

CONCEPÇÕES ALTERNATIVAS EM MECÂNICA: UM ESTUDO DE CASO DOS ALUNOS DE CURSOS DE ENGENHARIA

Carlos Ariel Samudio Pérez,¹ Cleci Werner da Rosa,² Luiz Marcelo Darroz³

RESUMO

O presente trabalho foi realizado com a intenção de identificar as concepções alternativas sobre temas de mecânica (força e movimento), em alunos ingressantes e alunos do segundo nível dos cursos de engenharia da Universidade de Passo Fundo, RS, Brasil. O intuito é de caracterizar o grau de entendimento conceitual dos alunos e obter informações que evidenciem as dificuldades enfrentadas pelos professores e alunos no processo ensino-aprendizagem de Física. Para tal, foi usado um método de avaliação que consiste em um teste contendo quinze questões de múltipla escolha. Os resultados demonstram que todos os estudantes participantes da pesquisa apresentam concepções alternativas sobre força e movimento, e que elas persistem mesmo após um curso introdutório de mecânica em nível universitário. Essas concepções, muito provavelmente, estão associadas a conhecimentos prévios adquiridos na experiência pessoal cotidiana e baseados no senso comum.

Palavras-chave: Concepções alternativas; força e movimento; ensino de física.

ALTERNATIVE CONCEPTIONS IN MECHANICS: A CASE STUDY OF STUDENTS FROM UNDERGRADUATE ENGINEERING COURSES

ABSTRACT

The present study was intended to identify alternative conceptions on topics of mechanics (force and motion) in new students and students of second-level engineering courses at the University of Passo Fundo, in the state of Rio Grande do Sul, Brazil. The intention was to delineate the degree of conceptual understanding of the students and to obtain information which highlighted the difficulties faced by teachers and students in the process of teaching-learning Physics. To this end, we used an evaluation method that consisted of a test containing fifteen multiple choice questions. The results demonstrated that all students participating in the research presented alternative conceptions about force and motion, which persisted even after an introductory mechanics course at the university level. These conceptions, probably, were associated with previous knowledge taken from personal experience in daily life and which were based on common sense.

Keywords: Alternative conceptions; force and motion; teaching physics.

1 Doutor em Física, professor de Física na Universidade de Passo Fundo/RS, Brasil; professor e pesquisador da Área de Física na UPF; samudio@upf.br

2 Doutora em Educação Científica e Tecnológica; Professora de Física na Universidade de Passo Fundo/RS, Brasil; professora e pesquisadora da Área de Ensino de Física; Coordenadora da Área de Física na UPF; cwerner@upf.br

3 Mestre em Ensino de Física; professor de Física na Universidade de Passo Fundo/RS, Brasil; professor e pesquisador da Área de Ensino de Física; coordenador do Curso de Física – L; ldarroz@upf.br

INTRODUÇÃO

O início de um curso de engenharia no ensino superior normalmente envolve o estudo de física básica. Essa disciplina, de maneira geral, contempla tópicos de mecânica newtoniana de pontos materiais. Em princípio, os conceitos explorados são aqueles que já foram, ou deveriam ter sido, aprendidos no ensino médio. No entanto, a abordagem se dá com um aprofundamento maior e utilizando ferramentas matemáticas mais avançadas. Porém, para que possa ser ministrada, é importante que o aluno tenha tido sucesso na etapa anterior do processo.

O que ocorre é que muitos dos conceitos básicos adquiridos pelos alunos, e já estudados no ensino médio, são usados com significados diferentes daqueles atribuídos pelos cientistas, e têm sido nomeados de concepções alternativas. Sabe-se que os conhecimentos trazidos pelos alunos vão se transformando na medida em que novos conhecimentos são adquiridos. Mas eles podem, por vezes, também servir de “barreiras”, obstáculos à compreensão dos modelos cientificamente aceitos, do que se conclui que a abordagem dos conteúdos deve buscar uma sintonia entre aquilo que, supostamente, o estudante já sabe e o que ele precisa acrescentar ao seu aprendizado.

