

Uma metodologia de aprendizagem ativa para o ensino de mecânica em educação de jovens e adultos

(An active learning methodology to teaching mechanics in youth and adult education)

Robson José dos Santos¹, Daniel G.G. Sasaki²

¹Colégio Estadual Dom Walmor, Rio de Janeiro, RJ, Brasil

²Centro Federal de Educação Tecnológica Celso Suckow da Fonseca, Rio de Janeiro, RJ, Brasil

Recebido em 22/4/2015; Aceito em 19/5/2015; Publicado em 30/9/2015

O presente trabalho é o resultado de um estudo pioneiro visando aplicar uma metodologia de aprendizagem ativa de inspiração construtivista para abordar algumas concepções alternativas mais presentes em mecânica, em turmas de jovens e adultos da rede pública do Estado do Rio de Janeiro. A metodologia utilizada foi a chamada POE (Previsão-Observação-Explicação), baseada no conflito cognitivo, isto é, para cada assunto abordado, os alunos são estimulados a expor seus conhecimentos e posteriormente, confrontá-los com vídeos de experimentos e simulações. Para avaliar a metodologia utilizou-se um teste padronizado com as seguintes finalidades: identificar as ideias prévias dos alunos referentes às diferentes temáticas abordadas e possibilitar a verificação do ganho de aprendizagem global das turmas sendo aplicado antes (pré-teste) e após (pós-teste) às aulas. Os resultados obtidos para o ganho de aprendizagem global mostram um desempenho inferior ao esperado para esse tipo de metodologia descritos na literatura em turmas de graduação, porém, existem indícios claros de que elementos sociais, tais como a faixa etária dos estudantes e a necessidade ou não de realizarem-se atividades laborais remuneradas influenciam no processo de ensino-aprendizagem. A análise quantitativa dos resultados dos testes separados por temas abordados indica um significativo incremento na compreensão de alguns tópicos pontuais, em especial a lei da ação e reação e a relação entre força resultante e aceleração. Além disso, as anotações realizadas pelos alunos nas chamadas fichas de aula mostraram qualitativamente uma evolução da compreensão de alguns conceitos básicos da mecânica, como velocidade, aceleração e força resultante.

Palavras-chave: educação de jovens e adultos, metodologia POE, concepções alternativas.

This work is the result of a pioneering study to apply an active learning methodology of constructivist inspiration to address some misconceptions more present in mechanics, in youth and adults classes of Rio de Janeiro state school. The methodology used was called POE (Predict-Observe-Explain), based on cognitive conflict, e.g. for each subject matter, students are encouraged to expose their knowledge and subsequently confront them with videos of experiments and simulations. The methodology was evaluate by a standardized test for the following purposes: to identify the previous ideas of students about different topics addressed and check overall learning gain by comparing scores before (pretest) and after (post- test) lessons. The results obtained for the overall learning gains show a lower performance than expected for this type of methodology described in the literature for undergraduate classes. However, there are clear indications that social factors such as the age group of students and work activities outside the educational environment influence the teaching-learning process. Quantitative analysis of test results separated by themes indicates a significant increase in the understanding of some specific topics, in particular the law of action and reaction and the relationship between net force and acceleration. In addition, the notes taken by students in so-called worksheets showed a qualitative evolution of understanding of some basic concepts of mechanics, such as speed, acceleration and net force.

Keywords: youth and adult education, POE methodology, alternative conceptions.

1. Introdução

Trabalhar com jovens e adultos é ingressar num mundo completamente diferente daquele dos adolescentes. Nele estão presentes as marcas da exclusão, do

trabalho e da baixa autoestima. Eles trazem consigo uma bagagem cultural - e por que não dizer científica - baseada muito mais no ver e no fazer [1]. Assim, apresenta-se um desafio: ensinar física para um grupo em que a sua história de vida, por poucos ou muitos

²E-mail: daniel.sasaki@cefet-rj.br.

anos, o afastou da educação básica. No entanto, esse mesmo grupo representa um campo muito fértil, cheio de experiências as quais podem ser utilizadas como fontes para o processo de ensino-aprendizagem.

O aspecto original mais relevante do presente trabalho é o pioneirismo em aplicar uma metodologia de aprendizagem ativa para ensino de mecânica em turmas de educação de jovens e adultos. Novas estratégias já têm sido amplamente utilizadas em universidades norte-americanas com resultados bastante auspiciosos. Dentre elas, se destacam o projeto SCALE-UP do grupo de pesquisa em ensino de física da Universidade do Estado da Carolina do Norte e atualmente espalhado em mais de 250 universidades dos EUA [2]; o conjunto formado pelo Interactive Lecture Demonstrations (ILDs) para ensino de física teórica associado ao Realtime Physics Active Learning Laboratories para ensino de física experimental proposto por Sokoloff e Thornton [3-4]; o Peer Instruction do professor Eric Mazur da Universidade de Harvard [5] e aplicado no Brasil pela primeira vez na Universidade Federal de Juiz de Fora [6] e a metodologia POE (Predict - Observe - Explain) criada por White e Gunstone, dois pesquisadores australianos construtivistas [7].

