

The background features a light gray world map. On the right side, there are several overlapping light blue squares and a silhouette of a person using a microscope. On the left side, there are large, overlapping pink triangles and a stylized atomic model with a central nucleus and orbiting electrons.

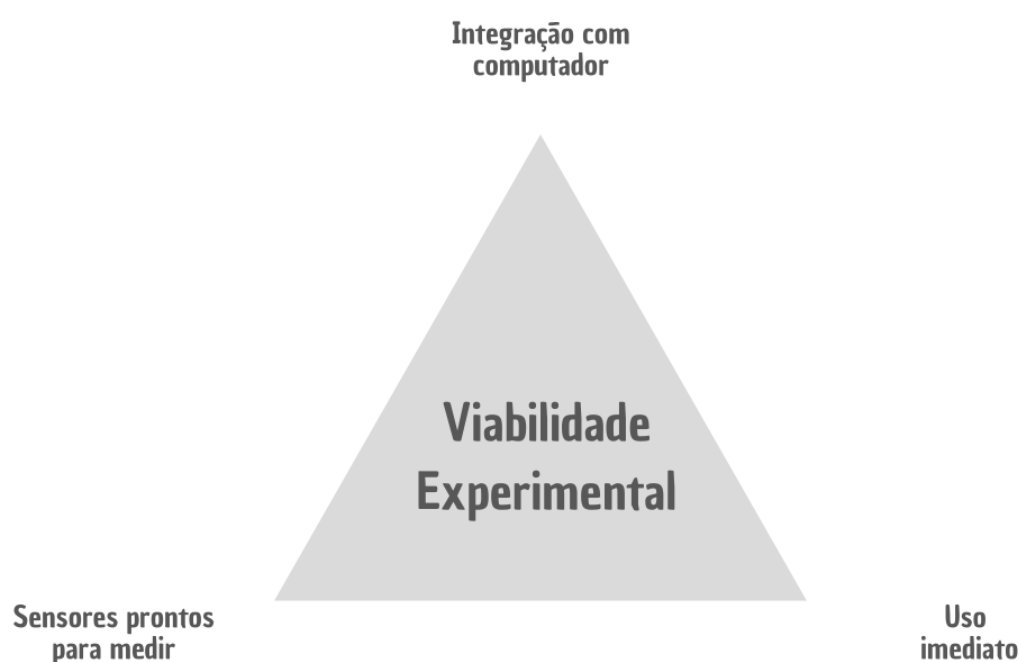
**POCKETLAB**

**EXPERIMENTOS DIDÁTICOS  
PARA O ENSINO DE FÍSICA  
APENAS USANDO  
O SMARTPHONE**

**MILTON BAPTISTA FILHO  
LEANDRO CARVALHO PINTO FILHO**

# POCKETLAB

## EXPERIMENTOS DIDÁTICOS PARA O ENSINO DE FÍSICA APENAS USANDO O SMARTPHONE



**MILTON BAPTISTA FILHO**  
**LEANDRO CARVALHO PINTO FILHO**

## CAPA

Manuella Rosário Barros Ribeiro

Milton Baptista Filho

## REVISÃO DE TEXTO

Manuella Rosário Barros Ribeiro

## ILUSTRAÇÕES

Luisa Damasceno Passos

## DIAGRAMAÇÃO

Leandro Carvalho Pinto Filho

Milton Baptista Filho

## FORMATAÇÃO

Leandro Carvalho Pinto Filho

Milton Baptista Filho



Atribuição-NãoComercial-CompartilhaIgual  
CC BY-NC-SA

Esta licença permite copiar e redistribuir o material em qualquer suporte ou formato, permite remixar, transformar e criar a partir do material sob este mesmo tipo de licença.

### Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP) (Câmara Brasileira do Livro, SP, Brasil)

Baptista Filho, Milton  
Pocketlab : experimentos didáticos para o ensino  
de física apenas usando o smartphone / Milton  
Baptista Filho, Leandro Carvalho Pinto Filho ;  
ilustração Luisa Damasceno Passos. --  
Campos dos Goytacazes, RJ : Ed. dos Autores, 2023.

Bibliografia.  
ISBN 978-65-00-74218-3

1. Física - Estudo e ensino 2. Tecnologias  
digitais 3. Smartphones I. Pinto Filho, Leandro  
Carvalho. II. Passos, Luisa Damasceno. III. Título.

23-163588

CDD-530.7

### Índices para catálogo sistemático:

1. Física : Estudo e ensino 530.7

Tábata Alves da Silva - Bibliotecária - CRB-8/9253



# Sumário

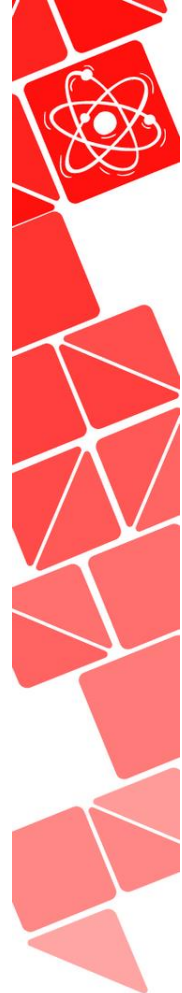
Apresentação .....	3
1. Introdução .....	5
2. Sensores em um smartphone .....	7
2.1. Conhecendo as características comuns de instrumentos de medida.....	11
3. Atividades com a câmera traseira .....	14
3.1. Analisando um movimento não acelerado .....	16
3.2. Analisando um movimento acelerado .....	20
4. Atividades com o acelerômetro .....	24
4.1. Analisando a aceleração de um objeto .....	25
5. Atividades com o campo magnético .....	28
5.1. Analisando o movimento de um motor elétrico.....	29
5.2. Analisando a transmissão de uma bicicleta .....	33
5.3. Analisando o movimento de um pêndulo simples.....	36
6. Atividades com o giroscópio .....	39
6.1. Determinando a velocidade de rotação de um cilindro.....	41
7. Atividades com o medidor de luminescência .....	45
7.1. Demonstrando a dependência exponencial da lei da Absorção Óptica .....	46
7.2. Determinando a cor de objetos .....	49
8. Atividades com o som .....	52
8.1. Determinando a velocidade do som no ar.....	53
8.2. Determinando a velocidade do som no ar .....	57
8.3. Determinando o tempo entre colisões inelásticas intermitentes.....	61
8.4. Determinando o tempo de queda livre de uma moeda .....	63
8.5. Experimento do Sonar.....	66
9. Atividades sobre a pressão atmosférica .....	71
9.1. Medindo a pressão atmosférica.....	73
9.2. Medindo a pressão relativa do ar .....	74
9.3. Experimento do Sino submerso .....	77
Bibliografia .....	79



## **Apresentação**

Os smartphones são uma tecnologia importante incorporada ao nosso cotidiano. Seus vários sensores são fonte de muitos dados físicos do seu entorno que não necessariamente nos respondem perguntas já existentes, mas trazem respostas a novas perguntas. Variados sensores podem ser uma grande oportunidade para a realização de experimentos e explorações científicas. Muitas crianças e jovens na atualidade têm acesso a um smartphone. Portanto o smartphone é um recurso usual e acessível que pode ser explorado no contexto da realização de experimentos didáticos seguindo a tendência do faça você mesmo e do traga seu aparelho. Por outro lado, as medidas produzidas pelos sensores de um smartphone são dados brutos, tipicamente ruidosos e flutuantes, portanto, inicialmente, dependentes de condições e metodologia para produzir dados coerentes e adequados a algum experimento que seja proposto.

A aprendizagem de ciências baseada na investigação e na exploração é um aspecto muito importante considerado nesta proposta. A investigação e exploração com o máximo de liberdade é um grande desafio metodológico, não sendo trivial sua efetiva implementação e implica na elaboração de hipóteses menos induzidas e a observação experimental. Obviamente, qualquer proposta educacional poderá carecer de orientações e caminhos para melhor condução, e se inclui também uma proposta baseada na investigação e exploração. Por outro lado, smartphones sendo plataformas prontas para aquisição de valores e sua pronta divulgação podem ser ferramentas potencialmente libertadoras no enfoque da livre investigação e exploração. Sejam experimentos pré-administrados como aqueles clássicos adotados em práticas de laboratório, sejam investigações empíricas, tal empoderamento instrumental talvez seja o maior capital da adoção tecnológica no enfoque didático e educacional.





Portanto, a construção deste trabalho tem como tarefa básica simplificar a realização de experimentos por meio da orientação básica de como utilizar smartphones na realização de experimentos didáticos em física. A sugestão de um caminho metodológico para construção de experimentos, com a intenção de menos interferir na liberdade da investigação e exploração científica, parte tão fundamental no pensamento desta proposta. Os roteiros foram separados de acordo com o sensor utilizado. A cada roteiro é sugerida uma classificação do perfil do roteiro: dedutiva, quando o roteiro tem potencial para exploração, e indutiva, quando segue a dinâmica experimental tradicional. Cada capítulo é iniciado com uma breve descrição do sensor utilizado, enfatizando que um mesmo sensor poderá pela criatividade de muitos desenvolvedores e pesquisadores ter usos menos convencionais para abordar conceitos físicos distintos.





## 1. Introdução

Em 2007, o primeiro Iphone foi lançado, o que trouxe uma grande revolução no sentido do acesso à informação individualizada e rápida. Inegavelmente, a interatividade e a atuação inteligente do aparelho ante às necessidades das pessoas promoveram uma grande mudança no hábito e nas possibilidades para comunicação e realização de tarefas. Parte desta interatividade e atuação inteligente deve-se a integração de alta capacidade de processamento dos softwares embarcados nestes aparelhos e da informação gerada em tempo real pelo grande número de sensores baseados em micro eletromecânica integrados na placa do aparelho.

Um smartphone pode representar autonomia na busca de informações, realização de cálculos, redação de textos ou simplesmente a comunicação via chamada telefônica e mensagens instantâneas. O funcionamento do aparelho e seu sofisticado sistema de interação com o usuário baseia-se em sensores rápidos e precisos para identificar a presença do usuário, a orientação espacial do aparelho e seu movimento, seja em rotação ou translação, com a funcionalidade de executar funções, como no caso de uma queda, na qual o aparelho desliga parcialmente algumas funções até a função que estabelece a orientação em porta retrato ou paisagem, conforme demanda do usuário. Este poderoso leque de sensores integrados, rápidos e precisos tornou-se um manancial de dados gerados apurando variáveis físicas da realidade local do aparelho.

Esta imensa capacidade em gerar dados de variáveis físicas tem aberto portas importantes para inserir o smartphone na produção e realização de experimentos didáticos em Física e Ciências da Natureza. Seu aspecto individualizado é um convite à autonomia criativa de professores e estudantes, em busca da inserção de práticas educacionais alinhadas com a investigação científica. Nos últimos dez



anos, uma produção acadêmica pujante de experimentos didáticos para o ensino de física vem se consolidando como um perfil de trabalho acadêmico que envolve desde a apresentação de novas formas de se apurar grandezas físicas até a releitura dos experimentos clássicos didáticos da física. O aspecto instantâneo da apuração de dados do smartphone muitas vezes sugere uma ação menos compromissada com a metodologia científica, podendo-se afirmar que quase uma brincadeira. Pensando na crítica do filósofo da Ciência, Karl Popper, a respeito dos meios que a ciência é construída e como experimentos didáticos seguem uma visão dedutiva dos conceitos físicos visando demonstrar os modelos matemáticos concebidos, somos estimulados a pensar em um padrão estabelecido. A utilização de smartphones, a viabilidade para a realização do experimento e o fato de que cada sujeito, seja estudante ou professor, possa em algum grau realizar determinado experimento com uma visão dedutiva do experimento, que é quando a testagem livre de hipóteses, encontra caminhos bastante variados que acabam direcionando a uma concepção do fenômeno investigado, visão tão destacada por Popper, como sendo uma ação conectada com o coração da descoberta científica.

Neste sentido, o smartphone é um recurso tecnológico acessível que traz versatilidade e viabilidade para experimentos em sala de aula. A volumosa produção acadêmica direcionada ao uso do smartphone como equipamento para realização de experimentos didáticos é algo sério, poderoso, viável e com um futuro muito promissor, o que nos faz ter a certeza de que este material poderá contribuir muito para a popularização do uso desta tecnologia na realização de experimentos nas mais distintas e variadas realidades de sala de aula.

## 2. Sensores em um smartphone

Os sensores presentes na estrutura de um smartphone tem variado sutilmente de geração em geração de aparelhos. No início do ano de 2022, utilizou-se o website <https://www.gsmarena.com/>, especializado em especificação de smartphones, para realizarmos uma busca em vinte modelos de aparelhos de distintos fabricantes nos restringindo a aparelhos de custo intermediário (na época da busca, durante o ano de 2022, aparelhos com custo até R\$1600,00). O resultado da busca é apresentado no gráfico da figura 1. O resultado (figura1) nos mostrou que a grande maioria dos aparelhos atuais no perfil de busca contém giroscópio, magnetômetro, sensor de proximidade e identificador de impressão digital. Alguns poucos modelos atualmente vêm equipados com o barômetro (o que se mostrou uma mudança de tendência, já que aparelhos mais antigos eram comumente equipados com este importante sensor).

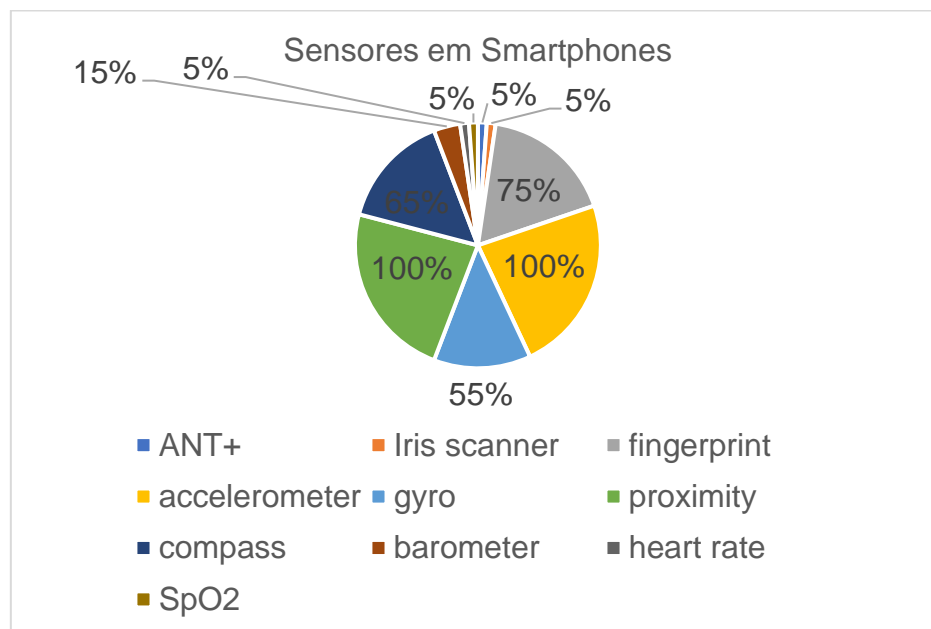


Figura 1: Gráfico em formato de pizza com o percentual de ocorrência de sensores distintos em smartphones

Para verificar quais os sensores presentes no aparelho bem como as especificações de cada sensor, instale o aplicativo gratuito "CPU X"

disponível para aparelhos baseados em Android e iOS. A seguir, na figura 2, temos a tela inicial do aplicativo. Os microfones do aparelho, embora sejam sensores importantes, não são listados como sensores periféricos do aparelho.

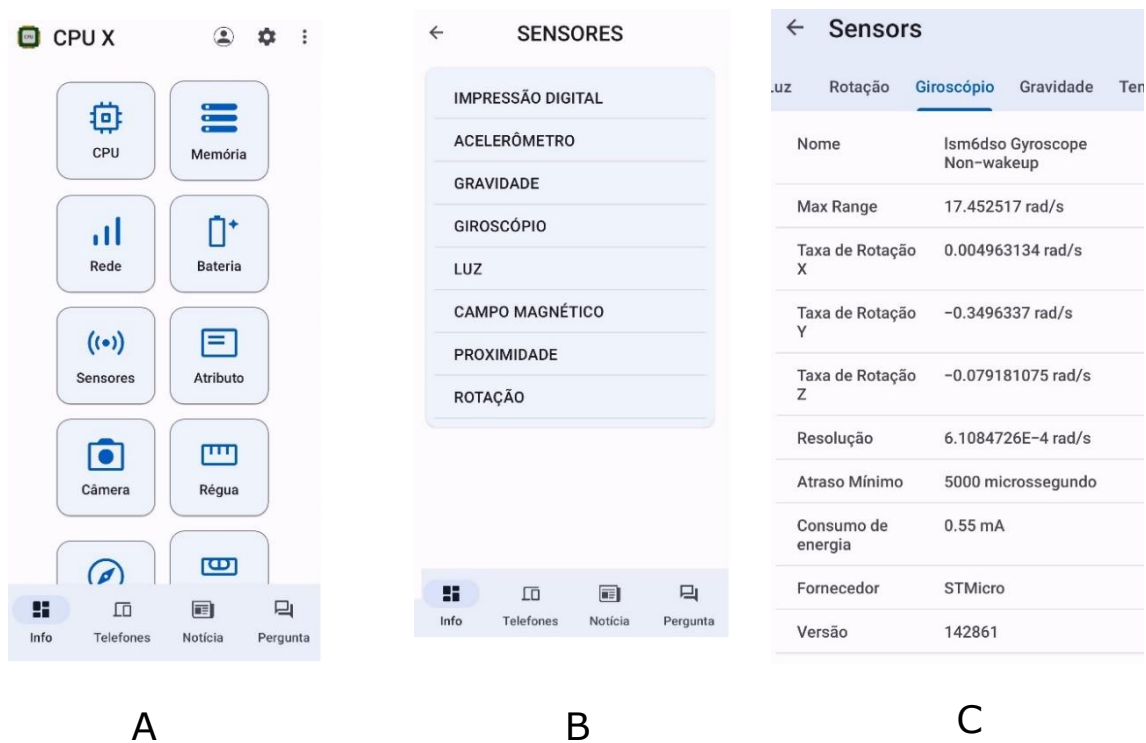


Figura 2: A) Tela inicial do aplicativo CPU X; B) Tela Padrão de Sensores; C) Aba do sensor Giroscópio.