As pesquisas realizadas com o objetivo de estudar as ideias e explicações dos estudantes sobre fenômenos e conceitos físicos (NEVES e SAVI, 2002; MORENO e MORENO, 1989) têm oferecido um grande número de dados que demonstram que as concepções alternativas dos estudantes apresentam propriedades características muito importantes. Entre elas, pode-se destacar: a) uma invariância cultural (estudantes de vários países respondiam do mesmo modo, ou quase, a perguntas similares); b) uma independência substancial das respostas para o tipo de ensino recebido; c) que as respostas são baseadas na percepção; d) que aparecem em várias áreas temáticas. Quando as concepções alternativas são comparadas às concepções dos cientistas, observa-se que se distinguem em alguns aspectos genéricos. Por um lado, os cientistas usam

muitos conceitos abstratos (por exemplo: campo, potencial, poço de energia, e outros), pouco relacionados à realidade física ou que não fazem parte do mundo do indivíduo comum. Por outro lado, os cientistas usam uma linguagem muito precisa e rigorosa, enquanto os alunos usam termos adotados pelos cientistas (por exemplo: força, trabalho, rigidez dielétrica, etc.), mas atribuindo-lhes significados diferentes.

Do ponto de vista educacional, as características das concepções alternativas e as suas diferenças, relativamente às concepções cientificamente aceitas, têm importantes implicações, na medida em que elas podem ser aprendidas, ou assimiladas significativamente, do contrário, tornam-se resistentes à mudança conceitual (MORTIMER, 1996). Isso está relacionado ao fato de que aprender significativamente não é sinônimo de aprendizagem correta. Nesse sentido, é importante lembrar que, quando um conceito passa a ter significado para o indivíduo, entra em cena o elemento pessoal da significação. De acordo com o construtivismo, a cognição se dá por construção; isso é o mesmo que dizer que, quando o indivíduo aprende significativamente, relaciona o novo conhecimento a conceitos relevantes da sua estrutura cognitiva.

É elevada a quantidade de literatura disponível relacionada com a tentativa de identificar as concepções alternativas que os indivíduos possuem sobre os conceitos e fenômenos no âmbito da mecânica. A relação entre força e movimento corresponde a uma das áreas de maior atenção por parte dos investigadores interessados no estudo das concepções alternativas dos alunos (CUNHA e CALDAS, 2001; BARBETA e YAMAMOTO, 2002; MORAES e MORAES, 2000), e isso se deve nem tanto à diversidade das concepções existentes, mas à persistência das mesmas e à sua interferência na aprendizagem e aplicação das leis de Newton.

Um dos primeiros autores a interessar-se por esse domínio foi Viennot (1979). Seus estudos demonstraram que os alunos pesquisados acreditam que: quando a velocidade de um

móvel não for nula, a força que atua sobre o mesmo também não é nula; quando as velocidades de dois corpos são diferentes, as forças que atuam sobre os corpos são diferentes. Na sequência das observações, Viennot defendeu que o raciocínio dos alunos pode ser formalizado em termos das suas próprias leis e acrescentou que uma dessas leis diz respeito à proporcionalidade pseudolinear entre força e velocidade. A ideia de que o movimento requer uma força no mesmo sentido também tem sido identificada, por vários autores, em alunos de diversos níveis escolares, inclusive nos que já tinham estudado física na universidade. Dada a necessidade que os alunos sentem de forças “extras” para explicar a evolução do estado de movimento de um objeto, é muito provável que o número de forças identificadas numa determinada situação problemática seja maior do que o número de forças consistentes com a perspectiva newtoniana.

Durante o estudo dos conteúdos de mecânica, para alcançar a difícil passagem do aluno do referencial intuitivo para o newtoniano, a identificação das concepções alternativas, como resultado de aprendizagens significativas, por parte dos professores, pode não apenas facilitar a reformulação conceitual como ser indispensável para que ela ocorra. Uma vez que não é possível excluí-las ou apagá-las da estrutura cognitiva do aprendiz, não devem ser ignoradas, e deve-se procurar conviver com elas durante a aprendizagem do estudante, explicando-as claramente e mostrando a sua insuficiência. Assim, para alcançar a tão desejada mudança conceitual, é necessário que os professores estejam conscientizados da importância e das implicações das concepções alternativas, e que estejam preparados para lidar com elas.

É importante, assim, levar em consideração que: os estudos sobre concepções alternativas têm revelado que a mecânica é um tema particularmente difícil para alunos e professores (várias concepções alternativas resistem ao ensino formal da mecânica, aparecendo mesmo em professores); as concepções alternativas da mecânica são mais resistentes do que as

de outras áreas temáticas; os alunos, antes do ensino formal, já possuem ideias, conceitos e ciência sobre fenômenos fundamentais, mas usam, para designá-los, palavras com significados diferentes daqueles atribuídos pelos cientistas, bem como palavras para as quais os cientistas atribuem significados diferentes, e que os alunos consideram iguais. Pretende-se, neste trabalho, identificar as concepções alternativas sobre força e movimento apresentadas por alunos ingressantes (primeiro semestre) e que persistem nos alunos do segundo semestre dos cursos de engenharia da Universidade de Passo Fundo. O objetivo é identificar o grau de entendimento conceitual de tópicos relativos às leis de Newton, bem como a habilidade do aluno em interpretar gráficos. Num contexto mais amplo, objetiva-se obter informações que evidenciem as dificuldades enfrentadas pelos professores e alunos no processo ensino-aprendizagem de física. Essas informações, num segundo momento, podem subsidiar discussões que promovam mudanças nos projetos pedagógicos dos cursos e nos métodos de ensino das disciplinas básicas, como a física, nos cursos de engenharia da Universidade de Passo Fundo.