Originalmente, a metodologia POE foi concebida como uma ferramenta de avaliação formativa. Ela demanda a demonstração concomitantemente de um experimento qualitativo pelo professor em aulas teóricas. Atualmente, tem sido também utilizada como uma estratégia de promoção de aprendizagem em física e química [8-9] e já existem pesquisas que comprovam a eficiência do método também com simulações computacionais [10-11] e vídeos [12].

A metodologia POE é estruturada em três etapas: no início de cada aula, primeiramente busca-se através de uma situação real descobrir as ideias individuais dos alunos e as suas razões sobre aquele evento específico – previsão. Em seguida, os alunos descrevem o que é visto no fenômeno a ser analisado - observação. Por fim, os estudantes devem discutir em grupos e conciliar qualquer conflito entre a previsão e a observação – explicação.

A metodologia POE é ancorada em duas características principais. A primeira é promover a elicitación das ideias prévias dos aprendizes, isto é, proporcionar situações e mecanismos que estimulem o aluno a expressar as suas concepções debatendo-as com os colegas de grupo e depois apresentá-las de forma organizada, por escrito. A segunda é possibilitar uma aprendizagem ativa, isto é transferir o foco da aula do professor que descreve e explica fenômenos, geralmente abstratos, para os próprios alunos que se tornam protagonistas do processo de aprendizagem. De fato, pela sua inspiração construtivista, a metodologia POE coloca sobre o aluno a responsabilidade de explicar e deba-

ter um fenômeno real usando as suas próprias palavras. Cabe ao professor contextualizar o tema, apresentar um fenômeno real relacionado na forma de experimento, vídeo ou animação, estimular a discussão de ideias, organizar a interação dos alunos e finalmente coligar e debater as diferentes respostas.

No transcorrer das aulas, exploram-se as ideias prévias dos alunos para desenvolvê-las e melhor compreendê-las. Assim sendo, espera-se que ao se aplicar a metodologia POE, surjam discrepâncias entre as previsões do estudante e o resultado observado do experimento, de modo que possamos discutir com eles sobre as hipóteses levantadas e sobre as concepções que o levaram a tais hipóteses. Contudo, é preciso manter o equilíbrio ao se trabalhar com atividades que envolvam situações inesperadas. Se cada vez que usarmos o método, os alunos forem surpreendidos pelos resultados, eles acabarão por fazer adivinhações, sem qualquer referência às suas próprias teorias. É importante que os aprendizes confiem na sua capacidade de aplicar os seus modelos conceituais para compreender os fenômenos. Por isso é preciso intercalar experimentos discrepantes com outros de caráter mais previsível.

Todas as aulas, bem como o material didático produzido e distribuído aos alunos (fichas), foram elaboradas com base na metodologia POE. A avaliação da metodologia foi feita de duas formas: uma qualitativa, ao longo do período letivo, através da análise das respostas discursivas das fichas dos estudantes que tiveram maior frequência nas aulas e outra quantitativa, aplicada no início e no final do período letivo por meio de um teste de múltipla escolha, baseado em concepções alternativas comuns sobre os conceitos de força e movimento e suas relações.

2. Descrição do trabalho desenvolvido

2.1. Das turmas

O público alvo foram quatro turmas inscritas no curso conhecido como Novo Ensino de Jovens e Adultos (NEJA) em que, no Estado do Rio de Janeiro, dá-se em quatro módulos semestrais compreendendo assim um curso equivalente ao Ensino Médio. A faixa etária dos alunos é ampla contemplando jovens de 18 anos a adultos acima dos 50 anos de idade.

Uma pesquisa sobre o perfil social dos alunos foi realizada no início do curso de forma a conhecer o público alvo deste trabalho. Foram verificados aspectos como faixa etária, sexo, renda familiar, a realização ou não de atividades laborais fora do ambiente escolar, quais eram, se tal atividade é de caráter formal, se exigiam, rotineiramente, falta às aulas e o tempo de afastamento escolar. Alguns aspectos desse perfil, cujo espaço amostral foi de 89 alunos, estão representados através das Figs. 1 e 2.

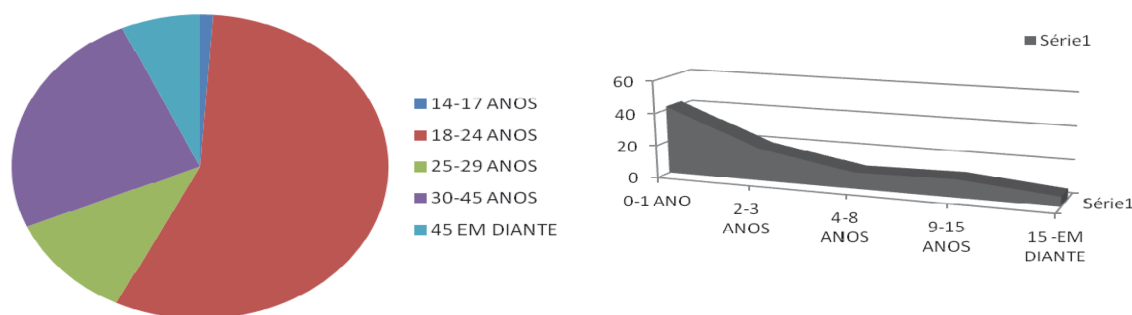


Figura 1 - Distribuição dos alunos por faixa etária (esquerda) e por tempo de afastamento escolar entre o Ensino Fundamental (ou 1º grau) e Ensino Médio (direita).