Clicando no ícone “Sensores”, você será direcionado ao leque de sensores em funcionamento no seu aparelho, conforme ilustrado pela figura 2A. A tela da figura 2B é padrão e não necessariamente seu aparelho possui cada um dos sensores listados. Para verificar a atividade do sensor, você deverá acessar a aba específica do aparelho, conforme exemplificamos na figura 2C, acessando o giroscópio. A aba de cada sensor trará o máximo de detalhamento e especificação de cada sensor, incluindo o modelo em “Nome”, de onde você, conforme interesse, poderá buscar a especificação completa do sensor (na

versão para iOS o aplicativo na especifica as características instrumentais dos sensores).

Sobre os sensores que mais utilizaremos neste guia, traremos algumas definições básicas. Estes sensores são construídos baseados na tecnologia da microeletromecânica. Seu funcionamento ocorre conforme fundamentos da física, em escala microscópica e baseados em tecnologia construtiva e deposição de semicondutores em superfície. Há duas categorias gerais de sensores: sensores para grandezas vetoriais e sensores para grandezas escalares.

Entre os sensores para grandezas vetoriais, citamos:

**Magnetômetro:** dedicado a medidas do campo magnético em três dimensões (x, y e z), geralmente em  $\mu\text{T}$  (micro Tesla).

**Giroscópio:** dedicado a medidas de velocidade angular ou de rotação do corpo do aparelho, em três dimensões (três eixos de rotação), em radianos por segundo ( $\text{rad/s}$ ).

**Acelerômetro:** dedicado a medidas da aceleração do aparelho e do campo gravitacional, em três dimensões, em  $\text{m/s}^2$ .

**Rotação:** dedicado a medidas de orientação em relação ao alinhamento do aparelho com as direções (x, y e z) em relação ao campo gravitacional, indicando os ângulos de azimuth, rotação e inclinação.

Entre os sensores para grandezas escalares, citamos:

**Barômetro:** dedicado a medidas da pressão atmosférica, em hPa

**Microfone:** dedicado a medidas de pressão sonora, em decibel (dB)

**Luxímetro:** dedicado a medidas de intensidade luminosa, em Lux

Os aparelhos também fornecem informações secundárias elaboradas a partir dos sensores vetoriais listados acima. Ainda, especialmente para os sensores de grandezas vetoriais, uma vez que



quando você inicia a condução de alguns dos experimentos propostos por este guia, será bastante importante localizar no corpo do aparelho o sensor e se familiarizar com a disposição das direções conforme ilustramos na figura abaixo:



Figura 3: Posicionamento e orientação das direções detecção do magnetômetro.

## **2.1. Conhecendo as características comuns de instrumentos de medida**

Os instrumentos de medida são a base da observação experimental que fundamenta a construção da física. Cada ideia, hipótese e modelo que se consolida pode ter tido base na percepção apurada por determinações experimentais. Especialmente na construção da física clássica, a própria construção do método científico foi muito estimulada pelas muitas propostas de construção experimental, mesmo calcada em instrumentos rudimentares, na observação dos diferentes fenômenos naturais. O instrumento de medida é a base na definição de padrões comuns na ciência, como a própria definição de padrões de unidades de medidas e padrões comuns que nos permitem uma comunicação mais igualitária nas relações cotidianas, por exemplo, quando uma pessoa compra uma certa quantidade de alimento e ali tem a percepção de que houve uma negociação justa.

### **Objetivos**

Nesta atividade vamos utilizar as características comuns de instrumentos de medida a partir dos sensores de um smartphone.

**Perfil de análise:** Indutivista

### **Materiais e utensílios utilizados**

- Um smartphone com os aplicativos CPU X® e Phyphox® instalado
- Papel e caneta

### **Procedimento experimental**

1. Utilizar o aplicativo CPU X, na aba “Sensores” e explorar os diferentes sensores que seu smartphone possui, destacando as seguintes informações para cada sensor:





Sensores disponíveis	
<b>Escolha um dos sensores para informar os detalhes abaixo</b>	
Nome do modelo	
Max Range	
Resolução	

2. Utilizar o aplicativo *Phyphox* e explorar as diferentes propostas de experimento proposto na sua aba principal; Escolha um dos experimentos propostos no aplicativo, realize medidas e descreva o que foi feito no espaço abaixo.

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---

3. Idealizar um instrumento de medida baseado em componentes básicos, materiais do cotidiano, acessíveis, disponíveis por perto de você ou que precisem ser comprados. O instrumento idealizado precisa medir uma grandeza física de sua escolha (massa, tempo, comprimento, área, luminosidade, temperatura, etc). Utilize a Tabela 1 que contém características construtivas e de uso do instrumento utilizado para indicar sua percepção de cada atributo sugerido, seguindo a referência da escala Likert que segue a tendência de 1,



para pouco ou pior e 5, para muito ou melhor. As linhas a seguir são para utilização da apresentação de uma descrição do instrumento idealizado, incluindo forma de funcionamento, limites, precisão estimada, etc. Por fim, na área indicada no campo Desenho, proponha uma representação gráfica do seu instrumento, incluindo posição de uso e atributos físicos que possam ser representados sem grande complexidade.

Atributos	1	2	3	4	5
Custo					
Facilidade de manuseio					
Precisão					
Calibração					
Viabilidade					
Média de todos atributos					

Tabela 1: Atributos construtivo e de uso do instrumento de medida utilizado.

Desenho



### 3. Atividades com a câmera traseira

Neste capítulo, vamos utilizar os aplicativos que processam os dados obtidos pela câmera traseira do smartphone. Utilizaremos o aplicativo *Vid Analysis* (versão gratuita, *Free*) que utiliza a câmera do smartphone para registrar vídeos de um movimento. Os vídeos produzidos pela câmera são padronizados em um número específico de quadros por segundo (FPS – Frames per Second). O padrão mais usual é de 30 quadros por segundo. Porém, há possibilidade de instalar aplicativos para câmera que de acordo com o modelo do smartphone permitem adotar outros padrões como 60 e 120 quadros por segundo. O número de quadros por segundo é o primeiro parâmetro de precisão do aplicativo que afeta a incerteza nas determinações. O segundo parâmetro é o cuidado e a precisão do toque do usuário ao selecionar imagens. Seguindo o padrão de 30 quadros por segundo, ao produzir um vídeo de um objeto em queda de uma altura de 1m, você terá intervalos de tempo do fenômeno menores que meio segundo, portanto, em um quantitativo de quadros próximos a 15 quadros, o que na dinâmica de determinação de posicionamento do objeto para análise por meio do aplicativo significará algo em torno de 15 quadros conforme a definição da imagem permita identificar o objeto. Acessando [www.gsmarena.com](http://www.gsmarena.com) e informando o modelo do seu smartphone, você poderá saber se seu aparelho está habilitado a filmar em razão de quadros maior que 30 quadros por segundo.

No sentido conceitual, o uso do aplicativo nos levará a determinar os gráficos posição versus tempo e velocidade versus tempo. No caso do movimento não acelerado, ou seja, com velocidade constante, o gráfico posição versus tempo tem um padrão de reta inclinada. Já no caso do movimento acelerado, ou seja, cuja velocidade aumenta ou diminui durante a sequência do movimento, o gráfico velocidade versus tempo apresentará um padrão de reta inclinada. No entanto, o recurso de ajuste de curva do aplicativo permite sem grandes complicações

que uma parábola possa ser ajustada sobre o gráfico posição versus tempo. Este recurso é bastante interessante e funciona de forma totalmente manual de modo que irá requerer do usuário a inserção aproximada de valores que serão verificados a olho nu, corrigidos e ajustados. A experiência desta aplicação com estudantes do ensino médio mostrou-se bastante fluida e funcional, contando com participação ativa e importante dos estudantes.



### 3.1. Analisando um movimento não acelerado

Nesta proposta, o experimento utilizará um aplicativo baseado nas imagens adquiridas um vídeo feito com a câmera do seu smartphone. Sugerimos que **duas pessoas** realizem o experimento e desenvolvam a atividade. Uma das pessoas filmará o movimento de lançamento de um objeto que será realizado pela outra. Seguindo os passos indicados no aplicativo, uma análise detalhada do movimento produzido será realizada.

**Perfil de análise:** Indutivista

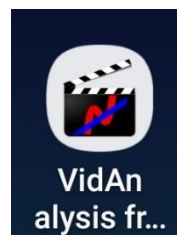
#### **Materiais e utensílios utilizados**

- Objeto que possa ser lançado da superfície de uma mesa
- Uma mesa ou bancada
- Smartphone com o aplicativo Vid Analysis Free® instalado
- Uma fita métrica

#### **Procedimentos**

Utilizando um smartphone, siga os passos descritos a seguir para ver como funcionará a dinâmica do aplicativo:

Passo 1: Utilizando um smartphone com o sistema operacional Android, busque na Google play o aplicativo "Vid Analysis Free" e instale-o.



Passo 2: Você utilizará o aplicativo e a câmera do smartphone para filmar um movimento, analisar o desenvolvimento de velocidade deste movimento e determinar se houve ou não a conservação da quantidade de movimento.

Situação proposta para filmar e analisar: Pegue um objeto que possa cair ao chão sem quebrar ou gerar danos. Posicione-o sobre uma mesa. Meça a altura ( $h$ ) do chão até a superfície da mesa. Anote.



Figura 4: Representação gráfica da mesa e indicação da sua altura.

Uma das pessoas deverá bater e lançar o objeto enquanto a outra, previamente, se posicionou com um bom enquadramento da câmera e filmou o movimento. Siga a sugestão da figura abaixo.

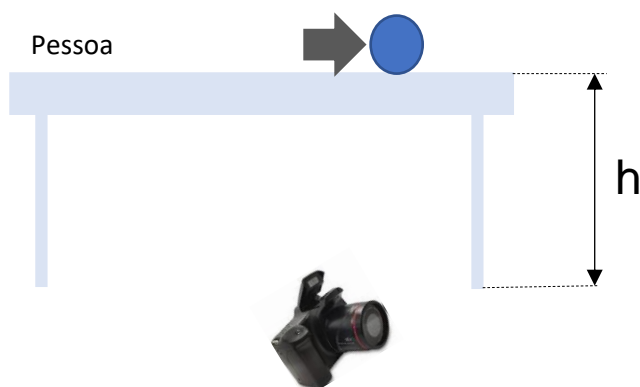
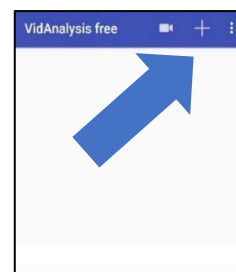
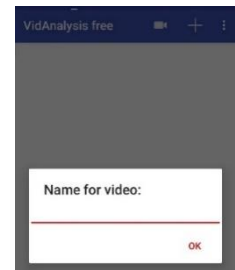


Figura 5: Representação gráfica da mesa com o objeto antes do lançamento e a indicação da câmera registrando o movimento.

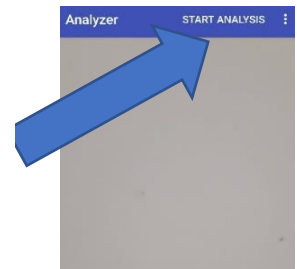
Passo 3: Antes do lançamento do objeto, na tela do aplicativo, clique no símbolo de uma câmera e fique a postos no início do lançamento. Procure iniciar a gravação no momento que a outra pessoa inicia o lançamento e procure finalizar o vídeo quando o objeto toca o chão evitando produzir um vídeo longo.



Passo 4: Clique em **OK**. Dê um nome ao vídeo e clique em **OK**.



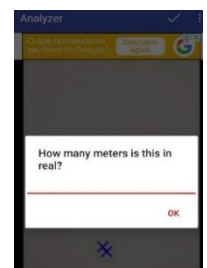
Passo 5: Arraste a tela até o vídeo e clique uma vez sobre ele. Clique em **Start Analysis**.



Passo 6: Clique no final da superfície da mesa onde o objeto passou até o chão, conforme indicação da figura abaixo.



Passo 7: Escreva em metros a altura medida entre os dois pontos indicados.



Passo 8: Arraste e posicione o cruzamento dos eixos x e y sobre o objeto.



Agora você deverá dar um clique sobre o objeto até que ele chegue ao chão. Clique em **Salvar**.

### **Análise dos dados**

O movimento observado apenas na direção horizontal, referente ao eixo X é um movimento que na presença do ar deixa de ser um movimento a velocidade constante. Por conta da baixa altura utilizada, os efeitos do ar podem ter sido pouco significativos para a redução da velocidade. Sugerimos a atenção para este detalhe.

Siga até a aba do gráfico **"Time-x-Velocity"** e anote a velocidade no tempo inicial (próximo a zero) e a velocidade final.

Observe também o comportamento ponto a ponto deste gráfico e reflita se seu padrão segue a tendência de uma reta horizontal.

### **Questões propostas**

A partir destes dados, poderíamos fazer uma boa estimativa da ação da resistência do ar sobre o movimento?

### 3.2. Analisando um movimento acelerado

Nesta proposta, o experimento utilizará um aplicativo baseado nas imagens adquiridas um vídeo feito com a câmera do seu smartphone. Sugerimos que **duas pessoas** realizem o experimento e desenvolvam a atividade. Uma das pessoas filmará o movimento de lançamento de um objeto que será realizado pela outra. Seguindo os passos indicados no aplicativo, uma análise detalhada do movimento produzido será realizada.

**Perfil de análise:** Indutivista

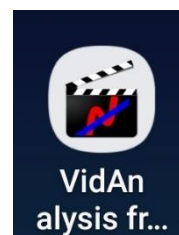
#### **Materiais e utensílios utilizados**

- Objetos (se possível de tamanhos e formatos variados) que possam ser lançados da superfície de uma mesa
- Uma mesa ou bancada
- Smartphone com o aplicativo Vid Analysis Free® instalado
- Uma fita métrica

#### **Procedimentos**

Utilizando um smartphone, siga os passos descritos a seguir para ver como funcionará a dinâmica do aplicativo:

Passo 1: Utilizando um smartphone com o sistema operacional Android, busque na Google play o aplicativo "Vid Analysis Free" e instale-o.



Passo 2: Você utilizará o aplicativo e a câmera do smartphone para filmar um movimento, analisar o desenvolvimento de velocidade deste movimento e determinar se houve ou não a conservação da quantidade de movimento.



Situação proposta para filmar e analisar: Pegue um objeto que possa cair ao chão sem quebrar ou gerar danos. Posicione-o sobre uma mesa. Meça a altura ( $h$ ) do chão até a superfície da mesa. Anote.



Figura 6: Representação gráfica da mesa e indicação da sua altura.

Uma das pessoas deverá bater e lançar o objeto enquanto a outra, previamente, se posicionou com um bom enquadramento da câmera e filmou o movimento. Siga a sugestão da figura abaixo.

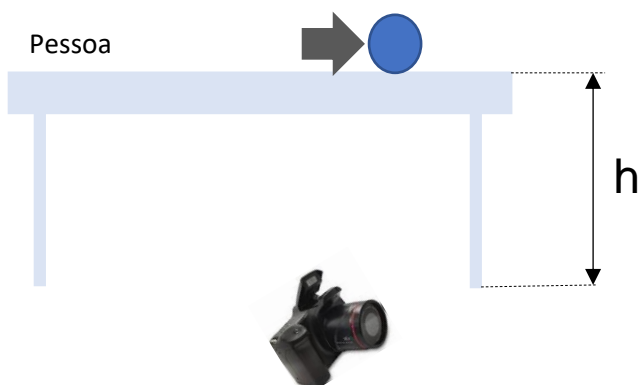
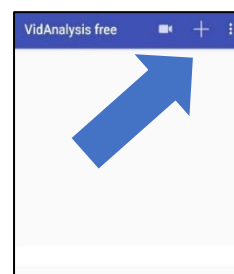
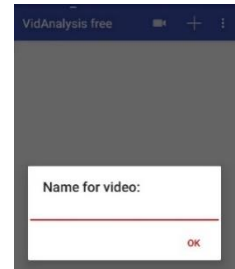


Figura 7: Representação gráfica da mesa com o objeto antes do lançamento e a indicação da câmera registrando o movimento.

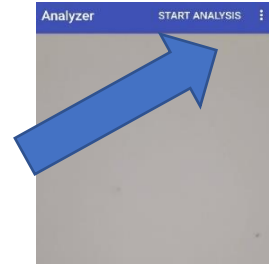
Passo 3: Antes do lançamento do objeto, na tela do aplicativo, clique no símbolo de uma câmera e fique a postos no início do lançamento. Procure iniciar a gravação no momento que a outra pessoa inicia o lançamento e procure finalizar o vídeo quando o objeto toca o chão evitando produzir um vídeo longo.



