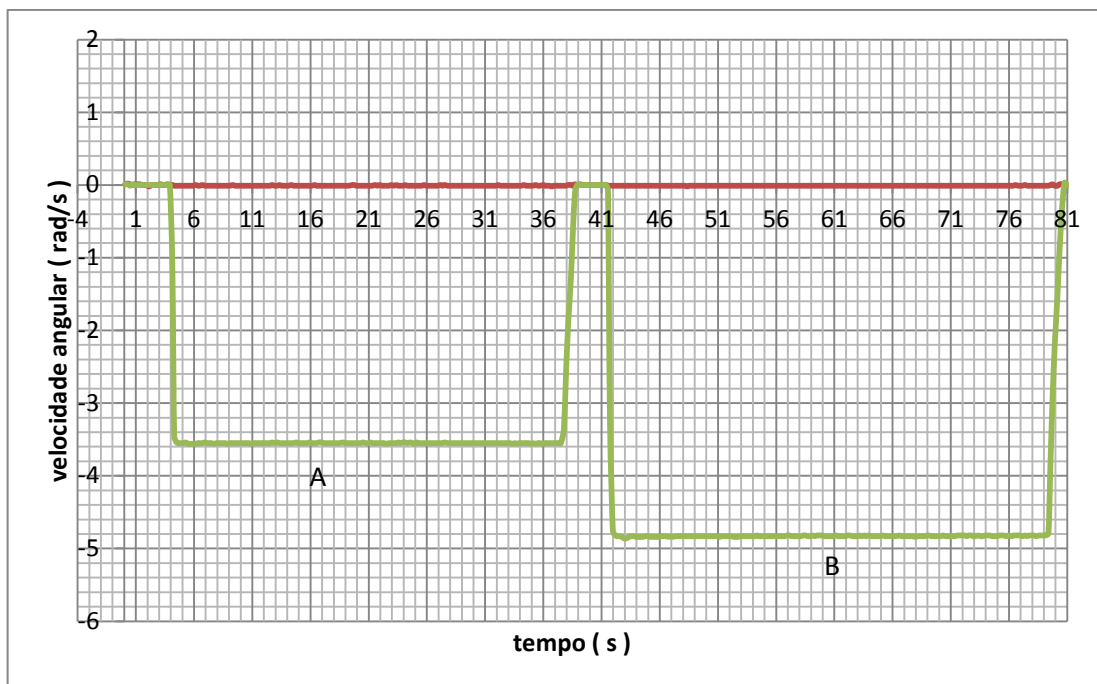


Figura 4.43: Representação gráfica da velocidade angular ( $\omega$ ) do movimento realizado por um *smartphone* sobre o eixo de rotação de um toca vinil com as velocidades respectivas de 33,3 rpm, gráfico (A) e 45 rpm, gráfico(B).

Em relação ao gráfico (A), os valores indicam que a velocidade angular  $\omega$  é constante e tem valor de 3,6 rad/s, um intervalo de tempo durante o experimento  $t$  de 35,8 s e a velocidade de rotação rpm (rotação por minuto), com valor aproximado de 33 rpm. O movimento é circular uniforme e usando a relação (38),  $\theta = \theta_0 + \omega (t - t_0)$ , com  $\theta_0 = 0$  temos  $\theta = 3,6 \cdot 35,8 = 128,88$  rad, valor este que se pode calcular também pela área da figura formada no gráfico. Sendo o raio do vinil de 0,15 m, a velocidade é determinada, com  $v = 0,53$  m/s. Com o valor de  $\theta$ , o número de voltas ( $n$ ) dadas durante o experimento é dado por:

Se, 1 volta =  $2\pi$  rad, o cálculo para  $\theta = 128,88$  rad, terá o valor de  $n = 128,88 / 2\pi$ , para  $\pi = 3,14$ ,  $n = 20,5$  voltas.

Com o número de voltas e o intervalo de tempo do experimento, o período  $T$  do movimento é dado por:  $T = \frac{35,8}{20,5}$ ,  $T = 1,7$  s. O valor encontrado é compatível com o valor teórico, considerando que 33.3 rpm, corresponde a um período de 1,8 s. A frequência do movimento é determinada por:  $f = \frac{n}{t}$ ,  $\therefore f = \frac{20,5}{35,8} = 0,57$  Hz.

Para o movimento de 45 rpm, gráfico B da figura 4.43,  $\theta = 187,2 \text{ rad}$ ,  $n = 29,8$  voltas,  $T = 1,3 \text{ s}$  e  $f = 0,75\text{Hz}$ . Fazendo uma relação com a matemática considerando o toca vinil como o círculo trigonométrico, para a frequência encontrada, a variação angular corresponde a  $270^\circ$ , medidos a partir do sentido anti-horário.

#### **4.12 A RODA DE BICICLETA – MOVIMENTO CIRCULAR UNIFORME NA VERTICAL.**

As atividades experimentais propiciam ao estudante a possibilidade de testar e realizar modelos apresentados. Neste experimento, a configuração experimental é constituída de uma roda de bicicleta de raio  $R$  colocada na posição vertical, podendo girar em torno de um eixo horizontal que passa pelo seu centro de massa. O *smartphone* é colocado no contorno da roda através de uma fita adesiva e do lado oposto é colocado um contrapeso para evitar vibrações. O objetivo é a determinação da velocidade angular,  $\omega$ . Para a realização desta medida é usado o sensor giroscópio. Logo antes do início do movimento de rotação da roda a velocidade angular indicativa nos eixos X e Y respectivamente indicam o valor zero e a componente Z, indica o valor correspondente à velocidade angular ( $\omega$ ), sugerindo que o centro do aparelho coincida com o eixo de rotação. O início do experimento é realizado através de um impulso na roda, fazendo-a girar, o que faz com que a velocidade tangencial mude a direção e sentido, determinando uma força que altera esta direção para que o corpo faça o movimento de rotação. Esta força é a força centrípeta, que é uma força central. Ao se iniciar o movimento pode-se considerar a velocidade angular como constante desde que o atrito não atue de forma significativa no eixo de rotação.

De acordo com a segunda lei de Newton essa força é capaz de proporcionar ao corpo uma aceleração perpendicular ao vetor velocidade orientada para o centro da curva. Essa aceleração é a aceleração centrípeta, que gera a variação da direção do vetor velocidade.

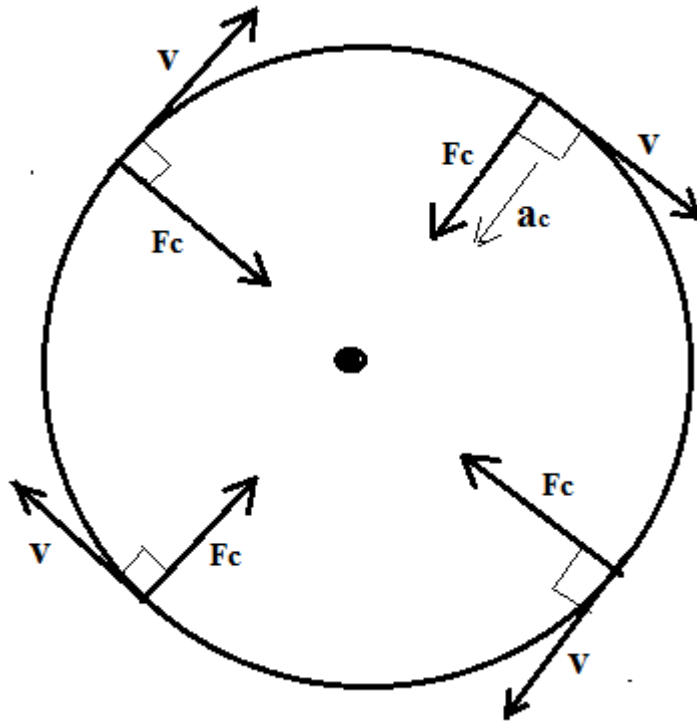


Figura 4.44: Representação das grandezas físicas atuantes em um movimento de rotação de uma roda de bicicleta.

