

Avaliação dos impactos de uma metodologia de aprendizagem ativa para a Física no Ensino Médio

Evaluation the impacts of an active learning methodology for Physics in High School

DOI:10.34117/bjdv8n1-187

Recebimento dos originais: 07/12/2021

Aceitação para publicação: 12/01/2022

Sidnei Fernandes de Souza

Licenciatura em Matemática

Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Sudeste de Minas Gerais
Campus Rio Pomba

Av. Dr. José Sebastião da Paixão - Lindo Vale, Rio Pomba - MG, 36180-000

E-mail: sidnei.fernandes1997@gmail.com

Vitor da Silva Botelho

Licenciatura em Matemática

Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Sudeste de Minas Gerais
Campus Rio Pomba

Av. Dr. José Sebastião da Paixão - Lindo Vale, Rio Pomba - MG, 36180-000

E-mail: vitor.botelho20@gmail.com

Damião de Sousa Vieira Junior

Doutor em Física

Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Sudeste de Minas Gerais
Campus Rio Pomba

Av. Dr. José Sebastião da Paixão - Lindo Vale, Rio Pomba - MG, 36180-000

E-mail: damiao.vieira@ifsudestemg.edu.br

Alberto Luiz Costa Losqui

Doutor em Física

Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Sudeste de Minas Gerais
Campus Rio Pomba

Av. Dr. José Sebastião da Paixão - Lindo Vale, Rio Pomba - MG, 36180-000

E-mail: alberto.losqui@ifsudestemg.edu.br

RESUMO

Este trabalho apresenta uma metodologia de ensino que associa elementos da teoria de aprendizagem (metodologia de ensino) ativa conhecida como “Peer Instruction” a um ambiente de práticas lúdicas e interativas, idealizadas com materiais de baixo custo e recursos tecnológicos populares. A metodologia consiste em quatro etapas distintas: (1) apresentação do assunto, através da exposição teórica do professor, prioritariamente menor que em um curso habitual; (2) aplicação de um teste conceitual (pré-teste), com questões teóricas desafiadoras e bem elaboradas, a fim de suscitar conflitos cognitivos e agirem como o estopim da discussão entre os alunos; (3) imersão dos estudantes em um ambiente com atividades experimentais lúdicas que trabalham concretamente os

conceitos chaves suscitados no pré-teste; (4) aplicação de um pós-teste idêntico ao pré-teste, evidentemente sem o conhecimento dos estudantes do gabarito correto, o que nos fornece dados para uma avaliação quantitativa do método. Apresentamos os resultados de uma experiência da metodologia realizada com alunos de primeiro ano do ensino médio na modalidade técnico integrado, em que abordamos tópicos da teoria Newtoniana do movimento. Nossos resultados indicam que tal metodologia de ensino é mais uma alternativa promissora na busca de uma aprendizagem significativa e de qualidade.

Palavras-chave: ensino de Física, inovação pedagógica, atividades práticas.

ABSTRACT

This work presents a teaching methodology that associates topics active learning theory known as "Peer Instruction" with a playful and interactive practice environment designed with low-cost materials and popular technological resources. The proposed methodology consists of four distinct steps: (1) presentation of the subject, by the teacher's theoretical exposition, which is primarily smaller than in a usual course; (2) application of a conceptual test (pre-test), with challenging and well elaborated theoretical questions, in order to raise cognitive conflicts and act as a trigger for discussions among students; (3) immersion of students in an environment with playful experimental activities that concretely work the key concepts raised in the pretest; (4) applying a post-test identical to the pre-test, evidently without students' knowledge of correct feedback. It's provides us with data for a quantitative assessment of the method. We present the results of an investigative teaching activity based on this methodology realized with first year students at high school in the integrated technical modality, where we worked on topics of Newtonian movement theory. Our results indicate that teaching methodology is another promising alternative in the pursuit of meaningful and quality learning.

Keywords: physics teaching, pedagogical innovation, practical activities.

1 INTRODUÇÃO

Em contraste ao mundo tecnológico e conectado em que vivemos hoje, o “*modus operandis*” das escolas de ensino básico, especialmente no ensino médio, cristaliza os cursos de Física à forma tradicional, com exercícios padronizados e aulas expositivas puramente teóricas. Cenário consequente à fatores conhecidos, como falta de estrutura laboratorial, currículo extenso associado a baixa carga horária, falta de professores com formação em Física, deficiência nos cursos de formação de docentes, baixo incentivo salarial e, como fator fundamental, a promoção automática travestida de progressão continuada; resultados nefastos de mais de duas décadas de um projeto de escola pública com viés de acolhimento social em detrimento do conhecimento técnico e científico (LIBÂNEO, 2012). O resultado desta atual conjuntura do ensino de Física e da educação básica em geral é: o baixo desempenho dos alunos em tal disciplina e o baixo interesse por cursos de graduação em Física e áreas afins. A carência no ensino básico de Física

também reflete claramente nos cursos de graduação, onde observamos um número crescente de alunos que demonstram demasiada dificuldade e falta de interesse nas disciplinas de Física, um resultado claro da falta de elementos subsunçores essenciais ao seu desenvolvimento propedêutico (AUSUBEL *et al*, 1980; MOREIRA, 1988; MOREIRA, 2000). Como consequência dessa situação, as disciplinas introdutórias de Cálculo e Física tornam-se desafios nos cursos de graduação, resultando em altos índices de evasão e reprovação.