Passo 4: Clique em **OK**. Dê um nome ao vídeo e clique em **OK**.



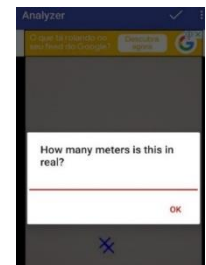
Passo 5: Arraste a tela até o vídeo e clique uma vez sobre ele. Clique em **Start Analysis**.



Passo 6: Clique no final da superfície da mesa onde o objeto passou até o chão, conforme indicação da figura abaixo.



Passo 7: Escreva em metros a altura medida entre os dois pontos indicados.



Passo 8: Arraste e posicione o cruzamento dos eixos x e y sobre o objeto.



Agora você deverá dar um clique sobre o objeto até que ele chegue ao chão. Clique em **Salvar**.

### **Análise dos dados**

O movimento observado na direção vertical, referente ao eixo Y é um movimento que na presença do ar acaba tendo atenuada a ação da aceleração da gravidade. Tipicamente, a resistência do ar é uma força dependente do formato e área frontal do objeto, da massa específica e a velocidade. Sendo assim, quanto maior a velocidade, mais resistência do ar o objeto sofrerá. Por conta da baixa altura utilizada, os efeitos do ar podem ter sido pouco significativos para a redução da velocidade. Sugerimos que você fique atento a este detalhe.

Siga até a aba do gráfico **"Time-y-Velocity"** e anote a velocidade no tempo inicial (próximo a zero) e a velocidade final.

Observe também o comportamento ponto a ponto deste gráfico e reflita se seu padrão segue a tendência de uma reta inclinada.

Siga até a aba do gráfico **"Time-y-Distance"** e anote a posição inicial no tempo inicial (próximo a zero) e a posição final.

Observe também o comportamento ponto a ponto deste gráfico e reflita se seu padrão segue a tendência de uma parábola ou semi-parábola.

### **Questões propostas**

A partir destes dados, poderíamos fazer uma boa estimativa da ação da resistência do ar sobre o movimento?

Compare os resultados obtidos para cada objeto. Reflita sobre o padrão gráfico de posição e velocidade para cada objeto se algum modelo matemático poderia justificar as diferenças observadas.



## 4. Atividades com o acelerômetro

O acelerômetro é um dos componentes micro eletromecânicos que compõe a estrutura de sensores de um smartphone. São componentes que medem aceleração, que é definida como a taxa de variação da velocidade de um objeto. A aceleração pode ser informada em  $m/s^2$  ou em termos da aceleração da gravidade local. Na estrutura deste componente, a ação de micro molas associadas a placas capacitivas compõe a forma principal para determinação da aceleração que pode se tratar da forma estática, quando a medida é sobre a aceleração da gravidade local ou dinâmica ou envolve deslocamentos do objeto. O acelerômetro é construído de forma a ser sensível a aceleração nas três direções, x, y e z, conforme ilustra o gráfico abaixo.

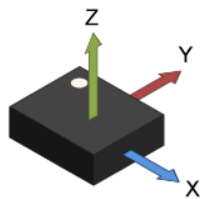


Figura 8: Referência das direções de influência sobre o sensor.

Fonte: < <https://www.st.com/resource/en/datasheet/lsm6dso.pdf> > Acesso em 03-23

O acelerômetro pode ser empregado na observação e medida de fenômenos de natureza mecânica bem variados. Uma situação prática bastante usual é a vibração. Neste tipo de situação, dentro da diversidade do conceito de vibração, uma expressão comum do dado obtido é o conjunto de variações no tempo, que costuma ser chamado de espectro de vibrações. A rotação e o movimento translacional também são situações de observação típica, em que um pulso ou mesmo um contínuo de aceleração constante ou quase constante são o dado principal informado.

## 4.1. Analisando a aceleração de um objeto

Sempre importante destacarmos que sendo o smartphone o meio de realização de medidas nestas atividades, em se tratando do acelerômetro, precisaremos que o smartphone esteja junto dos movimentos. Porém, o fato de smartphone estar em movimento será uma razão forte para que tenhamos o máximo de cuidados para que o aparelho não sofra risco de quedas e choques que possam vir a danificá-lo. Portanto como atividade inicial vamos propor analisar um movimento de translação do movimento sobre uma mesa lisa.

**Perfil de análise:** Dedutivista

### Objetivos

Mover o smartphone com um toque sobre uma mesa e analisar o padrão gráfico da aceleração em uma das três direções.

### Material utilizado

- Um smartphone com o aplicativo Phyphox® instalado
- Uma mesa lisa

### Procedimento Experimental

- Ligue o aplicativo
- Clique na opção acelerômetro (sem g)
- Apoie o smartphone sobre a mesa
- Clique para iniciar a medida
- Dê um leve toque no sentido do comprimento do aparelho para movê-lo (O resultado apresentado a seguir considerou um movimento realizado conforme a imagem abaixo)



Figura 9: Indicação da direção e sentido de movimento do aparelho.

- Finalize a medida

### Análise dos dados

Conforme tenha sido a direção de movimento do smartphone (comprimento, largura ou altura), a resposta do acelerômetro estará destacada no gráfico correspondente à medida nesta direção. No caso do exemplo que realizamos para a produção deste trabalho, o smartphone foi empurrado no sentido de seu comprimento, do fundo para cima. A figura abaixo mostra a medida da aceleração no eixo de direção correspondente ao comprimento do aparelho.

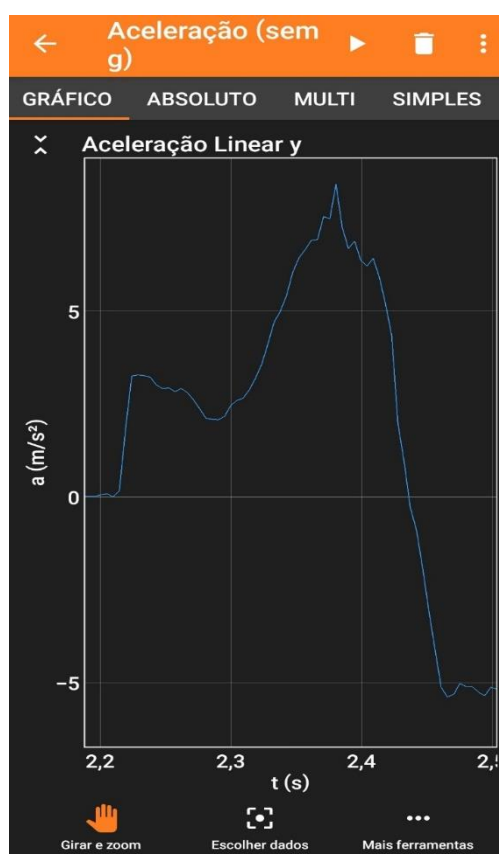


Figura 10: Gráfico aceleração versus tempo do instante 2,2 s até o instante 2,5 s.

Observe que entre os instantes 2,2 s e 2,4 s há indicação de aceleração de intensidade variada crescente até o máximo de 8,4  $\text{m/s}^2$

(não perceptível no gráfico apresentado), quando a aceleração varia intensidade decrescente, passa por um curto período de aceleração no sentido oposto até parar (instante 2,8 s).

No momento que o smartphone passa a não mais receber o toque do empurrão sua aceleração de intensidade positiva cessa. A aceleração de intensidade negativa que aparece no gráfico é devido ao processo de frenagem causado pelo atrito entre a superfície e a parte traseira do smartphone.

### **Perguntas**

1. Se fosse possível realizar uma boa estimativa da área compreendida entre o eixo do tempo e a linha azul do gráfico, este valor teria sentido físico? Se sua resposta foi positiva, qual grandeza esta informação representa?

2. Qual seria a distinção entre a área do sentido positivo e do sentido negativo?



## 5. Atividades com o campo magnético

Em 1879, o cientista Edwin Hall descobriu que, se um ímã é colocado perpendicularmente a um condutor com um fluxo constante de corrente, os elétrons que fluem dentro do condutor são puxados para um lado, criando assim uma diferença de potencial elétrico. O efeito Hall, então, é indicativo da presença e magnitude de um campo magnético próximo a um condutor. Portanto, um sensor de efeito Hall é um dispositivo eletrônico projetado para detectar o efeito Hall e fornecer uma medida de um campo magnético variável. Os sensores de efeito Hall não dependem de contato com os meios condutores, o que significa que eles não precisam entrar em contato com um elemento físico. Eles podem produzir um sinal digital (ligado e desligado) ou analógico (contínuo), dependendo de seu design e função pretendida.

O magnetômetro de um smartphone geralmente é um sensor Hall instalado em uma parte da placa principal do aparelho. Sua atribuição principal é ser sensível a campo magnético em níveis variados, incluindo o campo magnético terrestre. Este sensor pode ter funções secundárias no funcionamento do aparelho, uma delas sendo utilizar o campo magnético terrestre como orientação e o aparelho funcionar como uma bússola.

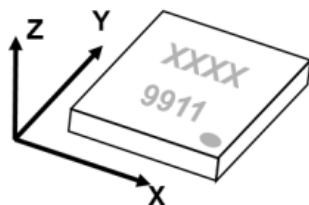


Figura 11: Referencial de direções do sensor.

Fonte: < <https://pdf1.alldatasheet.com/datasheet-pdf/download/917546/AKM/AK09911.html> > Acesso em: 03-2023



## 5.1. Analisando o movimento de um motor elétrico

Neste experimento vamos precisar de um aparelho elétrico doméstico. Sugerimos um ventilador de mesa.

**Perfil de análise:** Dedutivista

### **Materiais e utensílios utilizados**

- Ventilador de mesa
- Smartphone com o aplicativo Phyphox® instalado

### **Procedimentos**

O smartphone deverá ser posicionado sobre a carcaça plástica do motor conforme a foto abaixo.



Figura 12: Smartphone posicionado sobre a proteção plástica do motor e paralelo a comprimento do rotor.

Ligue o aplicativo Phyphox® na função **Magnetômetro** na aba **Gráfico**.

Clique em **Iniciar** conforme apontado na figura abaixo.



Sugestão: Para sua comodidade, caso seja possível utilizar um computador, sugerimos utilizar o acesso remoto que o aplicativo disponibiliza para acompanhar melhor os resultados obtidos.



O experimento será conduzido da seguinte forma:

- Ainda não ligue a aquisição do aplicativo, apenas deixe pronto para ser acionado
- Deixe posicionado o botão de ajuste de velocidade na velocidade menor ou na intermediária
- Ligue a tomada a energia elétrica e aguarde uns 10 segundos
- De o início da aquisição no aplicativo e desligue o ventilador na tomada
- Aguarde até o rotor parar de girar
- Encerre a aquisição pelo aplicativo

### **Analizando os resultados**

Ao realizar a aquisição do campo magnético com o ventilador ligado a rede elétrica, determinaríamos o campo produzido pela rede elétrica. Este campo é muito mais forte que o campo magnético dos ímãs permanentes do motor. A rede elétrica funciona sob uma frequência específica, a frequência de 60 Hz, que será predominante no sinal adquirido enquanto o ventilador estiver ligado. Por isto, foi sugerido fosse desligado o ventilador puxando a tomada, para que pudéssemos adquirir apenas o campo dos ímãs permanentes e assim tivéssemos acesso ao movimento puro destes ímãs e um melhor discernimento sobre a velocidade do rotor.

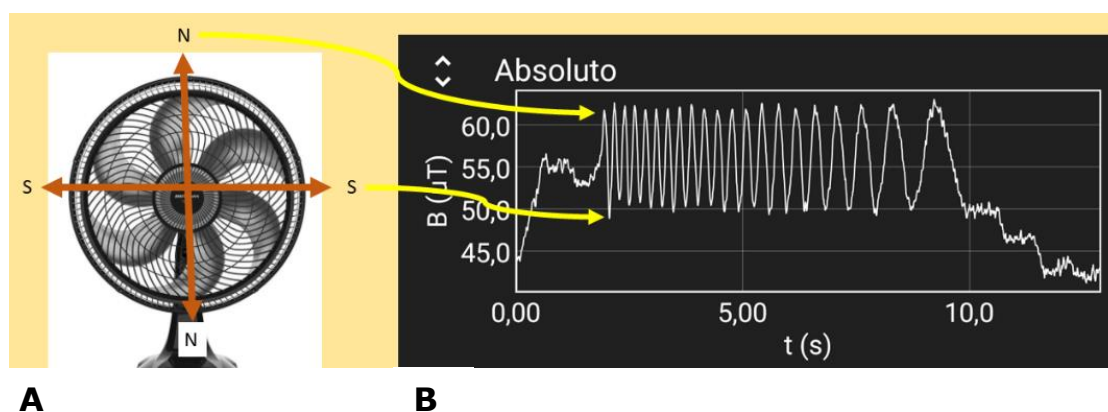



Figura 13: A) Imagem ilustrativa da parte frontal do ventilador e as direções de campo induzido identificadas a partir do sinal do magnetômetro. B) Gráfico campo magnético ao longo do tempo imediatamente após o ventilador ser desligado diretamente na tomada.

No resultado apresentado acima, fizemos uma identificação prévia da polaridade do campo de cada posição do rotor. Esta atividade foi conduzida com o ventilador desligado e a tomada desconectada da energia elétrica. A proteção frontal do ventilador foi retirada. O campo magnético foi medido enquanto o rotor era girado manualmente até completar uma volta. Desta forma, identificamos que cada intervalo entre um pico e um vale equivaleriam a um quarto de volta. O intervalo de tempo entre o primeiro pico e o segundo vale seria o tempo de uma volta completa.

## Conclusão



O sentido deste experimento foi trazer uma proposta para estimular a exploração científica e tecnológica. A compreensão do funcionamento das tecnologias é uma habilidade importante nas diretrizes curriculares atuais. Com a atividade proposta, pudemos verificar que existe campo magnético permanente na parte interna do rotor de um motor elétrico. Realizando uma busca em sites especializados em motores elétricos, identificamos que se tratam de uma categoria de motores chamado motor de polo sombreado. Com os demais dados obtidos em função do tempo, identificamos a velocidade inicial do rotor no momento em que a energia é suspensa e pudemos observar através do campo elétrico o movimento do rotor sendo reduzido ao longo do tempo até estar cessado.

## 5.2. Analisando a transmissão de uma bicicleta

Neste experimento vamos precisar de um ímã permanente, destes que você consegue encontrar em sucata, especialmente, em alto-falantes velhos e sem utilização. Ímãs de geladeira poderão ser empregados também, porém, pode ser que o sinal gerado no sensor seja fraco.

**Perfil de análise:** Indutivista

### Materiais e utensílios utilizados

- Ímã
- Fita adesiva
- Smartphone com o aplicativo Phythox® instalado

### Procedimentos

Utilize a fita adesiva para fixar o ímã próximo a borda da roda como na figura abaixo. Posicione e fixe o smartphone em um local e posição segura conforme sugerido na figura.



Figura 14: Foto de uma bicicleta onde foi afixado um ímã na parte interna do raio da roda traseira. O smartphone foi posicionado com a parte superior, onde fica situado o magnetômetro.

Ligue o aplicativo Phythox® na função **Magnetômetro** na aba **Gráfico**.

Clique em **Iniciar** conforme apontado na figura abaixo.



Sugestão: Para sua comodidade, caso seja possível utilizar um computador, sugerimos utilizar o acesso remoto que o aplicativo disponibiliza para acompanhar melhor os resultados obtidos.

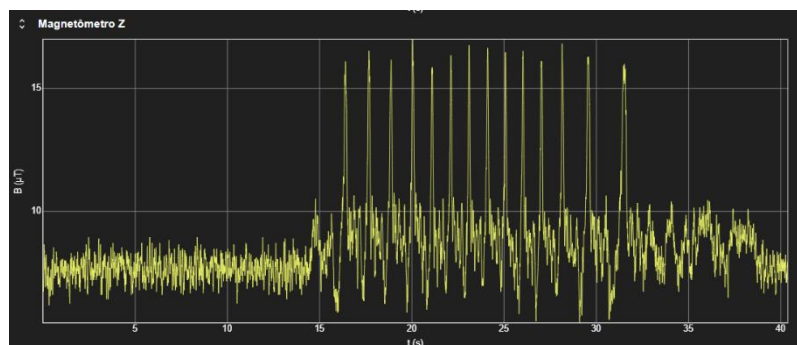


Gire o pedal dando duas voltas e clique em pausar

Compartilhe a tela ou exporte os dados clicando nos três pontos da lateral direita do aplicativo.

### Analizando os resultados

Observe os gráficos produzidos, especialmente do eixo Z e conte o número de picos (pulsos gerados), conforme o exemplo abaixo:



Começando a contagem a partir do primeiro pico, cada novo pico contabilizará uma nova volta que a roda da bicicleta completou.

Analizando os fundamentos da transmissão do Movimento Circular Uniforme e os dados do exemplo acima no exemplo, poderemos concluir:

$$\omega_{Coroa} \cdot R_{Coroa} = \omega_{Pinhão} \cdot R_{Pinhão}$$

$$\frac{R_{Coroa}}{R_{Pinhão}} = \frac{2}{11}$$

### **Questões propostas**

Verifique o resultado para a relação Coroa-Pinhão obtido do seu experimento. Obtenha mais resultados utilizando combinações de coroa e pinhão diferentes da proposta aqui.





### 5.3. Analisando o movimento de um pêndulo simples

Neste experimento vamos precisar de um ímã permanente, destes que você consegue encontrar em sucata, especialmente, em alto-falantes velhos e sem utilização. Ímãs de geladeira poderão ser empregados também, porém, pode ser que o sinal gerado no sensor seja fraco.