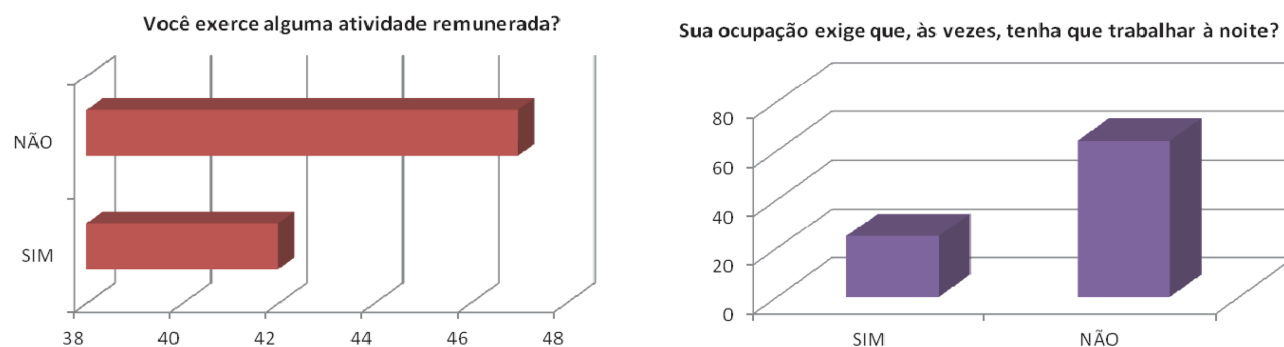


Figura 2 - Exercício de atividade remunerada (esquerda) e, entre aqueles que a exercem, se tal atividade exige que, às vezes, haja a necessidade de trabalhar no período noturno.

Além disso, têm-se que:

- 21,3% tem renda familiar de até um salário mínimo e 7,9% acima dos R\$ 3000,00;
- 27% são donas de casa;
- Das atividades laborais remuneradas, 66,7% são de natureza formal.
- Das funções exercidas no trabalho têm-se: vendedores, mecânicos de automóveis, montador de móveis, atendentes de loja, auxiliares de cozinha, militares, empregadas domésticas, entre outras.

As turmas pertencem a três colégios distintos, a saber: Colégio Estadual Dom Walmor (turmas 02 e 04), Colégio Estadual Figueira (turma 01) e Centro Integrado de Educação Pública Aurélio Buarque de Holanda (Ciep-317 turma 01). O número de alunos em cada turma variou muito durante o período da pesquisa em que, inicialmente, havia uma média de 35 alunos por turma, sendo que, ao final, essa média passou para 20 alunos. Mesmo entre os alunos concluintes do período, não foi notada uma presença frequente de todos, fato este, que motivou a escolha de somente 10 alunos mais assíduos por turma na análise dos resultados.

2.2. Das aulas

Foram realizadas dez aulas para abordar seis temas contidos no programa do curso NEJA, estabelecido pela secretaria de educação do Estado:

- Os conceitos de deslocamento, velocidade e aceleração aplicados ao movimento retilíneo, bem como, a diferenciação desses dois últimos.
- A lei da inércia.
- A relação entre a força resultante e a aceleração no movimento retilíneo.
- A lei da ação e reação.
- Descrição das forças atuantes sobre um corpo.
- A ação do ar sobre os corpos em movimento.

Foi elaborado um material didático composto de 10 fichas de aula enfocando situações relacionadas ao cotidiano dos alunos e seguindo a metodologia POE. Esse número foi escolhido para enquadrar a aplicação da pesquisa dentro do tempo disponível de um semestre letivo, pois era necessário ainda reservar dias para a aplicação de provas, avaliação de trabalhos, aplicação dos questionários de concepções alternativas e de perfil social.

Todas as fichas de aula, conforme orientação descrita por Hayson e Bowen [8], têm a seguinte estrutura:

- **Motivação:** Inicialmente buscam-se experiências prévias e cotidianas dos estudantes sobre assuntos relacionados às aulas. Exemplos: a) Movimento dos passageiros em um ônibus durante frenagem e aceleração b) uma brincadeira num cabo de guerra.
- **Introdução:** Apresenta-se um experimento, vídeo ou simulação a ser analisado. Exemplo: experimento do trilho de ar.

