

EXPERIMENTOS INTRODUTÓRIOS EM FÍSICA EXPERIMENTAL I UTILIZANDO O APLICATIVO PHYPHOX

Victor. A. Silva.¹, Simone C. Cardoso², M. M. Sant'Anna³

¹ Universidade Federal do Rio de Janeiro, Instituto de Física, Rio de Janeiro, RJ, Brasil,
victorabath22@gmail.com

² Universidade Federal do Rio de Janeiro, Instituto de Física, Rio de Janeiro, RJ, Brasil,
simone@if.ufrj.br

³ Universidade Federal do Rio de Janeiro, Instituto de Física, Rio de Janeiro, RJ, Brasil,
mms@if.ufrj.br

Resumo

Este trabalho apresenta uma proposta de atividade inicial na disciplina experimental introdutória oferecida aos alunos dos cursos de Ciências Exatas da UFRJ. Ela é orientada para uso em cursos universitários, mas pode ser adaptada para uso no ensino médio. A proposta é composta por um conjunto de experimentos utilizando sensores presentes em celulares e controlados pelo aplicativo Phyphox. As atividades são apresentadas aos estudantes como um desafio, antes da introdução de técnicas de análise de dados, tendo como principal objetivo despertar o interesse pela prática científica experimental, o uso de sensores de aceleração, campo magnético, pressão e do GPS permitem aos alunos fazer conexões com problemas desafiadores como a modelagem do movimento do corpo humano em uma caminhada e a análise da Anomalia do Atlântico Sul. O conjunto de atividades é, atualmente, parte integrante da primeira prática do curso de Física Experimental I da UFRJ. Além disso, os resultados obtidos utilizando a ferramenta apresentaram uma boa concordância com as medições disponíveis na literatura, reforçando a confiabilidade dos sensores integrados em smartphones para fins educativos.

Palavras-chave: TIC's, Phyphox, Ensino.

Introdução

Este trabalho apresenta uma proposta de atividade introdutória para um curso de Física Experimental I, composta por um conjunto de quatro experimentos utilizando o aplicativo Phyphox (STAACKS et al., 2018) para tablets e smartphones. As atividades propostas visam familiarizar os alunos com o ambiente laboratorial, incentivando e estimulando a criticidade em relação à metodologia, à utilização dos sensores e à qualidade dos dados coletados. Além disso, há um foco explícito em orientar os alunos a observarem a relação entre o rigor na coleta de dados e a confiabilidade dos mesmos, independentemente da ferramenta utilizada.

O conjunto de atividades descrito é atualmente parte integrante da primeira prática do curso de Física Experimental I da UFRJ. Por ser uma introdução, o objetivo é precisamente familiarizar os alunos com as práticas de medição e a vivência em atividades experimentais. Vale destacar que a intenção deste trabalho não é verificar a confiabilidade do app Phyphox, mas sim observar como os alunos utilizam as ferramentas disponíveis para resolver os problemas propostos.

O smartphone como TIC a ser utilizada no ensino-aprendizagem de física experimental

A utilização das Tecnologias de Informação e Comunicação (TIC) no ensino de ciências é um tema recorrente e frequentemente revisitado (PASSERO et al., 2016; RODRIGUES, 2009), uma vez que novas ferramentas estão continuamente sendo desenvolvidas, e o próprio ensino, como um organismo vivo e mutável, exige atualizações rotineiras e eventuais reformas (BORGES, 2002). Essas tecnologias, que possuem aplicações do ensino ao ambiente corporativo, evoluíram e se popularizaram através de diversas etapas, incluindo o uso do rádio, da televisão, dos computadores e, mais recentemente, dos smartphones (SILVA; CRUZ, 2020).

Os smartphones modernos possuem sensores variados, como acelerômetros, magnetômetros, barômetros, microfones e sensores de luminosidade. Geralmente, esses aparelhos não têm ferramentas integradas para controlar e exibir as leituras desses sensores, mas existem aplicativos gratuitos, como o Phyphox¹, que se destaca por sua praticidade, disponibilidade de materiais em português e adequação às necessidades dos experimentos planejados.