METODOLOGIA

A fim de conhecer as concepções alternativas sobre força e movimento apresentadas pelos alunos participantes desta pesquisa, foi utilizado como referência o método de avaliação desenvolvido junto à Tufts University e University of Oregon, nos Estados Unidos de América (MORAES e MORAES, 2000). De acordo com os autores, esse método de avaliação verifica se o estudante analisa o mundo e seus fenômenos sob o ponto de vista newtoniano, ou seja, analisa as concepções do aluno a respeito do conceito de inércia, da relação entre força e movimento, e se o estudante é capaz de fazer correlações entre os conceitos aprendidos. Verifica, ainda, se o estudante é capaz de ler e entender o texto das questões, se é capaz de compreender e interpretar gráficos e se a aprendizagem é permanente. Para os professores, esse método de avaliação serve como

um teste prático sobre a aprendizagem conceitual dos alunos, em relação à força e ao movimento. Seus resultados mostram o grau da necessidade de se discutir os programas e métodos de ensino de física.

Para a avaliação dos conceitos acerca de força e movimento, foi efetuado um teste constituído por três conjuntos de questões de múltipla escolha, extraídos do método de avaliação antes citado: “carro numa rampa” (questões de 1 a 3); “moeda arremessada” (questões de 4 a 6); e “gráfico de forças” (questões de 7 a 15), como pode ser observado no Anexo I.

O teste foi aplicado a três turmas, totalizando 168 alunos voluntários, dos cursos de Engenharia da Universidade de Passo Fundo (UPF), Rio Grande do Sul, Brasil. A primeira turma (T1) é constituída por 58 alunos ingressantes (nível I) nos cursos de Engenharia Mecânica, Civil e Elétrica. A segunda (T2) é formada por 52 alunos dos cursos de Engenharia Civil e Mecânica; e a terceira (T3), por 58 alunos da Engenharia Elétrica e de Alimentos, todos cursando o segundo nível da faculdade. No momento do teste, os alunos da turma T1 iniciavam seus estudos de mecânica na disciplina de Física I, enquanto os estudantes que formam as turmas T2 e T3 já tinham sido aprovados na mesma matéria no semestre anterior. O teste foi aplicado no segundo semestre de 2011, no período noturno, com duração de 1 hora e 30 minutos.

RESULTADOS

Os resultados obtidos mostram que, das quinze questões aplicadas no teste, a turma de alunos ingressantes (T1) obteve uma média de 1,6 questões certas. Três questões (questões 6, 11 e 15) do obtiveram respostas erradas de todos os alunos, e a questão 9 foi respondida corretamente por 82,8% dos alunos da turma, como indica a Figura 1. A percentagem dos alunos que acertaram o restante das questões varia entre 1,7% e 17,2%. A turma T2 apresentou uma média de 1,9 questões certas. A questão 9 foi respondida corretamente por 84,6% dos alunos e a percentagem de alunos que acertaram o resto das questões variou en-

tre 1,9% e 17,3%. A turma T3 apresentou uma média de 2,5 questões certas. Uma das questões (questão 3) não teve nenhum acerto e 87,9% dos alunos responderam corretamente à questão 9. A média global de acertos (para o total de alunos que participaram do teste) foi 2, das 15 questões.

Quanto ao desempenho individual, é possível destacar que, a maior média de acertos foi de 4 questões, por quatro alunos da turma T1; 9 questões de um aluno da turma T2; e 10 questões de um aluno da turma T3, conforme Figura 2. Uma grande parcela dos alunos das turmas T1 (26 alunos), T2 (24 alunos) e T3 (24 alunos) teve um único acerto.