- **Previsão:** Os alunos fazem previsões individuais sobre as questões colocadas na ficha de aula e, na medida do possível, justificam o porquê da sua previsão. Exemplo: O trilho de ar será posto em movimento lateral em duas circunstâncias: sem e com o fluxo de ar. O que ocorrerá com a peça móvel nas duas circunstâncias, acompanhará ou não o trilho em seu movimento? Justifique.
- **Discussão das suas previsões:** Os alunos debatem entre si as suas previsões e justificativas sem a intervenção do professor, mesmo que solicitada pelos próprios alunos. Eles podem até mesmo retificar as previsões dos outros colegas.
- **Observação:** O instrumento didático é utilizado de forma a permitir os estudantes visualizarem o(s) fenômeno(s). Eles então descrevem o que viram sem, no entanto, corrigir o que foi previsto anteriormente.
- **Explicação:** Nesse momento, eles são convidados a analisar o que foi visto. Isso pode ser feito seja no confronto entre o observado e o previsto anteriormente ou, em caso de mais de uma observação sobre um determinado fenômeno ocorrido, estabelecer uma regra geral. Exemplo: A sua observação ocorreu como você tinha previsto? Caso contrário, qual a razão dessa discrepância?
- **Explicação científica:** Momento em que o modelo científico atual sobre o fenômeno é apresentada pelo professor. As previsões e explicações dos alunos são debatidas, bem como, seus comentários após terem suas previsões confrontadas pela observação.
- **Prosseguimento:** Em algumas fichas, foram propostas questões de forma que eles explorem os conceitos vistos durante a aula. Exemplo: Dê uma explicação, com base na Lei da Inércia, para os casos representados abaixo. a) Por que o cavaleiro cai durante a parada do cavalo? b) Por que não é possível, ao sentar numa cadeira ou mesa giratória, fazer o próprio corpo girar sem se apoiar em objetos externos?

3. Questionário de concepções alternativas

Para avaliar a evolução conceitual dos alunos sobre os temas, foi aplicado um pré-teste no intuito de conhecer as suas concepções prévias sobre os tópicos acima abordados. Posteriormente, no final do período o mesmo teste foi aplicado (pós-teste). Ambos os testes não valiam nota, justamente para estimular os alunos a responderem de forma autêntica, usando suas próprias ideias e não aquelas que o professor ensinou.

As questões a serem apresentadas deveriam ser preparadas com muito critério visando realmente buscar

as concepções prévias dos participantes. Portanto, resolveu-se utilizar um teste no qual já fosse validado através de outras pesquisas relacionadas ao ensino de Física. O escolhido então foi o Force Concept Inventory (FCI) [13] – Inventário de Conceito de Força. Ele contempla 30 questões e foi elaborado através de várias pesquisas de forma a avaliarem as concepções alternativas de estudantes do Ensino Médio e universitário sobre os conceitos de força e movimento. Uma versão traduzida para o português, utilizada na tese de Doutorado de Fernandes [14] foi aplicada neste trabalho, porém, não com as 30 questões. Devido ao número reduzido de aulas disponíveis, não seria possível apresentar todo o conteúdo abordado pelas 30 questões. Assim, resolveu-se adotar somente 16 questões.

O ganho de aprendizagem é obtido ao comparar-se o rendimento das turmas no questionário aplicado na primeira semana de aula (pré-teste) com os resultados da mesma avaliação ministrada ao final do período letivo (pós-teste). Neste trabalho utilizamos o ganho de aprendizagem normalizado (g) que é calculado relacionando os percentuais de acertos no pré-teste ($\%pré$) e no pós-teste ($\%pós$) da seguinte forma [15]

$$g = \frac{(\%pós - \%pré)}{(100 - \%pré)}.$$

3.1. Exemplos de questões

Das 16 questões da versão traduzida do FCI que constituíram o nosso questionário de avaliação, apresentamos abaixo seis delas, relacionadas aos quatro primeiros temas da ementa do curso.

1. Na Fig. 3 estão representadas as posições de dois blocos em intervalos sucessivos de 2 s. Os blocos movem-se para a direita. Os blocos têm alguma vez a mesma velocidade?

- (A) Não.
 (B) Sim, no instante de tempo 4 s.
 (C) Sim, no instante de tempo 6 s.
 (D) Sim, nos instantes de tempo 4 s e 10 s.
 (E) Sim, em algum instante de tempo entre 6 e 8 s.

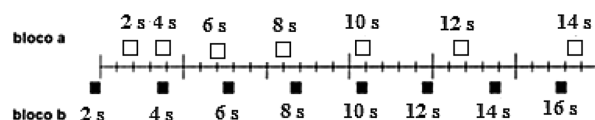


Figura 3 - Figura da questão 1.

2. Na Fig. 4 estão representadas as posições de dois blocos em intervalos sucessivos de 2 s. Os blocos estão se movendo para a direita. As acelerações dos blocos estão relacionadas da seguinte forma:

- (A) A aceleração de “a” é maior do que a aceleração de “b”.
 (B) A aceleração de “a” é igual à aceleração de “b” e maiores do que zero.

- (C) A aceleração de “b” é maior do que a aceleração de “a”.
- (D) A aceleração de “a” é igual à aceleração de “b”. Ambas são zero.
- (E) Não há informação suficiente para responder à pergunta.

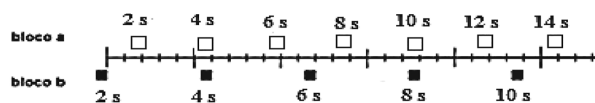


Figura 4 - Figura da questão 2.

3. Uma mulher exerce uma força horizontal constante em uma caixa grande. Em consequência, a caixa move-se horizontalmente a uma velocidade constante V_0 . A força constante aplicada pela mulher.

- (A) Tem a mesma intensidade que o peso da caixa.
- (B) É maior do que o peso da caixa.
- (C) Tem a mesma intensidade que a força total que resiste ao movimento da caixa.
- (D) É maior do que a força total que resiste ao movimento da caixa.
- (E) É maior do que o peso da caixa e maior do que a força total que resiste ao movimento.

