

**UNIVERSIDADE MUNICIPAL DE SÃO CAETANO DO SUL - USCS**

**Curso de pós-graduação *lato sensu***

**Docência no Ensino Superior para Escolas de Engenharia**

**ROBERTO SCALCO**

**USO DE FUNCIONALIDADES DE TELEFONES CELULARES  
COMO RECURSOS DE APRENDIZAGEM APLICADOS AO  
LABORATÓRIO DE FÍSICA**

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado como requisito parcial para a conclusão do Curso de Pós-graduação *lato sensu* em Docência no Ensino Superior para Escolas de Engenharia, da Universidade Municipal de São Caetano do Sul.

Orientador: Prof. Dr. Fabio Appolinário.

**São Caetano do Sul  
2011**

# USO DE FUNCIONALIDADES DE TELEFONES CELULARES COMO RECURSOS DE APRENDIZAGEM APLICADOS AO LABORATÓRIO DE FÍSICA

## Roberto Scalco

Acadêmico do Programa de Pós-Graduação *Lato Sensu* em Docência no Ensino Superior para Escolas de Engenharia

Universidade Municipal de São Caetano do Sul

## Resumo

O objetivo deste trabalho consiste em investigar como a motivação dos alunos pode ser afetada ao utilizarem o *smartphone* como Objeto de Aprendizagem durante os experimentos realizados no laboratório de Física, como um instrumento de aquisição de dados das acelerações em três direções. Essa aquisição pode ser realizada em diversos experimentos que compõem o rol de atividades das aulas de laboratório de Física em que haja movimento de corpos. O estudo apresenta como o aspecto lúdico, o fato do aluno utilizar o próprio telefone celular como objeto de aprendizado para auxiliar a aumentar a motivação pelo aprendizado, bem como permitir uma melhor fixação dos conceitos apresentados. A metodologia empregada consiste na participação dos alunos na realização de um experimento para determinar o coeficiente de atrito cinético utilizando a abordagem tradicional e com o *smartphone*. Após a experiência, foi realizada uma pesquisa junto aos alunos que avaliaram a proposta, apresentando aceitação, bem como sinalização de aumento na motivação com relação ao uso desses aparelhos em outros experimentos. Além disso, a disseminação desses aparelhos entre os alunos permite que um equipamento de alto custo de aquisição para compor o quadro de ativos do laboratório de Física, que é o caso dos acelerômetros, possa ser utilizado com frequência nas aulas para complementar as atividades didáticas.

## Palavras chaves

Acelerômetro; Aquisição de dados; Laboratório de Física; Motivação; Smartphone.

## Abstract

The objective of this paper is to investigate how student motivation can be affected when using your smartphone as Learning Objects for the experiments in Physics laboratory as a means of data's acquisition of the accelerations in three directions. This acquisition can be performed

in several experiments that belongs to Physics laboratory activities in that there is bodies movement. The study shows, in fact, the student using de cell phone like learning object to help increase motivation for learning, as well as, allow a better way to save the concepts presented. The methodology used is the participation of students in conducting an experiment to determine the kinetic friction coefficient using the traditional approach and the smartphone. After the experiment was conducted a survey of students who evaluated the proposal, with acceptance, as well as signs of increased motivation towards the use of these devices in other experiments. Moreover, the dissemination of these devices among students allows that expensive equipment can be purchases to compound the equipments list of the physics laboratory, like accelerometers that may be used frequently in class to complement the teaching activities.

## **Keywords**

Accelerometer; Data acquisition; Motivation; Physics Laboratory; Smartphone.

## **1 Introdução**

Durante as aulas de laboratório de Física pode-se observar que grande parte dos alunos executam os procedimentos experimentais de maneira mecânica, simplesmente seguindo os passos do roteiro cegamente, sem estarem atentos em estabelecer uma correlação com os conceitos apresentados nas aulas de teoria. Com base nesse problema faz-se necessário que os professores desenvolvam estratégias que estimulem os alunos, tanto sob o aspecto da motivação quanto a satisfação em realizarem a atividade. Desta maneira, a conversão entre os registros visuais dos fenômenos observados ocorrerão de maneira mais natural para os algébricos e conceituais vistos na teoria.

O objetivo deste trabalho consiste na investigação do uso de elementos do cotidiano que possam apresentar um caráter lúdico para o estímulo dos alunos quando são utilizados para fins didáticos. Desta maneira, deseja-se verificar se é possível quebrar os paradigmas que alguns alunos possuem quanto à distância entre o que estão aprendendo em disciplinas básicas dos cursos de Engenharia, o que poderão desenvolver ao longo das vidas acadêmica e profissional e como objetos utilizados no cotidiano podem conter muitos elementos relacionados às primeiras dificuldades que encontram na primeira série do curso, como Cálculo, Geometria Analítica, Desenho, Física, Química e Programação.

Ao propor atividades com caráter lúdico, deseja-se que o aluno desperte uma maior receptividade para a situação em virtude do envolvimento com um ambiente, que apresenta o conteúdo formal do curso, sob uma abordagem emocional, permitindo com que o aprendizado ocorra de maneira significativa, como citado por Vygotsky (2004) em sua obra “Psicologia pedagógica”, publicada originalmente em 1926:

O mestre deve ter sempre a preocupação de preparar as respectivas potencialidades não só da mente como também do sentimento. Não devemos nos esquecer de atingir o sentimento do aluno quando queremos enraizar alguma coisa na sua mente. Dizemos frequentemente: 'Eu me lembro disso por que me impressionou na infância' (VYGOTSKY, 2004, p. 195).

Para verificar se o uso de elementos do cotidiano pode despertar o interesse nos alunos quando utilizados de maneira diferente da tradicional, este trabalho apresenta uma os resultados de um questionário respondido pelos alunos que participaram de uma atividade do laboratório diferenciada, utilizando os acelerômetros dos telefones celulares dos membros das equipes como instrumento de medição, permitindo comparar como o coeficiente de atrito cinético entre dois corpos pode ser determinado de maneiras distintas.

## 2 Revisão da Literatura

Nesta sessão, serão apresentados os principais conceitos que servem como base para a concepção e implementação do projeto.

### 2.1 A motivação na relação ensino-aprendizagem

Como o trabalho consiste na análise da motivação que os alunos podem sentir ao inserir um elemento diferente do esperado nas aulas de laboratório, faz-se necessário compreender o que é motivação, bem como suas componentes. Para tal, faz-se necessário um estudo preliminar sobre como as organizações empresariais compreendem a motivação, para que estes conceitos possam ser estendidos para o âmbito educacional.