Diante deste cenário no ensino de Física, é notável o número de publicações sobre novas metodologias de ensino, propondo alternativas à estrutura das aulas tradicionais (BARROS *et al*, 2004; ARAUJO; MAZUR, 2013; OLIVEIRA *et al*, 2015; MULLER *et al*, 2017; SASAKI; JESUS, 2017; OLIVEIRA; PAIXÃO, 2017; PARREIRA, 2018; LOSQUI *et al*, 2021). Dentre essas metodologias, tem-se destacado na literatura internacional as metodologias ativas de ensino, que priorizam a inserção do estudante como agente protagonista de sua aprendizagem. Camargo e Daros (2018) afirmam que as Metodologias Ativas são um conjunto de atividades organizadas, com a presença marcante da intencionalidade educativa. Os estudantes deixam de ser agentes passivos (que apenas escutam) e passam a ser membros ativos no processo de aprendizagem, por meio de estratégias pedagógicas que estimulam a apropriação, a produção do conhecimento e a análise de problemas. Rosso e Taglieber (1992) definem metodologia ativa de ensino como um processo natural que se aproveita do ímpeto e da energia intrínseca de aprender do aluno. Este tipo de metodologia se destaca no ensino de Física, pois suas características são compatíveis com os aspectos mais importantes desta ciência: a observação e a formulação de teorias para explicar os fenômenos naturais em nosso entorno. Uma das metodologias ativas de ensino que se destacam neste contexto é o método *Peer Instruction* (MAZUR, 1997; MAZUR, 2015), desenvolvido por Eric Mazur, professor de Física da Universidade de Harvard, que em uma tradução literal é conhecida como Instrução por Pares ou Instrução pelos Colegas (ARAUJO; MAZUR, 2013). Esta metodologia propõe que os alunos sejam mais ativos, trazendo o foco do processo de ensino-aprendizagem tradicionalmente centrado na figura do professor, para o educando, que passa a construir seu conhecimento junto com grupos de colegas. Uma característica desta metodologia baseia-se na aplicação de questões durante as aulas habituais, cuidadosamente preparadas, com o objetivo de suscitar conflitos cognitivos nos estudantes dentro dos conceitos que o professor deseja trabalhar. Dessa forma, diminui-se o tempo de exposição oral tradicional do professor e abre-se espaço para a participação

dos estudantes que devem discutir sobre a questão proposta, configurando um ambiente de interação e aprendizagem entre eles (*Peer Instruction*). A partir do percentual de acerto dos estudantes nas questões propostas, o professor tem tomadas de ações diferentes, configurando uma necessidade de feedback rápido das respostas dos alunos, que podem atualmente ser obtidas por diversos modos (DINIZ, 2015; WANIS, 2015; KIELT *et al.*, 2017).

Por outro lado, a Física é uma ciência essencialmente experimental, em que o ato de medir é crucial para a elaboração e compreensão das teorias (SÉRÉ *et al.*, 2003). A ausência de Física experimental fomenta a ilusão de que a Física é uma ciência puramente teórica e longe do mundo vivido por nós. Para Silva e Santos (2017) grande parte da dificuldade encontrada por esses alunos quanto à aprendizagem de Física se dá pela ausência de laboratórios didáticos e atividades práticas. Por outro lado, o acesso a *smartphones* e a crescente opção de recursos digitais e tecnológicos abrem um leque de novas possibilidades para uso em sala de aula (PALACIO *et al.*, 2014; VIEIRA *et al.*, 2014; ALMEIDA, 2015; JESUS; SASAKI, 2016; ARANHA *et al.*, 2017; KIELT *et al.*, 2017; LUNAZZI *et al.*, 2019).

Diante desse quadro, propomos e testamos, quantitativamente e qualitativamente, uma metodologia de ensino que associa elementos de aprendizagem ativa a um ambiente com atividades experimentais lúdicas, que utilizam essencialmente materiais de baixo custo e recursos tecnológicos de fácil acesso, como celulares, notebook e projetores (SILVA; SANTOS, 2017). O objetivo é desenvolver uma metodologia que potencialize a interação entre os alunos através da observação e análise de fenômenos práticos, e que seja possível de ser instrumentalizada por professores do Ensino Médio. Testamos tal metodologia em cinco turmas do primeiro ano do Ensino Médio, na modalidade de Técnico Integrado do Instituto Federal do Sudeste de Minas Gerais - Campus Rio Pomba; cada turma com um itinerário de formação técnica distinta, mas com currículo comum das disciplinas obrigatórias, totalizando 123 estudantes. A fim de manter o sigilo e a privacidade dos estudantes participantes, as turmas serão tratadas neste artigo apenas como turmas **A**, **B**, **C**, **D** e **E**. Os assuntos abordados nas atividades foram: os conceitos de movimento circular, as propriedades do movimento de um projétil e a construção de gráficos de posição em função do tempo.