4. Uma mulher exerce uma força horizontal constante em uma caixa. Então, a caixa move-se horizontalmente a uma velocidade constante V_0 . Se a mulher parar de aplicar uma força horizontal na caixa, então a caixa:

- (A) Parará imediatamente.
- (B) Continuará a mover-se com uma velocidade constante por algum tempo, depois vai movendo-se mais devagar até parar.
- (C) Começará imediatamente a se mover mais devagar até parar.
- (D) Continuará a mover-se a uma velocidade constante.
- (E) Aumentará a sua velocidade durante algum tempo, depois vai se movendo mais devagar até parar.

5. Um elevador que está sendo puxado para cima a uma velocidade constante por um cabo de aço preso a um eixo. Nesta situação as forças no elevador são tais que:

- (A) A força exercida para cima pelo cabo é maior do que a força exercida para baixo pela gravidade.
- (B) A força exercida para cima pelo cabo é igual à força exercida para baixo pela gravidade.
- (C) A força exercida para cima pelo cabo é menor do que a força exercida para baixo pela gravidade.
- (D) A força exercida para cima pelo cabo é maior do que a soma das forças feitas pra baixo pela gravidade e pelo ar.
- (E) Nenhuma das anteriores. (O elevador sobe porque o cabo vai ficando mais curto, não porque há uma força para cima exercida nele pelo cabo).

6. O estudante “a” tem uma massa de 100 kg e o estudante “b” tem uma massa de 70 kg. Eles sentam-se um em frente ao outro em cadeiras de escritório

idênticas. O estudante “a” coloca os seus pés descalços sobre os joelhos do estudante “b”. De repente, o estudante “a” dá um empurrão com os pés, fazendo com que ambas as cadeiras se movimentem. Durante o impulso e enquanto os estudantes ainda estiverem tocando um no outro:

- (A) Nenhum dos estudantes exerce força no outro.
- (B) O estudante “a” exerce uma força sobre o estudante “b”, mas o estudante “b” não exerce nenhuma força sobre o estudante “a”.
- (C) Cada estudante exerce uma força no outro, mas o estudante “b” exerce a maior força.
- (D) Cada estudante exerce uma força no outro, mas o estudante “a” exerce a maior força.
- (E) Cada estudante exerce a mesma força um no outro.

4. Resultados

4.1. Os conceitos de deslocamento, velocidade e aceleração aplicados ao movimento retilíneo, bem como, a diferenciação destes dois últimos

A análise dos dados revelou que houve um avanço na compreensão dos conceitos de velocidade e deslocamento. Isso pode ser percebido através da questão 1 em que inicialmente 10% dos alunos marcaram corretamente a resposta (letra E) e, após as aulas, esse índice aumentou para 35%. No entanto, um número grande de alunos escolheu a alternativa “D” (55% no pré e 27,5% no pós). Na questão 2, verifica-se que os percentual de acertos (alternativa “D”) variou de 0,0% para 12,5%. Um índice baixo, visto que, 37,5% deles escolheram a alternativa “C” frente aos 42,5% de antes. Possivelmente, houve uma forte persistência da ideia de que, na igualdade na posição, há igualdade na velocidade e, inclusive, na aceleração. Ou seja, a distinção entre os conceitos ocorreu em parte, porém ainda necessita de maior amadurecimento. Essa conclusão é corroborada pela análise qualitativa das respostas as questões semelhantes em uma das fichas de aula.

De fato, a Fig. 5 ilustra um trecho de uma das fichas de aula sobre movimento que continha a seguinte questão: a figura abaixo representa fotos são tiradas de um motociclista numa estrada em 3 casos A, B e C. O espaço de tempo entre uma foto e outra é de 1 s. O que você acha sobre a velocidade do motociclista em cada caso? Ela aumenta, diminui ou é constante? Explique o motivo.

Selecionamos as seguintes respostas para cada uma das três situações.

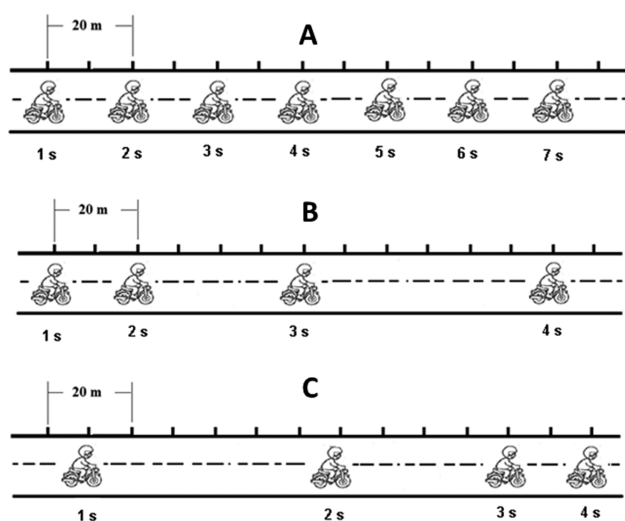


Figura 5 - Três situações diferentes abordadas em uma das fichas de aula sobre movimento.