Robbins, Judge e Sobral (2011, p. 152) definem “[...] **motivação** como o processo responsável pela intensidade, direção e persistência dos esforços de uma pessoa para o alcance de uma determinada meta.”, mostrando que o conceito é amplo e que ações em frentes distintas devam ser tomadas para conseguir motivar as pessoas. Os fatores que compõem a motivação são detalhados a seguir:

- a) **intensidade:** representa o esforço que é despendido por uma pessoa para atingir uma meta;
- b) **direção:** indica se as ações que estão sendo tomadas visam concluir os objetivos, ou seja, a qualidade do esforço;
- c) **persistência:** consiste em quanto tempo uma pessoa consegue manter o esforço. Sabe-se que “[...] os indivíduos motivados se mantêm na realização da tarefa até que seus objetivos sejam atingidos.” (ROBBINS; JUDGE; SOBRAL, 2011, p. 152).

Em muitos casos, quando o termo motivação é utilizado, o interlocutor está se referindo à parcela da intensidade, uma vez que, para resolver um problema, é esperado que o foco esteja na direção da solução e que a motivação perdure até que o problema seja resolvido.

Uma vez que os elementos que compõem a motivação foram definidos, é necessário analisar algumas teorias formuladas que consideram como as pessoas podem ser motivadas a realizar uma tarefa na empresa ou até mesmo alcançar um objetivo de vida, para então, analisar a motivação do alunado em sala de aula.

Ao verificar as primeiras teorias sobre motivação, observa-se que a proposta apresentada por Maslow em 1954, embora cientificamente contestada (ROBBINS; JUDGE; SOBRAL, 2011), mostra que a motivação possui fortemente a característica da direção, ou seja, o indivíduo se empenha para alcançar um objetivo específico. Uma vez que uma meta tenha sido concluída, há necessidade de estabelecer um novo ponto que se deve chegar, permitindo com que as pessoas estejam em um constante ciclo de auto-avaliação quando se preparam para atingir uma nova meta.

Seguindo pela linha do tempo, em 1959, Herzberg propôs a teoria dos dois fatores, mostrando que a satisfação das pessoas em relação ao trabalho não seguia uma escala de oposição “satisfação”-“insatisfação”, mas que existem fatores que podem deixar um indivíduo mais ou menos satisfeito enquanto que outros podem deixá-lo mais ou menos insatisfeito. Desta forma, Herzberg mostrou que a motivação está relacionada à satisfação que o indivíduo tem com a auto-realização, enquanto que a insatisfação ocorre quando o ambiente de trabalho não é sadio para o funcionário.

De acordo com Herzberg, os fatores que levam à satisfação com o trabalho são diferentes daqueles que levam à insatisfação. Portanto, os executivos que procuram eliminar os fatores que geram insatisfação podem conseguir a paz, mas não necessariamente a motivação dos funcionários. Eles podem tranquilizá-los mais do que motivá-los (ROBBINS; JUDGE; SOBRAL, 2011, p. 155).

Além desses autores clássicos sobre teorias que versam sobre motivação, deve-se considerar o trabalho proposto por Victor Vroom, em 1964, denominado teoria da expectativa que mostra como as ações dos indivíduos dependem da expectativa da pessoa sobre como o resultado da ação a afetará. Robbins, Judge e Sobral (2011, p. 155) comentam que “[...] a essência da teoria da expectativa é a compreensão dos objetivos de cada indivíduo, e a ligação entre esforço e desempenho, desempenho e recompensa e, finalmente, entre recompensa e alcance das metas pessoais.”

Entretanto, o que foi apresentado sobre as teorias da motivação foi fundamentado na abordagem clássica da organização de empresas. Deve-se lembrar que este trabalho consiste na avaliação de como um fator pode modificar o grau de motivação em um ambiente acadêmico. Sob esse enfoque, pode-se destacar o estudo de Antunes e Veiga:

A motivação em contexto sala de aula é o resultado de um conjunto de medidas educacionais que ao serem aplicadas terão de ser conjugadas com o repertório que o aluno traz para a escola, a sua história passada fruto das experiências do seu meio, da motivação pessoal, crenças, expectativas, valores, objetivos e hábitos, cabendo assim ao professor gerir e decidir quais as melhores estratégias a aplicar com cada aluno ou turma (ANTUNES; VEIGA, 2004, p. 543).

Desta maneira, ao propiciar um ambiente que instigue a curiosidade do aluno, mesmo que de maneira discreta, espera-se despertar um espírito de investigação, fazendo com que a pessoa queira aprender algo mais do que está sendo apresentado. Assim, quando o professor cria a oportunidade, os alunos podem sentir-se motivados em buscar um novo estágio do conhecimento, que, de fato, é obtido quando há extensão da sua zona de desenvolvimento em direção a compreensão dos novos conceitos.

A zona de desenvolvimento proximal, proposta por Vygotsky (2004), mostra que, sob o ponto de vista educacional, a capacidade que uma pessoa pode aprender é mais importante do que aquilo que já aprendeu. Desta maneira, com auxílio e colaboração, que no caso do ambiente escolar são os professores e as estratégias que adotam, o horizonte de assimilação de cada aluno pode ser expandido.

## 2.2 Demonstrações como facilitadores para a fixação de conceitos

Uma dificuldade que alguns alunos possuem consiste na percepção entre os diferentes tipos de representação de um mesmo registro matemático, seja ele uma equação ou um conceito envolvendo princípios físicos, às vezes, abstratos.

Duval (2003) mostra que as mudanças de representação de registro podem ser divididas em dois grupos:

- a) **tratamentos:** transformações de representações dentro do mesmo registro. Por exemplo, a resolução algébrica de um sistema de equações;
- b) **conversões:** transformações de representações que mudam de registro, mas conservam os objetos denotados. Por exemplo, transcrição de uma equação algébrica para sua forma gráfica e vice-versa.

Relacionado ao ensino da Física, podem-se realizar demonstrações ou experimentos em aula para facilitar o desenvolvimento da habilidade dos alunos realizarem conversões entre os registros.

Como exemplo, pode-se discutir com os alunos sobre como cada coeficiente de uma equação do segundo grau pode modificar o traçado de uma parábola, explorando a conversão entre as representações algébrica e gráfica. Em conjunto com essa análise, os coeficientes podem ser relacionados à geometria do local de um lançamento balístico, bem como com a intensidade e o ângulo da velocidade inicial de um projétil, estabelecendo a conversão entre as representações algébricas, gráfica e as grandezas físicas.

Além dos experimentos que o professor, com ou sem a participação dos alunos, pode fazer para facilitar a fixação das conversões, aplicativos podem ser utilizados para simular o comportamento de corpos, partículas, ondas, entre outras grandezas.