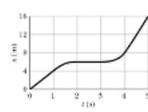
Analisamos os resultados quantitativos através do ganho normalizado, ou ganho de Hake (HAKE, 1998), calculado a partir dos acertos em pré e pós-testes. Realizamos também um estudo qualitativo através da aplicação de um questionário de percepção dos

alunos sobre a metodologia. Por fim, avaliamos os pontos positivos e as possibilidades do uso articulado das práticas experimentais e das tecnologias de aprendizagem ativa.

2 MATERIAIS E MÉTODOS

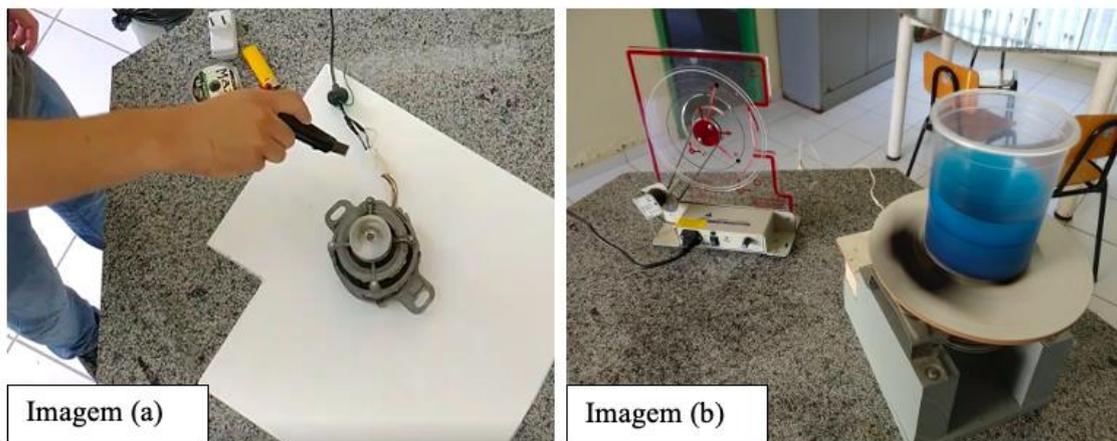
A metodologia proposta é estruturada em quatro etapas, três delas a serem cumpridas em duas horas-aula, intercaladas com as aulas tradicionais, onde os conteúdos a serem abordados nas práticas foram trabalhados previamente pela abordagem teórica habitual – primeira etapa do método. Na primeira etapa, os alunos devem ter o contato inicial com o assunto, que pode ser pela exibição de um filme, pela leitura de um texto ou, como no nosso caso, pela aula expositiva tradicional. A parte diferenciada da proposta começa na segunda etapa, que é a aplicação de um pré-teste, com questões de múltipla escolha conceituais, cuidadosamente elaboradas, que tem por objetivo suscitar conflitos cognitivos envolvendo os assuntos chave desejados. Na atividade exemplo, cujos resultados estão descritos neste trabalho, o pré-teste continha três questões: a primeira suscitando habilidades de interpretação de gráficos de movimento unidimensional, a segunda envolvendo conceitos de independência no movimento de um projétil lançado na superfície terrestre e a terceira envolvendo conceitos do movimento circular uniforme. Após o término do pré-teste, que durou em torno de 20 minutos, levamos os alunos ao laboratório de Física, onde foram preparadas três atividades experimentais abordando também os três tópicos que desejamos trabalhar – terceira etapa – imersão no ambiente experimental. Sem conhecer as respostas corretas do pré-teste, os alunos puderam observar, interagir e discutir entre eles sobre as atividades práticas expostas e os conceitos envolvidos nas mesmas. A Figura 1, a seguir, ilustra o pré-teste aplicado referente à segunda etapa.

Figura 1: Questões do pré-teste realizado na etapa 2. Adaptadas de Máximo et al (2016).

<p>1) A figura ao lado mostra o gráfico da posição em função do tempo para uma partícula. Assinale a alternativa falsa.</p> <p>a) O gráfico mostra que a partícula se move ao longo de uma única dimensão. b) A velocidade da partícula é constante durante o primeiro segundo do movimento. c) A partícula nunca fica em repouso durante o intervalo de tempo observado. d) A velocidade da partícula é maior durante o último segundo de movimento.</p>	
<p>2) Uma moeda B é lançada horizontalmente no vácuo, no mesmo instante em que outra moeda A é abandonada em queda livre, conforme a figura. Sobre os movimentos das moedas A e B, assinale a alternativa verdadeira.</p> <p>a) A e B sempre atingem o solo com a mesma velocidade, independentemente da velocidade inicial de B. b) O tempo de queda das duas moedas é o mesmo, independentemente da velocidade inicial de B. c) A trajetória das duas moedas sempre será a mesma. d) Quanto maior a velocidade de lançamento de B, maior é o tempo em que ela permanece no ar.</p>	
<p>3) Considere duas pessoas, A e B, situadas sobre a superfície da Terra, estando A no equador e B em um paralelo no hemisfério norte, veja a figura ao lado. Você sabe que estas pessoas estão girando com a Terra em seu movimento de rotação. Em relação a este problema, assinale a alternativa falsa.</p> <p>a) O período de rotação de A é igual ao de B. b) O raio da trajetória de A é maior que o raio da trajetória de B. c) A velocidade angular de A é maior que a de B. d) A velocidade linear de B é menor que a de A.</p>	