Criado com esse propósito, o Phyphox tem se popularizado no ensino de física nos últimos anos (MADDUR et al., 2024; CARROLL; LINCOLN, 2020; SANTOS et al., 2019; PIERRATOS; POLATOGLOU, 2020; PEDROSO et al., 2020). Com ele, é possível coletar dados de sensores de aceleração, barômetro, magnetômetro e microfones sem restrições, exibindo-os na tela em gráficos em tempo real (Figura 01-A), coordenadas espaciais X, Y e Z, ou em espectros de frequência gerados por uma transformada de Fourier. O aplicativo também permite analisar os dados diretamente na tela do smartphone e oferece a opção de exportá-los em formato CSV ou Excel para análises externas.

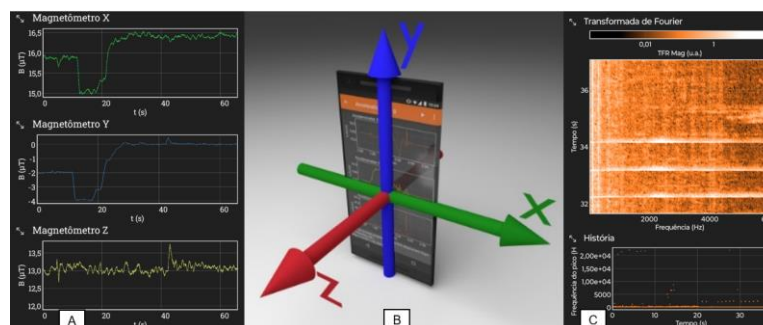


Figura 01: A figura A apresenta as leituras realizadas pelo magnetômetro nos eixos X, Y e Z, enquanto a figura B mostra a predefinição de orientação dos eixos feita pelo aplicativo Phyphox²

De acordo com uma pesquisa realizada pela FGVcia em 2024, o número de celulares por habitante no Brasil é de 1,2, totalizando cerca de 258 milhões de aparelhos em uso (MEIRELES, 2023). Diante disso, não parece absurdo, tampouco excludente, imaginar que em uma turma de primeiro semestre de graduação seja possível encontrar um smartphone em posse de cada aluno.

¹ Desenvolvido pelo 2º Instituto de Física da RWTH Aachen University (STAACKS, 2024).

² Disponível em: <<https://phyphox.org/sensors/>>. Acesso em agosto de 2024.

A proposta de atividade experimental

O objetivo principal desta atividade é introduzir os alunos ao trabalho de coleta de dados, desenvolver um pensamento crítico sobre a realização de medições em atividades experimentais e avaliar a confiabilidade dos dados coletados por um instrumento de medição. Em segundo plano, a atividade visa apresentar aos alunos não apenas o celular como uma ferramenta de medição, mas também incentivá-los a considerar o uso de tecnologias e dispositivos alternativos para diferentes atividades, em suma, mostrar um caminho além do ferramental clássico.

Como as atividades são realizadas na primeira aula de um curso composto predominantemente por alunos ingressantes, os calouros, não se espera nem se exige rigor na apresentação dos resultados, especialmente em relação à representação das incertezas das medidas e ao tratamento estatístico dos dados. Esses conceitos serão gradualmente inseridos e ensinados ao longo do curso. Todavia, como os resultados precisam ser apresentados para toda a turma, espera-se que durante o preparo da apresentação os alunos percebam por si mesmos a necessidade de algum critério representativo. A falta desse cuidado por parte dos grupos deve ser encarada pelo professor como uma oportunidade para discutir a importância desses critérios, reduzindo assim a ideia de que tais práticas são meras burocracias das atividades de laboratório.

Quadro 01: lista das atividades experimentais acompanhadas de seus objetivos e a ferramenta utilizada no aplicativo.

Atividade		Ferramenta utilizada no app
A	Medição de comprimento de um corredor.	Localização (GPS)
B	Medição da diferença de altura entre dois andares.	Elevador (barômetro)
C	Medição do campo magnético da Terra no Rio de Janeiro (módulo e sentido).	Magnetômetro
D	Medição da aceleração de seu corpo durante a descida de uma escada.	Aceleração (acelerômetro)

O Quadro 1 lista as atividades propostas, junto de seus respectivos objetivos de medição e as ferramentas que devem ser utilizadas em cada caso. Os detalhes da execução de cada uma das atividades serão apresentados na sequência do texto. Todas as atividades podem ser adaptadas para qualquer espaço físico, respeitando-se a realidade de cada local.