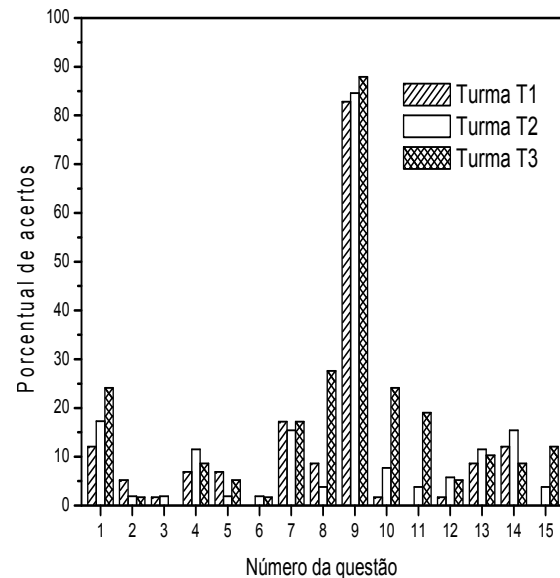


Figura 1 – Percentual de acertos, por questão, para as três turmas participantes da pesquisa.

Fonte: Dados da pesquisa

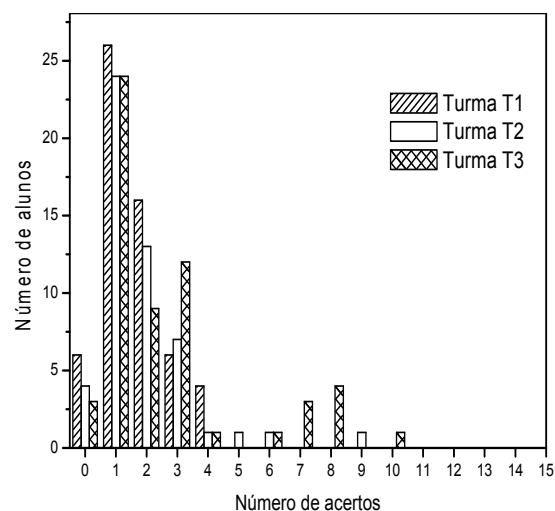


Figura 2 – Apresenta o número alunos em função do número de acertos no teste.

Fonte: Dados da pesquisa

Ao comparar os índices de acerto dos estudantes, em cada um dos três conjuntos de questões, é possível observar que o maior número de acertos foi obtido, por todas as turmas, no terceiro conjunto – “gráfico de forças” (questões de 7 a 15) –, como pode ser observado na Figura 1.

ANÁLISE DOS DADOS

Observa-se, na Figura 1, que um dos conjuntos de questões que apresentam menor índice de acertos foi o do “carro numa rampa”, predominando, respectivamente, para a questão 1, a resposta G (54%, 79% e 72% dos alunos nas turmas T1, T2 e T3,); para a questão 2, a alternativa D (81%, 88,5% e 94,8%); e a resposta B (77,6%, 78,8% e 82,0%), para a questão 3. Desses dados e dos fornecidos pelo conjunto de questões relativas à “moeda arremessada”, em que é apresentada uma situação do dia-a-dia, pode-se concluir que a maioria dos alunos entende que uma variação na velocidade de um corpo deve sempre estar acompanhada por uma força na mesma direção e sentido. As respostas indicam, também, que os alunos acreditam que, havendo variação na velocidade do corpo, a força associada a essa velocidade também deve variar. A análise desses resultados permite afirmar que a maioria dos alunos tem dificuldade na compreensão do conteúdo da primeira e da segunda lei de Newton, assim como do conceito de força.

O terceiro conjunto de questões do teste, “gráfico de forças” (questões 7 a 15), apresenta resultados interessantes, bastando, para constatar isso, analisar que a questão que mais respostas corretas obteve foi a 9, o que indica que a maior parte dos estudantes entende que, para que um corpo permaneça em repouso, é necessário que não exista uma força atuando sobre o mesmo ($v=0$, v constante, implica em $F=0$, F constante). Por outro lado, a resposta incorreta mais assinalada pelos alunos, para a questão 8, foi a da letra A, o que indica que a maior parte do grupo de estudantes participantes da pesquisa acredita que, para que o corpo se movimente com velocidade constante, a força deve ser constante e diferente de zero

($v \neq 0$, v constante, implica $F \neq 0$, F constante). Esses resultados reforçam a nossa afirmação anterior, de que os estudantes não compreendem ou compreendem de forma deficiente o conteúdo e as implicações da primeira lei de Newton.

O terceiro conjunto de questões também permite verificar se o aluno é capaz de descrever uma situação física sob a forma de gráficos. Os resultados reforçam as afirmações já feitas a respeito da dificuldade encontrada pelos estudantes em relacionar os conceitos de velocidade e de força resultante. Por outro lado, também é possível observar que a maioria dos alunos não foi capaz de realizar uma descrição gráfica do movimento. Essa deficiência na interpretação de gráficos é bastante problemática, pois o uso de gráficos na explicação de conceitos de física constitui-se de uma praxe, tornando-se uma linguagem especial utilizada pelo professor; e, ao representar obstáculo para uma parcela dos estudantes, gera um sério problema de comunicação (BARBETA e YAMAMOTO, 2002).