Na terceira etapa, nossa primeira prática abordou elementos do movimento circular, sendo constituída por uma cuba de água girante que forma uma superfície curva, nos permitindo discutir conceitos de aceleração centrípeta, viés da Mecânica Newtoniana, e de deformação do espaço sob aceleração – simulando a presença de campo gravitacional, que é uma forma lúdica de introduzir as ideias fundamentais da gravitação sob a perspectiva de Einstein. Trabalhamos também com um disco giratório, onde identificamos pontos com raios de trajetória distintos chamando a atenção dos estudantes em relação às diferenças nas trajetórias e nas velocidades lineares de cada ponto, mesmo tendo esses pontos a mesma velocidade angular. Por fim, os alunos gravaram um vídeo em câmera lenta, utilizando recurso habitual de um *smartphone*, de um corpo preso a um fio que gira ligado ao eixo de um motor elétrico e é cortado por um estilete, mostrando claramente a trajetória reta e tangencial que o corpo adquire após o corte. A Figura 2, a seguir, ilustra os experimentos realizados.

Figura 2: Imagem (a), à esquerda: lançamento tangencial de esfera após corte do fio e trajetória retilínea revelada pelo “rastros”. Imagem (b), à direita: disco giratório e cuba de água girante com superfície curva.



A segunda prática foi constituída por um lançador de esferas metálicas, capaz de disparar esferas na direção horizontal em diferentes velocidades e, simultaneamente, abandonar uma esfera com velocidade inicial nula; ao sair da rampa, a esfera lançada na horizontal desarma um circuito elétrico simples, liberando uma segunda esfera com velocidade inicial nula. A observação do movimento das duas esferas, torna evidente a independência dos movimentos na vertical e na horizontal. Dada a rapidez da queda, os alunos também precisaram recorrer a um vídeo em câmera lenta do experimento, utilizando novamente o *smartphone*. Para ajudar na visualização do fenômeno, montamos o sistema lançador junto ao quadro branco com linhas horizontais de referência, como

mostrado na Figura 3. Os alunos puderam repetir o lançamento simultâneo das esferas diversas vezes, partindo de diferentes alturas na rampa, proporcionando diferentes velocidades de lançamento na horizontal e, dessa forma, observar que o tempo de queda independe da velocidade horizontal de lançamento.

Figura 3: Imagem (a), à esquerda: plano inclinado e dispositivo de largada com eletroímã, desenvolvidos com material de baixo custo, para o lançamento simultâneo de projéteis. Imagem (b), à direita: lançamento simultâneo de projéteis (esferas) e linhas para referência visual.



A terceira prática foi o “uso compartilhado”, usando um laptop e um projetor, do aplicativo “O Homem em Movimento”, uma simulação computacional que pode ser baixada e acessada *off-line* livremente. Uma cortesia da Universidade do Colorado Boulder – EUA, através do projeto PhET Simulações Interativas¹, uma plataforma *online* que disponibiliza gratuitamente dezenas de simulações interativas em Ciências e Matemática, material extremamente rico e, atualmente, ao alcance da grande maioria dos professores de Física. Variando as condições iniciais de posição, velocidade e aceleração, o aplicativo reproduz o movimento de um homem e traça simultaneamente os gráficos de posição, velocidade e aceleração em função do tempo. Permitiu-se que os alunos manuseassem a simulação, rodando diversas configurações das condições iniciais.

Durante as atividades experimentais, ainda sem ter acesso ao gabarito do pré-teste, os estudantes puderam discutir livremente sobre as questões e refletir diante das experiências observadas, se suas soluções estavam corretas ou não. As práticas realizadas foram propositalmente muito mais abrangentes em conteúdo do que o discutido no pré e pós-teste, em virtude de estes serem dimensionados para tempos reduzidos, realizados em aproximadamente 20 minutos. Isso permitiu um maior tempo de imersão dos estudantes nas observações experimentais e na discussão com os colegas. Acreditamos que assim a atividade conduza à formação da base conceitual necessária para melhor interpretação das questões propostas no pós-teste.

¹ Disponível em: < https://phet.colorado.edu/pt_BR/ >

A quarta e última etapa é a aplicação de um pós-teste idêntico ao pré-teste, onde os alunos podem confirmar ou alterar suas respostas em relação ao pré-teste. O pré-teste e o pós-teste nos fornecem dados quantitativos sobre o ganho de aprendizagem que as atividades proporcionaram aos estudantes. Com exceção da primeira etapa, a atividade foi realizada em aproximadamente cento e dez minutos, ou dois tempos de aula, que é o período de tempo semanal geralmente dedicado às aulas de Física nas escolas de Ensino Médio. Em nossa atividade investigativa, cabe salientar que mudamos a ordem das alternativas de cada questão do pós-teste em relação ao pré-teste, a fim de evitar que alguns tentassem apenas se basear nos resultados de outro colega, por exemplo, “fulano” marcou letra (a) na 1, letra (c) na 2 e letra (d) na 3. Também aplicamos um questionário de percepção com o intuito de obtermos dados qualitativos da nossa proposta de trabalho. Na aula posterior à atividade apresentamos aos estudantes os gabaritos e resultados da experiência.