Para a realização das atividades, sugere-se que a turma seja dividida em grupos de dois a quatro alunos. Cada grupo deve receber um roteiro diferente com informações e sugestões para a execução da tarefa, sendo incentivado a fazer adaptações conforme julgar necessário. O objetivo é observar a criatividade dos alunos ao lidar com as dificuldades na resolução das tarefas utilizando as ferramentas disponíveis.

Antes de iniciar a coleta de dados, é essencial fornecer à turma instruções sobre o funcionamento das ferramentas que serão utilizadas, demonstrando, inclusive, a maneira correta de realizar algumas medições, além de oferecer orientações breves sobre como apresentar os resultados para o restante da turma. Além disso, deve ser enfatizada a necessidade de comparar os resultados obtidos com outra forma de medição.

A falta de uma boa introdução ao aplicativo, às ferramentas utilizadas e à apresentação dos resultados em algumas turmas mostrou afetar significativamente o engajamento dos alunos na atividade, bem como a qualidade e a confiabilidade das medições e das apresentações, quando comparados às turmas que receberam instruções mais detalhadas sobre esses aspectos.

Metodologia e discussão de resultados

Atividade A – Medição de comprimento de um corredor

Neste experimento, o grupo deve utilizar a ferramenta Localização (GPS), do aplicativo, para medir a distância entre as duas extremidades de um corredor, (poderia ser realizado em qualquer lugar, uma rua, por exemplo). Foram tomadas 3 medidas da distância de um corredor. A Precisão de cada medida é fornecida pelo próprio aplicativo e o valor médio das medidas realizadas foi de 108,0 m com precisão de 4,0 m (Tabela 01).

Tabela 01: Medidas obtidas para distância entre o início do corredor do bloco A e a entrada do bloco C na área externa do segundo andar do Centro de Tecnologia.

Referência	Valor (metros)
Medida 1 (ida)	100,0 $\pm$ 3,8
Medida 2 (volta)	114,0 $\pm$ 4,3
Medida 3 (ida)	109,0 $\pm$ 3,8
Média	108,0 $\pm$ 4,0

Esses dados foram obtidos por um grupo de alunos que um dos autores acompanhou. O método escolhido para comparar a medida realizada pelo aplicativo, sugerido por uma das integrantes do grupo, foi a contagem do número de divisórias no chão do corredor. Observou-se que todas as divisórias aparentavam ter dimensões iguais e na ausência de um aparato próprio para medir comprimento, optou-se pela utilização de um caderno para aferir a distância entre duas marcações consecutivas. Cada intervalo entre as marcações no piso correspondia a 5 cadernos, e foram contados 70 blocos (intervalo entre duas marcações). Com o auxílio de uma régua, verificou-se que o caderno media 0,29 m. Assim, por este método, foi obtido o valor de 101,5 m para o comprimento total, cerca de 6% de diferença entre as medidas obtidas em cada método.

Atividade B – Medição da diferença de altura entre dois andares

O objetivo deste experimento é determinar a altura entre dois andares de uma residência e comparar essas medidas com as dos degraus da escada que conecta os andares. Utiliza-se a ferramenta 'elevador', que se baseia nos dados do sensor de pressão do smartphone (calibrado para fornecer altura).

Foram realizadas medições subindo e descendo as escadas, duas vezes em cada situação. As leituras indicaram uma altura média de 2,72 m, com flutuações entre 2,65 m e 2,77 m. A escada possui quatorze degraus, sendo um deles sensivelmente menor que os demais, com 0,1 m de altura. A tela do aplicativo Phyphox que apresenta os dados coletados é mostrada na figura 02. Para fins de comparação, foi realizada manualmente a medição de um dos treze degraus restantes, supostos de dimensões iguais, utilizando uma trena. Cada degrau foi medido em 0,21 m, resultando em uma altura total de 2,83 m para a escada.

Ao comparar as duas medidas, a diferença percentual entre as medições automatizadas e a medição manual foi de 3,89%, o que demonstra uma boa concordância entre os métodos, apesar de pequenas variações que podem ser atribuídas a fatores como a precisão do sensor e a metodologia de medição manual.