## 2.3 Objetos de aprendizagem

As primeiras formas de educação a distância em massa utilizavam basicamente mídias impressas, rádio e televisão. Atualmente, estas formas estão sendo complementadas e, em algumas situações, até mesmo substituídas pela educação a distância *on-line*, também conhecida como *e-learning*, que utiliza tecnologias de informação e comunicação em redes. Assim, o *e-learning* ofereceu maiores possibilidades para a educação a distância (EaD) a partir do uso de novas ferramentas tecnológicas, incluindo diferentes plataformas de *hardware* e *software*. Dessa forma, surge uma nova modalidade da educação a distância, que modifica a dinâmica da EaD, o *mobile learning* (*m-learning*), que nada mais é do que o *e-learning* utilizando dispositivos móveis (TAROUCO et al., 2004).

A procura por aplicativos computacionais que permitam e auxiliem a evolução da educação a distância não para de crescer. Dentre essas tecnologias, destacam-se os objetos de aprendizagem (OA), definidos como “[...] qualquer entidade, digital ou não digital, que pode ser usada, reusada ou referenciada durante o ensino com suporte tecnológico”<sup>1</sup> (IEEE, 2002). Desta maneira, para que os objetos de aprendizagem sejam reutilizáveis, é necessário que o seu desenvolvimento preze por sua modularidade:

A tecnologia de objetos de aprendizagem baseia-se na hipótese de que é possível criar pequenos ‘pedaços’ de material instrucional e organizá-los de forma a permitir a sua reusabilidade, promovendo economia de tempo e de custo na produção de cursos *on-line*. Para ser reutilizado, um objeto de aprendizagem precisa ser modular, interoperável e ter a capacidade de ser descoberto (GOMES; SILVEIRA; VICCARI, 2004, p. 389).

Vários esforços foram e ainda continuam sendo feitos no sentido de se alcançar estas características. Entretanto, apesar de todos os esforços, os objetos de aprendizagem ainda carecem de aprimoramento. Gomes, Silveira e Viccari (2004, p. 390) mostram que o “[...] tanto de trabalho necessário para o uso de um objeto de aprendizagem leva-nos a acreditar que necessitamos na verdade é de objetos de aprendizagem mais ‘espertos’.”

Uma vez que objetos de aprendizagem vem sendo desenvolvidos, existe a preocupação da comunidade em disponibilizá-los publicamente. Desta maneira, diversos repositórios foram criados com o intuito de compartilhar e melhorar a qualidade desses *softwares*. Dentre esses repositórios, destaca-se o portal Banco Internacional de Objetos Educacionais (MINISTÉRIO DA EDUCAÇÃO, 2008), que contempla objetos voltados ao auxílio da aprendizagem desde a educação infantil até o ensino universitário.

## 2.4 Aquisição de dados no laboratório

As atividades realizadas em laboratórios de Física devem ser devidamente preparadas com materiais que permitam aos alunos realizar os experimentos propostos e comparar os re-

<sup>1</sup>Tradução do autor: “[...] any entity, digital or non-digital, which can be used, re-used or referenced during technology supported learning”.

sultados obtidos com os apresentados durante as aulas de teoria. Atualmente, diversas empresas desenvolvem kits didáticos para serem utilizados em laboratórios, desde montagens mais simples, até equipamentos eletrônicos que realizam a aquisição e tratamento de dados referentes ao conceito que está sendo verificado no experimento.

[...] a educação se faz através da própria experiência do aluno, a qual é inteiramente determinada pelo meio, e nesse processo o papel do mestre consiste em organizar e regular o meio (VYGOTSKY, 2004, p. 67).

É importante que os alunos realizem os experimentos e possam comprovar os conceitos teóricos apresentados. Além disso, a prática do laboratório acrescenta um importante fator que inexistente na “Física ideal”: a incerteza dos instrumentos utilizados para fazer as medições e os erros de leitura desses instrumentos. Desta forma, os alunos percebem que não existe uma medição totalmente precisa, tanto que são convidados a realizarem várias medições do mesmo experimento e, em seguida, aplicarem conceitos de estatística para obter um valor médio aproximado.

O trabalho apresentado por Mossmann et al. (2002) utiliza um equipamento para medir os coeficientes de atrito estático e dinâmico entre dois corpos. Embora o dispositivo meça os valores e até trace um gráfico no computador, a vivência dos alunos obtida ao realizar o experimento não estará completa apenas com esses recursos. Assim, Mossmann et al. (2002, p. 149) discutem que “[...] o papel do professor será, então, o de dar significado físico a este coeficiente e não de explicar com detalhes como ele é obtido”. Os experimentos com a nova abordagem deverão despertar nos alunos um novo significado para os pequenos detalhes antes imperceptíveis, entretanto, essa metodologia não deve substituir a abordagem clássica, mas deve atuar como elemento para complementar o processo educacional.

Mossmann et al. (2002, p. 146) mostram ainda que “os novos recursos da informática, tanto de *software* como de *hardware* na área de aquisição de dados, permitem que a execução de experimentos antes restritos à pesquisa pura seja também estendida à sala de aula”, ou seja, é possível aos alunos comprovarem detalhes dos fenômenos físicos que, com o uso de instrumentos habituais de medição, não seria possível ou o esforço envolvido seria muito alto, como afirmam:

[...] seria excessivamente longo e trabalhoso executar a coleta de dados que gerou os gráficos e as conclusões deste trabalho, sem a aquisição automática de dados: é literalmente impossível obter, num tempo razoável, tais gráficos procedendo de forma ‘manual’. Assim, a introdução da aquisição automática de dados realmente representa um ganho didático, pois em diversos livros de física utilizados no ensino médio aparecem gráficos como este para ilustrar o conceito de força de atrito. Os estudantes têm, então, a oportunidade de entender claramente como eles são gerados e o que significam (MOSSMANN et al., 2002, p. 149).

Quanto ao uso dos equipamentos de aquisição de dados, as mais diversas soluções podem ser apresentadas. Existem diversos kits didáticos que realizam a aquisição eletrônica de



dados para determinados experimentos. Entretanto, alguns poucos fabricantes desenvolvem esse tipo de material, o que eleva o custo da aquisição, principalmente considerando que o número de kits que devem ser comprados deve ser compatível com o número de bancadas que farão uso simultaneamente.

Desta maneira, o uso de tecnologias associado a equipamentos do cotidiano podem ser utilizados em aula com intuito de permitir aos alunos visualizarem conceitos que não poderiam ser vistos em uma condução tradicional do experimento, além de despertar o interesse dos alunos demonstrando que a Física se aplica nos mais diversos itens que possam ser utilizados no dia-a-dia e que esses itens ainda podem ser utilizados em um ambiente formal de aula.