O movimento sendo circular e uniforme, a aceleração centrípeta terá módulo constante, pois o raio  $R$  é constante e a velocidade ( $v$ ) em módulo também é constante. O módulo da aceleração centrípeta é dado por.

$$a_c = \frac{v^2}{R} = \omega^2 R \quad (29)$$

Sendo  $\vec{v}$  o vetor velocidade, com o valor em módulo dado pela relação.

$$v = \omega R \quad (30)$$

Substituindo (29) em (30), a relação resultante é referente ao módulo da força centrípeta no movimento, cujo valor é:

$$F_c = m \omega^2 R \quad (31)$$

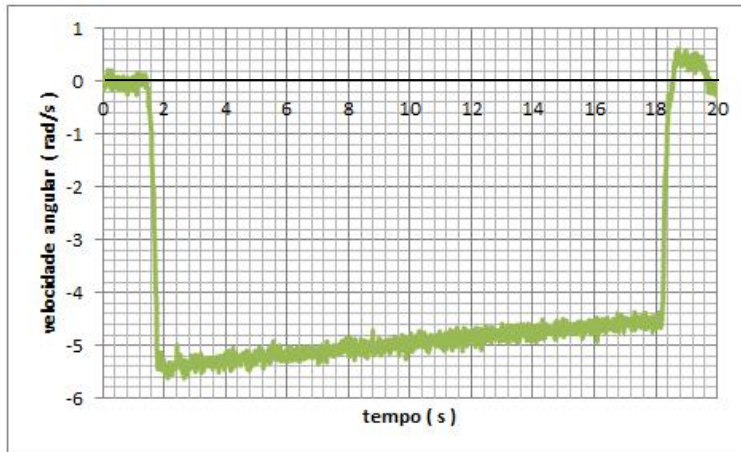


Figura 4.45 a

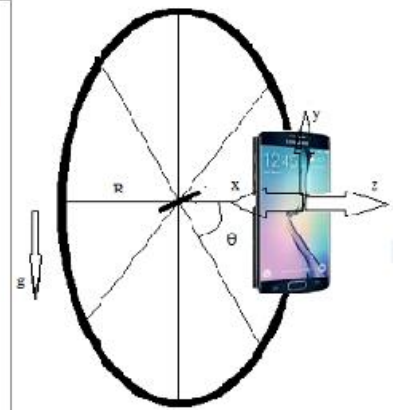


Figura 4.45 b

Figura 4.45a: Gráfico usando o Microsoft Excel, indicando no eixo Z do *smartphone* a velocidade angular do movimento da roda de bicicleta em função do tempo decorrido.

Figura 4.45b: Roda de bicicleta de massa  $m = 2 \text{ kg}$  e raio  $R = 0,3 \text{ m}$ , com *smartphone* indicando os eixos coordenados e em um movimento circular, no sentido anti-horário.

O gráfico representativo da velocidade angular ( $\omega$ ) na figura 4.45a, indica um valor médio devido a ruídos (vibrações) de aproximadamente  $5 \text{ rad/s}$ , valor este que pode ser considerado constante ao longo do movimento. Com o valor de  $\omega$  e o intervalo de tempo de duração do experimento que é visto diretamente no gráfico, com valor de  $16,7$  segundos, o valor da variação angular  $\theta$  durante todo o movimento é calculado pela relação (32), com o valor de  $\theta_0 = 0$  e  $\Delta t = t_i - t_{i-1} = 16,7 \text{ s}$ , o valor determinado é  $\theta = 83,5 \text{ rad}$ . O número de voltas ( $n$ ) realizada durante o experimento é calculado por:  $n = 83,5 / 6,28 = 13,3$  voltas.

$$\theta_i = \theta_{i-1} + \omega (t_i - t_{i-1}) \quad (32)$$

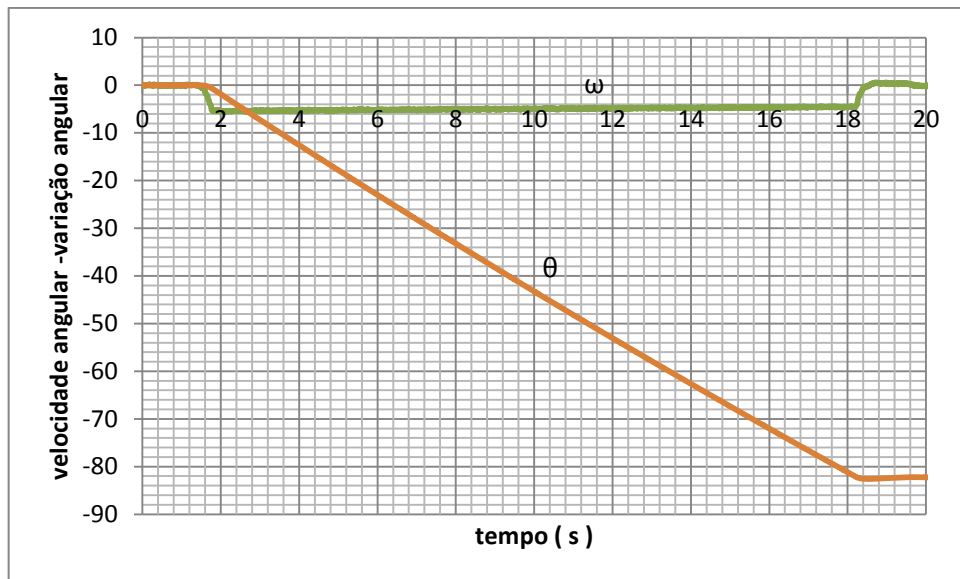


Figura 4.46: Gráfico comparativo entre velocidade angular ( $\omega$ ) e variação angular ( $\theta$ ) ao longo do experimento. O valor negativo indica o sentido horário do movimento.

Na realização do experimento com o *smartphone* na periferia da roda, a velocidade  $v$  é determinada por:  $v = \omega.R = 5 \cdot 0,3 = 1,5$  m/s. A aceleração centrípeta ( $a_c$ ) é calculada pelas relação (29),  $a_c = (5)^2 \cdot 0,3 = 7,5$  m/s<sup>2</sup> tendo o valor da aceleração centrípeta, a força centrípeta ( $F_c$ ) é calculada pela relação (31).  $F_c = 2 \cdot (5)^2 \cdot 0,3 = 15$  N. Os valores médios devido a ruídos, calculados para este experimento estão condizentes com os valores médios representados graficamente na figura 4.47 abaixo.

Não havendo aceleração angular no (MCU), não haverá aceleração tangencial, mas sim aceleração normal devido à mudança de direção da velocidade.

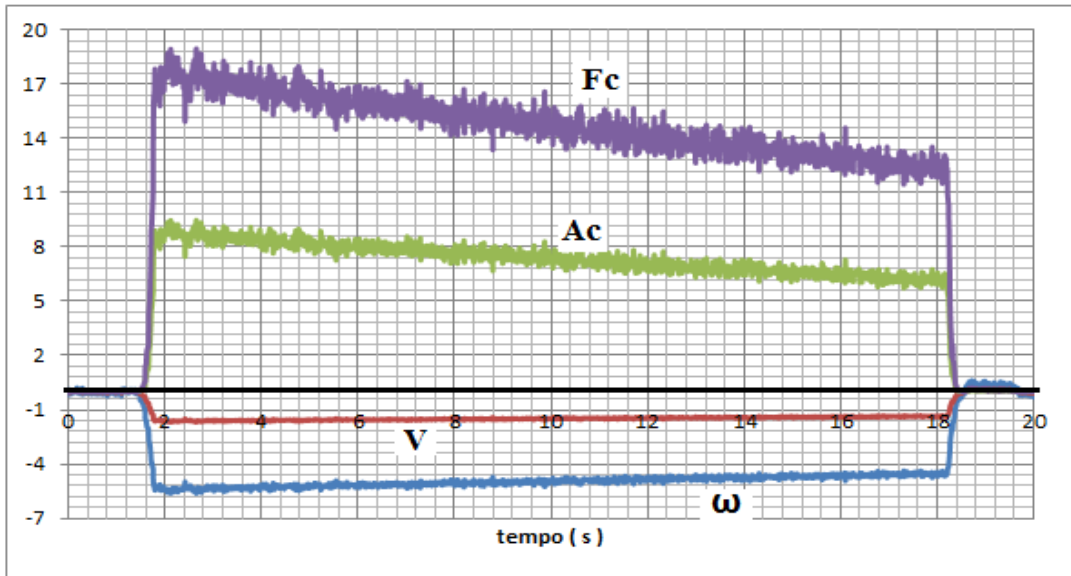


Figura 4.47: Gráfico comparativo das grandezas físicas atuantes em um movimento circular com uma roda de bicicleta. Na representação gráfica, a força centrípeta é indicada por (Fc), a aceleração centrípeta (Ac), a velocidade (V) e a velocidade angular ( $\omega$ ).

### 4.13 MOVIMENTO CIRCULAR NÃO UNIFORME

No movimento circular em que a velocidade angular varia,  $\frac{dr}{dt} = 0$ , a aceleração angular ( $\alpha$ ) que indica a taxa de variação da velocidade angular em função do tempo, é representada por :

$$\alpha = \frac{d\omega}{dt} \quad (33) \quad \text{ou} \quad \alpha = \frac{d^2\theta}{dt^2}$$

Integrando a equação (33),  $\int_{\omega_{i-1}}^{\omega_i} d\omega = \int_{t_{i-1}}^{t_i} \alpha dt$ , encontramos:

$$\omega_i = \omega_{i-1} + \alpha_i (t_i - t_{i-1}) \quad (34)$$

Substituindo (40) em (38) e integrando temos a posição angular:

$$\theta_i = \theta_{i-1} + \omega_{i-1} (t_i - t_{i-1}) + \frac{\alpha}{2} (t_i - t_{i-1})^2 \quad (35)$$

No caso particular do movimento circular, obtemos para a aceleração tangencial ( $a_t$ ) a

expressão:  $a_t = R \alpha$  e para a aceleração normal ou centrípeta a expressão:  $a_n = \frac{v^2}{R} = \omega^2 R$ .