**Perfil de análise:** Indutivista

#### **Materiais e utensílios utilizados**

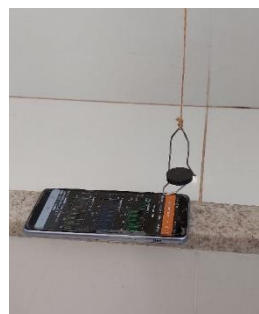
- Ímã
- Fita adesiva
- Fio de tecido, fibra, barbante de cerca de 2,0 m
- Clipe metálico de afixar papel
- Smartphone com o aplicativo Phyphox® instalado

#### **Procedimentos**

Utilize o clipe metálico para montar um suporte para o ímã conforme sugerido na imagem abaixo. Amarre o fio a ponta do clipe metálico e afixe-o acima de uma porta ou vão livre do local onde você esteja. Posicione a parte superior do smartphone logo abaixo da posição do ímã conforme sugerido na imagem abaixo.



**A**



**B**

Figura 15: A) Ímã fixado pelo clipe metálico, B) Smartphone posicionado abaixo do ímã.



Ligue o aplicativo Phypox® na função **Magnetômetro** na aba **Gráfico**.

Clique em **Iniciar** conforme apontado na figura abaixo.



Sugestão: Para sua comodidade, caso seja possível utilizar um computador, sugerimos utilizar o acesso remoto que o aplicativo disponibiliza para acompanhar melhor os resultados obtidos.



Clique para iniciar a leitura do aplicativo, puxe levemente o ímã e observe o movimento de ida e volta durante algumas vezes. Pare a medida e analise o gráfico produzido. Compartilhe a tela ou exporte os dados clicando nos três pontos da lateral direita do aplicativo.

### Analizando os resultados

Observe os gráficos produzidos, especialmente do eixo Y e conte o número de picos (pulsos gerados), conforme o exemplo abaixo:

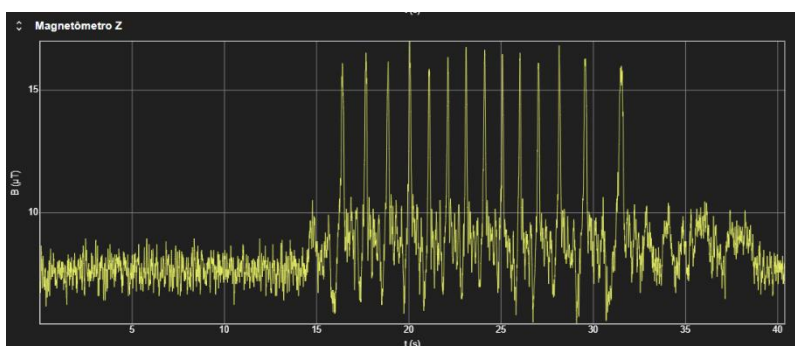



Figura 16: O gráfico exibe o sinal gerado na direção Z, paralelo ao comprimento do aparelho.



O máximo de cada pico foi estabelecido enquanto o ímã estava sobre o smartphone. O período,  $T$ , é o tempo de um ciclo completo, desde a posição inicial, indo ao extremo e retornando à posição inicial. Uma vez que a posição inicial tem intensidade de campo menor que a posição acima do ímã, poderemos perceber que o intervalo de tempo entre o centro de cada três picos nos informará o tempo de um ciclo completo.

O período  $T$  do pêndulo simples se relaciona ao comprimento do fio e a gravidade através da expressão:

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

Desta forma, poderemos determinar o valor da aceleração da gravidade sabendo-se do valor medido do comprimento do fio,  $L$  e do período,  $T$ , medido pelo aplicativo:

$$g = 4\pi^2 \frac{L}{T^2}$$

### **Questões propostas**

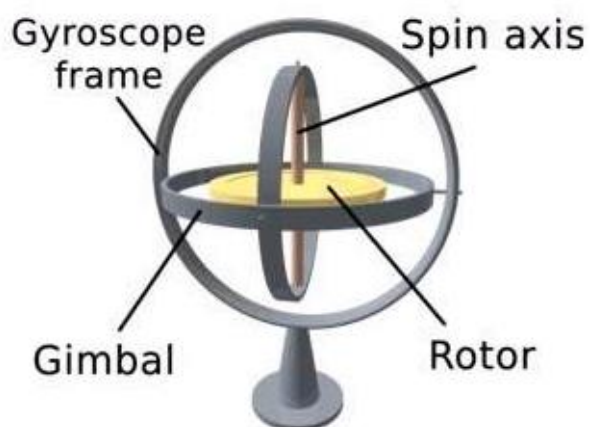
O valor obtido para a aceleração da gravidade é quantos por cento diferente do valor padrão adotado de  $9,8 \text{ m/s}^2$ ?

## 6. Atividades com o giroscópio

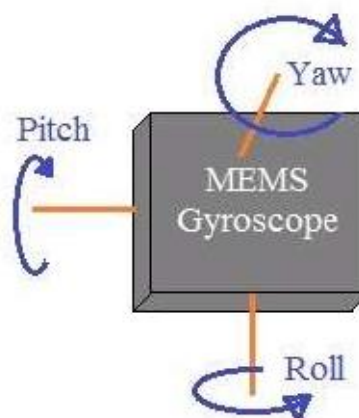
Um giroscópio é um equipamento mecânico dotado de um disco afixado a um rotor. Este rotor fica acoplado a uma estrutura em forma de arco fechado, que fica afixado a uma segunda estrutura que fica afixada a uma terceira estrutura mais externa que está afixada a base do equipamento. Qualquer ação externa sobre a estrutura acaba por resultar em torque e alteração no momento angular do rotor central nas três direções de rotação (Graus de liberdade). No sentido mecânico e analógico, um giroscópio é sensível a ações externas e por isto é largamente utilizado em situações de movimento uma orientação objetivo do objeto em movimento carece de um referencial fixo e visual (figura a seguir).

Com o desenvolvimento de giroscópios baseados em sensores microeletromecânicos, uma geração de sensores com produção eletrônica de dados integrados a aparelhos diversos foi criada e aqui destacamos sua inserção na forma de componente montado em superfície (SMD – Surface Mount Device) na placa de smartphones. Na figura a seguir apresentamos de forma ilustrativa a concepção gráfica de A) um giroscópio puramente mecânico e analógico e B) um giroscópio (imagem ampliada) na forma microeletromecânica. O giroscópio no smartphone revela o dado bruto sobre a velocidade de rotação (também chamada fisicamente de velocidade angular) nos três eixos de rotação conforme descrito na figura B.





A



B

Figura 17: A) Representação gráfica de um giroscópio mecânico; B) Representação gráfica de um giroscópio microeletromecânico.

## 6.1. Determinando a velocidade de rotação de um cilindro

Movimento circular uniforme (MCU) é aquele cujo um objeto se move ao longo de uma trajetória circular de raio constante. Nesse tipo de movimento, tanto a velocidade escalar quanto a velocidade angular são constantes, mas o movimento é acelerado, uma vez que nesse tipo de trajetória é necessário que haja uma aceleração, a qual aponta na direção do raio, sempre com sentido ao centro da curva, chamada de aceleração centrípeta.

Uma vez que a trajetória percorrida no MCU é circular, o espaço percorrido ( $\Delta S$ ) pelo objeto pode ser calculado a partir de um arco de circunferência, de modo que uma volta completa tenha comprimento igual a  $2\pi R$ , em que  $R$  representa o módulo do raio dessa circunferência.

A velocidade escalar  $v$  do movimento circular uniforme, por sua vez, é calculada pela razão entre o espaço percorrido ( $\Delta S$ ) e o intervalo de tempo ( $\Delta t$ ), conforme a seguinte equação:


$$v = \frac{\Delta S}{\Delta t} \rightarrow \Delta S = 2\pi R \therefore v = \frac{2\pi R}{\Delta t}$$

Na fórmula acima, é possível separar as grandezas angulares das grandezas espaciais. Fazendo isso, obtém-se outra fórmula para a velocidade escalar. Tal fórmula mostra que o módulo da velocidade escalar em que a partícula se move pode ser calculado a partir do produto entre a velocidade angular ( $\omega$ ) e o raio da trajetória ( $R$ ).

$$v = \frac{2\pi R}{\Delta t} \rightarrow \omega = \frac{2\pi}{\Delta t} \rightarrow v = \omega R$$

A velocidade angular comumente é chamada de frequência angular e também de pulsação. Sua unidade de medida é o radiano por segundo (rad/s). Entretanto, uma vez que o radiano é uma medida de ângulo, e não uma grandeza física, a unidade de medida da velocidade angular, a rigor, é o  $s^{-1}$ , que equivale ao hertz (Hz).





A velocidade angular relaciona-se ainda com outras duas importantes grandezas para os movimentos circulares: frequência (f) e período (T). A frequência, cuja unidade de medida também é o Hz, indica a quantidade de rotações que uma partícula realiza a cada segundo, enquanto o período indica o tempo necessário para essa partícula percorrer uma volta completa. Dessa maneira, frequência e período são grandezas inversamente proporcionais e relacionadas entre si.

$$\omega = \frac{2\pi}{T} \leftrightarrow \omega = 2\pi f \rightarrow f = \frac{1}{T} \leftrightarrow T = \frac{1}{f}$$

**Perfil de análise:** Indutivista

### **Objetivos**

Determinação do período e frequência de um objeto circular em movimento, utilizando a velocidade escalar fornecida pela opção cilindro disponível no aplicativo Phyphox®.

### **Material utilizado**

Para esse experimento será necessário o uso de um tubo (PVC, lata, papel toalha e etc), uma régua ou fita métrica e papel.

### **Procedimento Experimental**

- Abra o aplicativo do Phyphox® e selecione a opção de Cilindro.
- Em opções, clique em "Permitir acesso remoto".
- Com o URL disponível, abra o link em outro aparelho ou notebook para iniciar o experimento quando o smartphone estiver dentro do cilindro.
- Posicione o smartphone dentro do cilindro a ser utilizado.
- Coloque papel em volta do smartphone para preencher o cilindro de forma que não danifique seu aparelho.
- Realize a medição do diâmetro do cilindro em cm e divida o valor encontrado por dois para obter o raio.

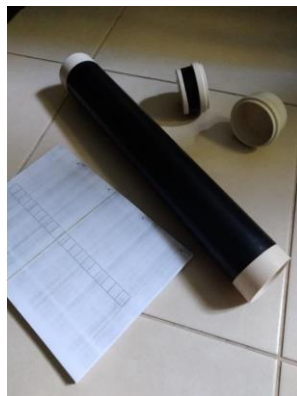


Figura 18: Canudo utilizado na preparação desta atividade.

## Execução do experimento

- Meça o raio do cilindro e insira o valor na opção de “raio do tubo”.

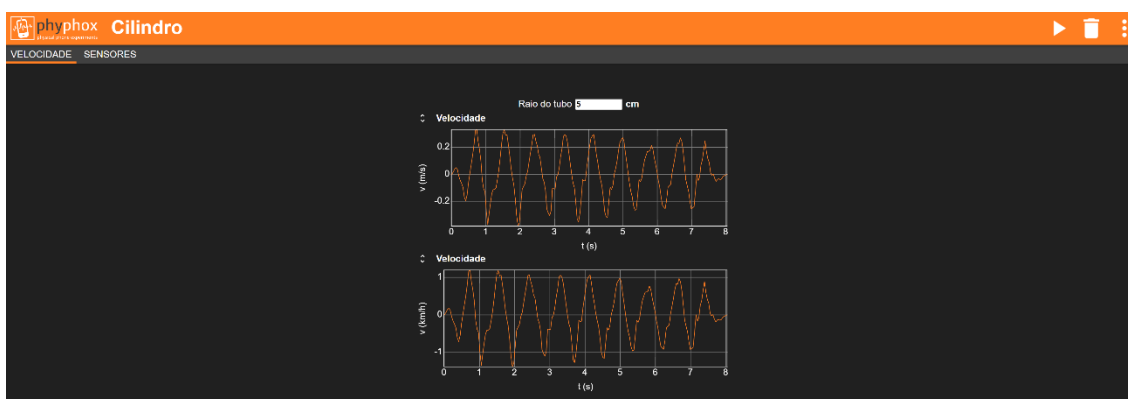


Figura 19: A tela de exibição do navegador no notebook com o gráfico Velocidade e o campo Raio do tubo, dado em centímetros.

- Utilize o segundo smartphone ou notebook e a partir dele, inicie a medida.
- Aplique uma força para que o cilindro rotacione.
- Selecione um intervalo de tempo do gráfico e utilize a velocidade angular escolhida para realizar a atividade proposta.

## Atividade dos dados

Com os dados obtidos em relação a velocidade angular do cilindro em movimento, utilizando a fórmula  $\omega = \frac{2\pi}{T} \leftrightarrow \omega = 2\pi f$ , encontre o período e a frequência desse movimento. Considere  $\pi = 3,14$ .

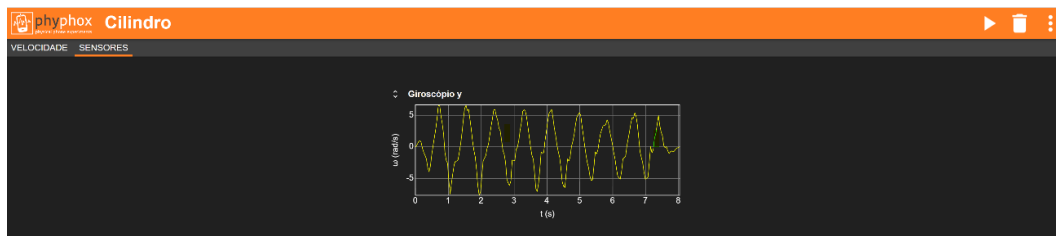


Figura 20: Gráfico da velocidade angular em função do tempo.



## 7. Atividades com o medidor de luminescência

As medidas de luminosidade e das características da luz serão realizadas a partir de dois sensores do smartphone: o luxímetro, que trará uma medida sensível da intensidade luminosa e a câmera traseira, que mostrará um meio preciso e seletivo para qualificar cor e sua associação ao padrão RGB (Red, Green e Blue). Na primeira sequência de atividades, utilizaremos as funcionalidades do aplicativo Phyphox®. Na segunda sequência, utilizaremos o aplicativo *Colometer* (<http://www.vistechprojects.com/>). O aplicativo está disponível para os sistemas Android e iOS e se dedica a identificar a cor de um objeto focado na mira indicada na tela do aplicativo. A cor identificada é apresentada no padrão RGB (*Red, Green, Blue*) que é o padrão de codificação utilizado em dispositivos. Importante constar que nossa visão se baseia em um sistema semelhante para captação de fótons de luz, com uma estrutura composta células chamadas cones, dedicadas a definição de cor, com captação de fótons em nível de energia compatível com as cores vermelho, verde e azul.





## 7.1. Demonstrando a dependência exponencial da lei da Absorção Óptica

Neste experimento, vamos utilizar o sensor de luminosidade do smartphone para medir a diminuição da incidência luminosa proveniente de uma lâmpada quando uma amostra líquida é colocada no caminho da luz. A absorção óptica é o fenômeno que ocorre nestas situações e a Lei de Lambert-Beer é a que define o modelo matemático que melhor representa este fenômeno, cujos parâmetros chave para a absorção são o caminho óptico e a absorbância ou coeficiente de absorção da substância para cada comprimento de onda.

**Perfil de análise:** Indutivista

### **Materiais e utensílios utilizados**

- Um Smartphone com o aplicativo Phyphox®
- Um copo plástico para dosagem de remédio em solução oral
- Uma lâmpada led
- Uma seringa
- Uma dose de café coado
- Um copo com água

### **Procedimentos**

Inicialmente, você precisará localizar no seu smartphone a posição do medidor de luminosidade. É comum que ele esteja na parte superior da tela. A lâmpada utilizada precisará estar o mais próximo possível do sensor.

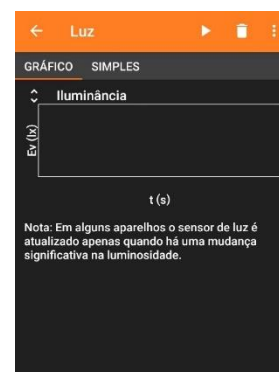


Figura 21: Ilustração gráfica do posicionamento do smartphone com o porta-amostras e a fonte de luz.

Na tela do Phyphox®, localize a função “Luz”. Ao clicar no símbolo do triângulo, o aplicativo começará a adquirir a luminosidade local. Será bastante importante não ter outras fontes de luz ligadas além da lâmpada utilizada.




Com o aparelho apoiado em uma superfície, mova-o até o obter o melhor sinal de forma a obter assim o melhor alinhamento com a lâmpada. Anote este valor.



Posicione o porta-amostra sobre o sensor, com seu centro alinhado a ele. Anote o valor obtido. Defina um volume de amostra líquida que você utilizará ao longo do experimento, por exemplo 3 ml. Comece por uma amostra de 3 ml de água pura. Meça o valor e anote. Limpe o porta-amostra e faça a medida de outras três amostras de misturas de água pura e café coado. Lembre-se de sempre obter uma amostra final com o mesmo volume de 3 ml. Na tabela abaixo sugere-se algumas combinações de dose.

### Analizando os resultados

Com os procedimentos indicados na seção anterior, teremos uma sequência de dados de Intensidade luminosa *versus* Concentração da



solução. Para análise dos dados, sugere-se organizar os dados a partir da tabela abaixo:

Intensidade Luminosa (Lux)	Volume de água (ml)	Volume de Café coado (ml)	Concentração (%V/V)
	3	0	0
	2,0	1,0	33
	1,5	1,5	50
	0,5	2,5	83
	0	3	100

Tabela 2:Doses de água e café coado e o percentual Volume por Volume composto.