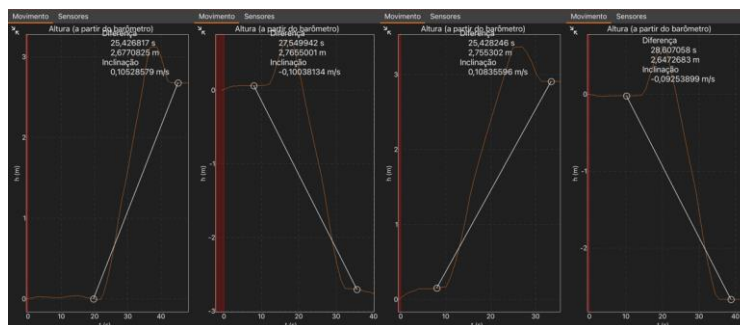


Figura 02: Gráficos dos dados das leituras da variação de altura do celular entre os dois andares.

Atividade C – Medição do campo magnético da Terra no Rio de Janeiro

O objetivo deste experimento é medir o módulo e o sentido do vetor campo magnético da Terra na região do Rio de Janeiro e verificar se os resultados estão de acordo com a Anomalia Magnética do Atlântico Sul. Para isso, será utilizada a ferramenta magnetômetro, que lê e exibe as leituras realizadas pelos sensores magnéticos do smartphone nos três eixos espaciais. Dessa forma, é possível verificar as componentes do vetor campo magnético e determinar seu ângulo de inclinação em relação à vertical. É necessário ter cuidado, pois a leitura dos dados pode ser facilmente afetada pela proximidade de outros campos magnéticos ou materiais ferromagnéticos.

Com a intenção de facilitar a determinação do ângulo de inclinação do vetor B , o celular foi rotacionado para anular o valor lido em um dos eixos na horizontal. Com isso, o valor obtido em termos absolutos foi de $21,02 \mu\text{T}$ e, com os valores de $16,46 \mu\text{T}$ e $13,07 \mu\text{T}$ lidos nos eixos x e z , respectivamente, foi obtida uma inclinação de $38,31^\circ$ para o vetor campo magnético.

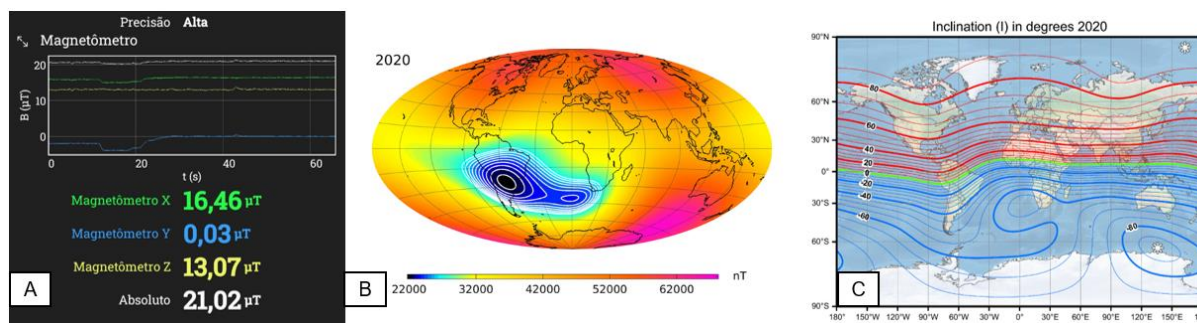


Figura 03: Dados do magnetômetro no aplicativo Phyphox (A). Intensidade do campo magnético na superfície da Terra, no ano de 2020, destacando a Anomalia do Atlântico Sul (B) e um mapa da inclinação na superfície do elipsoide para a época de 2020 (C)³

É preciso comparar os valores obtidos com os estimados para cada região no globo e verificar se estão de acordo com a Anomalia do Atlântico Sul. A Figura 03

³ O levantamento foi realizado pela Associação Internacional de Geomagnetismo e Aeronomia com dados referentes ao intervalo compreendido entre os anos de 2014 e 2020. (FINLAY et al., 2020).

exibe um mapa da intensidade do campo magnético e da inclinação do campo magnético terrestre, em graus. Considerando que o Rio de Janeiro está localizado na região da anomalia magnética, o valor esperado para o campo, com base na referência, é de cerca de $22 \mu\text{T}$, como uma inclinação entre 20 e 40 graus ao sul e entre 30 e 60 graus à leste. Comparando com as leituras realizadas pelo aplicativo percebe-se que os valores de campo magnético estão de acordo com a localização esperada.