Da relação,  $F = ma$ , se a massa é constante, temos que a força é paralela a aceleração e concluímos que a componente tangente a trajetória é a força tangencial,  $F_t = ma_t$  ou  $F_t = m \frac{dv}{dt}$  e que a componente perpendicular à trajetória é a força normal,  $F_n = a_n$  ou  $F_n = m \frac{v^2}{R}$ , sendo  $R$  o raio de curvatura. A força tangencial é responsável pela variação de velocidade e a força normal que aponta para o centro de curvatura é responsável pela variação de direção da velocidade. Se a força tangencial for zero, não haverá aceleração tangencial e o movimento será uniforme. Se a força normal for zero, não haverá aceleração normal e o movimento será retilíneo.

### Movimento de Rotação horizontal não uniforme

Movimento realizado por um corpo (*smartphone*) em um plano horizontal devido a uma rotação determinada pela torção em um barbante. O experimento realizado com *smartphone* preso em um arranjo feito com barbante conforme a figura 4.56, sendo dadas na ponta do barbante de 0,5 m, várias torções no sentido anti-horário, fazendo com que o aparelho adquira um movimento de rotação horizontal.

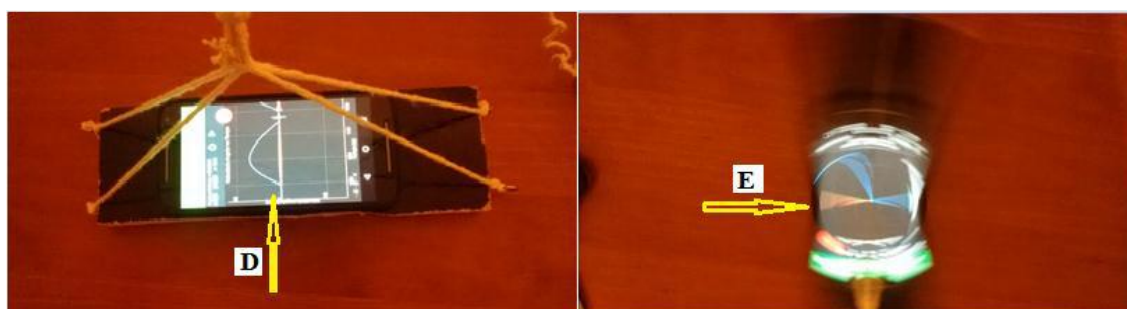


Figura 4.48: Representação de um experimento com o *smartphone* pendurado em uma plataforma de raio 0,1 m, suspensa por um barbante simulando o eixo de rotação, realizando um movimento de rotação horizontal em torno do próprio eixo. A seta (D) indica o valor da variação da velocidade angular através da curva formada, caracterizando um movimento circular uniformemente variável. A seta (E) indica a formação do gráfico durante o movimento, tornando a imagem difusa.



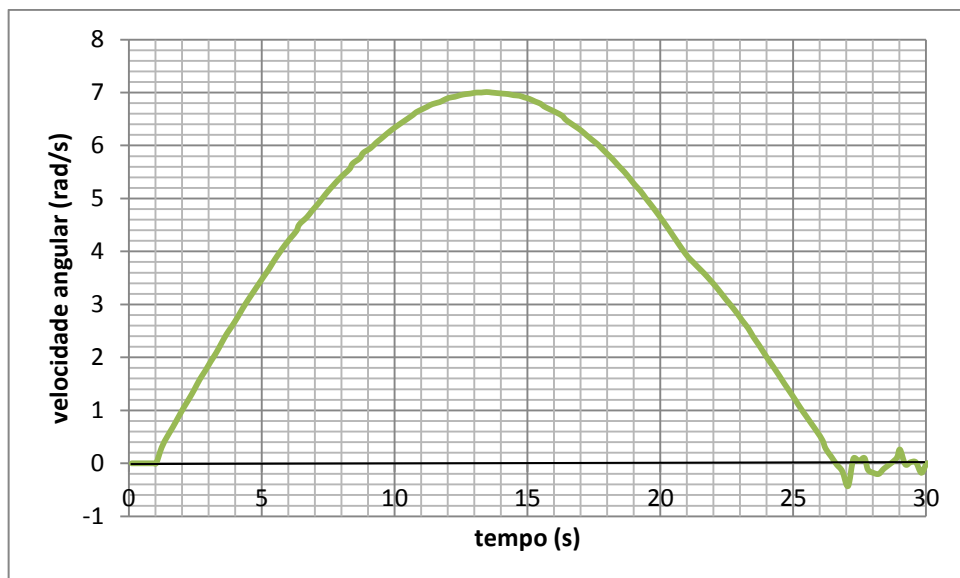


Figura 4.49: Representação gráfica da velocidade angular determinada pela leitura dos dados adquiridos no eixo Z do *smartphone* em relação ao movimento representado na figura 4.48.

O movimento foi realizado em sentido anti-horário, que é verificado pelo valor positivo na determinação gráfica da variação da velocidade angular tendo como valor máximo 7 rad/s, encontrado ao longo do experimento indicando um movimento circular com velocidade variável.

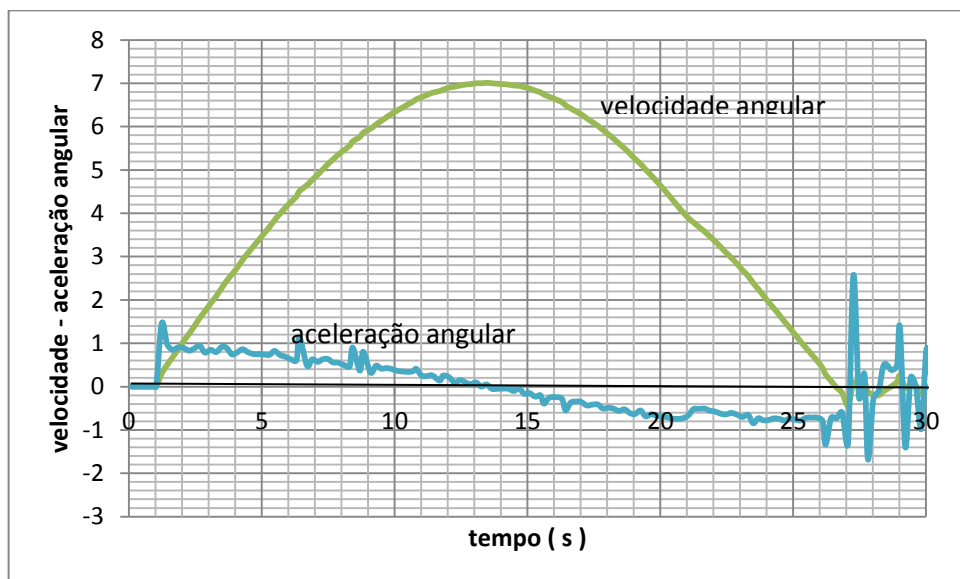


Figura 4.50: Gráfico comparativo da velocidade angular e aceleração angular no experimento relativo ao movimento circular representado na figura 4.48.

A aceleração angular devido ao movimento ser variável tem um valor máximo no início do movimento determinado de:  $\alpha = 1,0 \text{ rad/s}^2$ , decrescendo ao longo do movimento, tornando-se nula quando a velocidade angular tem valor máximo e negativa com o decréscimo e parada do movimento.

A aceleração angular é determinada pela relação.

$$\alpha_i = \frac{d\omega}{dt} \quad (36)$$

Resultando após uma integração, a equação representativa do gráfico da aceleração angular.

$$\alpha_i = \frac{\omega_i - \omega_{i-1}}{t_i - t_{i-1}} \quad (37)$$

## 4.14 MOVIMENTO PENDULAR

### 4.14.1 Pendulo Físico

Corpo rígido (representado na figura 4.52) que oscila em torno de um eixo sob a ação da força gravitacional fazendo um ângulo ( $\theta$ ) com a vertical exerce um torque ( $\tau = - m g d$ ), com ( $d$ ) a distância do centro de massa ao ponto pivô, ou eixo de rotação [21].

Seja ( $I$ ) o momento de inércia do corpo e ( $\alpha$ ) a aceleração angular, logo temos:

$I \alpha = \tau = - m g d \sin\theta$  e fazendo  $I = m k^2$ , onde ( $k$ ) é o raio de giração e a velocidade angular ( $\omega$ ), dada por:  $\omega^2 = \frac{gd}{k^2}$ , logo o período do pêndulo é:  $T = 2\pi \sqrt{\frac{k^2}{gd}}$  e sendo ( $R$ ) o comprimento do pêndulo, tem-se:  $R = \frac{k^2}{d}$ .

Observando que o período do pêndulo é independente de sua massa e forma geométrica desde que o raio de giração ( $L$ ) e a posição do centro de massa ( $G$ ) permaneçam constantes.