A Lei de Lambert-Beer é definida a partir da queda da intensidade ocorrida pela absorção da luz pela substância. De forma que sendo  $I_0$  a intensidade luminosa pré-incidente a substância e  $I$  a intensidade luminosa medida pelo sensor, temos:

$$I = I_0 \cdot e^{l \cdot \alpha}$$

A letra  $l$  representa o comprimento atravessado pela luz através da substância que chamamos também de caminho óptico e  $\alpha$  é coeficiente de absorção óptica que representa o tanto que a substância absorve da luz em cada comprimento de onda.

Monte o gráfico intensidade *versus* concentração que deverá apresentar uma tendência exponencial. Para facilitar a produção do gráfico e uma análise mais detalhada sugerimos recorrer ao aplicativo livre SciDavies (<https://sourceforge.net/projects/scidavis/>).

## 7.2. Determinando a cor de objetos

Nesta atividade utilizaremos o aplicativo *Colometer*® para a determinação de cores de objetos. O aplicativo utiliza a sensibilidade da câmera traseira do aparelho para detectar os fótons refletidos pelo objeto e associa a cor identificada ao padrão de codificação RGB. De fato, tipicamente os sensores disponíveis detectam os fótons a partir de unidades de fotodiodo especializadas em um comprimento de onda central para cada uma das cores. O que temos em mente como cor é algo razoavelmente pessoal e por isto existem padrões para definir de forma generalizada o que significa cada tom de cor a partir do comprimento de onda medido. Existem várias formas de associar o código de cores que associa o sistema RGB e o comprimento de onda. Esta questão é muito importante em várias áreas como as artes e arquitetura, na qual uma cor é representada pelo padrão de RGB ou mesmo uma codificação em contagem hexadecimal.

**Perfil de análise:** Dedutivista

### **Materiais e utensílios utilizados**

- Objetos variados no local onde você se encontra
- Smartphone com o aplicativo *Colormeter*®

### **Procedimentos**

- Escolha um objeto para analisar sua cor
- Coloque em duas condições: em um ambiente bem iluminado; em um ambiente com menor iluminação
  - Aponte a câmera para a parte do objeto desejado utilizando a cruz central na tela para focar de forma exata no objeto desejado
  - Anote os valores do padrão RGB
  - Aplique os valores no site: <https://405nm.com/color-to-wavelength/> e anote o comprimento de onda em nanômetros identificado.



- Compare os valores RGB e do comprimento de onda para as duas situações propostas.

## Resultados

A figura abaixo apresenta o teste que fizemos seguindo os procedimentos indicados na seção anterior. A figura apresenta dois registros da tela do smartphone respectivamente nas situações indicadas no procedimento. Em cada uma das imagens, no canto esquerdo superior você poderá observar a sequência de código RGB identificado e seu análogo na formatação hexadecimal.



Figura 22: Tela do aplicativo em uso com o objeto escolhido em um ambiente bem iluminado com a luz do dia e com o objeto em um ambiente próximo, porém menos iluminado.

A cor que observamos de um objeto é fruto da luz que o corpo reflete de forma difusa. As características da luz refletida dependem dos aspectos da luz que chegou até o objeto. Em um ambiente menos

iluminando, não apenas a intensidade da luz incidente pode ser diferente, quanto a percepção de cor pode ser diferente, o que fica evidente quando comparamos a sequência de código RGB e o comprimento de onda gerado a partir do código fornecido (614 nm e 620 nm, respectivamente).



## 8. Atividades com o som

As medidas de som do smartphone são viáveis a partir do seu aparato de microfones, responsáveis pela captação de som nas gravações de áudio e chamadas telefônicas e via aplicativos de mensagem instantânea e pelos alto-falantes responsáveis pela reprodução de som restrito durante as chamadas (em contato com auréola auricular) ou em viva voz com propagação em alta intensidade. Por conta do avanço tecnológico qualquer aparelho smartphone comum possui microfones e autofalantes de alta qualidade na aquisição e reprodução do som, o que faz deste aparato bastante habilitado a realizar medidas sonoras de alta qualidade, sempre no espectro audível, entre 20 Hz e 20kHz.





## 8.1. Determinando a velocidade do som no ar

Neste experimento vamos utilizar dois smartphones o primeiro com o aplicativo Spectroid® instalado e o segundo com o aplicativo Gerador de Frequência. No aparelho com o aplicativo Gerador de Frequência será utilizada a função “Varredura” para gerar frequências de 100 a 4000 Hz.

**Perfil de análise:** Dedutivista

### Objetivos

Relacionar experimentalmente as frequências de ressonância estimadas pelo modelo.

### Materiais e utensílios utilizados

- Um Smartphone com o aplicativo Spectroid®
- Um Smartphone com o aplicativo Gerador de Frequência
- Um trena ou fita métrica
- Um cano de PVC, plástico ou metal, desde que seja feito de material rígido

### Procedimentos

Será importante encontrar um local com o mínimo de ruído ambiente. A reflexão do som nas paredes poderá gerar eco e ruído. Um local aberto poderá reduzir este efeito. A figura ao lado mostra a tela do aplicativo Gerador de Frequência, na aba Varredura.





Figura 23: Tela do aplicativo Spectroid® na aba Varredura.

Sugerimos que o aplicativo seja configurado com dados semelhantes à figura. Este aparelho deverá ter seu alto-falante posicionado perto do tubo que deverá estar com as suas extremidades abertas. O outro aparelho utilizando o aplicativo Spectroid® deverá ser posicionado bem próximo a abertura do tubo ou mesmo encaixado a ela. À medida que a varredura for realizada, picos de frequência aparecerão na tela do aplicativo Spectroid® instalado no outro aparelho.

### **Analisando os resultados**

A figura abaixo mostra a tela do aplicativo Spectroid® após o término da varredura. Perceba que vários picos aparecem em vermelho, na linha superior da tela.

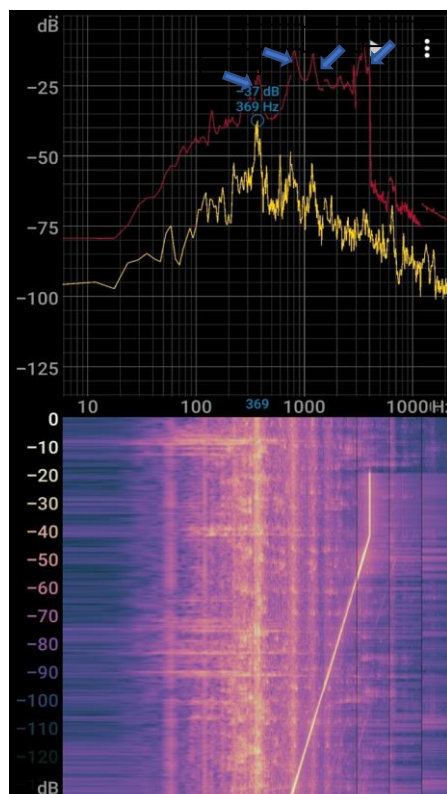



Figura 24: Tela de apresentação de dados do aplicativo. Na parte superior é apresentado o espectro de frequências e a respectiva intensidade. Na parte inferior é apresentada a dinâmica no tempo da aquisição destas frequências.

Na parte de baixo, temos a variação de frequências no tempo, mostrando que a varredura foi feita com passo constante. Após a varredura, você deverá clicar no botão de parar na tela do aplicativo Spectroid®. Clicando na tela, você poderá deslocar uma linha verde que mostrará a frequência de cada pico escolhido.

Na parte superior é apresentada a faixa de frequências do espectro observado na horizontal em função da intensidade de cada frequência. Na parte inferior, a faixa de frequência é apresentada em função do tempo e o contraste de cores, das mais claras para as mais escuras, relaciona mais e menos intensidade para cada dado, respectivamente.

A frequência fundamental, a primeira frequência de pico medida, pode ser estimada através da medida das dimensões do tubo:


$$f_o = \frac{c}{2 * (L + 1,22R)}$$

Nesta expressão,  $c$  é a velocidade de propagação do som no ar, na temperatura e pressão ambientes.  $L$  é o comprimento do tubo e  $R$  é o raio.

As múltiplas frequências geradas durante a varredura deverão obedecer a expressão:

$$f_k = (k + 1) * f_o, \text{ onde } k = 0, 1, 2, \dots$$

Através das frequências obtidas e utilizando a primeira expressão, poderemos estimar a velocidade de propagação do som no ar local.

A velocidade de propagação do som no ar depende de fatores do ambiente como a temperatura, umidade e a pressão atmosférica. O valor de referência para a temperatura de 30°C e 1 atm é aproximadamente 350 m/s.

## Referências

[1] <https://www.nde-ed.org/Physics/Sound/tempandspeed.xhtml>

[2] [https://www.engineeringtoolbox.com/air-speed-sound-d\\_603.html](https://www.engineeringtoolbox.com/air-speed-sound-d_603.html)

[3] Hirth, M. *et al*, Measurement of sound velocity made easy using harmonic resonant frequencies with everyday mobile technology, The Physics Teacher, **53**, 2015, DOI: 10.1119/1.4905819.

## 8.2. Determinando a velocidade do som no ar

Neste experimento vamos utilizar dois smartphones, cada um acionado por uma pessoa para determinar a velocidade do som no ar. Para tanto, você precisará estar em um local aberto, sem paredes, para evitar reflexões do som nestas superfícies. Se o local possuir algum ruído ambiente, procure outro local que seja o mais silencioso possível.

**Perfil de análise:** Indutivista

### Objetivos

Utilizar o padrão de movimento retilíneo uniforme para determinar a velocidade de propagação do som no ar.

### Materiais e utensílios utilizados

- Dois Smartphones com o aplicativo Phyphox® instalado
- Um trena de pelo menos 3 m

### Procedimentos Experimentais

Já tendo instalado o aplicativo Phyphox® em ambos os smartphones, clique na função “Cronômetro Acústico”. Neste experimento, o cronômetro será acionado quando cada uma das pessoas bater palmas. Caso o local do experimento possua algum ruído ambiente significativo, será preciso ajustar o limiar, que é o nível de som mínimo para acionar o cronômetro. Sugerimos o valor 0.4 (observe que utilizamos ponto no lugar de vírgula).



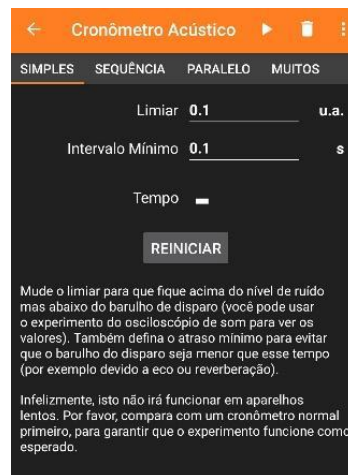


Figura 25: Tela inicial da funcionalidade Crônometro Acústico do aplicativo Phyphox®.

Posicione os smartphones conforme sugerido na foto abaixo:



Figura 26: Montagem experimental em um local aberto e ao ar livre. Os smartphones foram posicionados distantes e sua distância medida por uma trena.

- Meça a distância entre eles (ou meça um valor selecionado, 4 m, por exemplo, e posicione os aparelhos).
- Cada uma das pessoas estará próxima ao aparelho, estando de lado uma em relação a outra.
- Uma das pessoas que baterá as palmas primeiro, deverá sinalizar sem produzir som para a outra, para que deixem o cronômetro em prontidão.
- A primeira pessoa baterá palmas e assim que a segunda pessoa ouvir estas palmas, baterá palmas também.

- Com isto, cada smartphone terá adquirido um tempo em segundos.

### **Analisando os resultados**

Neste experimento, você estará determinando a velocidade de propagação do som no ar. Porém, para fazê-lo, dependerá do reflexo humano para acionar um dos cronômetros. Este reflexo naturalmente toma tempo e ele precisará ser desconsiderado, por isto, a prática levou em consideração dois cronômetros.

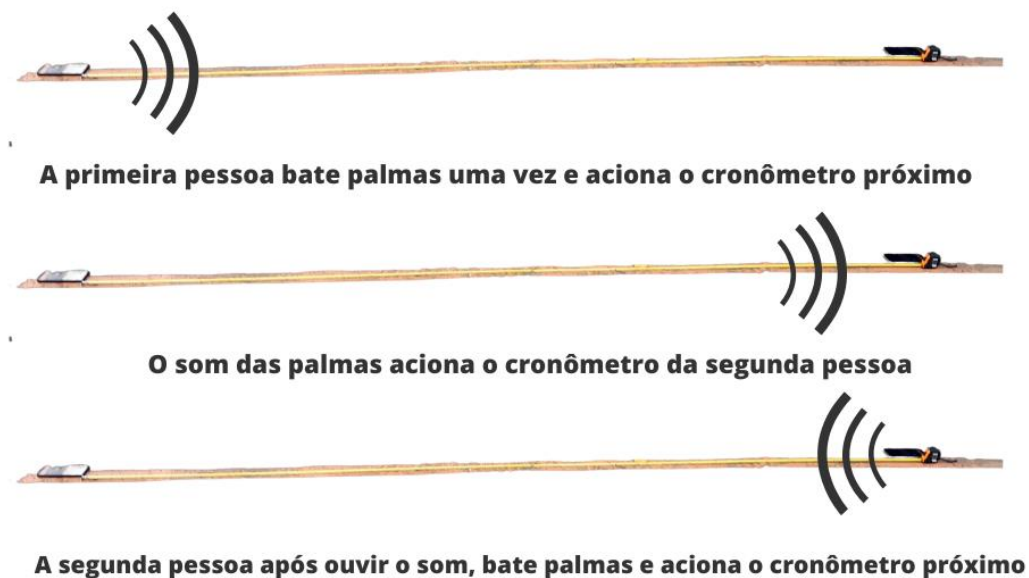


Figura 27: Representação gráfica da dinâmica do som durante o experimento.

Para determinar a velocidade, você deverá ter anotado:

- O tempo determinado pelo primeiro smartphone ( $\Delta t_1$ )
- O tempo determinado pelo segundo smartphone ( $\Delta t_2$ )
- A distância medida entre os smartphones ( $d$ )

O valor da velocidade de propagação do som no ar será determinado através da expressão abaixo:

$$v_{som} = \frac{2d}{\Delta t_1 - \Delta t_2}$$





A velocidade de propagação do som no ar depende de fatores do ambiente como a temperatura, umidade e a pressão atmosférica. O valor de referência para a temperatura de 30°C e 1 atm é aproximadamente 350 m/s.

### **Referências**

[1] <https://www.nde-ed.org/Physics/Sound/tempandspeed.xhtml>

[2] [https://www.engineeringtoolbox.com/air-speed-sound-d\\_603.html](https://www.engineeringtoolbox.com/air-speed-sound-d_603.html)



### 8.3. Determinando o tempo entre colisões inelásticas intermitentes

A conservação da energia mecânica será experimentada nesta atividade.

**Perfil de análise:** Dedutivista

#### **Objetivos**

Utilizar o cronômetro de acionamento sonoro para determinar momentos toque da bola com o chão e a partir destes dados determinar a energia envolvida no processo.

#### **Materiais e utensílios utilizados**

Para esse experimento será necessário o uso de uma bola (futebol, basquete, vôlei e etc.) e de uma fita métrica (Figura 1).



Figura 28: Bola de futebol utilizada no experimento.

#### **Procedimentos Experimentais**

Primeiramente meça a altura de onde você irá soltar a bola. Em seguida posicione o celular no chão de forma que a bola não bata nele

ao ser solta, mas que seja possível captar o som produzido pelo impacto da bola no chão.

Após isso, o aplicativo irá fornecer dois tipos de resultados. O primeiro irá fornecer a altura em cinco momentos (Figura 29A), referentes aos cinco primeiros quiques, e o segundo irá informar a energia dispersa (Figura 29B) também referente aos cinco primeiros quiques.

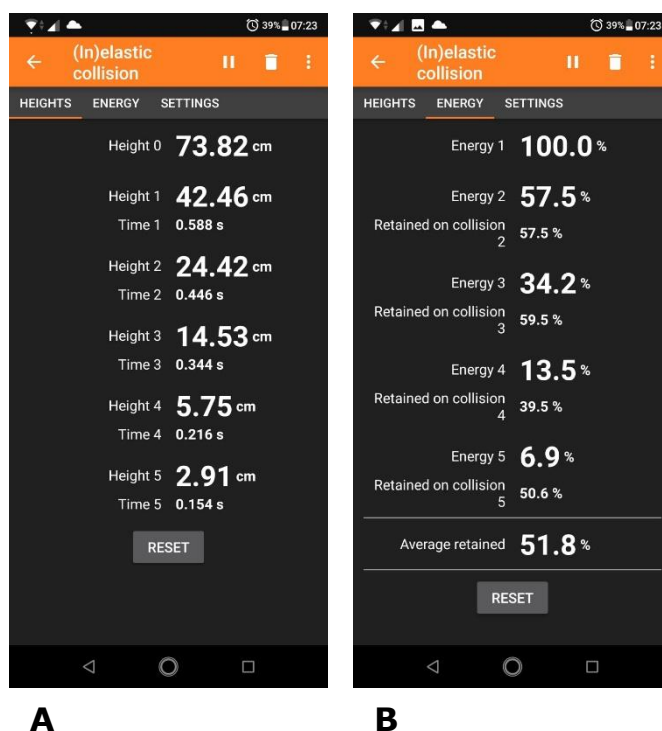


Figura 29: Tela do Cronômetro Acústico na aba multi etapa.