3 RESULTADOS

Os resultados obtidos no pré e pós-teste foram analisados através do ganho normalizado, ou ganho de Hake (HAKE, 1998), definido como:

$$g = \frac{\%acertos\ pós - \%acertos\ pré}{100\% - \%acertos\ pré}, \quad (1)$$

onde, %acertos pós é igual ao percentual de acertos no pós-teste e %acertos pré é igual ao percentual de acertos no pré-teste.

Fizemos a análise por questão, com os resultados apresentados na Tabela 1, e por turma, com os resultados apresentados na Tabela 2.

Tabela 1: Resultados por questão e os respectivos ganhos normalizados.

Teste	Pré-teste		Pós-teste		Ganho de Hake por questão
	Nº de acertos	Percentual	Nº de acertos	Percentual	
Questão 1	46	37%	52	42%	0,08
Questão 2	29	24%	95	77%	0,70
Questão 3	33	27%	29	24%	-0,04
Total	108	29%	176	48%	Ganho Total 0,26

Em relação ao ganho de aprendizagem por questão, observamos um alto ganho na Questão 2, classificado pela literatura como excelente (HAKE, 1998). Por outro lado, um ganho baixo na Questão 1 e, surpreendentemente a princípio, um ganho negativo na Questão 3. Analisando por questão, observamos na Questão 1 que a interpretação correta

de gráficos do movimento persiste como uma das grandes dificuldades dos estudantes, não sendo vencida facilmente por uma única atividade. Vale ressaltar ainda, que é nesta etapa escolar que os jovens começam a trabalhar com mais propriedade na construção e interpretação de gráficos de funções na disciplina de Matemática. Assim, mesmo com este resultado pontual pouco expressivo numericamente, acreditamos que atividades similares na disciplina de Física, paralelamente ao trabalho teórico desenvolvido nas aulas de Matemática, possam contribuir significativamente no desenvolvimento dessa habilidade dos alunos.

A Questão 2 mostrou um ganho surpreendente e de fácil interpretação. Os alunos, ainda não haviam consolidado os conceitos e as respectivas consequências da independência dos movimentos vertical e horizontal de projéteis lançados na superfície terrestre. Assim acreditavam que o tempo de queda de um projétil dependia de sua velocidade de lançamento horizontal. Nesse aspecto a prática foi extremamente útil e significativa, mostrando concretamente que o tempo de queda independe da velocidade horizontal do projétil. Tal resultado revela a importância da prática experimental na consolidação de conceitos abstratos.

Infelizmente, houve um decréscimo no percentual de acertos no pós-teste em relação ao pré-teste na Questão 3. Podemos argumentar que, especificamente nesta questão, utilizamos um sistema físico de rotação no problema conceitual, substancialmente diferente dos usados na atividade. Além disso, a questão, assim como a primeira, pede aos estudantes que “assinalem a alternativa falsa”, o que pode ter sido um fator influenciador no resultado negativo.

Tabela 2: Resultados por turma e os respectivos ganhos normalizados.

Turma	Nº de alunos	Pré-teste		Pós-teste		Ganho de Hake por Turma
		Nº de acertos	Percentual	Nº de acertos	Percentual	
A	16	12	25%	24	50%	0,33
B	37	43	39%	49	44%	0,09
C	31	23	25%	49	53%	0,37
D	18	12	22%	25	46%	0,31
E	21	18	29%	28	44%	0,22

Nos resultados por turma, observamos ganhos normalizados positivos em todas elas. No entanto, há de se destacar as turmas A, C e D que apresentaram ganhos acima de 0,3; o que é considerado bom (HAKE, 1998). Uma análise mais cuidadosa desses dados revela e corrobora com uma percepção de diversidade das turmas que advém do processo seletivo das mesmas, ou seja, não podemos negligenciar a influência do processo de

seleção. Historicamente, os alunos das turmas **B** e **C** passam por um processo seletivo muito mais concorrido que as outras **A**, **D** e **E**. Com isso, a base conceitual dos estudantes dessas turmas é geralmente melhor e os índices de evasão também são menores, o que os leva a resultados numéricos melhores e, por outro lado, às turmas mais cheias, como se pode observar na coluna “Nº de alunos” da Tabela 2. Assim, podemos observar que um dos fatores que contribuiu para um pequeno ganho na turma **B** foi justamente porque esta teve o maior percentual de acertos no pré-teste dentre as turmas avaliadas. Soma-se a isso o grande número de estudantes na turma, o que torna o aproveitamento da prática experimental e, conseqüentemente, da metodologia proposta mais questionável. Na turma **C**, com um perfil de estudantes parecido com a turma **B**, mas que não teve um percentual de acertos no pré-teste significativo, a metodologia aliada a estudantes mais preparados se mostrou mais eficaz, mesmo sendo uma turma numerosa. No outro extremo do processo de seleção encontram-se as turmas **A** e **D**, onde o processo seletivo é pouco concorrido, criando turmas com alunos menos preparados, em termos de conhecimento precursor básico, e com maior índice de evasão, vale observar novamente a coluna “Nº de alunos” da Tabela 2. Surpreendentemente tais turmas tiveram bons resultados com a metodologia proposta, sendo superados apenas pela turma **C**. Isso é um resultado muito valioso para nós, porque é justamente com os estudantes de base conceitual mais precária em que necessitamos de metodologias mais eficientes e, conseqüentemente, mais inclusivas. Colabora com o bom resultado dessas turmas o reduzido número de estudantes – infelizmente, um quadro decorrente do alto índice de evasão desses cursos. Na turma **E** observamos um “meio termo” dentre as análises realizadas com as outras turmas. Como o processo seletivo tem concorrência mediana, temos alunos em situações de base conceitual mais diversificada e com um número razoável de estudantes na turma, o que colabora com a nossa proposta de trabalho. Seu ganho de aprendizagem normalizado fica situado entre os extremos observados.