Atividade D – Medição da aceleração de seu corpo durante a descida de uma escada

O Phyphox oferece uma ferramenta que utiliza as leituras do acelerômetro presente no smartphone, permitindo obter os valores já descontados da aceleração gravitacional local. O objetivo deste experimento é verificar a aceleração do telefone no eixo z durante a descida de uma escada.

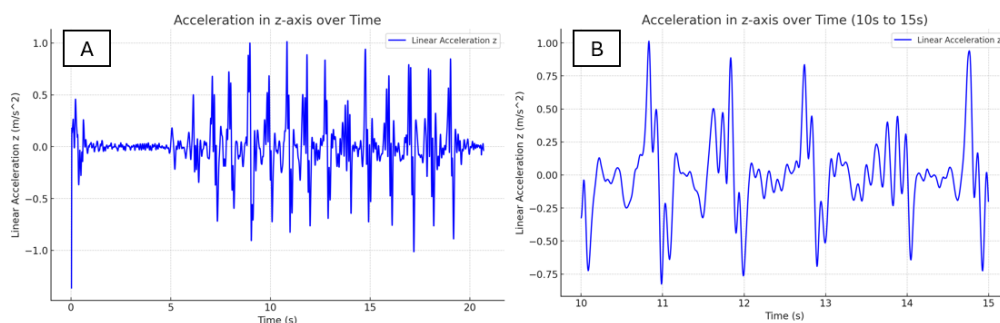


Figura 04: Gráficos obtidos para a aceleração do celular durante a descida de uma escada: a Figura A exibe toda a tomada de dados do experimento, desde a estabilização do sensor até o fim das escadas; a Figura B mostra um recorte entre os instantes 10 e 15 segundos

Antes de iniciar o movimento, é necessário esperar a estabilização das leituras do aplicativo, o que leva em torno de 1 segundo. Após esse período, o celular deve ser mantido orientado com o eixo z na vertical durante todo o percurso de descida da escada. Para uma análise mais detalhada dos resultados, pode-se optar por exportar as leituras do aplicativo para outro programa. Na Figura 04-A, é mostrado o gráfico gerado durante todo o intervalo de tempo, desde o início da coleta de dados até o momento em que o último passo foi dado, enquanto a Figura 04-B exibe um recorte do intervalo compreendido entre 10 e 15 segundos.

Os picos de aceleração observados no eixo z durante a descida das escadas podem ser utilizados para identificar o número de degraus e a regularidade da altura deles. Os padrões observados se assemelham aos encontrados em eletrocardiogramas, sismógrafos e nas ondas observadas em osciloscópios geradas por instrumentos musicais. Esse fato pode ser ressaltado para fazer a contextualização e conexão com o cotidiano da atividade experimental realizada.

Além disso, é possível comparar com as informações da Figura 05, que mostra os resultados obtidos em estudos que demonstraram que modelos de aprendizado de máquina utilizando dados de aceleração tridimensional podem prever de forma precisa parâmetros de impacto numa corrida e destacam a importância da avaliação das forças de reação do solo na análise da mecânica da marcha e no risco de lesões durante uma corrida a baixa velocidade (DERIE et al., 2020; CLARK et al., 2017). Esses resultados indicam, por meio dos picos de aceleração, informações

valiosas sobre os eventos específicos da marcha e como diferentes superfícies de corrida influenciam nas forças de reação do solo.

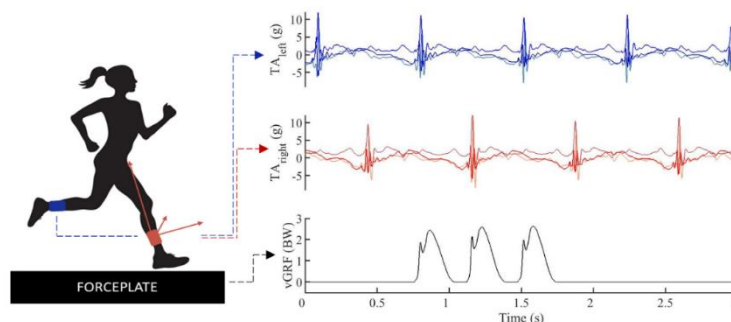


Figura 05: Exemplo de dados de acelerações tri-axiais, obtidas em um estudo realizado por Clark et al. (2017), capturadas simultaneamente para a perna esquerda (azul) e direita (vermelha), as forças verticais de reação do solo (preto) foram sincronizadas no tempo.