Ao fim do experimento, anote os resultados e veja se a altura obtida equivale a altura a qual ela foi solta. Observe também sua energia dissipada ao longo dos impactos. Caso necessário, repita o experimento para obter resultados satisfatórios.

#### 8.4. Determinando o tempo de queda livre de uma moeda

Nesta atividade, vamos realizar a determinação da altura de queda livre de um objeto, utilizando o tempo cronometrado pelo cronômetro acústico. Queda livre é um movimento vertical que consiste na queda dos corpos sem o efeito da força de atrito. Aqui na Terra alguns corpos que caem de pequenas alturas em relação ao chão fazem-no de maneira próxima a uma queda livre ideal.

O movimento de queda livre foi estudado pelo físico italiano Galileu Galilei. De acordo com os seus estudos, Galileu mostrou que corpos em queda livre, mesmo os de massas diferentes, chegariam ao chão ao mesmo tempo, pois estariam sujeitos à mesma aceleração. A queda livre é, portanto, um movimento descrito pelos corpos, abandonados a uma certa altura, que acontece exclusivamente pelo efeito da gravidade local. Nesse tipo de movimento, desconsideramos o efeito das forças de arraste ou atrito.

A queda livre é um movimento uniformemente variado, ou seja, um corpo em queda livre tem a sua velocidade aumentada a taxas constantes. Quando um corpo é abandonado em alturas próximas à superfície da Terra, a velocidade em que ele cai aumenta a uma taxa de 10 m/s, o que é o mesmo que dizer que a aceleração da gravidade terrestre é de 10 m/s<sup>2</sup>, cerca de 36 km/h a cada segundo.

A equação a seguir relaciona a altura de queda com o intervalo de tempo:


$$H = \frac{gt^2}{2}$$

H = Altura (m)

g = gravidade (m/s<sup>2</sup>)

t = tempo de queda (s)





Por meio da equação acima, é possível determinar tanto a altura quanto o tempo de queda de um corpo em queda livre.

**Perfil de análise:** Indutivista

### **Objetivo**

Determinar o tempo de queda livre de uma moeda e utilizar o valor da altura de queda medido para determinar o valor da aceleração da gravidade local.

### **Material utilizado**

Para esse experimento, será necessário o uso de uma régua, caneta ou lápis, uma trena e uma moeda (recomendado utilizar uma de 10 centavos).

### **Procedimento experimental**

- Escolha uma bancada, mesa ou cadeira e realize a medição da altura da ponta da superfície escolhida até o chão.
- Posicione um dos limites da régua para fora da bancada e coloque a moeda em cima desse limite da régua.
- O smartphone deve ser posicionado ao lado da régua.

É importante frisar que o ambiente no qual será realizado o experimento deve possuir pouco ou nenhum ruído que atrapalhe na captação dos sons no início e fim do movimento de queda do objeto.

### **Execução do experimento**

- Abra o aplicativo do Phyphox® e selecione a opção de Cronômetro Acústico.
- Defina o limiar e o intervalo mínimo a ser utilizado de acordo com o ambiente que você se encontra. Caso seja um ambiente com pouco ruído, defina o limiar para 0.1 u.a. e o intervalo mínimo para 0.1s.
- Inicie o experimento.

- Com a caneta, dê um toque moderado na régua de forma que a moeda caia sem derrubar a régua juntamente.
- Com o tempo obtido, realize a atividade proposta.

Utilize a imagem a seguir para se guiar na montagem do experimento:

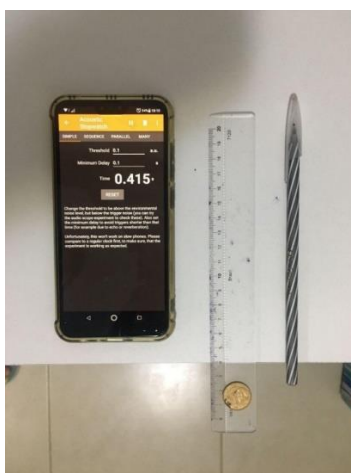


Figura 30: Moeda posicionada sobre a Régua e o smartphone com a funcionalidade pronta para ser iniciada pelo impacto na régua.

## Analizando os resultados

Com os dados obtidos em relação ao tempo de queda, utilizando a fórmula  $H = \frac{gt^2}{2}$ , encontre a altura do movimento de queda livre e compare com a altura medida no início do experimento. Considere  $g = 9,8 \text{ m/s}^2$ .

## Referências

Queda livre. **Brasil Escola**, 2023. Disponível em:

<<https://brasilecola.uol.com.br/fisica/queda-livre.htm>>. Acesso em: 06 de abr. de 2023

## 8.5. Experimento do Sonar

O sonar é nome dado a um instrumento que se vale da emissão de uma onda sonora, a reflexão desta onda e o tempo que leva até ela ser detectada por quem emitiu. Esta informação pode revelar a distância desde o emissor até a superfície que refletiu a onda sonora. O princípio do sonar é parte importante da forma como morcegos se localizam nos ambientes, por exemplo. O sonar é um instrumento que historicamente foi e ainda é muito relevante na localização de embarcações em meios aquáticos, em especial, submarinos.

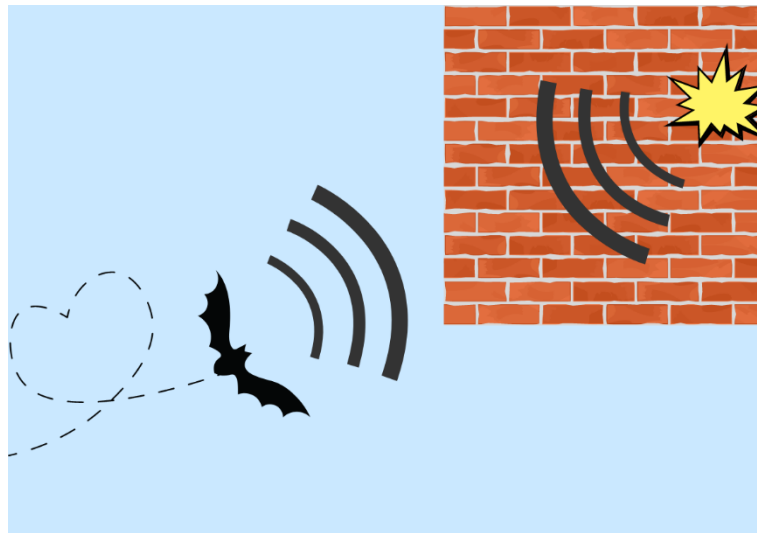



Figura 31: Ilustração gráfica da ação de emissão de som por um morcego e a recepção do som, permitindo perceber um obstáculo ou mesmo estimar qual sua distância.

Sobre a velocidade de propagação no ar, ela é um fator preponderante nas medidas que serão realizadas e seu valor depende da temperatura local. O valor aproximado em função da temperatura pode ser obtido através da expressão:

$$v_{som} = 331,45 \times \sqrt{\frac{T}{273,15}}$$

Onde T é a temperatura local dada em Kelvin (  $T_K = T_C + 273,15$  ).



T (°C)	v <sub>som</sub> (m/s)
0	331
5	334
10	337
15	340
20	343
25	346
30	349
35	352
40	355

Tabela 3: Valores estimados para a velocidade de propagação do som no ar no intervalo entre 0°C e 40°C.

**Perfil de análise:** Indutivista

## Objetivos

Nesta atividade, utilizaremos a funcionalidade Sonar que fica na aba Acústica do aplicativo Phyphox® para determinar a distância do emissor de um objeto plano metálico com boa reflectividade.

## Material utilizado

- Um smartphone com o aplicativo Phyphox® instalado
- Uma bandeja metálica ou tabuleiro, tabuleiro de alumínio ou um espelho plano
- Uma caixa ou recipiente onde o smartphone ficará posicionado
- Toalhas de banho, almofadas ou qualquer meio semelhante feito de tecido
- Uma trena ou fita métrica

## Procedimentos experimentais

A funcionalidade sonar realiza medidas diversificadas todas baseadas na emissão de som e sua detecção pelo microfone do smartphone. Nesta atividade utilizaremos duas delas: Ecolocalização e Velocidade do som.

Para ambas as medidas o smartphone precisará estar numa condição que reflexões de superfícies como paredes e objetos sejam evitadas. Recomendamos que no entorno do aparelho sejam colocadas



almofadas, toalhas, edredons ou qualquer objeto de macio que evite a reflexão. A saída do alto-falante deverá estar livre e posicionada de frente para o tabuleiro ou objeto que será utilizado para promover a reflexão. A trena medirá a distância deste a saída do alto-falante até a posição da bandeja. A figura a seguir na seção Análise de resultados exibe a montagem que realizamos para a produção desta atividade. Os resultados obtidos serão exibidos na seção Análise de resultados.

### **Execução do experimento**

A atividade poderá seguir dois caminhos: determinar a velocidade de propagação do som no local e determinar a posição da superfície refletiva. Vamos exibir os dados obtidos para as duas determinações, iniciando pela determinação da velocidade de propagação do som e comparando com o valor estimado na tabela no início da atividade. Em seguida, a partir do valor da velocidade do som mais adequado a temperatura ambiente, vamos posicionar a superfície a uma distância medida pela trena e comparar com o resultado apresentado na função Ecolocalização.

### **Análise de resultados**

A propósito de referência, os resultados apresentados a seguir foram realizados no dia 01 de Julho de 2023, na cidade de Campos dos Goytacazes, RJ, por volta das 14:00, com estimativa de temperatura de 24°C. A montagem apresentada na figura 32A foi utilizada para determinar a velocidade de propagação do som local. A superfície refletiva foi posicionada a 1,00 m do alto-falante.

A figura 32B exibe o resultado obtido para esta parte inicial da atividade. Embora vejamos um pico bem largo no entorno da faixa de valores de velocidade de 340 a 355 m/s, um valor máximo é observado sobre o valor de 346 m/s. É possível nesta tela do aplicativo verificar os dados exibidos ponto a ponto afim de obter maior precisão na leitura do dado.



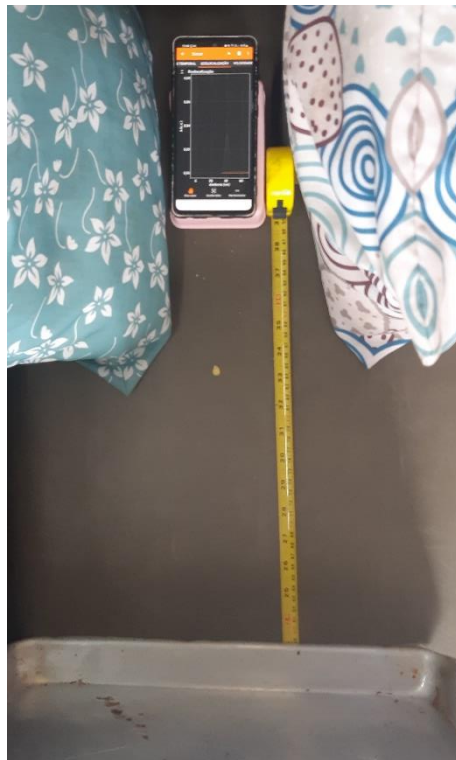


Figura 32: A montagem experimental para gerar os dados que serão descritos a seguir é apresentada na foto. O tabuleiro foi posicionado a 1,00 m de distância da saída do alto-falante.

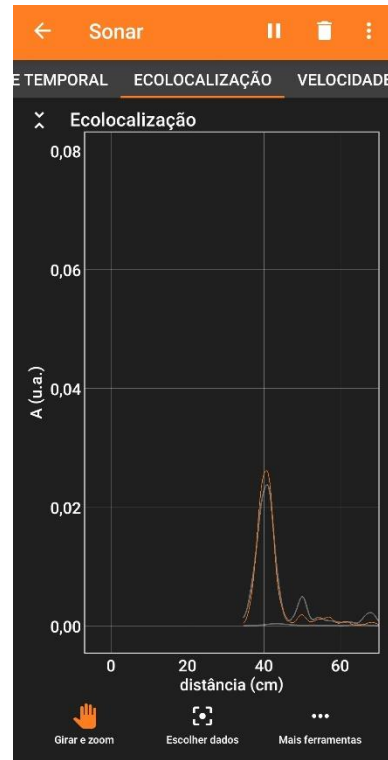
Comparando o valor obtido em torno de 346 m/s e considerando a previsão do tempo do dia para o local do experimento, o valor se mostrou coerente com a estimativa de velocidade de propagação do som para a temperatura de. A funcionalidade Ecolocalização foi ajustada para esta velocidade e o experimento ajustado para a distância de 40,0 cm. A superfície refletiva foi posicionada a 40,0 cm do smartphone e a partir da função ecolocalização, obtivemos o gráfico apresentado na figura 33B.

Os resultados obtidos em ambas as etapas, embora careçam de ajustes experimentais, tentativas e cuidados com as condições do ambiente, especialmente em fontes de geração de eco indesejado, apresentaram boa coerência com o padrão esperado do fenômeno. Outras variações de distância poderiam ter sido propostas, bem como

o uso de distâncias maiores especialmente em ambiente aberto e razoavelmente silencioso.



**A**



**B**

Figura 33: O gráfico intensidade sonora versus distância da superfície refletiva é apresentado.

## 9. Atividades sobre a pressão atmosférica

Alguns smartphones bem como outros dispositivos como Smart watches vem equipados com barômetro. Nestes aparelhos, o barômetro tem a função de estimar com precisão a altitude local. Historicamente, o barômetro de Torricelli foi um importante equipamento nos primeiros estudos sobre a presença da atmosfera e de sua pressão típica. Barômetros são instrumentos muito importantes para a determinação de condições atmosféricas que apoiam na elaboração de análises sobre o clima e suas mudanças. Atualmente, a tecnologia baseada em semicondutores e na produção de módulos e sensores microeletromecânicos permite que um barômetro com alta precisão possa ser instalado a partir de módulo específico em placas de programação com imediato funcionamento e medição.



Figura 34: Barômetro com cerca de 3 mm de lado que vem equipado no módulo BMP280. Fabricante Bosch Sensortec.

Os barômetros em um smartphone são bastante precisos, permitindo a medida da pressão atmosférica de forma imediata. Medidas de pressão relativa podem ser viabilizadas uma vez que o aparelho seja acondicionado a uma câmara de pressão. Na sequência vamos relatar a proposta de construção de uma câmara simples e de pouco custo financeiro.

Uma busca recente sites especializados em smartphones usando o filtro de custo de aparelho para aparelhos de custo intermediário para menor, mostrou que grande parte dos aparelhos neste perfil não vem sendo mais equipado com barômetro. Aparelhos mais antigos (antes de 2018) vinham frequentemente equipados com o barômetro o que

oferecia uma medida mais precisa da altitude local visando aprimorar a precisão de localização do aparelho. O primeiro passo desta atividade será utilizar o aplicativo CPU Z para identificar se o aparelho disponível para a atividade veio equipado com barômetro. Utilizando diretamente o aplicativo Phyphox®, uma vez que o aparelho venha equipado com barômetro, na tela principal dos sensores “Pressão” aparecerá na cor branca e com brilho.



Figura 35: Tela principal do aplicativo Phyphox. Na tela indicada, o aparelho não vem equipado com o barômetro e a indicação do sensor de pressão aparece apagada.

## 9.1. Medindo a pressão atmosférica

Nesta atividade a medida da pressão atmosférica local será determinada diretamente a partir do barômetro do smartphone.

**Perfil de análise:** Indutivista

### Objetivo

Determinar a pressão atmosférica local e discutir razões para sua mudança.

### Procedimento Experimental

Posicione o smartphone sobre uma mesa estável e plana. Na tela principal do aplicativo Phyphox®, clique em “Pressão”. Clique em Iniciar e acompanhe o gráfico da Pressão, em hPa, ao longo do tempo.

### Análise dos dados

Os dados produzidos traduzem a pressão atmosférica local. Provavelmente você observará variações bem sutis dentro do limite de determinação do barômetro utilizado. Ao realizar medidas em dias diferentes, por conta de mudanças no clima, você observará mudanças na pressão atmosférica. O gráfico a seguir traz as medidas que realizamos para complementarmos a descrição desta atividade com valor médio em torno de 1014,00 hPa.

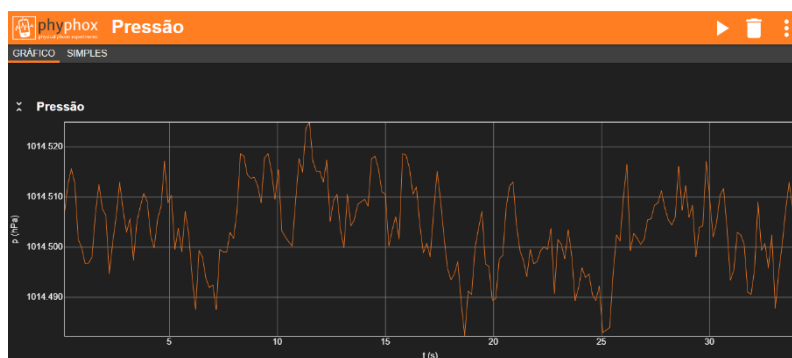


Figura 36: Gráfico Pressão em hPa em função do tempo.

## 9.2. Medindo a pressão relativa do ar

Nesta atividade a medida da pressão relativa do ar será medida por meio de uma câmara de pressão construída utilizando cano de PVC de 100 mm de diâmetro e tampão com anel de vedação (nome comercial da peça: Cap PVC de 100 mm para esgoto).