Tabela 3: Coeficiente de acertos de cada turma por questão $\left(\frac{\text{n}^\circ \text{ de acertos}}{\text{total de respostas}}\right)$.

Turma	Coeficiente de acerto por questão pré-teste			Coeficiente de acerto por questão pós-teste		
	Questão 1	Questão 2	Questão 3	Questão 1	Questão 2	Questão 3
A	0,38	0,13	0,25	0,63	0,81	0,13
B	0,43	0,35	0,38	0,46	0,65	0,22
C	0,33	0,11	0,22	0,50	0,67	0,22
D	0,29	0,32	0,13	0,45	0,90	0,23
E	0,43	0,10	0,33	0,10	0,86	0,38

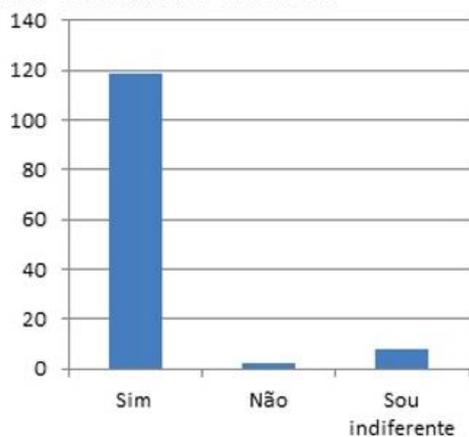
Podemos observar na Tabela 3, que os ganhos não satisfatórios se devem a 3 questões por turma em um total de 15. Foram elas: a Questão 1 da turma **E**, a Questão 3 das turmas **A** e **B**. A Questão 3 da turma **C** não houve alteração no coeficiente. De modo geral podemos observar que na Questão 3 não houve alteração em todas as turmas, o que justifica o ganho negativo de Hake. Na Questão 1 houve alteração em todas as turmas exceto a turma **E** onde houve uma expressiva redução no coeficiente, o que fez com que o ganho de Hake fosse muito pequeno.

Além dos resultados quantitativos, também obtemos um resultado qualitativo através de um sucinto questionário de opinião aplicado aos estudantes. Foram feitas aos alunos duas perguntas simples, cujos resultados estão elencados na Figura 4.

Figura 4: Resultados do questionário de opinião.

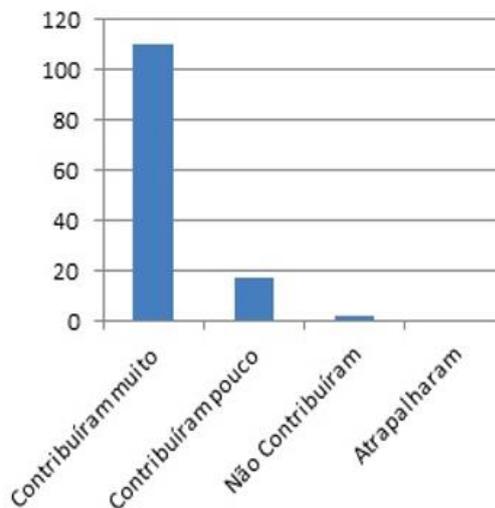
Pergunta 1

Você acha que as atividades contribuíram ou não para o desenvolvimento de seu conhecimento em Física?



Pergunta 2

Você gostaria de mais aulas de Física com essa metodologia?



Podemos perceber claramente que o método obteve excelente aceitação por parte dos alunos, fortalecendo a convicção de que a metodologia proposta é uma boa alternativa e complemento às aulas expositivas tradicionais.

Durante a aplicação da atividade, no momento em que era destinado à discussão junto aos experimentos e simulações, tivemos uma boa participação dos alunos; destacando a realização do experimento com o lançador de esferas metálicas. Inicialmente foi indagado aos alunos uma situação hipotética (desprezando a resistência do ar) em que “...Usando uma arma de disparo de projéteis, se atirássemos na horizontal e

simultaneamente deixássemos cair qualquer objeto, qual tocaria o solo primeiro?...”. Diante deste questionamento, ampla maioria dos alunos responderam que o objeto que fosse apenas abandonado tocaria o solo primeiro e, na sua minoria, alguns alunos disseram que o objeto que possuísse uma massa maior tocaria o solo primeiro. Logo após este momento de discussão, realizamos o experimento e os alunos puderam concluir que os dois objetos tocariam o solo ao mesmo tempo e que isso independia da massa de cada objeto. Em seguida fizemos uma abordagem dos conceitos físicos para finalizar a discussão do experimento.