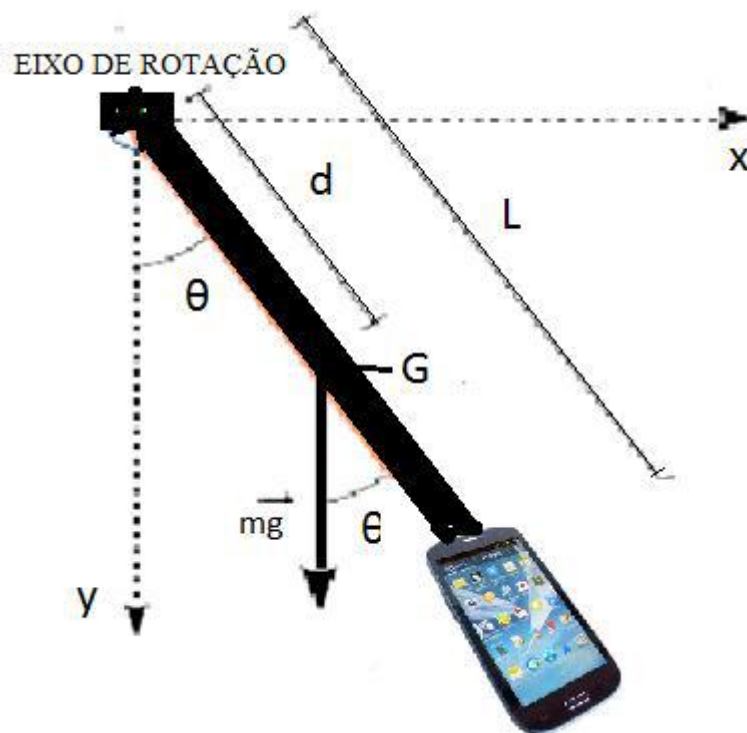


Figura 4.51: Representação esquemática de um pêndulo físico com *smartphone*.

. A representação gráfica da figura 4.52, indica a aceleração centrípeta, com um padrão de onda senoidal e o fato de que a altura dos picos diminuem ao longo do tempo decorrido, devido ao atrito do pêndulo com o apoio. O gráfico indica a mudança de aceleração com a velocidade constante. Quando o ponto onde o *smartphone* mais próximo do chão é onde a força ou tensão é maior, correspondendo a um pico máximo no gráfico e quando o *smartphone* esta no ponto mais alto da trajetória corresponde a um pico mínimo.

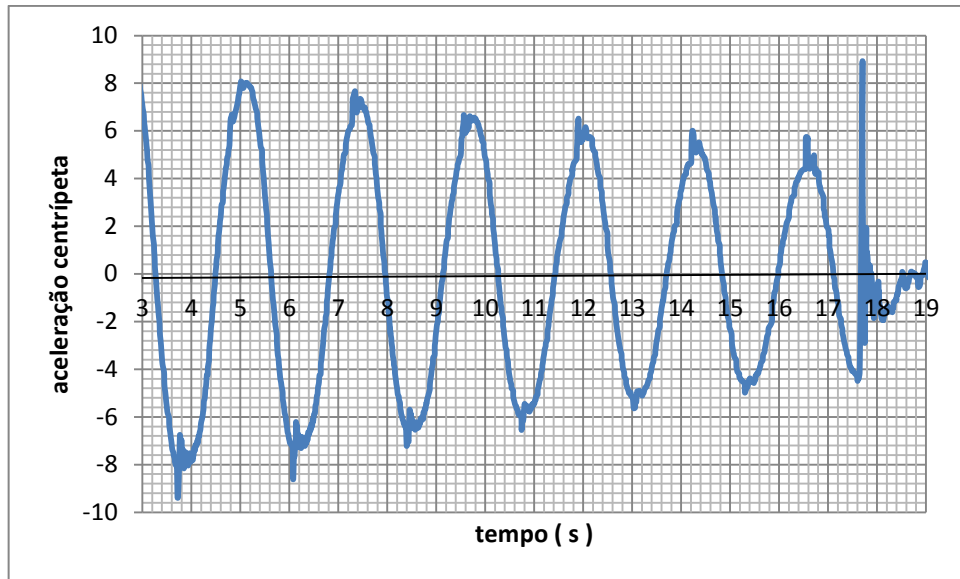


Figura 4.52: Representação gráfica através do *Microsoft Excel* em um experimento com pêndulo físico realizado com *smartphone* e os dados gravados através do sensor acelerômetro.

O intervalo de tempo entre dois picos é o período do movimento ( $T$ ) que é dado por:

$$T = 2 \pi \sqrt{\frac{L}{g}} \quad (38)$$

Sendo ( $L$ ) é o comprimento do pêndulo.

Usando a equação (38), o valor da aceleração da gravidade ( $g$ ) pode ser determinada pela relação:

$$g = \frac{4 \cdot \pi^2 \cdot L}{T^2} \quad (39)$$

O comprimento do pêndulo é determinado através de:

$$L = \frac{T^2 \cdot g}{4 \cdot \pi^2} \quad (40)$$

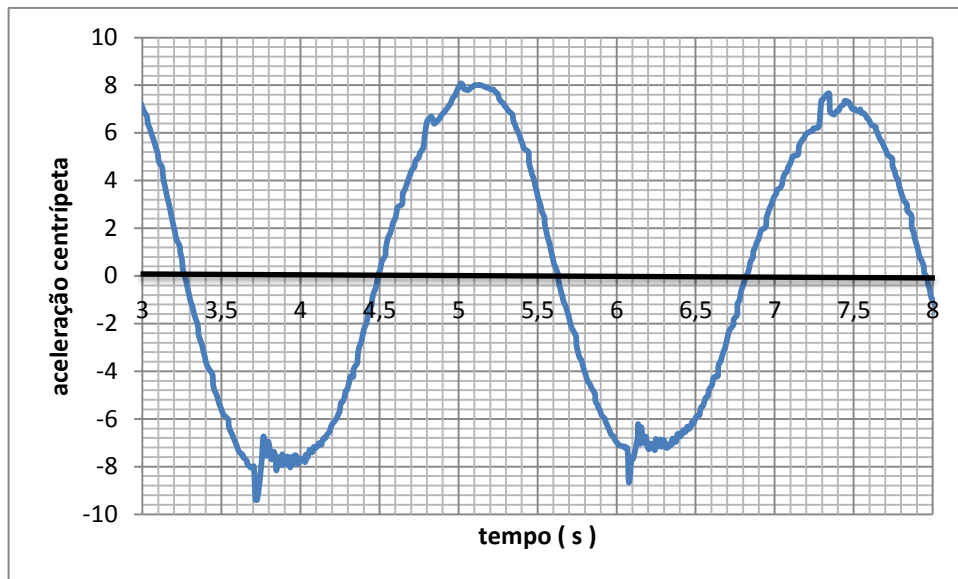


Figura 4.53: Representação gráfica tomando como base o gráfico da figura 4.52, com a indicação de um intervalo de tempo entre 4,478 segundos e 6,816 segundos, na determinação do período do movimento.

No experimento representado graficamente na figura 4.60, o período ( $T$ ) do movimento indica um valor de  $T = 2,338$  segundos. O cálculo do comprimento ( $L$ ) do pêndulo usando a relação (40) indica um valor de:  $L = 1,37$  metros.

#### 4.14.2 Movimento Harmônico

O Movimento Harmônico Simples (MHS) é aquele onde o deslocamento ao longo de um eixo ( $x$ ) em relação a origem do sistema de coordenadas é dado em função do tempo pela relação

$$x = A \operatorname{sen}(\omega t + \alpha) \quad (41)$$

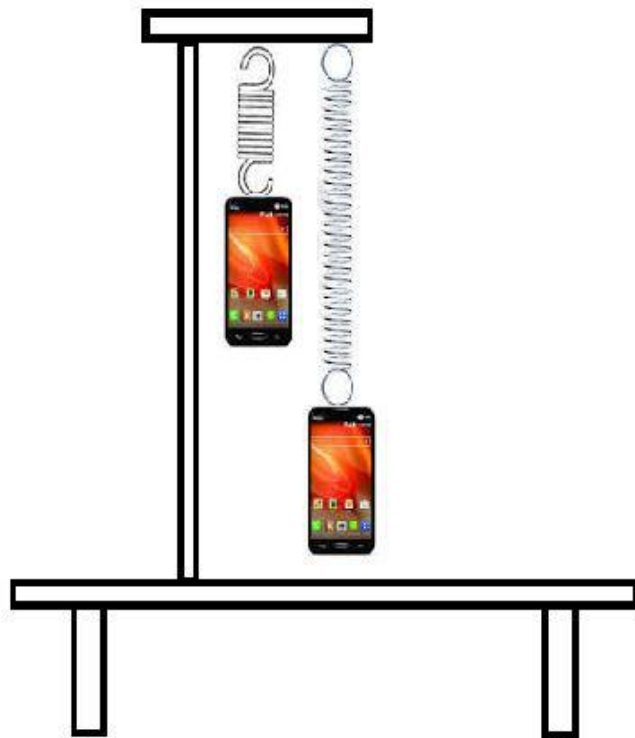


Figura 4.54: Representação de um movimento massa mola com o *smartphone* realizando um movimento harmônico.