**Perfil de análise:** Dedutivista

### Objetivo

Determinar a pressão a pressão relativa em situações variadas.

### Procedimento Experimental

A câmara de pressão consiste de uma parte de cano PVC de 100 mm de diâmetro e tampa de mesmo diâmetro dotada de anel de vedação de borracha. Um orifício foi feito logo abaixo do ponto final de encaixe de uma das tampas e um tubo plástico parafusado internamente que permite acesso aos locais de medida. ®



**A**



**B**

Figura 37: A) Câmara de pressão construída em PVC para medidas de pressão relativa; B) Visão interna da câmara de pressão onde o smartphone fica posicionado.

### Análise dos dados

A estrutura montada para esta proposta apresentou uma boa retenção de ar, o que refletirá na precisão das medidas realizadas. Importante ressaltar que a câmara que você montará precisará de ajustes e adequações experimentais visando uma boa vedação de



todas as partes montadas, etapa que precisou ser seguida na proposta deste trabalho.

O gráfico a seguir apresenta o teste de vedação que conduzimos antes de realizar medidas com a câmara. O teste consistiu no uso de uma seringa plástica de 10 mL preenchida com ar ambiente. Após o smartphone ter sido posicionado na câmara, já com o aplicativo ligado e acompanhado pela tela do computador. A tampa foi cuidadosamente encaixada, evitando impacto. O aplicativo já tendo iniciado o modo de medida na tela do gráfico, a seringa foi conectada à mangueira de acesso a câmara e o ar injetado em seu interior. Nos instantes seguintes o gráfico abaixo apresenta a pressão interna da câmara.

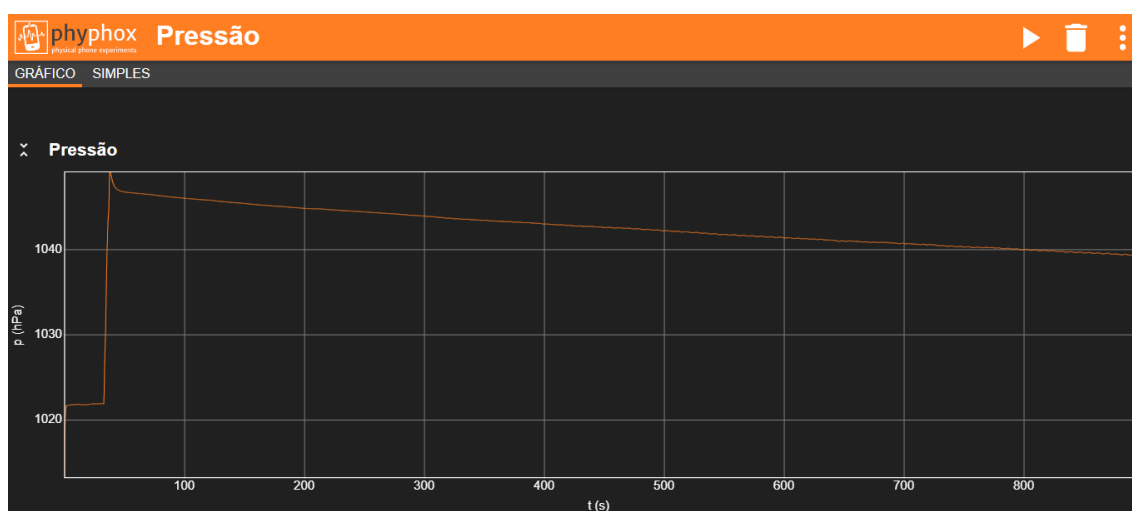



Figura 38: Pressão interna da câmara desde o momento da injeção de ar ao longo de mais de 14 min.

Uma câmara de produção de produção doméstica apresentará pontos de vazamento e perda de pressão. Por se tratar de construção de baixo custo, seu custo benefício para viabilizar medidas precisas mostrou-se eficiente. Para fins de comparação, a tabela abaixo apresenta os valores da pressão interna na câmara em diferentes instantes do gráfico:



	Pressão (hPa)	Redução percentual
<b>Inicial</b>	1049,1	
<b>Após 10 s</b>	1046,8	0,2%
<b>Após 20 s</b>	1046,6	0,2%
<b>Após 30 s</b>	1046,5	0,2%
<b>Após 1 min</b>	1046,0	0,3%
<b>Após 2 min</b>	1045,3	0,4%
<b>Após 3 min</b>	1044,7	0,4%
<b>Após 14 min</b>	1039,3	0,9%

Tabela 4: Períodos de tempo, a pressão medida e a variação percentual em relação ao valor de pressão inicial.

Na tabela são apresentados diferentes instantes do gráfico anterior, com a respectiva medida de pressão relativa e o percentual de variação em relação a pressão relativa medida no instante inicial.



### 9.3. Experimento do Sino submerso

Nesta atividade a medida da pressão relativa do ar interna a um simulador de sino submerso será realizada. O experimento consiste em utilizar um reservatório de água transparente onde a câmara será submersa até um tanto antes do limite que a água esteja muito próxima ao orifício da câmara. A câmara será utilizada apenas com a tampa de vedação inferior. Um béquer de vidro de 750 mL será inserido por cima da câmara e as medidas se iniciarão a partir do momento que o béquer toca a água e passa a vedar o ar interno a câmara.

**Perfil de análise:** Indutivista

#### Objetivo

Monitorar as variações de pressão interna da câmara a medida que o béquer vai se tornando mais submerso.

#### Procedimento Experimental

No interior da câmara foram colocados parafusos de aço para diminuir a flutuação da câmara. Em seguida o smartphone já tendo sido ligado o aplicativo no modo exibição remota foi cuidadosamente inserido no interior da câmara com o cuidado de utilizar um volume de água que não colocasse em risco o ingresso de água dentro da câmara.



Figura 39: No fundo da câmara de pressão parafusos de aço foram utilizados para evitar a flutuação da câmara.

Em seguida, conforme ilustra a figura, o béquer foi sendo cuidadosamente inserido com sua abertura posicionada para baixo, até que sua borda tocasse a água. A partir deste ponto, a pressão relativa interna ao volume de ar compreendido entre o corpo da câmara e o corpo do béquer foi monitorado.

### Análise dos dados

Na atividade proposta, à medida que o béquer descia de posição, o volume de ar interno ao espaço câmara-béquer ficava reduzido. Este tipo de situação é um exemplo de situação onde observamos a Lei Geral dos Gases indicando que o aumento da pressão foi decorrente da redução do volume. Uma vez que o volume de ar passa a estar reduzido, será esperado que a pressão do ar aumente.

O gráfico abaixo apresenta o resultado obtido do monitoramento realizado por nós. A medida realizada entre os instantes 40 e 80 s compreende o momento em que o béquer foi submerso ao máximo. Logo após ele foi elevado em duas sequências, 2,5 cm e 5,0 cm, por fim retornando à profundidade máxima.

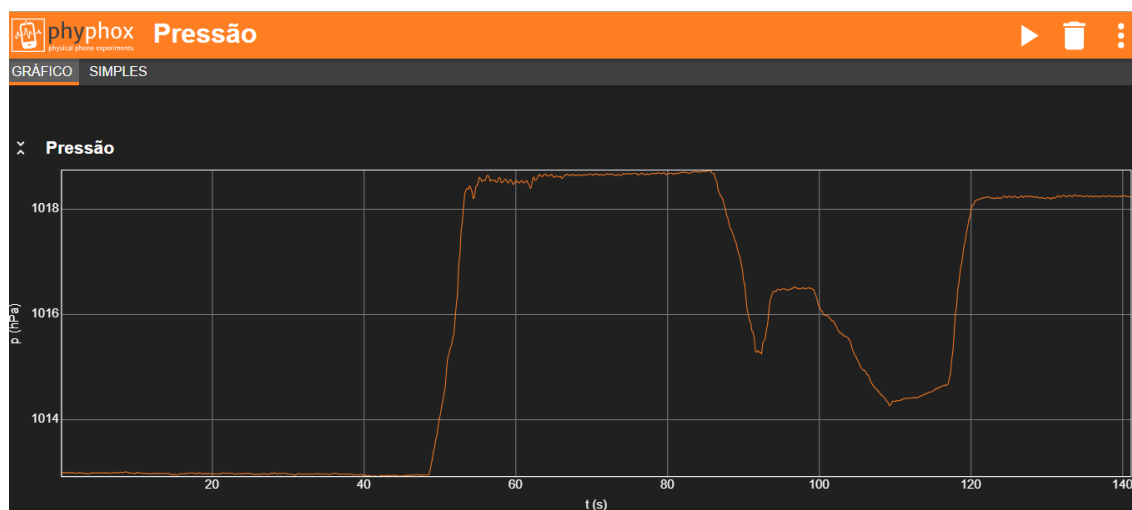


Figura 40: Gráfico pressão em função do tempo quando a abertura do béquer é mantido a profundidades diferentes.

## Bibliografia

Adelekan, O. (2021). *Measurement of Speed of Sound using Smartphones Mentor : Professor Boris Gelman*.

Andersson, Å., Karlsson, C.-J., & Lane, H. (2017). The Gaussian cannon. *Emergent Scientist*, 1, 6. <https://doi.org/10.1051/emsci/2017006>.

Apelgren, P., Amoroso, M., Säljö, K., Montelius, M., Lindahl, A., Stridh Orrhult, L., Gatenholm, P., Kölby, L., Arulkumar, S., Parthiban, S., Goswami, A., Varma, R. S., Naushad, M., Gawande, M. B., Lipskas, J., Deep, K., Yao, W., Grogan, S. P., Dorthé, E. W., ... Salvatore, D. A. (2019). Ac ce pte d M us pt. *Materials Today: Proceedings*, 27(xxxx), 0–31.

Arabasi, S., & Al-Taani, H. (2017). Measuring the Earth's magnetic field dip angle using a smartphone-aided setup: A simple experiment for introductory physics laboratories. *European Journal of Physics*, 38(2). <https://doi.org/10.1088/1361-6404/38/2/025201>.

Arribas, E., Escobar, I., Ramirez-Vazquez, R., del Pilar Suarez Rodriguez, C., Gonzalez-Rubio, J., & Belendez, A. (2020). Linear Quadrupole Magnetic Field Measured with a Smartphone. *The Physics Teacher*, 58(3), 182–185. <https://doi.org/10.1119/1.5145411>.

Arribas, E., Escobar, I., Suarez, C. P., Najera, A., & Beléndez, A. (2015). Measurement of the magnetic field of small magnets with a smartphone: A very economical laboratory practice for introductory physics courses. *European Journal of Physics*, 36(6). <https://doi.org/10.1088/0143-0807/36/6/065002>.

Baccino, D. (2019). *Going back to the roots : how to create stroboscopic photos from digital videos Volviendo a las raíces : cómo crear fotos estroboscópicas a partir de vídeos digitales Going back to the roots : how to create stroboscopic photos from digital videos Resumen . January*.

Bacon, M. E. (2012). Speed of Sound Versus Temperature Using PVC Pipes Open at Both Ends. *The Physics Teacher*, 50(6), 351–353. <https://doi.org/10.1119/1.4745687>

Ballesta, S. V., Saez, R., Iglesias, J., & Vernet, A. (2020). Arduino-Smartphone Device as a Physical Phenomena Measurer. *The Physics Teacher*, 58(9), 663–665. <https://doi.org/10.1119/10.0002737>

Barrera-Garrido, A. (2017). A smartphone inertial balance. *The Physics Teacher*, 55(4), 248–249. <https://doi.org/10.1119/1.4978730>

Barroso, M.A., Karl Popper: A educação científica como tentativa de resolução de problemas, *Mediação – Educação e Humanidades*, n.11, jul./dez.2020.

Becker, S. et al., Using mobile devices to enhance inquiry-based learning process, *Leaning and Instruction*, **69**, 101350, 2020, <https://doi.org/10.1016/j.learninstruc.2020.101350>.



Becker, S., Klein, P., Gößling, A., & Kuhn, J. (2020). Using mobile devices to enhance inquiry-based learning processes. *Learning and Instruction*, 69(May), 101350. <https://doi.org/10.1016/j.learninstruc.2020.101350>

Becker, S., Klein, P., & Kuhn, J. (2018). Promoting students' conceptual knowledge using video analysis on tablet computers. *Physics Education Research Conference Proceedings*, 2018(March). <https://doi.org/10.1119/perc.2018.pr.becker>

Bergmann, E. V, Arcolezi, G. M., Silva, V. S., & Santos, G. M. (2022). 1. *Introdução Palavras-chave*: 1–6.

Bonato, J., Gratton, L. M., Onorato, P., & Oss, S. (2017). Using high speed smartphone cameras and video analysis techniques to teach mechanical wave physics. *Physics Education*, 52(4). <https://doi.org/10.1088/1361-6552/aa6f8c>

Carlos Castro-Palacio, J., Velázquez-Abad, L., Giménez, M. H., & Monsoriu, J. A. (2013). Using a mobile phone acceleration sensor in physics experiments on free and damped harmonic oscillations. *American Journal of Physics*, 81(6), 472–475. <https://doi.org/10.1119/1.4793438>

Carmen, R., & Scoaris, D. O. (n.d.). *Construção E Validação De Um Instrumento De Ciência No Ensino De Ciências Preparation and Validation of an Attitude Assessment Tool Regarding the Use of History of Science in Science*.

Carvalho, A.M.P., Fundamentos teóricos e metodológicos do ensino por investigação, *Revista Brasileira de Pesquisa em Educação em Ciências*, **18**(3), 765–794, dezembro, 2018, doi: 10.28976/1984-2686rbpec2018183765.

Carvalho, C. C., Lopes dos Santos, J. M. B., & Marques, M. B. (2008). A Time-of-Flight Method To Measure the Speed of Sound Using a Stereo Sound Card. *The Physics Teacher*, 46(7), 428–431. <https://doi.org/10.1119/1.2981293>

Cross, R. (2007). Aerodynamics of a Party Balloon. *The Physics Teacher*, 45(6), 334–336. <https://doi.org/10.1119/1.2768686>

Darmendrail, L., & Müller, A. (2020). Helmholtz in the kitchen: A frying pan as a volume resonator. *European Journal of Physics*, 41(3), 0–8. <https://doi.org/10.1088/1361-6404/ab6fba>

de Jesus, V. L. B., & Sasaki, D. G. G. (2015). O experimento didático do lançamento horizontal de uma esfera: Um estudo por videoanálise. *Revista Brasileira de Ensino de Física*, 37(1), 1–8. <https://doi.org/10.1590/S1806-11173711748>

Ensino, E. (2022). *Ensino de Física : possibilidades e perspectivas associadas ao uso de tecnologias digitais e experimentação*. 1–9.

Ferreira, M., Silva Filho, O. L., Moreira, M. A., Franz, G. B., Portugal, K. O., & Nogueira, D. X. P. (2020). Unidade de Ensino Potencialmente Significativa sobre óptica geométrica apoiada por vídeos, aplicativos e jogos para smartphones. *Revista Brasileira de Ensino de Física*, 42. <https://doi.org/10.1590/1806-9126-rbef-2020-0057>

Florea, C. (2019). Brief Analysis of Sounds Using a Smartphone. *The Physics Teacher*, 57(4), 214–215. <https://doi.org/10.1119/1.5095371>

Forinash, K., & Wisman, R. F. (2012). Smartphones as portable oscilloscopes for physics labs. *The Physics Teacher*, 50(4), 242–243. <https://doi.org/10.1119/1.3694081>

Garcia-Barrientos, A., Balderas-Navarro, R., MacÍas-Velasquez, S., Hoyo-Montano, J. A., Garcia-Ramirez, M. A., Espejel-Blanco, D., & Plaza-Castillo, J. (2022). Gait Analysis Using the Physics Toolbox App. *IEEE Access*, 10, 31732–31739. <https://doi.org/10.1109/ACCESS.2022.3158315>

González, M., & González, M. (2016). Smartphones as experimental tools to measure acoustical and mechanical properties of vibrating rods. *European Journal of Physics*, 37(4). <https://doi.org/10.1088/0143-0807/37/4/045701>

Gröber, S., Klein, P., & Kuhn, J. (2014). Video-based problems in introductory mechanics physics courses. *European Journal of Physics*, 35(5). <https://doi.org/10.1088/0143-0807/35/5/055019>

Hall, J. (2013). More smartphone acceleration. *The Physics Teacher*, 51(1), 6–6. <https://doi.org/10.1119/1.4772022>

Hart, C., Mulhall, P., Berry, A., Loughran, J., & Gunstone, R. (2000). What is the purpose of this experiment? Or can students learn something from doing experiments? *Journal of Research in Science Teaching*, 37(7), 655–675. [https://doi.org/10.1002/1098-2736\(200009\)37:7<655::AID-TEA3>3.0.CO;2-E](https://doi.org/10.1002/1098-2736(200009)37:7<655::AID-TEA3>3.0.CO;2-E)

Hellesund, S. (2019). Measuring the speed of sound in air using a smartphone and a cardboard tube. *Physics Education*, 54(3). <https://doi.org/10.1088/1361-6552/ab0e21>

Hellesund, S. (2018). Measuring Earth's Magnetic Field Using a Smartphone Magnetometer. *Arxiv.Org*. <http://arxiv.org/abs/1901.00857>

Hinrichsen, P. F. (2022). A Simple Moment of Inertia Measurement. *The Physics Teacher*, 60(4), 292–295. <https://doi.org/10.1119/10.0009995>

Hirth, M., Kuhn, J., & Müller, A. (2015). Measurement of sound velocity made easy using harmonic resonant frequencies with everyday mobile technology. *The Physics Teacher*, 53(2), 120–121. <https://doi.org/10.1119/1.4905819>

Hirth, M., Urbassek, H. M., Müller, A., & Kuhn, J. (2020). Acoustic tube models of the human vocal tract for the university classroom. *European Journal of Physics*, 41(6), 0–19. <https://doi.org/10.1088/1361-6404/aba5c8>

Hochberg, K., Kuhn, J., & Müller, A. (2018). Using Smartphones as Experimental Tools—Effects on Interest, Curiosity, and Learning in Physics Education. *Journal of Science Education and Technology*, 27(5), 385–403. <https://doi.org/10.1007/s10956-018-9731-7>

Hochberg, K., Becker, S., Louis, M., Klein, P., Kuhn, J., Using smartphones as experimental tools – a Follow-up: Cognitive effects by video analysis and reduction of cognitive load by multiple representations, *Journal of Science Education and Technology*, 29, 303–317, 2020, <https://doi.org/10.1007/s10956-020-09816-w>.