[...] a abordagem aqui sugerida é vantajosa, especialmente por poder ser executada num tempo razoavelmente curto. Este fator, aliado à motivação que é despertada nos estudantes ao manipularem equipamento informatizado, propicia condições excepcionalmente favoráveis ao ensino e à aprendizagem dos conceitos básicos da física (MOSSMANN et al., 2002, p. 149).

Os experimentos com a nova abordagem deverão despertar nos alunos um novo significado para os pequenos detalhes antes imperceptíveis, entretanto, essa metodologia não deve substituir a abordagem clássica, mas deve atuar como elemento para complementar o processo educacional.

## 2.5 A ciência guardada no bolso

Mesmo com a participação efetiva ao realizar os experimentos no laboratório de Física, alguns alunos têm dificuldade em relacionar os conceitos apresentados em aula com as observações e medições realizadas no laboratório. Este fato se dá em virtude do alto grau de abstração em que os conceitos físicos estão imersos.

Um dos maiores méritos da física talvez seja também seu maior obstáculo para cativar as pessoas: sua simplicidade para abordar de forma profunda problemas simples da natureza. Na grande maioria das vezes, é necessário exercer muita abstração para compreender os modelos físicos (OLIVEIRA, 2009).

A abstração dos conceitos é um dos principais fatores que levam as pessoas ao desinteresse pela Física. Oliveira (2009) comenta sobre a conscientização que ocorre atualmente com os cientistas em geral e, principalmente, os físicos que “[...] cada vez mais percebem que é de fundamental importância mostrar às pessoas que essa ciência tem uma extraordinária beleza e capacidade de ampliar os nossos horizontes, tornando-a atraente mesmo para aqueles que ainda não a conhecem”.

Com base neste problema, Wisman e Forinash (2008) propõem o uso de objetos do cotidiano, como telefones celulares, para que possam ser utilizados como objetos de aprendizagem durante as aulas de laboratório de Física.

Os telefones celulares tipo *smartphones*, independente do sistema operacional utilizado, possuem diversos periféricos integrados que podem ser utilizados para realizar medições de

aceleração, acústica, luminosidade e até mesmo filmar o experimento para determinar a velocidade dos corpos em movimento.

O uso de *smartphones* pode tornar a aula de laboratório mais estimulante, em virtude do fator lúdico de utilizar como elemento do experimento algo pessoal e de uso diário. Da mesma maneira que os equipamentos comerciais para aquisição de dados devem ser utilizados como item complementar ao aprendizado, o telefone celular também não deverá substituir a experiência de realizar o experimento.

Ações que permitam aos alunos realizarem uma tarefa de maneira lúdica podem auxiliar na fixação dos conceitos vistos, uma vez que os alunos deixam de ver a atividade como uma tarefa escolar e passam a aproveitar o momento despertando seus interesses por meio de emoções, tornando o aprendizado mais sólido, como apresentado por Vygotsky:

Se quisermos que os alunos recordem melhor ou exercitem mais o pensamento, devemos fazer com que essas atividades sejam emocionalmente estimuladas. A experiência e a pesquisa têm mostrado que um fato impregnado de emoção é recordado mais sólida, firme e prolongada que um feito indiferente (VYGOTSKY, 2004, p. 117).

Outro fator que deve ser levado em conta consiste no fato que o custo elevado com kits para a aquisição eletrônica de dados deixa de existir para a instituição de ensino, sendo distribuído aos alunos que já possuem esse tipo de equipamento.

### 3 Materiais e Métodos

A pesquisa relatada neste trabalho é de natureza quantitativa, uma vez que, após realizarem o experimento, os alunos responderam a uma pesquisa de campo que foi analisada sob o ponto de vista estatístico. Este relato de experiência contempla uma pesquisa transversal, aplicada ao longo de uma semana em pequenos grupos de alunos matriculados na primeira série do curso de Engenharia, com equipes contendo de duas a oito pessoas.

Sabe-se ainda que a finalidade da pesquisa é aplicada e o seu tipo é experimental, uma vez que deseja-se explicar o comportamento dos alunos ao introduzir um novo elemento em meio ao ambiente de ensino-aprendizado. Essa experiência direcionada que os alunos vivenciaram mostra que a estratégia de laboratório foi utilizada.

#### 3.1 Experimento “Determinação do coeficiente de atrito cinético”

O experimento, normalmente aplicado em meados do terceiro bimestre do curso de Física I, foi escolhido para ser apresentado aos alunos, pois o acelerômetro do celular poderia ser utilizado para medir a aceleração em apenas uma direção, evitando que fosse necessário realizar a soma vetorial das componentes medidas pelo acelerômetro. Além disso, como o telefone fica fixo ao bloco, que por sua vez movimenta-se apenas sobre a mesa, mostrou ser um experimento mais seguro do que um lançamento balístico, por exemplo.

O objetivo do experimento original consiste em “aplicar conceitos do formalismo Trabalho - Energia para a determinação dos coeficientes de atrito cinético entre um corpo e a superfície de apoio”. Desta maneira, os alunos devem aplicar os conceitos de energia cinética, potencial e dissipada pela força de atrito para obter o modelo matemático que permite determinar o coeficiente de atrito estático  $\mu$ .

A figura 1 mostra a montagem do experimento, indicando os massores e o porta massores como o corpo de massa  $M$ , posicionado a uma altura  $h$  do solo. A distância  $d$  representa o quanto o corpo de massa  $m$ , composto pelo celular posicionado sobre o bloco de madeira, percorre após que a força exercida pelo corpo de massa  $M$  cesse.

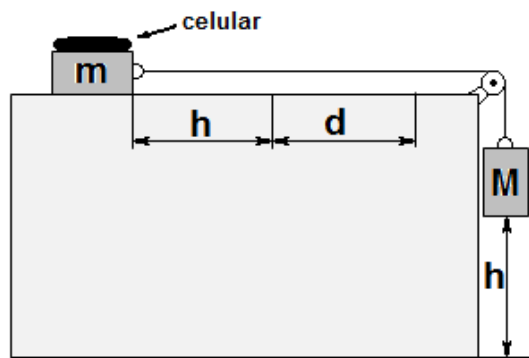


Figura 1: Esquema da montagem do experimento

Com base nos conceitos teóricos e na figura 1, os alunos devem obter a equação (1), que permite calcular o coeficiente de atrito em função da altura  $h$  e da distância  $d$ .

$$\mu = \frac{M \cdot h}{m \cdot h + (M + m) \cdot d} \quad (1)$$

Uma vez obtido o modelo matemático para o cálculo do coeficiente de atrito, os alunos devem realizar o procedimento experimental, que consiste em obter as medições das massas  $M$  e  $m$ , que variam de acordo com o telefone celular utilizado. Além disso, os alunos devem marcar sobre a superfície da bancada a posição do bloco quando os massores estão no chão, bem como a posição de onde o telefone será solto, ou seja, os alunos devem definir o valor da altura  $h$ .