4 CONCLUSÃO

Nosso trabalho investigou o impacto e a possibilidade de inserção de uma metodologia de ensino ativa que alia elementos interessantes da técnica de instrução por pares – *Peer Instruction* à prática experimental lúdica e interativa, utilizando simultaneamente materiais de baixo custo e recursos tecnológicos usuais como notebooks, projetores e celulares, como alternativa e complemento às aulas de Física tradicionais. Os resultados quantitativos mostram, após análise criteriosa, que a metodologia proposta teve impacto positivo significativo no aprendizado dos estudantes, especialmente em turmas com elevados índices históricos de evasão. Tal resultado é extremamente relevante e motivador dentro do quadro atual da educação básica brasileira, indicando mais um possível caminho promissor para os docentes do Ensino Médio. Ainda melhor são os resultados qualitativos oriundos da percepção direta dos próprios estudantes, onde a absoluta maioria demonstrou excelente aceitação à metodologia proposta. O trabalho mostra que é possível obter resultados relevantes utilizando apenas materiais didáticos simples, dispositivos tecnológicos já popularizados e inseparáveis dos estudantes como os smartphones e, ainda aplicativos livres com grande potencial enriquecedor para as aulas de Física.

Embora reconheçamos que as adversidades ao trabalho do professor no Brasil sejam enormes, não há outro caminho aos que realmente buscam uma educação de excelência, que não seja a diuturna dedicação total ao próprio trabalho docente. A metodologia proposta é simples e factível, havendo uma infinidade de possibilidades de atividades práticas simples e interativas que podem contribuir de forma relevante à melhora da aprendizagem em Física. Todas essas possibilidades de atividades científicas lúdicas e inspiradoras podem ser pesquisadas na internet e a elaboração de testes

geralmente já é tarefa assídua do professor, ou seja, a metodologia está ao alcance de qualquer docente da educação básica.

Acreditamos que a metodologia apresentada tem potencial para fortalecer a prática docente de professores comprometidos com um ensino de Física mais agradável e contextualizado, diminuindo a deficiência dos estudantes do ensino médio nos conteúdos relacionados às ciências naturais e revelando a Física como ciência experimental.

AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem ao Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Sudeste de Minas – Campus Rio Pomba pela infraestrutura material e pessoal e à FAPEMIG pelo apoio financeiro através de bolsa de iniciação científica.

REFERÊNCIAS

ALMEIDA, A. A. **Contribuição para o estudo do uso de aplicativos de smartphone no ensino de Física**. 2015. Monografia (Curso de Licenciatura em Física) - Instituto de Física, UFF, Niterói. Disponível em: < <https://app.uff.br/riuff/handle/1/7338> >. Acesso em: 31 mar. 2020.

ARANHA, C. P. et al. Levantamento sobre Aplicativos Disponíveis na Play Store e App Store Aplicados ao Ensino de Ciências. In: Simpósio Nacional de Tecnologias Digitais na Educação, II, 2017, São Luís. **Revista Tecnologias na Educação**, v. 22, 2017. Disponível em: <<http://tecedu.pro.br/wp-content/uploads/2017/10/Art13-vol.22-Edi%C3%A7%C3%A3o-Tem%C3%A1tica-VI-Outubro-2017.pdf>>. Acesso em: 31 mar. 2020.

ARAÚJO, I. S.; MAZUR, E. Instrução pelos colegas e ensino sob medida: uma proposta de engajamento dos alunos no processo de ensino-aprendizagem de física. **Caderno Brasileiro de Ensino de Física**, Florianópolis, v. 30, n. 2, p. 362-384, 2013.

AUSUBEL, D. P.; NOVAK, J. D.; HANESIAN, H. **Psicologia educacional**. Tradução Eva Nick. 1. ed. Rio de Janeiro: Interamericana, 1980.

BARROS, J. A. *et al.* Engajamento interativo no curso de Física I da UFJF. **Revista Brasileira de Ensino de Física**, São Paulo, v. 26, n. 1, p. 63-69, 2004.

CAMARGO, F.; DAROS, T.M. **A sala de aula inovadora: estratégias pedagógicas para o aprendizado ativo**. Porto Alegre: Penso, 2018.

DINIZ, A. C. **Implementação do Método Peer Instruction em aulas de Física no Ensino Médio**. 2015. 140 f. Dissertação (Mestrado Profissional de Ensino de Física) - Departamento de Física, UFV, Viçosa.

HAKE, R. R. Interactive-engagement versus traditional methods: A six-thousand-student survey of mechanics test data for introductory physics courses. **American Journal of Physics**, Maryland, v. 66:1, p. 64-74, 1998.

JESUS, V. L. B.; SASAKI, D. G. G. Uma visão diferenciada sobre o ensino de forças impulsivas usando um *smartphone*. **Revista Brasileira de Ensino de Física**, São Paulo, v. 38, n. 1, p. 1303, 2016.