A função definida como senoidal, pode ser considerada também como cossenóide, estando a uma diferença de  $(\pi/2)$  na fase inicial Sendo  $(\omega t + \alpha)$  a fase do movimento e  $(\alpha)$  a fase inicial quando  $(t = 0)$ . Como a função varia de  $[-1$  a  $+1]$ , o deslocamento varia de  $[-A$  a  $+A]$ , onde  $(A)$  é o deslocamento máximo em relação a origem e denominada de amplitude do movimento. A função representativa do movimento repete-se cada vez que o ângulo aumenta de  $(2\pi)$  e o deslocamento a cada intervalo de tempo, que indica o movimento como periódico e o período  $(T)$  indicado por,  $T = \frac{2\pi}{\omega}$ . A frequência  $(f)$  do movimento é igual ao número de oscilações completas por unidade de tempo, dada por,  $f = \frac{1}{T}$ . Sendo  $(\omega)$  denominada frequência angular ou pulsação, a relação com a frequência do movimento e o período é:

$$\omega = 2\pi f = \frac{2\pi}{T} \quad (42)$$

A velocidade no movimento a partir da equação (41) é:

$$v = \frac{dx}{dt} = \omega A \cos(\omega t + \alpha) \quad (43).$$

Analogamente, a aceleração no movimento, a partir da equação (43) é:

$$a = \frac{dv}{dt} = -\omega^2 A \sin(\omega t + \alpha) = -\omega^2 x \quad (44)$$

Indicando que a aceleração é proporcional e de sentido oposto ao deslocamento.

### **Força no movimento harmônico**

A força que atua em uma massa que oscila em movimento é:  $F = m a$ , substituindo a aceleração por (44), temos:  $F = -m\omega^2 x = -k x$ , sendo:  $k = m \omega^2$  ( $k$  é a constante elástica) ou,

$$\omega = \sqrt{\frac{k}{m}} \quad (45)$$

Indicando que a força é proporcional e de sentido contrário ao deslocamento, apontando para a origem que é o ponto de equilíbrio, para o movimento obtemos a equação do período ( $T$ ).

$$T = 2\pi \sqrt{\frac{m}{k}} \quad (46)$$

e da frequência ( $f$ ),

$$f = \frac{1}{2\pi} \sqrt{\frac{k}{m}} \quad (47)$$

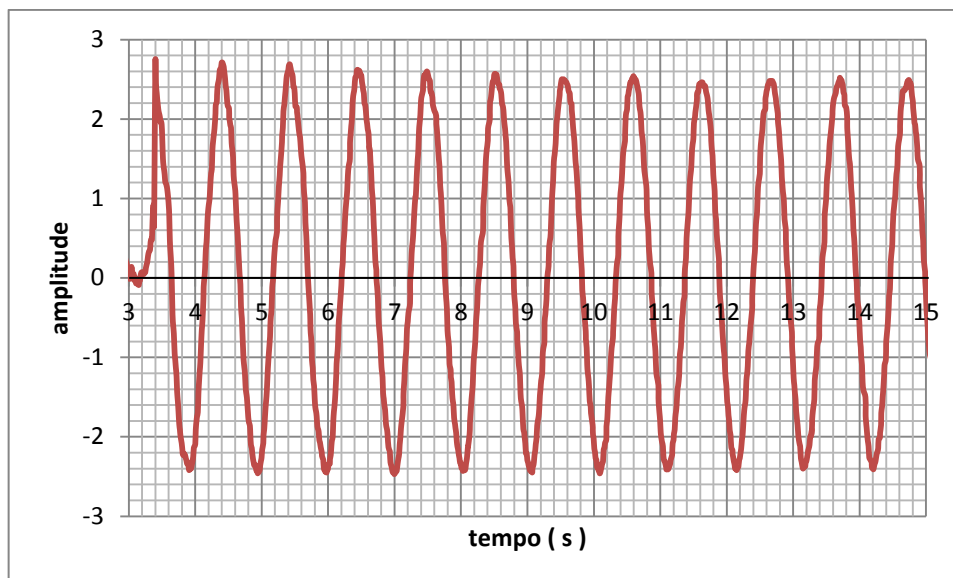


Figura 4.55: Representação gráfica do experimento referente à figura 4.54 com um pequeno intervalo de tempo na verificação do período que é de 1,04 segundos.

Com os valores da massa do aparelho de 0,175 kg. A constante elástica da mola  $k$  é determinada substituindo os valores na relação (46),  $k = 6,4$  N/m e a velocidade angular determinada por (45) é  $\omega = 6,06$  rad/s.

#### 4.15 VARIAÇÃO DO CAMPO MAGNÉTICO DE UM IMÃ COM A DISTÂNCIA

Na aproximação entre um ímã e um corpo metálico verifica-se a presença de uma força de atração entre os corpos. Esta força decorre da atuação do campo magnético produzido pelo ímã ao seu redor. Um experimento para a verificação do campo magnético produzido por um ímã em função da distância a um objeto pode ser realizado através do sensor magnetômetro do *smartphone*.



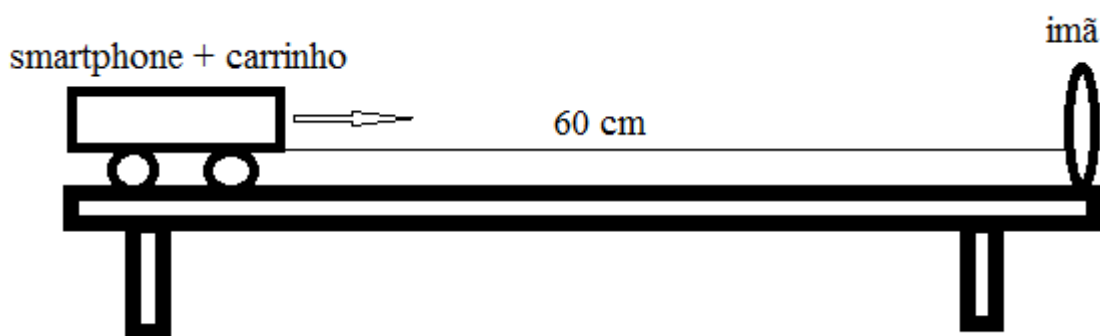


Figura 4.56: Representação esquemática do experimento envolvendo a intensidade do campo magnético de um ímã em função da distância.

O experimento conforme a representação da figura 4.56, comprova que o campo magnético diminui de maneira rápida quando a distância entre eles aumenta. Esta medida experimental verifica quantitativamente como o campo magnético varia com a distância.

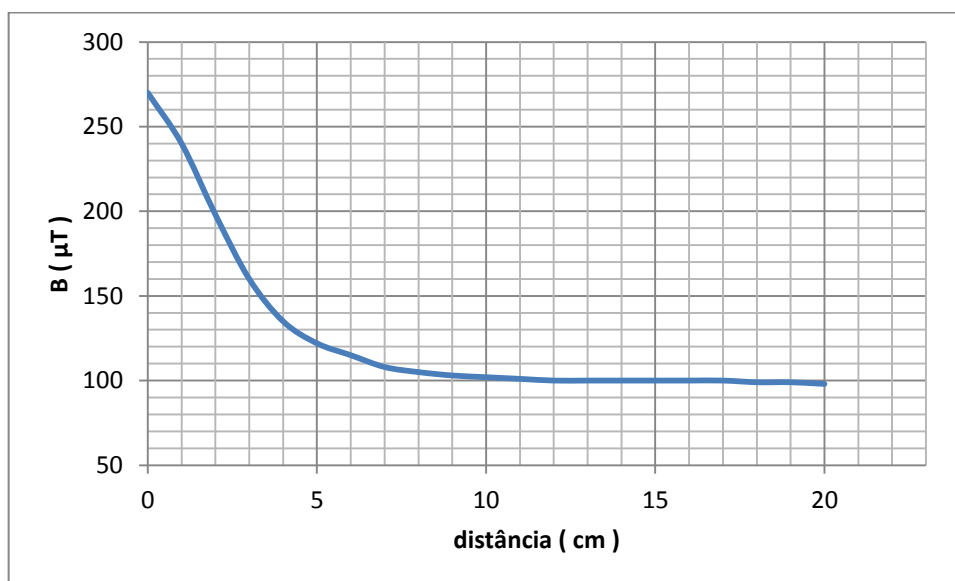


Figura 4.57: Indicação gráfica da variação do campo magnético (B) produzido por um ímã em função da distância (d), conforme a tabela 4.1. O magnetômetro usado foi um Bosch BMC 150 com resolução de 0,3. No Sistema Internacional, a unidade de medida é o Tesla, usamos:  $1 \text{ T (Tesla)} = 10^4 \text{ G (Gauss)}$ .

Tabela 4.1: Variação do campo magnético (B) produzido por um ímã em relação à distância (d).

B(μT)	270	240	198	135	122	115	108	105	103	102	101	100	100	100	100	100	100	100	100	100	99	98
d (cm)	0	0,5	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20

A variação acentuada do campo magnético em função da distância indica uma relação descrita pela lei das potências,  $B \propto d^{-n}$ , com  $n \approx 3$  ( usando ajuste pelo método dos mínimos quadrados ). Resultado esperado para o modelo de dipolo magnético de um ímã.