Com intuito de minimizar os erros que são inerentes ao processo experimental, devem ser realizadas cinco medições da distância  $d$  e anotadas na tabela fornecida no roteiro da atividade. Após as medições, é obtido o valor médio para a distância e calculado o coeficiente de atrito cinético fazendo o uso da equação (1).

Além das atividades citadas, que consistem na realização do roteiro original, os alunos devem aplicar os conceitos relacionados à Segunda Lei de Newton ao mesmo problema, resultando no desenvolvimento da equação (2), que descreve o coeficiente de atrito cinético em função da aceleração  $a$  resultante do conjunto formado pelo *smartphone* sobre o bloco de madeira. O aplicativo executado no *smartphone* armazena os valores instantâneos da aceleração.

$$\mu = \frac{M \cdot g - (M + m) \cdot a}{m \cdot g} \quad (2)$$

Os valores armazenados pelo aplicativo no telefone celular durante as cinco medições da distância  $d$  devem ser analisados em uma planilha eletrônica, uma vez que esse dados foram armazenados em um arquivo texto, com os dados separados pelo caractere vírgula (extensão .CSV).

O aplicativo armazena quatro grandezas no arquivo: tempo ( $ms$ ) e as componentes da aceleração em três eixos ortogonais ( $m/s^2$ ). Como o telefone celular se movimenta em apenas uma direção, apenas o gráfico de uma das componentes será analisado. Esse gráfico deve possuir quatro regiões visivelmente distintas.

A primeira parte possui aceleração nula, uma vez que o bloco encontra-se em repouso até ser solto. Nesse momento, a aceleração torna-se positiva, aumentando até próximo a um valor médio constante durante a queda dos massores. Quando os massores atingem o chão, a aceleração decresce, tornando-se negativa e com valor médio também constante. O último possui valor nulo, uma vez que ocorre após a parada total do bloco de madeira.

Para cada um dos cinco arquivos, os alunos devem verificar o valor positivo da aceleração e anotá-los na tabela, também fornecida no roteiro do experimento. De maneira análoga, deve-se determinar o valor médio da aceleração para, então, calcular o valor do coeficiente de atrito, utilizando a equação (2).

Por fim, os alunos podem comparar os valores calculados do coeficiente de atrito cinético pela abordagem de trabalho-energia e pela Segunda Lei de Newton.

## 3.2 Materiais

Para a realização do experimento “Determinação do coeficiente de atrito cinético”, foram disponibilizados os seguintes materiais aos alunos:

- a) roteiro do experimento;
- b) bloco de madeira;
- c) roldana com garra de fixação;
- d) massores;
- e) porta massores;
- f) trena;
- g) linha.

Caso a equipe não possuisse um telefone celular com acesso aos dados do acelerômetro, um *smartphone* Samsung Galaxy S GT-I9000 era acrescido ao rol de itens fornecidos. O quadro 1 mostra os modelos dos telefones celulares dos alunos que foram utilizados no experimento, bem como a versão do sistema operacional.

Quadro 1: Modelos de celulares utilizados.

<b>Marca</b>	<b>Código</b>	<b>Modelo</b>	<b>Sistema Operacional</b>
Motorola	XT300	Spice	Android 2.1
Motorola	MB511	Flipout	Android 2.1
Samsung	GT-I5510T	Galaxy 551	Android 2.2
Samsung	GT-I9000B	Galaxy S	Android 2.1
Samsung	GT-I9000	Galaxy S	Android 2.2

Deve-se notar que em todos os casos o sistema operacional Android, da Google, foi utilizado. Isso ocorreu devido ao fato do próprio telefone celular fornecido como material de laboratório possuir esse sistema. Entretanto, isso não impede que telefones com iOS (Apple), Symbian (Nokia), Windows Mobile ou o sistema proprietário do fabricante do *smartphone* possam ser utilizados de maneira equivalente.

Uma vez que o telefone celular fornecido como material pelo laboratório possuía o sistema operacional Android, foi necessário encontrar um aplicativo gratuito que armazenasse os dados do acelerômetro de maneira que essas informações pudessem ser analisadas futuramente. Dentre os aplicativos testados, foi escolhido o **Accelerometer Values**, desenvolvido por Defarges (2010) e disponível no **Android Market**, fazendo a aquisição dos dados com frequência de 10 Hz.

O aplicativo instalado no telefone celular pode ser utilizado como um objeto de aprendizagem e suas características de reusabilidade podem ser exploradas em outros experimentos que possuam a necessidade de captação e análise da aceleração de corpos em movimento.

### 3.3 Aplicação da atividade

Durante a realização da atividade, os alunos puderam exercitar o desenvolvimento da habilidade das conversões de registro, citadas por Duval (2003), uma vez que o problema foi estudado e analisado sob diversas formas. Os alunos puderam relacionar o movimento observado no experimento com dois modelos matemáticos, além de observar a tabela contendo os valores medidos e o gráfico da aceleração. Desta maneira, a vivência do experimento pôde ser percebida sob diferentes vertentes, permitindo que alunos com diferentes características de aprendizado possam aproveitar melhor a compreensão dos conceitos apresentados.

Após a realização do experimento, os alunos responderam a um questionário sobre a percepção das diferentes abordagens do problema, bem como a satisfação e o grau de motivação que tiveram ao utilizar o telefone celular de maneira diferente da habitual. O questionário foi dividido em blocos, sendo que o primeiro continha três perguntas demográficas, seguido de uma pergunta sobre de quem era o celular utilizado no experimento. O terceiro bloco solicitava ao respondente que se posicionasse sobre as suas percepções sobre a comparação entre as abordagens do experimento, em três questões que utilizaram uma escala Likert com extre-

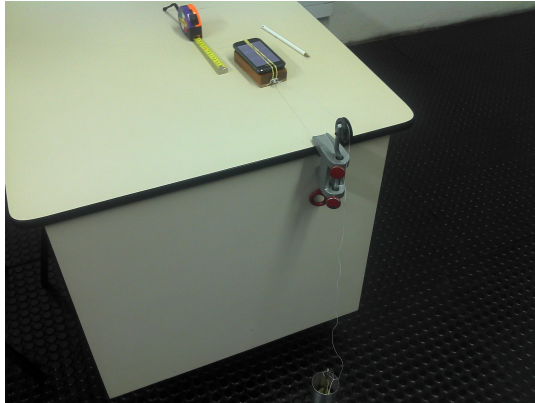


Figura 2: Montagem do experimento

midades semanticamente opostas e, por fim, um bloco contendo cinco questões relacionadas à motivação, satisfação e interesse despertado pela realização da atividade proposta.