Caso A

Aluno 1: *Constante. Porque o motociclista está mantendo a mesma velocidade durante o percurso. E a distância de cada foto é a mesma.*

Aluno 2: *Constante, pelo fato do tempo ser igual.*

Caso B

Aluno 1: *Aumenta. Porque depois do motorista ter acelerado a sua velocidade aumentou. O espaço entre uma foto e outra é maior.*

Aluno 2: *Aumenta, por está iniciando uma deslocação velocidade.*

Caso C

Aluno 1: *Diminuiu. Porque o motorista acelerou, aumento sua velocidade depois diminui. O espaço entre uma foto e outra é menor.*

Aluno 2: *Diminui, por já está na etapa final e o espaço é menor ao final.*

Concluimos que em casos isolados grande parte dos alunos conseguiu determinar o aumento, redução ou constância de sua velocidade. Logo, acreditamos que houve uma dificuldade deles compreenderem as questões do teste, pois estão sobrepostos numa mesma figura dois movimentos distintos e fazer uma comparação que, logicamente, exige um raciocínio mais complexo.

4.2. Lei da Inércia

Duas questões abordaram o conceito de inércia que foram as de número 3 e 5. Houve uma variação considerável no número de alunos que marcaram, na questão 5, a alternativa correta (B) no pré-teste (5%) e no pós-teste (72,5%). Curiosamente, esse desempenho foi inverso na questão 3 sobre o mesmo tópico: no pré-teste, 25% escolheram a alternativa correta, em que a força aplicada era igual à força de atrito entre a caixa e o piso, e 20% no pós-teste. Estamos diante de um aparente paradoxo. O resultado na questão 5 nos leva a crer

que houve uma significativa compreensão do conceito de inércia pelos alunos. Contudo a questão 3 que aborda o mesmo tema, nas mesmas condições dos parâmetros físicos, mas em um contexto diferente, mostra claramente que não ocorreu evolução da concepção alternativa para o conceito de inércia. Como conciliar tamanha discrepância? Primeiramente, vamos analisar os tipos das respostas erradas.

Na questão 3, um número expressivo de alunos marcou a alternativa “D”: *É maior do que a força total que resiste ao movimento da caixa.* Pensamos que nesse caso, faltou maior ênfase em diferenciar os conceitos de atrito dinâmico e de atrito estático, bem como relacioná-los com a força resultante nas circunstâncias de velocidade maior que zero e também igual a zero. Na situação em que empurramos uma caixa a partir do repouso sobre um piso, devemos realizar uma força que supere o atrito estático, o qual tem valor máximo maior que o atrito dinâmico. Porém, a princípio, acredita-se que poucos alunos trazem de fora do ambiente escolar essa diferenciação – atrito dinâmico e atrito estático – afinal de contas, tudo é atrito. Logo, acreditamos que, o fato de haver a necessidade de uma força maior para tirar a caixa do repouso, contribuiu para a ideia de que a força sobre a caixa será sempre maior. Tal inferência não ocorreu na questão 5 possivelmente pelo fato do movimento ser produzido por uma máquina, ou seja, em tal circunstância, seres humanos não têm interação no tocante à produção do movimento dos elevadores.

Outra alternativa que chamou atenção dos alunos na questão 3 foi a “B”: *É maior do que o peso da caixa.* Esta opção representa uma impressão bem cotidiana. De fato, quanto maior o peso de algo que empurramos sobre o piso, maior será a força de atrito e maior será a força por nós aplicada para alterarmos a situação de repouso. Portanto, é possível que, para o aluno, no atrito haja uma medida do peso, isto é, para retirarmos a caixa da situação de repouso, devemos realizar uma força maior que o peso desta. Como, não há um entendimento da diferenciação entre atrito estático e dinâmico, como tratado no parágrafo anterior, a força aplicada sobre a caixa sempre será maior que o peso da mesma.

A única diferença entre essas questões é o seu contexto. Na questão 3 temos um movimento provocado por um ser humano que exerce uma força constante sobre uma caixa e cuja força opositora é a força de atrito. Na questão 5, o movimento é gerado por uma máquina que exerce uma força constante sobre um elevador e cuja força opositora é a força peso (força da gravidade).

A influência do contexto nos questionários de avaliação de concepções espontâneas foi amplamente abordada na literatura especializada. Em particular, no que diz respeito ao FCI, destacamos o trabalho de Huffman e Heller [16] que compararam duas questões do FCI sobre a relação entre segunda lei de Newton e o movimento em contextos diferentes, a saber, um disco

de Hockey sobre o gelo e um foguete no espaço. Eles mostram que apesar de tratar do mesmo assunto de forma semelhante, a dependência do contexto agrupava as duas questões em diferentes dimensões conceituais na análise fatorial. Em um trabalho interessante de Stewart et al [17], demonstrou-se que embora o contexto provocasse apenas uma pequena variação no score global do FCI, havia discrepâncias no percentual de respostas corretas em questões individuais, provocadas tanto pelo contexto físico da questão como pelo próprio contexto do questionário, isto é pelo modo de apresentar e agrupar as questões.