## 4.16 ILUMINÂNCIA

A luminosidade é a quantidade de energia que um corpo irradia na unidade de tempo e a intensidade luminosa é a parcela do fluxo luminoso de uma fonte luminosa contida em um ângulo sólido em uma dada direção. A iluminância é a relação entre a quantidade de fluxo luminoso que incide sobre uma superfície e a área desta, sendo sua unidade de medida no (SI) o lux, sendo 1 lux o iluminamento de uma superfície de 1 m<sup>2</sup> por uma fonte luminosa a uma distância de 1metro.

Os *smartphones* com seus sensores de fácil acesso e utilização tornam-se uma ferramenta útil e ágil, sendo um fator determinante na realização do experimento, que tem como princípio a medição com o sensor de luz ambiente no fornecimento de informações básicas sobre as quantidades fotométricas, investigando a variação da distância da iluminação em relação a uma fonte de luz.

Na medida da iluminância é usado o sensor luxímetro, localizado na câmera do *smartphone*.

O experimento é realizado com uma fonte de luz (emissor), variando a distância ao *smartphone* (receptor) com o centro do sensor de luz localizado na mesma altura que a fonte e tendo uma velocidade constante conforme a Figura 4.58, O sensor utilizado coleta os dados através de um fotodiodo com um filtro, de modo a ajustar a sensibilidade espectral, que é indicada pela função de luminosidade. A quantidade medida é a iluminância que é o fluxo

luminoso por unidade de área. Os valores relativos ao movimento são gravados em um arquivo local e após a gravação destes dados é gerado no computador através do *Microsoft Excel* ou no Libre Office 5.0, uma representação gráfica do experimento, Figura 4.61.

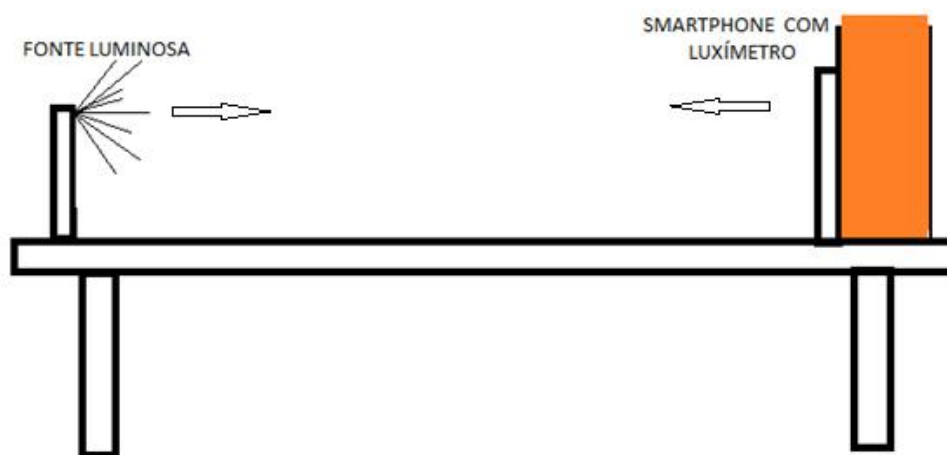
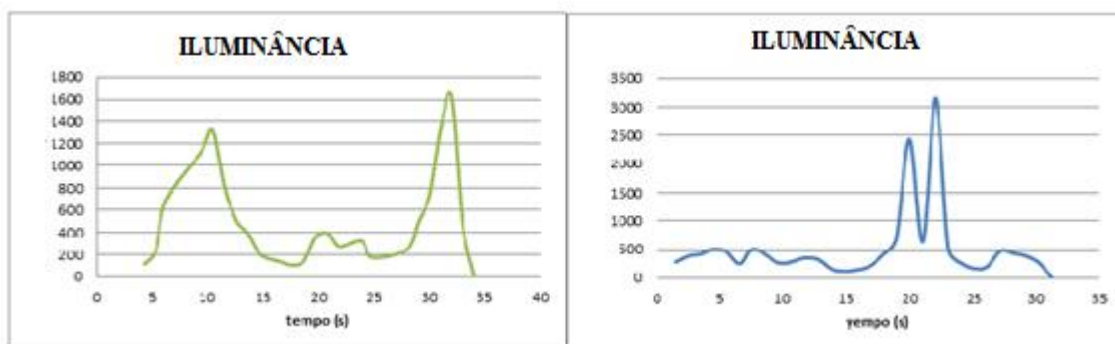


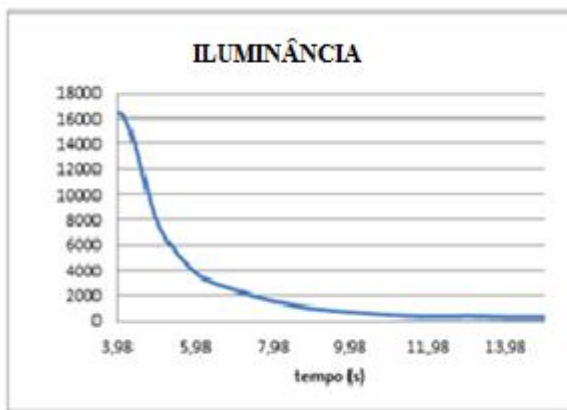
Figura 4.58: Representação esquemática do experimento da medida da iluminância através sensor luxímetro. A direita temos um *smartphone* com o sensor luxímetro ativado e a esquerda uma fonte luminosa fazendo um movimento de aproximação e afastamento.



4.59 a

4.59 b

Figuras 4.59 a e 4.59 b: Representação gráfica indicando o afastamento e a aproximação (a) e aproximação e afastamento (b), usando uma fonte luminosa (lanterna), de um *smartphone* com sensor luxímetro ativado a 1,50 m, de distância inicial.



4.60 a



4.60 b

Figuras 4.60 a e 4.60 b: Depuração dos gráficos no afastamento (a) e aproximação (b) da fonte de luz em relação ao *smartphone*.

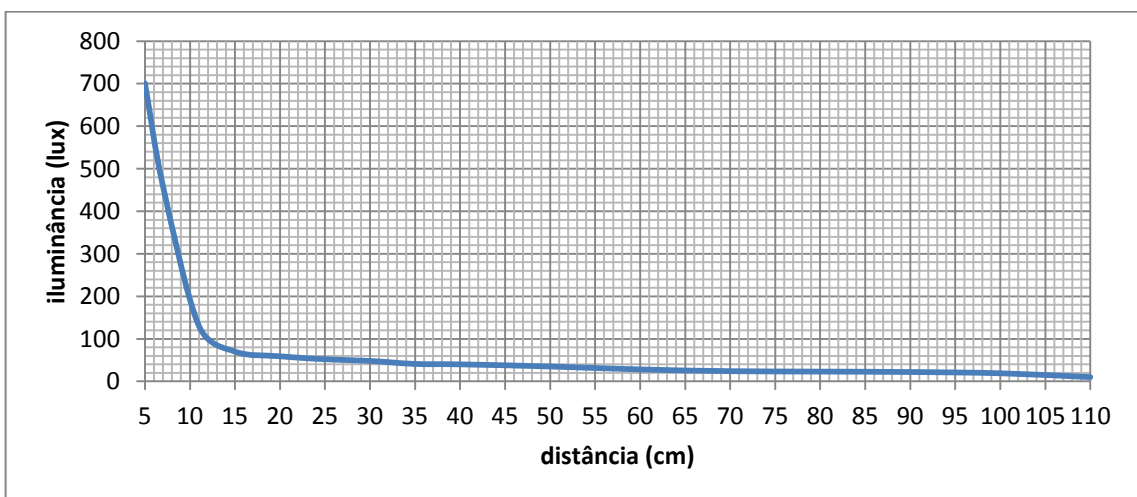


Figura 4.61: Representação gráfica do afastamento de uma fonte luminosa de 60 W em função da distância do sensor luxímetro de um *smartphone*.

Tabela 4.2: A iluminância em função da distância representada no gráfico da figura 4.68.

Distância (cm)	5	7	11	15	20	25	30	35	40	50	60	70	80	90	100	110
Luminosidade (lux)	701	438	130	70	38	32	48	41	40	33	28	24	23	22	19	10

O gráfico da Figura 4.61, pode ser ajustado através de uma função do tipo:

$$y = a \cdot x^b$$

Onde o expoente  $b$  é colocado para valores próximos de  $(-2)$  indicando que as distâncias utilizadas são grandes em relação à fonte.

Quando há uma alteração da ordem de iluminância em torno de 5 lux, é uma indicação de incerteza devido a desvio de alinhamento vertical do *smartphone*, o que resulta em valores mais baixos uma vez que a superfície de detecção passa a ser menor.