## 4 Resultados

Os resultados deste trabalho podem ser divididos sob os aspectos da viabilidade técnica da proposta, bem como a análise do impacto sobre a motivação dos alunos ao realizarem o experimento.

### 4.1 Resultados do experimento

O experimento foi realizado diversas vezes, com diferentes participantes e, consequentemente, com resultados distintos, mas próximos entre si. O exemplo a seguir mostra os valores obtidos para o valor da altura  $h = 0,2m$ , corpo em queda com massa  $M = 0,196g$  e massa do conjunto telefone celular sobre bloco de madeira  $m = 0,256g$ . Os valores da aceleração foram obtidos analisando cada um dos cinco gráficos dos dados adquiridos pelo telefone celular. A figura 3 mostra um gráfico da situação ideal (pulsos positivo e negativo em vermelho), apresentada nas aulas de teoria e uma das medições realizadas (curva azul).

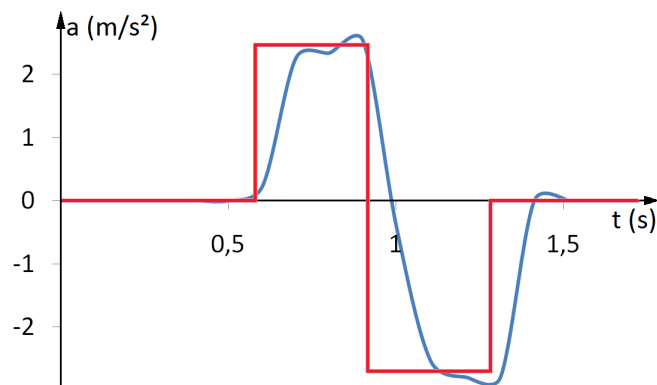


Figura 3: Comparação entre aceleração teórica e medida.

Pode-se notar que a transição entre os valores zero, positivo e negativo da aceleração não ocorre instantaneamente. Além disso, o patamar constante da representação teórica é substituído por trechos oscilantes, em virtude do escorregamento do fio sobre a polia.

A tabela 1 mostra os valores de cinco medições da distância  $d$  realizadas pelos alunos, bem como os respectivos valores médios da aceleração  $a$  obtidos pela análise dos dados na planilha eletrônica. Por fim são apresentados os valores médios para essas duas grandezas.

Tabela 1: Valores medidos durante o experimento.

	<b>Distância <math>d</math> (m)</b>	<b>Aceleração <math>a</math> (<math>m/s^2</math>)</b>
1	0,126	2,00
2	0,120	2,20
3	0,125	2,10
4	0,165	1,95
5	0,170	2,08
Média	0,140	2,07

Pode-se notar que os valores medidos, tanto com a trena quanto com o acelerômetro do telefone celular, são próximos entre si, mas não idênticos. Isso mostra que mesmo um dispositivo eletrônico está sujeito às incertezas intrínsecas ao processo de mensurar de alguma grandeza física, seja ela qual for.

De posse dos valores médios das distâncias e das acelerações, foram obtidos os coeficientes de atrito cinético  $\mu = 0,341$  e  $\mu = 0,394$ , utilizando as equações (1) e (2), respectivamente. Nota-se que os dois métodos apresentam resultados consistentes.

## 4.2 Pesquisa com os alunos

Ao término da atividade os alunos responderam a um questionário contendo doze questões, sendo três com características demográficas e as demais sobre suas impressões em relação ao experimento.

A atividade proposta foi aplicada junto a 61 alunos matriculados na primeira série do curso de Engenharia da Escola de Engenharia Mauá, com idade média de 18,84 anos e desvio padrão de 1,74 anos. Os participantes formaram um quadro com 34,4% pertencentes ao sexo feminino, enquanto que 65,6% pertencentes ao sexo masculino. Sabe-se ainda que 86,9% eram calouros e 13,1% veteranos. Ao longo de uma semana, 10 equipes contendo de 2 a 8 alunos participaram da atividade.

Quatro alunos possuíam um *smartphone* compatível e receberam o aplicativo para realizarem o experimento, enquanto que 28% utilizou o *smartphone* de um colega e os demais 66% utilizaram o telefone celular fornecido como material do laboratório.

Para os próximos três itens, foi apresentada uma escala com duas situações semanticamente opostas posicionada nos extremos e dividida em cinco níveis. Foi solicitado aos participantes que assinalassem a intensidade da tendência para uma dessas duas situações.

Foi perguntado o quão diferente seria a execução do experimento nos casos em que fosse realizada com o telefone celular ou em sua abordagem tradicional. Os alunos mostraram uma tendência que as duas abordagens não devem ser muito semelhantes, como mostra a figura 4.

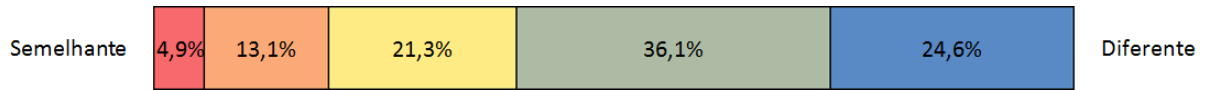


Figura 4: Escala da Semelhança-Diferença entre as abordagens.

A partir de um pré-conceito de que equipamentos eletrônicos são mais precisos do que instrumentos de medição que dependem do fator humano, foi perguntado aos alunos qual era a expectativa, antes de realizar o experimento de quão distantes ou próximos os cinco valores medidos do celular deveriam ser entre si. Os resultados mostram na figura 5 uma leve tendência a dados que sejam mais consistentes do que discrepantes.

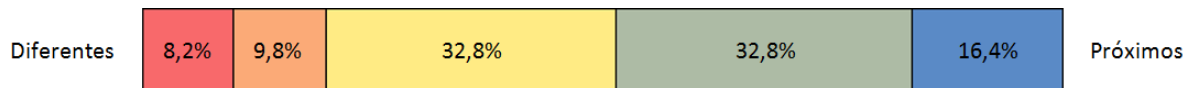


Figura 5: Escala da expectativa Diferença-Proximidade dos dados antes do experimento.

Após a comparação entre os valores numéricos calculados, foi solicitado que os alunos indicassem sua impressão sobre a discrepância ou consistência entre os valores. A figura 6 mostra uma tendência de que os valores calculados possuem pouca diferença entre si.

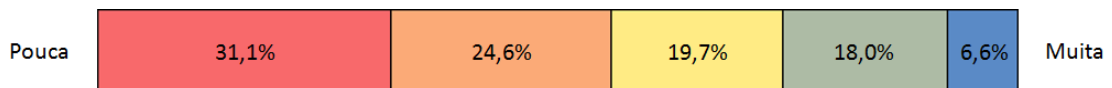


Figura 6: Escala da Discrepância-Consistência dos valores calculados.