KIELT, E. D.; SILVA, S. C. R.; MIQUELIN, A. F. Implementação de um aplicativo para *smartphones* como sistema de votação em aulas de Física com *Peer Instruction*. **Revista Brasileira de Ensino de Física**, São Paulo, v. 39, n. 4, e4405, 2017.

LIBÂNEO, J. C. O dualismo perverso da escola pública brasileira: escola do conhecimento para os ricos, escola do acolhimento social para os pobres. **Educação e Pesquisa**, São Paulo, v. 38, n. 1, p. 13-28, 2012.

LOSQUI, A. L. C.; JUNIOR, D. S. V.; SILVA, M. J. Construção de experimentos de baixo custo que podem auxiliar no estudo de vetores, plano bidimensional e tridimensional. **Brazilian Journal of Development**, Curitiba, v.7, n.11, p.102404-102418, nov. 2021.

LUNAZZI, J. J. et al. 3D para celular: revivendo um vídeo, e fazendo um estereoscópio. **Revista Brasileira de Ensino de Física**, São Paulo, v. 41, n. 2, e20180178, 2019.

MÁXIMO, A.; ALVARENGA, B.; GUIMARÃES, C. **Física: Contexto & Aplicações**. 2. ed. São Paulo: Scipione, 2016.

MAZUR, E. **Peer Instruction: A Revolução da Aprendizagem Ativa**. Porto Alegre: Penso, 2015.

MAZUR, E. **Peer Instruction: a user's manual**. Upper Saddle River: Prentice Hall, 1997.

MOREIRA, M. A. Aprendizagem Significativa Crítica. In: Encontro Internacional Sobre Aprendizagem Significativa, III, 2000, Lisboa. **Atas...** Peniche, 2000. p. 33-45. Disponível em: <<http://www.mlrg.org/memberpublications/LivroPeniche2000.pdf>>. Acesso em: 31 mar. 2020.

MOREIRA, M. A. Mapas conceituais e aprendizagem significativa. **Revista Galáico Portuguesa de Sócio - Pedagogia e Sócio - Linguística**, Pontevedra /Galícia/Espanha e Braga /Portugal, n. 23 a 28, p. 87-95, 1988.

MULLER, M. G. *et al.* Uma revisão da literatura acerca da implementação da metodologia interativa de ensino Peer Instruction (1991 a 2015). **Revista Brasileira de Ensino de Física**, São Paulo, v. 39, n. 3, p. 1-20, 2017.

OLIVEIRA, F.; PAIXÃO, J. Atividade experimental "hands-on" para o estudo das características de um gerador (pilha voltaica) e de um receptor (voltâmetro) com material simples, de fácil acesso e baixo custo. **Revista Brasileira de Ensino de Física**, São Paulo, v. 39, n. 1, e1402, 2017.

OLIVEIRA, V. E.; VIET, V.; SOLANO, I. Relato de experiência com os métodos Ensino sob Medida (*Just-in-Time Teaching*) e Instrução pelos Colegas (*Peer Instruction*) para o Ensino de Tópicos de Eletromagnetismo no ensino médio. **Caderno Brasileiro de Ensino de Física**, Florianópolis, v. 32, n. 1, p. 180-206, 2015.

PALACIO, J. C. C. et al. Using a smartphone acceleration sensor to study uniform and uniformly accelerated circular motions. **Revista Brasileira de Ensino de Física**, São Paulo, v. 36, n. 2, p. 2315, 2014.

PARREIRA, J. Aplicação e avaliação de uma metodologia de aprendizagem ativa (tipo ISLE) em aulas de Mecânica, em cursos de Engenharia. **Revista Brasileira de Ensino de Física**, São Paulo, v. 40, n. 1, e1401, 2018.

ROSSO, A. J.; TAGLIEBER, J. E. Métodos Ativos e Atividades de Ensino. **Perspectiva**, v. 17, p. 37-46, 1992.

SASAKI, S.; JESUS, V. Avaliação de uma metodologia de aprendizagem ativa em óptica geométrica através da investigação das reações dos alunos. **Revista Brasileira de Ensino de Física**, São Paulo, v. 39, n. 2, e2403, 2017.

SÉRÉ, M.-G.; COELHO, S. M.; NUNES, A. D. O PAPEL DA EXPERIMENTAÇÃO NO ENSINO DA FÍSICA. **Caderno Brasileiro de Ensino de Física**, Florianópolis, v. 30, n. 1, p. 31-43, 2003.

SILVA, J. C. X.; SANTOS, C. E. S. Proposta de laboratório de física de baixo custo para escolas da rede pública de ensino médio. **Revista Brasileira de Ensino de Física**, São Paulo, v. 39, n. 1, e1401, 2017.

VIEIRA, L. P.; LARA, V. O. M.; AMARAL, D. F. Demonstração da lei do inverso do quadrado com o auxílio de um *tablet/smartphone*. **Revista Brasileira de Ensino de Física**, São Paulo, v. 36, n. 3, p. 3505, 2014.

WANIS, R. **Aplicação da metodologia Peer Instruction em salas de aula da rede pública estadual do Rio de Janeiro**. 2015. 77 f. Dissertação (Mestrado Profissional de Ensino de Física) – Instituto de Ciências Exatas, UFF, Volta Redonda.