Ivchenko, V. (2022). Magnus Effect in Classroom: A New Low Cost Physics Lab. *The Physics Educator*, 4(2), 2–5. <https://doi.org/10.1142/S266133952250010X>







Ivchenko, V., Hart, C., Mulhall, P., Berry, A., Loughran, J., Gunstone, R., Yang, Y., Wang, H., Liu, J., Silva, N., Vogt, P., Kuhn, J., Forinash, K., Wisman, R. F., Bacon, M. E., Hall, J., Carlos Castro-Palacio, J., Velázquez-Abad, L., Giménez, M. H., ... Sullivan, M. C. (2022). Magnus Effect in Classroom: A New Low Cost Physics Lab. *The Physics Teacher*, *50*(2), 308–309. <https://doi.org/10.1142/S266133952250010X>

Kaps, A., & Stallmach, F. (2020). Using the smartphone as oscillation balance. *The Physics Teacher*, *58*(9), 678–679. <https://doi.org/10.1119/10.0002744>

Kaps, A., & Stallmach, F. (2020). Tilting motion and the moment of inertia of the smartphone. *The Physics Teacher*, *58*(3), 216–217. <https://doi.org/10.1119/1.5145423>

Kaps, A., Stallmach, F., Development and didactic analysis of smartphone-based experimental exercises for the smart physics lab, *Physics Education*, **57**, 045038, 2022, <https://doi.org/10.1088/1361-6552/ac68c0>.

Kasper, L., Vogt, P., Tradition meets technology: acoustical analysis of a Kazakh Dombra with smartphones, **58**, 616, 2022, <https://doi.org/10.1119/10.0002724>.

Kasper, L., Vogt, P., & Strohmeyer, C. (2015). Stationary waves in tubes and the speed of sound. *The Physics Teacher*, *53*(1), 52–53. <https://doi.org/10.1119/1.4904249>

Klein, P., Gröber, S., Kuhn, J., Fleischhauer, A., & Müller, A. (2015). The right frame of reference makes it simple: An example of introductory mechanics supported by video analysis of motion. *European Journal of Physics*, *36*(1). <https://doi.org/10.1088/0143-0807/36/1/015004>

Klein, P., Gröber, S., Kuhn, J., & Müller, A. (2014). Video analysis of projectile motion using tablet computers as experimental tools. *Physics Education*, *49*(1), 37–40. <https://doi.org/10.1088/0031-9120/49/1/37>

Klein, P., Hirth, M., Gröber, S., Kuhn, J., & Müller, A. (2014). Classical experiments revisited: Smartphones and tablet PCs as experimental tools in acoustics and optics. *Physics Education*, *49*(4), 412–418. <https://doi.org/10.1088/0031-9120/49/4/412>

Krohl, D. R., A lógica dedutiva de Karl Popper como suporte para o ensino de ciências, *Revista de Educação, Ciência e Tecnologia*, **11** (1), 2022.

Kuhn, J., Molz, A., Gröber, S., & Frübis, J. (2014). iRadioactivity — Possibilities and Limitations for Using Smartphones and Tablet PCs as Radioactive Counters. *The Physics Teacher*, *52*(6), 351–356. <https://doi.org/10.1119/1.4893089>

Kuhn, J., *et al*, Smartphones as Mobile Minilabs in Physics - Edited Volume Featuring more than 70 Examples from 10 Years The Physics Teacher-column iPhysicsLabs, Springer Cham, [doi.org/10.1007/978-3-030-94044-7](https://doi.org/10.1007/978-3-030-94044-7)

Li, D., Liu, L., & Zhou, S. (2020). Exploration of Large Pendulum Oscillations and Damping Using a Smartphone. *The Physics Teacher*, *58*(9), 634–636. <https://doi.org/10.1119/10.0002729>

Listiaji, P., Darmawan, M. S., & Dahnuss, D. (2021). The Atwood machine experiment assisted by smartphone acceleration sensor for enhancing classical mechanics



experiments. *Journal of Physics: Conference Series*, 1918(2). <https://doi.org/10.1088/1742-6596/1918/2/022009>

Ludwig-Petsch, K., & Kuhn, J. (2021). Shepard scale produced and analyzed with mobile devices. *The Physics Teacher*, 59(5), 378–379. <https://doi.org/10.1119/10.0004896>

Macchia, S., & Vieyra, R. (2017). A simple wind tunnel to analyse Bernoulli's principle. *Physics Education*, 52(1). <https://doi.org/10.1088/1361-6552/52/1/013004>

Monteiro, M., Stari, C., Cabeza, C., & Marti, A. C. (2019). Physics experiments using simultaneously more than one smartphone sensors. *Journal of Physics: Conference Series*, 1287(1). <https://doi.org/10.1088/1742-6596/1287/1/012058>

Monteiro, M., & Martí, A. C. (2020). Using smartphones as hydrophones: Two experiments in underwater acoustics. *Physics Education*, 55(3). <https://doi.org/10.1088/1361-6552/ab8102>

Monteiro, M., Marti, A. C., Vogt, P., Kasper, L., & Quarthal, D. (2015). Measuring the acoustic response of Helmholtz resonators. *The Physics Teacher*, 53(4), 247–249. <https://doi.org/10.1119/1.4914572>

Monteiro, M., Stari, C., Cabeza, C., & Martí, A. C. (2017). The Polarization of Light and Malus' Law Using Smartphones. *The Physics Teacher*, 55(5), 264–266. <https://doi.org/10.1119/1.4981030>

Monteiro, M., Vogt, P., Stari, C., Cabeza, C., & Marti, A. C. (2016). Exploring the atmosphere using smartphones. *The Physics Teacher*, 54(5), 308–309. <https://doi.org/10.1119/1.4947163>

Nuryantini, A. Y., Sawitri, A., & Nuryadin, B. W. (2018). Constant speed motion analysis using a smartphone magnetometer. *Physics Education*, 53(6). <https://doi.org/10.1088/1361-6552/aae26c>

Oliveira, A., *et al.*, Emerging Technologies as pedagogical tools for teaching and learning science: a literature review, *Hum. Behav. And Emerg. Tech.*, 1, 149–160, 2019, Uses of emerging technologies.

Organtini, G. (2021). Interference of Two Point Sources Using Smartphones. *The Physics Teacher*, 59(9), 709–711. <https://doi.org/10.1119/10.0007409>

Parolin, S. O., & Pezzi, G. (2015). Kundt's tube experiment using smartphones. *Physics Education*, 50(4), 443–447. <https://doi.org/10.1088/0031-9120/50/4/443>

Parolin, S. O., & Pezzi, G. (2013). Smartphone-aided measurements of the speed of sound in different gaseous mixtures. *The Physics Teacher*, 51(8), 508–509. <https://doi.org/10.1119/1.4824957>

Pedroso, L.S. *et al*, Experimentos de baixo custo utilizando o aplicativo de física Phyphox, *Lat. Am. J. Educ.*, **14**, Dec. 2020.

Pendidikan, J., Dan, M., Of, A., Of, U. S. E., Applications, P., Practicums, P., Smartphones, U., & Material, C. (2022). *Analysis of Use of Phyphox Applications for*. 13(2), 156–165.



Pierratos, T., & Polatoglou, H. M. (2020). Utilizing the phyphox app for measuring kinematics variables with a smartphone. *Physics Education*, 55(2). <https://doi.org/10.1088/1361-6552/ab6951>

Pili, U. (2018). A dynamic-based measurement of a spring constant with a smartphone light sensor. *Physics Education*, 53(3). <https://doi.org/10.1088/1361-6552/aaa927>

Pili, U., & Violanda, R. (2018). A simple pendulum-based measurement of g with a smartphone light sensor. *Physics Education*, 53(4). <https://doi.org/10.1088/1361-6552/aaab9c>

Pili, U., & Violanda, R. (2018). Measuring average angular velocity with a smartphone magnetic field sensor. *The Physics Teacher*, 56(2), 114–115. <https://doi.org/10.1119/1.5021442>

Pili, U., Violanda, R., & Ceniza, C. (2018). Measurement of g using a magnetic pendulum and a smartphone magnetometer. *The Physics Teacher*, 56(4), 258–259. <https://doi.org/10.1119/1.5028247>

Pszybylski, R.F. et al, Uma revisão sistemática sobre as pesquisas realizadas em programas de mestrado profissional que versam sobre a utilização de smartphones no ensino de Física, *Caderno Brasileiro de Ensino de Física*, 37(2), 2020, <https://doi.org/10.5007/2175-7941.2020v37n2p406>.

Rabchuk, J. A. (2003). The Gauss Rifle and Magnetic Energy. *The Physics Teacher*, 41(3), 158–161. <https://doi.org/10.1119/1.1557504>

Rodrigues, D. S., & Arnold, F. J. (2022). Analyzing Atmospheric Pressure Variations in Time and Height: a Didactic Proposal Employing a Smartphone Barometer. *Revista Brasileira de Ensino de Física*, 44. <https://doi.org/10.1590/1806-9126-RBEF-2021-0422>

Rossini, M. R., Camargo Filho, P. S. de, Yamaguti, K. E., Alves, M. J., & Amorin, L. H. C. (2022). Determinação da velocidade das ondas extensionais em hastes metálicas delgadas. *Revista Brasileira de Ensino de Física*, 44, 1–8. <https://doi.org/10.1590/1806-9126-rbef-2022-0076>

Saraiva, G.D., Veloso, M. S. S O., Ariston, M.M., Aquino, A.A., Castro, A.J.R., Abordagem investigativa sobre o uso de smartphones em simulações experimentais de Física, Ciências em Ação – Perspectivas distintas para o ensino e aprendizagem de ciências, Capítulo 19, , Editora Científica, 2021.

Schnotz, W., Kauertz, A., Ludwig, H., Müller, A., & Pretsch, J. (2015). Multidisciplinary Research on Teaching and Learning. *Multidisciplinary Research on Teaching and Learning*, January, 1–298. <https://doi.org/10.1057/9781137467744>

Sequência, U. M. A., Centrada, D., & Experimentos, E. M. (2019). *Experiências em Ensino de Ciências V.14, No.2 2019. 2*.

Shakur, A., & Kraft, J. (2016). Measurement of Coriolis Acceleration with a Smartphone. *The Physics Teacher*, 54(5), 288–290. <https://doi.org/10.1119/1.4947157>



Silva, N. (2012). Magnetic field sensor. *The Physics Teacher*, 50(6), 372–373. <https://doi.org/10.1119/1.4745697>

Smart, S., Geuer, L., Lauer, F., Kuhn, J., & Wehn, N. (2023). *education sciences*. 1–22.

Soares Pedroso, L., Pinto, J. A., Antunes De Macêdo, J., & Armando Da Costa, G. (2020). Experimentos de baixo custo utilizando o aplicativo de física Phyphox. *Am. J. Phys. Educ*, 14(4). <http://www.lajpe.org>

Soares, A. A., Cantão, R. F., Pinheiro, J. B., & Castro, F. G. (2022). Sound waves in a tube: Measuring sound pressure profiles using smartphones. *Physics Education*, 57(5). <https://doi.org/10.1088/1361-6552/ac7cb4>

Staacks, S., Dorsel, D., Hütz, S., Stallmach, F., Splith, T., Heinke, H., & Stampfer, C. (2022). Collaborative smartphone experiments for large audiences with phyphox. *European Journal of Physics*, 43(5). <https://doi.org/10.1088/1361-6404/ac7830>

Sullivan, M. C. (2022). Using a smartphone camera to explore ray optics beyond the thin lens equation. *American Journal of Physics*, 90(8), 610–616. <https://doi.org/10.1119/5.0090854>

Sukariasih, L., Erniwati, Sahara, L., Hariroh, L., Fayanto, S., Studies the use of smartphone sensor for physics learning, *International Journal of Scientific and Technology Research*, 8 (10) 862-870, 2019.

Thees, M., Kapp, S., Altmeyer, K., Malone, S., Brünken, R., & Kuhn, J. (2021). Comparing Two Subjective Rating Scales Assessing Cognitive Load During Technology-Enhanced STEM Laboratory Courses. *Frontiers in Education*, 6(July), 1–16. <https://doi.org/10.3389/educ.2021.705551>

Timková, V., & Ješková, Z. (2017). How Magnus Bends the Flying Ball – Experimenting and Modeling. *The Physics Teacher*, 55(2), 112–114. <https://doi.org/10.1119/1.4974126>

Tornarí, F., Monteiro, M., & Marti, A. C. (2014). Understanding coffee spills using a smartphone. *The Physics Teacher*, 52(8), 502–503. <https://doi.org/10.1119/1.4897595>

Vieira, L. P., Lara, V. de O. M., & Amaral, D. F. (2014). *Demonstration of the Inverse Square Law with the aid of a Tablet/smartphone*. 3505. <http://arxiv.org/abs/1403.4635>

Vogt, P., & Kuhn, J. (2014). Acceleration Sensors of Smartphones Possibilities and Examples of Experiments for Application in Physics Lessons. *Frontiers in Sensors*, 2(December 2020). [www.seipub.org/fs](http://www.seipub.org/fs)

Vogt, P., & Kuhn, J. (2012). Analyzing free fall with a smartphone acceleration sensor. *The Physics Teacher*, 50(3), 182–183. <https://doi.org/10.1119/1.3685123>

Vogt, P., & Kuhn, J. (2012). Determining the speed of sound with stereo headphones. *The Physics Teacher*, 50(5), 308–309. <https://doi.org/10.1119/1.3703552>





Wörner, S., Kuhn, J., & Scheiter, K. (2022). The Best of Two Worlds: A Systematic Review on Combining Real and Virtual Experiments in Science Education. *Review of Educational Research*, 0(0). <https://doi.org/10.3102/00346543221079417>.

Yang, Y., Wang, H., & Liu, J. (2011). Mobile phone enabled pervasive measurement of liquid viscosity. *Applied Rheology*, 21(6), 1–5. <https://doi.org/10.3933/ApplRheol-21-63890>

Yavuz, A. (2015). Measuring the speed of sound in air using smartphone applications. *Physics Education*, 50(3), 281–284. <https://doi.org/10.1088/0031-9120/50/3/281>

## Agradecimentos

Este projeto contou com o apoio financeiro de bolsa e taxa de bancada do Programa Mais Ciência da Prefeitura Municipal de Campos dos Goytacazes, RJ, através do edital de concessão 03/2022.



Este projeto contou com apoio financeiro através de concessão de bolsa de iniciação tecnológica do Programa de Bolsas de Iniciação Tecnológica do IF Fluminense a partir do edital REIT 226/2022.



## **Sobre os autores**

Milton Baptista Filho é professor no Instituto Federal Fluminense desde 2012, lotado atualmente no campus Campos-Centro. É Licenciado em Física (2005) e Doutor em Ciências da Natureza (2011). É membro do Núcleo de Pesquisa em Física e Ensino de Ciências, membro permanente do Mestrado Nacional Profissional em Ensino de Física. Atualmente leciona física para o ensino médio integrado e disciplinas da Licenciatura em Ciências da Natureza e orienta projetos de iniciação científica e tecnológica direcionados a área de concentração “Ensino”.

Leandro Carvalho Pinto Filho é Técnico em Edificações, atualmente é estudante do curso de Licenciatura em Ciências da Natureza. Atualmente é bolsista de iniciação tecnológica sob orientação do Prof. Milton, fomentado pelo Programa Mais Ciência da Prefeitura Municipal de Campos dos Goytacazes, RJ.

## **Ajude-nos a aprimorar nosso trabalho**

Sua opinião será de grande valor trazendo críticas e sugestões ao aprimoramento deste trabalho.

### **Contato:**

IF Fluminense, Campus Campos-Centro

Rua Dr. Siqueira 273, Pq Tamandaré

CEP 28030-130 Campos dos Goytacazes – RJ

Email: [mfilho@iff.edu.br](mailto:mfilho@iff.edu.br) ou [miltonbap@gmail.com](mailto:miltonbap@gmail.com)

## **Ajude-nos a saber até que locais nosso trabalho alcançou**

Acesse o QR Code a seguir para participar de uma curtíssima pesquisa sobre quem já fez teve acesso ao livro físico ou fez download de nosso livro.



ISBN: 978-65-00-74218-3



e-ISBN 978-65-00-74436-1

**Apoio financeiro Edital 03/2022 Programa Mais Ciência**



SECRETARIA MUNICIPAL  
DE EDUCAÇÃO, CIÊNCIA  
E TECNOLOGIA  
EDUCAÇÃO ILUMINA VIDAS