Observando o gráfico da figura 7 verificou-se que o uso do telefone celular em outras atividades do laboratório pode ser viável para 43% dos alunos participantes, lembrando que a maioria dos alunos são calouros e ainda não conhecem os experimentos que serão vistos.

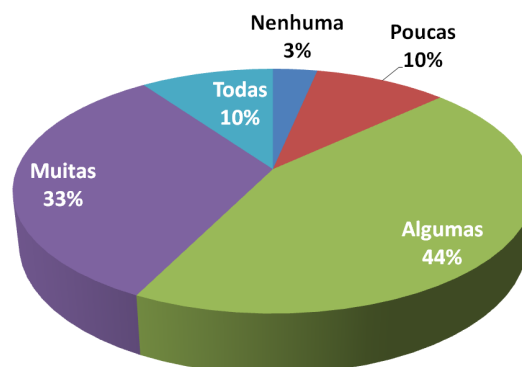


Figura 7: Possibilidade de uso do telefone celular em outros experimentos.



O resultado apresentado na figura 8 mostra que 85% dos alunos expressam que estavam motivados ao realizar o experimento utilizando o telefone celular para uma finalidade diferente daquela que o aparelho foi projetado. Esse resultado é importante para a hipótese apresentada nesta pesquisa, uma vez que a situação proposta permitiu com que os alunos realizassem a atividade motivados.

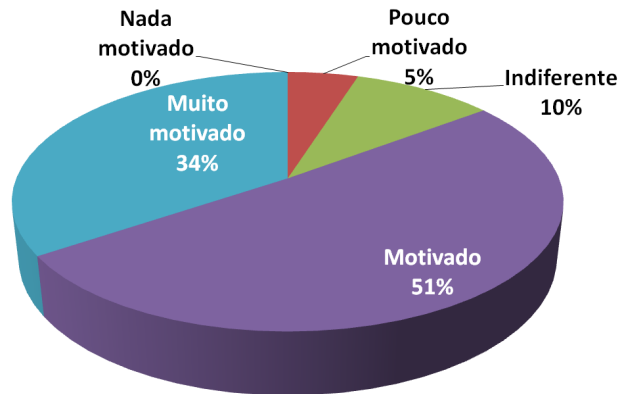


Figura 8: Grau de motivação com a proposta do experimento.

A satisfação em realizar a atividade com o telefone celular para coletar os dados da aceleração foi sinalizada por 87% dos participantes, como visto na figura 9. Uma vez que a satisfação está diretamente ligada aos estímulos externos, pode-se verificar que a estratégia aplicada cumpriu a proposta apresentada.

Esses dois últimos resultados mostram como as situações propostas como se um fator que pode influenciar o interesse pelo aprendizado dos alunos em novos conceitos apresentados, sob diferentes perspectivas.

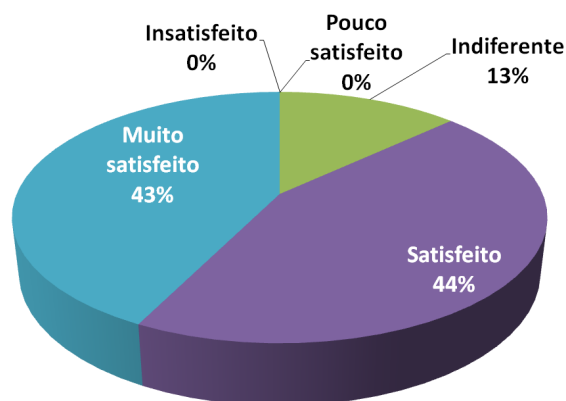


Figura 9: Grau de satisfação com a proposta do experimento.

Os alunos que participaram também indicaram que o aprendizado dos conceitos pode ser facilitado quando propostas lúdicas são postas em prática. Nota-se que 87% dos alunos, representados pelo gráfico da figura 10, demonstraram essa opinião.

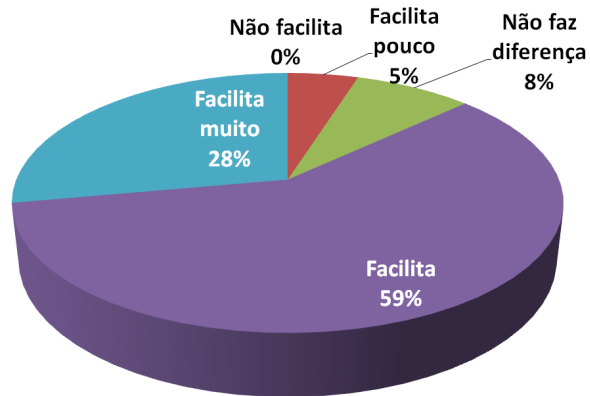


Figura 10: Aumento da facilidade do aprendizado.

Por fim, foi solicitado que os alunos respondessem se gostariam que o acelerômetro do telefone celular fosse novamente utilizado como instrumento de medição nas aulas de laboratório. A receptividade veio por 61% dos participantes, como representado na figura 11.

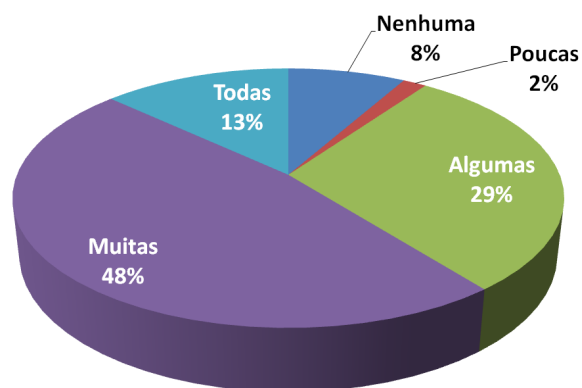


Figura 11: Desejo que o telefone celular fosse utilizado em outros experimentos.

## 5 Conclusões

Este trabalho mostrou que o fator lúdico de utilizar o próprio telefone celular como objeto de aprendizado indicou as reações que os alunos tiveram quanto a satisfação e motivação com a situação proposta para realizar o experimento. Além disso, o resultado do questionário também mostrou que os alunos destacaram que houve uma maior facilidade para o aprendizado.

O resultado do questionário mostrou receptividade quanto ao uso do acelerômetro do telefone celular como instrumento de medição para as atividades do laboratório da disciplina Física I, destacando a reusabilidade do objeto de aprendizagem proposto.

Uma vez que houve aceitação do uso do telefone celular nos experimentos, associado à confiabilidade dos valores medidos, é possível explorar outros experimentos que possuam

a movimentação de um corpo que se medir a aceleração ou calcular a velocidade instantânea (utilizando técnicas de integração numérica) ou o movimento descrito pelo corpo.