Conclusão

A partir dos resultados das aplicações, conclui-se que com as atividades propostas foi possível introduzir os alunos ao ambiente laboratorial de maneira interativa e prática, de forma a incentivar o desenvolvimento do pensamento crítico e da análise cuidadosa dos dados coletados, permitindo que os alunos explorassem diferentes aspectos da física experimental, desde a medição de grandezas básicas até a análise de fenômenos complexos como nos casos da anomalia magnética e a aceleração corporal.

É importante destacar que conceitos formais como registro de dados, comparação entre resultados e critério de compatibilidade, que serão introduzidos ao longo do curso, aparecem naturalmente a partir da discussão dos resultados pelos alunos. Nesse momento, eles são apenas citados para mostrar que existe a necessidade de se realizar uma análise mais profunda. Entretanto, quando os conceitos são de fato abordados em experimentos sequenciais da disciplina, os alunos fazem conexão com as atividades propostas discutidas no presente trabalho.

Além disso, os resultados obtidos mostram uma boa concordância com as medições tradicionais, o que reforça a confiabilidade dos sensores integrados em smartphones para fins educativos, embora não fosse esse o objetivo primário.

Referências

- BORGES, A.T. Novos rumos para o laboratório escolar de ciências. **Caderno Brasileiro de ensino de Física**, v. 19, n. 3, p. 291-313, 2002.
- CARROLL, Ryan; LINCOLN, James. Phyphox app in the physics classroom. **The Physics Teacher**, v. 58, n. 8, p. 606-607, 2020.
- CLARK, K. P.; RYAN, L. J.; WEYAND, P. G. A general relationship links gait mechanics and running ground reaction forces. **Journal of Experimental Biology**, v. 220, p. 247-258, 2017.
- DERIE, Rud et al. Tibial acceleration-based prediction of maximal vertical loading rate during overground running: a machine learning approach. **Frontiers in Bioengineering and Biotechnology**, v. 8, p. 33, 2020.

MADDUR, M.R; BHATTACHARYA, A; PATHAK, P. Studying Temperature-Dependent Sound Speed in a Constantly Filling Beaker Using a Smartphone. **The Physics Teacher**, v. 62, p. 260, 2024.

MEIRELLES, Fernando S. Pesquisa do uso da TI-tecnologia de informação nas empresas. **34ª Edição Anual, FGVcia**, 2023.

PASSERO, Guilherme; ENGSTER, Nélia Elaine Wahlbrink; DAZZI, Rudimar Luís Scaranto. Uma revisão sobre o uso das TICs na educação da Geração Z. **Revista Novas Tecnologias na Educação**, v. 14, n. 2, 2016.

PEDROSO, Luciano Soares et al. Experimentos de baixo custo utilizando o aplicativo de física Phyphox. **Latin-American Journal of Physics Education**, v. 14, n. 4, p. 1, 2020.

PIERRATOS, Theodoros; POLATOGLU, Hariton M. Utilizing the phyphox app for measuring kinematics variables with a smartphone. **Physics Education**, v. 55, n. 2, p. 025019, 2020.

RODRIGUES, Nara Caetano. Tecnologias de informação e comunicação na educação: um desafio na prática docente. **Fórum Linguístico**, v. 6, n. 1, p. 1-22, 2009.

SANTOS, Gedeel et al. Sequência de ensino investigativa para o ensino da lei de Hooke e movimento harmônico simples: uso do aplicativo Phyphox, o simulador Phet e GIF's. **Revista de Enseñanza de la Física**, v. 31, n. 2, p. 91-108, 2019.

SILVA, V.A; CRUZ, F. A. O. C. Determinação do momento de inércia de um anel não homogêneo com uso da análise de vídeo. **Caderno Brasileiro de Ensino de Física**, v. 37, n. 2, p. 944-956, 2020.

STACKS, Sebastian. Phyphox: Physical phone experiments. **Phyphox**, 2024. Disponível em: <https://phyphox.org/>. Acesso em: 26 ago. de 2024.

STACKS, Sebastian; HÜTZ, Simon.; HEINKE, Heidrun. Advanced tools for smartphone-based experiments: phyphox. **Physics Education**, v. 53, 2018.