## **CAPÍTULO 5**

### **APLICAÇÃO DO PRODUTO E ANÁLISE DOS RESULTADOS**

#### **5.1 APLICAÇÃO**

Este capítulo trata da aplicação do tema desenvolvido na dissertação em uma turma do 1º ano do ensino médio no Colégio Estadual Luiz Reid, (turma 2101), Macaé, RJ, composta de 25 alunos, tendo como coordenador o autor da dissertação e o professor regente da turma que cedeu seu horário. A aplicação foi realizada durante três dias alternados, pois cada dia corresponde a duas aulas.

Devido às condições mínimas encontradas (material adequado insuficiente, tempo de aplicação reduzido) houve uma restrição na aplicação do tema abordado. A maioria dos alunos não tinham noção do uso experimental do *smartphone* e os poucos que tinham não conseguiam usar por falta de conectividade a web para instalação de aplicativos úteis aos experimentos.

O interesse na aplicabilidade possibilitou realizar avaliações práticas em tempo real e determinar o desenvolvimento dos conceitos previamente estabelecidos. Com o conhecimento do que se pode determinar com a aplicação do *smartphone* em Física experimental, foi feito um planejamento abrangendo experimentos que envolvam uma sequência de conteúdo para a melhoria da aprendizagem.

#### **5.2 RESULTADOS E ANÁLISE OBTIDOS COM O PRODUTO APLICADO**

A metodologia empregada na aplicação do produto educacional pode ser sintetizada por um roteiro resumido, constando de experimentos demonstrativos de montagem simples, buscando identificar e comprovar os conceitos estudados do conteúdo abordado. Inicialmente

foi feito um esclarecimento e conscientização sobre a importância do uso de tecnologias móveis no ensino e aprendizagem. Em um segundo momento a forma de trabalhar no manuseio dos sensores do *smartphone*, em especial o acelerômetro para a realização dos experimentos e gravação dos dados obtidos, é proposta aos alunos.

De acordo com a grade curricular referente ao 1º ano do Ensino Médio, a aplicação experimental trabalhada foi referente ao movimento retilíneo plano através de uma força impulsiva, com uso da plataforma (*smartphone* e carrinho lego), usando o sensor acelerômetro.

A turma foi dividida em grupos de quatro alunos e cada aluno do grupo executava o movimento através de uma força impulsiva sobre a plataforma, o que acarretava um valor de pico da aceleração gravado na tela do *smartphone*. Com o valor visual da aceleração observado pelos alunos, como mostrado na figura 5.1 e tendo o professor como mediador, vários questionamentos foram apresentados para discussão e verificação, como: a força máxima aplicada, sabendo que a massa da plataforma é de 0,225 kg, a velocidade máxima adquirida, o impulso aplicado, a distância percorrida e a energia cinética.

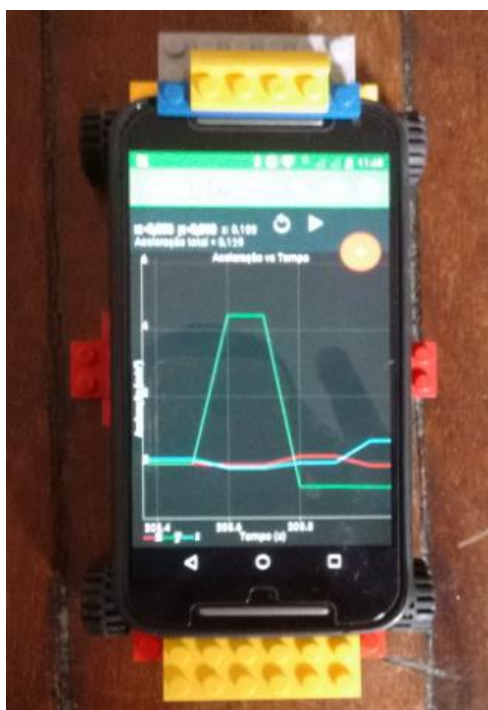


Figura 5.1: Representação visual da aceleração em um movimento retilíneo devido a uma força impulsiva.

Após as discussões e questionamentos, os alunos responderam a uma bateria de exercícios relativos ao tema apresentado.

As cinco questões indicadas aos alunos, foram:

- a) Com a representação na tela do *smartphone* do valor da aceleração máxima obtida no experimento e com a massa da plataforma dada de 0,225 kg. Qual a força máxima aplicada sobre a plataforma no movimento?
- b) Na identificação do intervalo de tempo referente a aceleração máxima, determinar a velocidade máxima alcançada devido a aplicação da força impulsiva.
- c) Com o valor determinado da velocidade máxima. Qual o valor do impulso aplicado sobre a plataforma na execução do movimento?
- d) Se a massa da plataforma fosse metade da utilizada. Qual seria o valor da força aplicada, da velocidade e do impulso aplicado?
- e) Qual a energia cinética adquirida pela plataforma na aplicação da força impulsiva no início do movimento?

As questões, apesar de serem poucas foram uma motivação aos alunos, pois puderam verificar em tempo real e visualmente a ocorrência e o valor apresentado da aceleração na tela do *smartphone* durante o experimento. Os debates ocorridos entre os alunos corresponderam às expectativas, pois as questões apresentadas tinham respostas coincidentes com os conceitos teóricos previamente estudados.

Os resultados após a aplicação, debates realizados e questionamentos, do questionário apresentado aos alunos é representado graficamente pela figura 5.2.



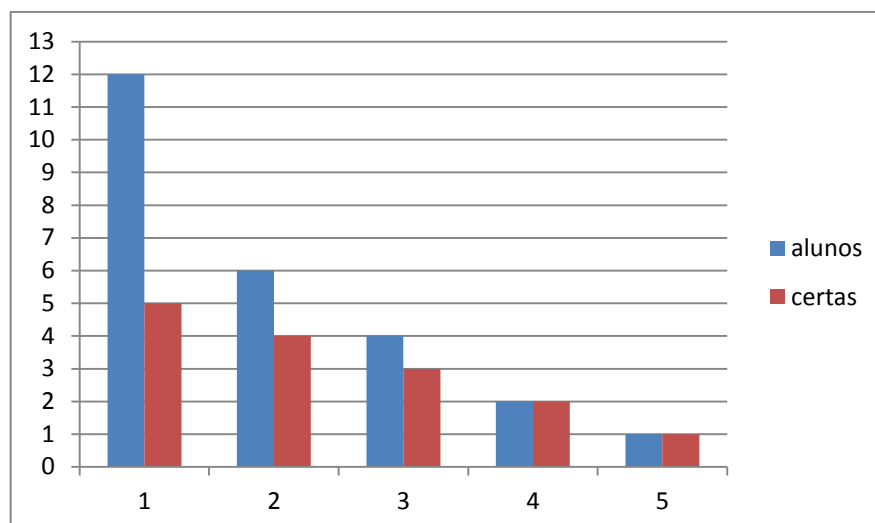


Figura 5.2: Gráfico indicativo do aproveitamento da aplicação educacional.

Após a verificação do resultado da aplicação do produto educacional, outro questionário referente ao uso do *smartphone* foi realizado, com os dados determinados e representados abaixo no gráfico da figura 5.3.

a) Uso do *smartphone*:

Entre os alunos da turma, 15 deles usavam e o restante não tinha *smartphone*.

b) Uso do *smartphone* relativo ao conteúdo aplicado pelo professor:

Na turma, 10 alunos responderam que teriam condições de usar, 5 disseram não possuir habilidade e condições de acompanhar o experimento e o restante por não possuir *smartphone*, acompanhariam trocando ideias em grupo.

c) Quanto ao aproveitamento experimental:

Logo após o término do experimento, a relação com o conceito teórico foi explorado e entre os alunos, 14 responderam de maneira correta os conceitos apresentados, 7 responderam parcialmente e os demais não responderam ou o fizeram erradamente.

d) O aproveitamento quanto à continuidade do conteúdo inserido:

A resolução de outras grandezas a partir do conhecimento do valor da aceleração foi determinada por 12 alunos, com 8 realizando os cálculos parcialmente e o restante da turma

não teve avanço satisfatório.

e) As dificuldades encontradas no andamento da aplicação:

Entre os alunos, 4 conseguiram acompanhar as etapas da aplicação sem dificuldade com uso do *smartphone*, 11 tiveram alguma dificuldade com a manipulação do aparelho e o restante por não o possuírem mostrou enorme dificuldade. Mesmo com o aparelho, o manejo pelo desconhecimento do uso e aplicação dos sensores foi um fator determinante no desempenho.

Ao final do experimento foi solicitado aos alunos que respondessem se gostariam que o sensor acelerômetro fosse usado como instrumento em outros experimentos. A receptividade está representada no gráfico abaixo.

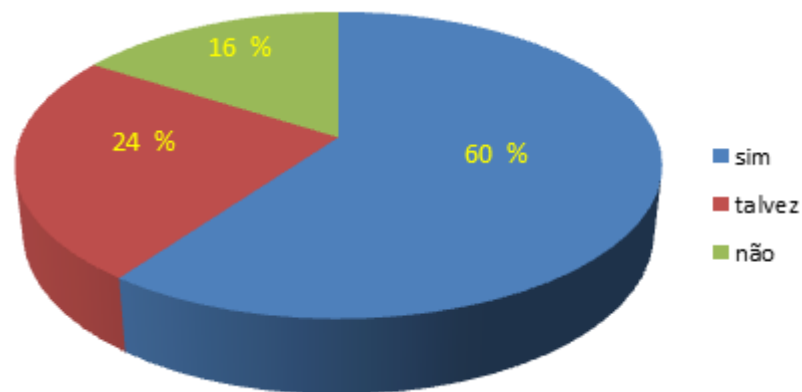


Figura 5.3: Percentual de alunos sobre uso do acelerômetro em experimentos.