Sob o ponto de vista técnico, o uso de acelerômetros de *smartphones* tiveram consistência entre diversas medições da aceleração do movimento do corpo estudado, além da confiabilidade dos valores obtidos, uma vez que os valores dos coeficientes de atrito cinético mostraram-se compatíveis com os obtidos pela abordagem tradicional.

Como os aparelhos com esses recursos são uma constante cada mais presente em meio aos alunos é possível inserir o novo elemento como item complementar aos estudos nas atividades. Desta maneira, embora o laboratório deva possuir um número compatível de equipamentos com o número de equipes que realizarão o experimento, o custo será minimizado, pois o uso dos acelerômetros do laboratório será alternado com o dos alunos, aumentando a sua durabilidade.

Deve-se notar que a pesquisa foi limitada pelo grupo de alunos que participaram. O uso de *smartphones* dos alunos pode ser considerado em virtude de uma pesquisa informal realizada antes da elaboração da proposta, onde verificou-se que o número de *smartphones* seria suficiente.

## 6 Referências

- ANTUNES, J.; VEIGA, F. H. Aspectos motivacionais dos alunos e do ambiente da aula: Variáveis do contexto escolar. In: CIEFCUL (ed.). **Itinerários: investigar em educação**. Lisboa: Centro de Investigação da Faculdade de Ciências da Universidade de Lisboa, 2004. p. 535–544. Disponível em: <[http://cie.fc.ul.pt/membrosCIE/feliciano\\_veiga/textos/Texto12.1.pdf](http://cie.fc.ul.pt/membrosCIE/feliciano_veiga/textos/Texto12.1.pdf)>. Acesso em: 01 jun. 2011.
- DEFFARGES, B. **Accelerometer values**. Mulhouse: [s.n.], 2010. Android Market. v. 1.1.0. Disponível em: <<http://karanar.net/?p=131>>. Acesso em: 14 jun. 2011.
- DUVAL, R. Registros de representações semióticas e funcionamento cognitivo da compreensão em matemática. In: MACHADO, S. D. A. **Aprendizagem em matemática: registros de representação semiótica**. Campinas: Papirus Editora, 2003.
- GOMES, E. R.; SILVEIRA, R. A.; VICCARI, R. M. Objetos inteligentes de aprendizagem: uma abordagem baseada em agentes para objetos de aprendizagem. In: **XV Simpósio Brasileiro de Informática na Educação**. Manaus: [s.n.], 2004. p. 389–398.
- IEEE. **WG12: Learning object metadata position statement on 1484.12.1-2002**. 2002. IEEE Learning Technology Standards Committee. Disponível em: <<http://ltsc.ieee.org/wg12>>. Acesso em: 15 jun. 2011.
- MINISTÉRIO DA EDUCAÇÃO. **Banco internacional de objetos educacionais**. 2008. Disponível em: <<http://objetoseducacionais2.mec.gov.br/>>. Acesso em: 15 jun. 2011.

MOSSMANN, V. L. F.; CATELLI, K. B. M. F.; LIBARDI, H.; DAMO, I. S. Determinação dos coeficientes de atrito estático e cinético utilizando-se a aquisição automática de dados. **Revista Brasileira de Ensino de Física**, v. 24, n. 2, p. 146–149, jun. 2002.

OLIVEIRA, A. Por que tanto desinteresse? **Instituto Ciência Hoje**, abr. 2009. Disponível em: <<http://cienciahoje.uol.com.br/colunas/fisica-sem-misterio/por-que-tanto-desinteresse>>. Acesso em: 08 abr. 2011.

ROBBINS, S. P.; JUDGE, T. A.; SOBRAL, F. **Comportamento organizacional**. São Paulo: Pearson Brasil, 2011.

TAROUCO, L. M. R.; FABRE, M.-C. J. M.; KONRATH, M. L. P.; GRANDO, A. R. Objetos de aprendizagem para m-learning. In: **SUCESU - Congresso Nacional de Tecnologia da Informação e Comunicação**. Florianópolis: [s.n.], 2004.

VYGOTSKY, L. S. **Psicologia pedagógica**. São Paulo: Martins Fontes, 2004.

WISMAN, R. F.; FORINASH, K. Science in your pocket. **International Journal on Hands-on Science**, v. 1, n. 1, p. 1–9, set. 2008.

## APÊNDICE A - Questionário

Por favor, responda às perguntas a seguir, com base na experiência que você acabou de realizar.

1) Sexo:

- Feminino  
 Masculino

2) Idade: \_\_\_\_\_ anos

3) Situação na Mauá:

- Calouro  
 Veterano

### Sobre a experiência

4) O telefone celular utilizado na experiência era:

- Seu  
 De outro aluno da sua equipe  
 Material do laboratório

5) Em sua opinião, se a experiência fosse realizada sem o telefone celular como instrumento de medição, qual seria o grau de diferença em relação ao que foi realizado?

Semelhante      Diferente

6) Nas experiências realizadas no laboratório, fazemos várias medidas para minimizar erros de medições que ocorrem. Sendo o telefone celular um equipamento eletrônico para aquisição de dados, como você esperava que seriam os dados da aceleração, antes de realizar a experiência?

Valores diferentes das medições      Valores próximos das medições

7) Depois de analisar os resultados, houve diferença entre o que foi medido e o esperado pela teoria proposta?

Pouca      Muita

8) Em sua opinião, você acredita que o telefone celular poderia ser utilizado em outras experiências do laboratório de Física I?

- Nenhuma
- Poucas
- Algumas
- Muitas
- Todas

9) Considerando a forma como o experimento foi realizado, utilizando o telefone celular como instrumento de medição e visualizando as informações coletadas no computador, indique o grau de motivação que você sentiu em realizar o experimento comparado à maneira tradicional, com as medições da distância com a trena.

- Nada motivado
- Pouco motivado
- Indiferente
- Motivado
- Muito motivado

10) Qual o seu grau de satisfação em realizar a experiência nas circunstâncias em que foram apresentados, comparado à abordagem tradicional?

- Insatisfeito
- Pouco satisfeito
- Indiferente
- Satisfeito
- Muito satisfeito

11) Você acredita que experiências desse tipo podem facilitar o seu aprendizado no laboratório?

- Não facilita
- Facilita pouco
- Não faz diferença
- Facilita
- Facilita muito

12) Você gostaria que em algumas experiências que serão realizadas ao longo deste ano no laboratório de Física I o telefone celular fosse utilizado para coletar dos dados para análise futura no computador?

- Nenhuma
- Poucas
- Algumas
- Muitas
- Todas