Novamente, recorreremos à análise qualitativa das fichas de aula em que situações do cotidiano foram bem interpretadas, como o movimento dos passageiros em um trem que sai de uma estação. Quando os alunos foram questionados o porquê dele ocorrer, obtemos as seguintes respostas:

Aluno 1: *Porque o nosso corpo está em repouso, e no momento que o trem parte a tendência do nosso corpo é permanecer em repouso.*

Aluno 2: *Porque estamos em conjunto com o ônibus (trem), ou seja, estamos sobre ele temos atrito e a velocidade é igual a do busão.*

Nessa última resposta, percebe-se que eles compreenderam que somente somos acelerados junto ao ônibus (ou trem) em virtude da força de atrito entre nossos pés e o piso.

4.3. Relação entre a força resultante e a aceleração no movimento retilíneo

A segunda lei de Newton foi tema da questão de número 4 cuja variação na escolha da alternativa correta foi de 17,5% no pré-teste e 5% no pós-teste. Um resultado nada satisfatório, porém, não indicativo de uma não aprendizagem sobre o referido conceito. Acreditamos que o fato da questão ter sido acompanhada de uma figura exibindo uma caixa com tamanho parecido com o da mulher, induziu uma resposta errada de forma que esta pararia imediatamente. Os alunos possivelmente imaginaram que, assim como ocorre numa situação equivalente no cotidiano, a velocidade se tornasse nula rapidamente pela ação do atrito. Essa hipótese nos sugere que a figura da referida questão deve ser modificada ou retirada para uma futura aplicação.

Tal hipótese é corroborada pelos resultados qualitativos nas fichas de aula. De fato, na ficha de aula relacionada a esse assunto foi apresentada uma circunstância em que um homem empurrava uma caixa que se encontrava em movimento e ficava explícito pelo texto e pela imagem que a força aplicada pelo agente era de intensidade maior que a força resistente (atrito) entre a caixa e o solo.

O intuito era saber dos alunos: a) qual seria o comportamento da velocidade da caixa (aumenta, diminui ou será constante); b) o que se poderia dizer sobre a

força resultante. Com base nisso, algumas das respostas obtidas foram:

Aluno 1: *a) aumenta. b) Existe força resultante por que a força aplicada é maior que a força de atrito.*

Aluno 2: *a) aumenta. b) Existe força resultante por que a força aplicada é maior que a força de atrito entre os corpos.*

Aluno 3: *a) aumenta. b) Existe força resultante diferente de zero.*

Aluno 4: *a) aumenta. b) Existe força resultante por que a força aplicada pelo homem é maior que a força de atrito.*

Logo, percebe-se que houve a compreensão de que nas circunstâncias em que a força resultante é maior que zero a velocidade é varia.

4.4. A Lei da ação e reação

De todos os tópicos, esse é que se verifica maior ganho de aprendizagem dos alunos. Três questões abordaram esse tópico, sendo uma delas a questão 6. Nessa última, o número de alunos que escolheram a alternativa correta “E” no pré-teste e no pós-teste são, respectivamente, 7,5% e 52,5%. Em outras questões, tem-se a seguinte variação: 12,5% para 47,5% e 20,0% para 72,5%.

Duas aulas trataram sobre o assunto. A primeira teve como o objetivo apresentar a ideia da concomitância das forças de ação e reação, as quais são de mesma direção e opostas, e a igualdade entre estas. A segunda aula teve o intuito de perceber a ação desse fenômeno entre corpos como: a) o movimento de uma bola de festa, presa a um carrinho, que expulsa o ar de si (expulsão do ar orientada para a direita), b) o motor a jato de um avião que expulsa o ar de si e c) o motor de uma embarcação que empurra a água no sentido contrário do seu movimento. As seguintes respostas foram apresentadas:

Aluno 1: *a) o carrinho vai para o lado oposto ao da saída de ar. b) o ar faz uma força no motor empurrando ele para o lado oposto. c) ocorre uma ação do motor contra a água e também no sentido contrário (reação da água no motor).*

Aluno 2: *a) o carrinho vai no sentido contrário, pois há uma reação na direção e sentido opostos. b) o motor suga e expulsa o ar que conseqüentemente o ar que expulso empurra o avião para frente. c) a força que o motor fez na água a água faz no barco.*

Aluno 3: *a) o carrinho irá para trás, pois o ar liberado do balão sairá com mais pressão que o ar de fora. b) ao fazer a sucção do ar e ao liberar para trás o motor e o avião irá para frente fazendo o efeito contrário. c) a hélice empurra a água para trás que a empurra para frente que levará o barco no sentido contrário.*

Logo, percebe-se qualitativamente a compreensão, por parte dos alunos, a ideia da presença concomitante

das forças de ação e reação, bem como, a oposição entre os sentidos das forças.

A análise quantitativa dos dados referentes à pesquisa permitiu verificar um ganho de aprendizagem bem distinto dos alunos de diferentes colégios. Pela pesquisa social realizada nas turmas é possível estabelecer uma comparação entre aquelas que apresentaram maior ganho de aprendizagem frente a que apresentou

menor ganho, com base em alguns parâmetros sociais relevantes. Verifica-se que as turmas mais jovens e com menor número de alunos que trabalhavam apresentaram maior rendimento (Fig. 6). Essa correlação corrobora a suposição de que a faixa etária dos estudantes e a necessidade de realizarem atividades laborais remuneradas influenciam no processo de ensino-aprendizagem.