## **CAPÍTULO 6**

### **CONCLUSÃO**

Considerando o período atual que atravessamos temos que relevar a importância que as Tecnologias da Informação e Comunicação ocupam na configuração da sociedade e em particular nas escolas. Outros modos de produção de conhecimento, valores e identidades, bem como uma nova produção de subjetividades, estão sendo constituídos em função das relações estabelecidas com essas mídias, pois temos hoje nas salas de aula uma geração de adolescentes que nasceu diante das telas dos computadores e celulares, tendo adquirido grande afinidade cognitiva e expressiva com a linguagem dessas novas tecnologias [24].

Assim, este trabalho tem por objetivo apontar aspectos pedagógicos que devem nortear professores no intuito de fazer com que o aluno se sinta motivado a aprender, construindo autonomia nas suas escolhas, instigando sua criatividade e curiosidade [25]. A contribuição está em duas áreas: na área pedagógica apresenta como o professor possa utilizar a tecnologia móvel em prol da aprendizagem do aluno e na área computacional apresenta o embasamento teórico necessário para orientar a inclusão de aplicativos educacionais com dispositivos móveis.

O modelo educativo atual possui um currículo extenso, com pouco diálogo com a realidade dos adolescentes, sendo verticalizado e autoritário na relação professor-aluno. Apenas introduzir as tecnologias utilizando-as como um simples recurso didático pode reforçar ainda mais as dificuldades que a escola tem para se inserir na sociedade atual. Torna-se necessário integrar as novas tecnologias a um projeto político-pedagógico conscientizando-se que um dos papéis principais da escola é promover espaços de diálogo e mediações com os adolescentes para que possam interagir com essas tecnologias de forma crítica e criativa, ensinando-os estratégias que deem sentido e transformem em conhecimento a enorme quantidade de informações disponibilizadas, desenvolvendo competências comunicativas que os tornem não somente receptores de conteúdo, mas também produtores e emissores. Parece ser esse um dos caminhos a seguir pela escola e que possa fazer sentido para os estudantes

atuais e futuros.

A realização de experimentos em física é fundamental para o entendimento e verificação prática dos conceitos apresentados em cada conteúdo desenvolvido.

O presente trabalho em seu aspecto geral tem a aplicação de vários experimentos em Física na sala de aula com o *smartphone*. A versatilidade de uso e facilidade no manejo permite que vários temas em áreas da Física sejam abordados, tal como: a mecânica, a ótica e o magnetismo. Sendo considerado como um laboratório próprio, o aluno em um experimento tem liberdade de inovar e conceber novos caminhos no experimento, inclusive fora do ambiente escolar.

O *smartphone* inserido em um laboratório proporciona a visualização de fenômenos de forma prática e definida. A determinação e representação gráfica de variados experimentos são detalhadas, visualizadas e analisadas com indicações simplificadas para uso do professor em sala de aula. Com a organização de um conteúdo programático, um mesmo experimento permite calcular uma sequência de grandezas desse conteúdo, como: o experimento com o *smartphone* realizando um movimento retilíneo através de uma força impulsiva, as leis de Newton, o plano inclinado, o movimento circular, o oscilador harmônico, o campo magnético, a intensidade da luz e vários outros.

A aplicação em uma turma do 1º ano de ensino médio representou um avanço na parte referente ao ensino aprendizagem, pois a aplicação como novidade representou um incentivo ao aluno, tanto pela simplicidade como pela praticidade. A dedicação causada pela aplicação do *smartphone* em um experimento em dinâmica fez com que o aproveitamento se tornasse proveitoso e prazeroso, indicando um uso futuro como maneira de relacionar a tecnologia do *smartphone* com a física experimental de maneira continuada.

Através dos resultados encontrados nos experimentos efetuados e as possibilidades futuras que hão de vir, a aplicação pode ser sintetizada por uma metodologia a ser trabalhada pelo professor seguindo um roteiro resumido pelos itens:

- Aplicações práticas e facilitadoras na realização do experimento.
- Motivação pela prática da tecnologia móvel.
- Motivação pela mobilidade, versatilidade e manuseio do *smartphone*..

- Possibilidade de repetição do experimento.
- Verificação em tempo real do resultado experimental na tela do aparelho.
- Verificação em tempo real do resultado experimental.

As perspectivas futuras do tema da dissertação podem ser resumidas em:

- Desenhar maior quantidade de experimentos.
- Inclusão de uma maior variedade de sensores.
- Aprimoramento de programas que interpretam representações gráficas para ser interface de visualização gráfica e interativa.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- [1] **Informática na Educação:** Instrucionismo x Construcionismo, NIED: UNICAMP, 1997.
- [2] LUCENA, C; FUCKS, Hugo. **A evolução na era da internet.** Rio de Janeiro. Clube do Futuro. 2000
- [3] P.C.N.+ ENSINOMEDIO (ORIENTAÇÕES EDUCACIONAIS COMPLEMENTARES AOS PARÂMETROS CURRICULARES NACIONAIS).
- [4] A.T. Borges, **Novos rumos para o laboratório escolar de ciências.** Caderno Brasileiro de Ensino de Física. V.19, 2002.
- [5] RODRIGUES, Nadir. **Tecnologia móvel na educação.** Revista InovaEdu. Nº1. Novembro 2002.
- [6] OLIVEIRA, Martha Khol. **Vigotsky:** aprendizagem e desenvolvimento , um processo sócio-histórico. 3 ed. São Paulo: Scipione, 1995.
- [7] BORGES, Marilene Andrade F.; FRANÇA, George. **O uso do laptop na sala de aula;** uma nova forma de organização do trabalho pedagógico. Revista Científica Internacional, Minas Gerais. 19ª edição. vol 1. Dezembro 2011.
- [8] BRITO. Glaucia da Silva; PURIFICAÇÃO, Ivonélia da. **Educação e novas tecnologias:** um repensar. Curitiba: Ibpx, 2008.
- [9] MOREIRA, M.A. **A teoria da aprendizagem significativa e sua implementação na sala de aula.** Brasília: Editora da UnB. 2006.
- [10] PLATT, J. R. **The Excitement of Science,** Boston: Houghton Mifflin, 1962.
- [11] P.C.N. **Orientações Educacionais Complementares aos Parâmetros Curriculares Nacionais Para o Ensino Médio.** 2002.
- [12] VIEIRA, L. P. **Experimentos de Física com Tablets e Smartphone.** Dissertação de Mestrado apresentada ao programa de Pós-Graduação em Ensino de Física, Instituto de Física da Universidade Federal do Rio de Janeiro, 2013.

- [13] MORAES, M.C. **Informática Educativa o Brasil: Uma história vivida, algumas lições aprendidas.** Revista Brasileira de Informática na Educação. ( SBC-IE, UFSC ), nº.1, 1997.
- [14] D.F. Souza, J. Sartori, M.J.V. Bell e L.A.O. Nunes. **Aquisição de dados e aplicações simples usando a porta paralela do micro PC.** Revista Brasileira de Ensino de Física. V.20, 1998.
- [15] VIGOTSKY, L.S. **Pensamento e linguagem**, São Paulo: Martins Fontes, 1ª Ed. 1987.
- [16] VEE, W.; VRAKKING, B. Homo Zapiens, **Educando na era digital.** Porto Alegre: Artmed, 2009.
- [17] SILVA, Adelina Maria Pereira da. **Processos de ensino-aprendizagem na era digital.** Universidade Aberta, 2006
- [18] JUNG, Carlos Fernando. **Metodologia Científica e Tecnológica.** Módulo 4, Edição 2009.
- [19] VEIT, A.E. **Por que e como introduzir a aquisição automática de dados no laboratório didático de Física.** V.6, 2005.
- [20] GASPAR, A. **Física – Volume Único.** São Paulo, Ática, 2005.
- [21] NUSSENZVEIG, H. M. **Curso de Física Básica.** (Edgard Blucher, São Paulo, 2002), V.1, 4ª Edição.
- [22] ALONSO, M. & FINN, E. J. **Física: Um curso universitário-Mecânica.** (Edgard Blucher, São Paulo, 1972).
- [23] HALLIDAY, R. ; RESNICK, R. & WALKER, J. **Fundamentos da Física** (LTC, Rio de Janeiro, 2012 ) V.1, 9ª ed.
- [24] AUSUBEL, D.P. **Aquisição e retenção de conhecimento-uma perspectiva cognitiva.** Lisboa: Editora Platano,2003.
- [25] CHAVES, A. ; SHELLARD, R.C., **Física para o Brasil: Pensando no futuro.** São Paulo, 2005.