Colégio	Turma	Ganho de aprendizagem (g)
Dom Walmor	02	0,2
Dom Walmor	04	0,3
Figueira	01	0,2
Ciep - 317	01	0,1

Parâmetro	Col. D. Walmor	Ciep-317
Percentual de alunos jovens (18-29 anos)	75%	60%
Estudantes trabalhadores	37,5%	63,3 %

Figura 6 - Ganho de aprendizagem das turmas (à esquerda) e comparação social entre as turmas pertencentes aos colégios D. Walmor e Ciep - 317 (à direita).

5. Considerações finais

Ensinar para um público jovem e adulto é um desafio pelas diversas dificuldades que estão presentes e acentuadas nessa modalidade de educação, tais como o pouco tempo para estudar decorrente da realização de atividades profissionais com ou sem remuneração no período diurno, cansaço físico no período noturno durante as aulas, interrupção dos estudos e heterogeneidade dos alunos. Os currículos oficiais tentam compensar esses problemas enfatizando o ensino com base em situações concretas, minimizando a abstração matemática e focando na construção dos conceitos. Esse contexto constitui um campo fértil de conhecimentos prévios, os quais servem de subsídio para uma metodologia de aprendizagem ativa que permita aos alunos se expressarem estabelecendo previsões e as confrontando com o fenômeno a ser abordado em sala de aula. A análise quantitativa efetuada através do teste conceitual baseado no FCI mostrou um ganho de aprendizagem global pequeno, mas relevante quando considerado temas específicos. De fato, os resultados quantitativos, apesar de modestos numa perspectiva global, revelaram-se significativos em tópicos pontuais, tais como a lei da ação e reação e a relação entre força resultante e aceleração. Além disso, a análise qualitativa apresentou indícios de um bom desenvolvimento dos conceitos básicos de mecânica, tais como velocidade, aceleração e força resultante. Os efeitos dos aspectos sociais dos alunos no ganho de aprendizagem são evidentes quando comparadas turmas de diferentes perfis, o que sugere a necessidade de adaptações na metodologia e no conteúdo de acordo com a realidade social das escolas. De modo geral, esta pesquisa indica que um programa de ensino com base na metodologia POE tem um bom potencial para promover a aprendizagem de mecânica em turmas de Educação de

Jovens e Adultos.

Referências

- [1] BRASIL, *Trabalhando com a Educação de Jovens e Adultos: Alunas e Alunos do EJA - Caderno 1* (MEC, Brasília, 2006).
- [2] R.J. Beichner, J.M. Saul, D.S. Abbott, J.J. Morse, D.L. Deardorff, *et al.* in: *Reviews in PER Vol. 1: Research-Based Reform of University Physics*, edited by E.F. Redish e P.J. Cooney (American Association of Physics Teachers, College Park, 2007), disponível em <http://www.per-central.org/document/ServeFile.cfm?ID=4517>.
- [3] D.R. Sokoloff and R.K. Thornton, *Interactive Lecture Demonstrations, Active Learning in Introductory Physics* (Editora John Wiley & Sons, New Jersey, 2006).
- [4] D.R. Sokoloff and R.K. Thornton, *Real Time Physics Active Learning Laboratories - Module 1 Mechanics* (Editora John Wiley & Sons, New Jersey, 2011).
- [5] E. Mazur, *Peer Instruction: A User's Manual* (Editora Pearson-Prentice Hall, New Jersey, 1996).
- [6] J.A. Barros, J. Remold, G.S.F. da Silva e J.R. Tagliati, *Revista Brasileira de Ensino de Física* **26**, 63 (2004).
- [7] R. White and R. Gunstone, *Probing Understanding* (The Falmer Press, Bristol, 1992).
- [8] J. Hayson and M. Bowen, *Predict, Observe, Explain: Activities Enhancing Scientific Understanding* (NSTA Press, Arlington, 2010).
- [9] D.G.G. Sasaki e V.L.B. de Jesus, in: *Encontro Nacional de Pesquisa em Educação em Ciências* (Anais do IX ENPEC, Águas de Lindóia, 2013).
- [10] N.H. Hussain, R. Ali, H.N. Haron, K.R. Salim and H. Hussain, in: *Proceedings of the IETEC'13 Conference* (Ho Chi Minh City, Vietnam, 2013).

- [11] P.K. Tao and R. Gunstone, Journal of Research in Science Teaching **36**, 859 (1999).
- [12] M. Kearney, Research in Science Education **34**, 427 (2004).
- [13] D. Hestenes, M. Wells, and G. Swackhamer, The Physics Teacher **30**, 141 (1992).
- [14] S.A. Fernandes, *Um Estudo Sobre a Consistência de Modelos Mentais Sobre Mecânica de Estudantes de Ensino Médio*. Tese de Doutorado, PPE-UFMG, Belo Horizonte, 2011.
- [15] R. Hake, American Journal of Physics **66**, 6471 (1998).
- [16] D. Huffman and P. Heller, The Physics Teacher **33**, 138 (1995).
- [17] J. Stewart, H. Griffin and G. Stewart, Physical Review Special Topics - Physics Education Research **3**, 010102 (2007).