Os resultados que os alunos ingressantes (turma T1) apresentam ante esta pesquisa indicam que os mesmos chegam ao nível universitário trazendo um alto número de concepções alternativas sobre os tópicos de mecânica analisados (força e movimento). Ao comparar esses resultados com os apresentados pelas turmas dos alunos do segundo nível (turmas T2 e T3), é possível observar que não há diferenças significativas. Isso vem sugerir que, mesmo após os alunos terem sido aprovados num curso básico de Mecânica, na universidade (a disciplina de Física I), a grande maioria das concepções alternativas por eles trazidas do ensino médio persiste. Os resultados também sugerem que a aprendizagem dos alunos das turmas T2 e T3 sobre os temas de força e movimento abordados na disciplina de Física I foi mecânica e não significativamente correta. Por outro lado, colocam em evidência que os conhecimentos prévios que os alunos trazem do ensino médio podem ter reflexos na aprendizagem no ensino superior, podendo até gerar certa resistência à mudança conceitual.

As informações obtidas no presente estudo indicam que os conceitos sobre força e movimento dos alunos pesquisados parecem estar influenciados por modos de raciocínio baseados na teoria do *impetus* (CUNHA e CALDAS, 2001; FIOLHAIS e TRINDADE, 1999), pela qual a força estaria residindo no objeto, interna a ele, constituindo-se em um “capital” susceptível de gastar-se com o tempo. Esse modo de raciocínio torna-se aparente quando os estudantes manifestam que um corpo que apresenta velocidade decrescente é acompanhado por uma força no mesmo sentido também, com módulo decrescente. Tudo indica que as teorias de raciocínio “ingênuas” podem criar dificuldades para os alunos no estudo de física. Isso significa dizer que a informação apresentada em aula pode, com muita frequência, ser mal interpretada ou distorcida, para, a partir dessa ação, adequar-se à teoria do “ímpeto”. O resultado é que muitos estudantes são aprovados na disciplina com as suas concepções alternativas intactas, sem realizarem a transformação dos conhecimentos por eles trazidos para a escola em conhecimentos científicos, objetivo maior dos estudos que realizam.

Para tentar entender melhor o porquê de os conhecimentos prévios dos alunos não serem plenamente transformados em conhecimentos científicos, deve-se discutir as condições e os métodos de ensino. Nesse sentido, menciona-se o estudo de Heineck (1999), envolvendo professores de física das escolas da região da Sétima Coordenadoria de Ensino do Estado do Rio Grande do Sul (7ª CRE-RS). Os seus resultados apontaram para a necessidade de reflexão sobre a forma como os conteúdos da área de física são trabalhados em nível de ensino médio, levando em conta as metodologias adotadas. Dos resultados da pesquisa, percebe-se que há esforços por parte dos educadores para que ocorram processos pedagógicos favoráveis à aprendizagem, priorizando sempre que esses fatos sejam desenvolvidos em sala de aula e no período destinado a disciplina. Isso está atribuído ao fato de que, na maioria das escolas, é quase impossível solici-

tar, por exemplo, que seus alunos realizem, em horários extras, pesquisas nas bibliotecas escolares, por exemplo.

No levantamento, Heineck (1999) mostrou que, no nível do ensino médio, pode-se perceber que a disciplina de física é apontada como uma disciplina curricular com pouca valorização por parte dos alunos e professores, pois seu ensino tem um fator de discriminação e eliminação de grande parte dos alunos, o que, por si só, distorce ainda mais o pouco valor que o aluno dá a esses conhecimentos. A pesquisa destaca, também, que há escolas que proporcionam três horários semanais da disciplina de física; outras, dois horários; e há, ainda, as que “ofertam” apenas um horário semanal dessa disciplina. Outro fato importante é que, na maioria das escolas, a metodologia é essencialmente teórica, uma vez que as atividades experimentais requerem equipamentos e laboratórios à disposição dos alunos, além do preparo dos professores para utilizá-los. Tais dificuldades, geralmente, levam a maioria dos professores a adotar metodologias tradicionais, de simples repasse de conteúdos (com uso de recursos como quadro-verde, giz e livros didáticos). Ante esse tipo de situação, Vinchiguerra (2001) elenca uma série de fatores que promovem o aprendizado pela automação e memorização, e não pela construção do conhecimento: o ensino de física realizado mediante a apresentação de conceitos, leis e fórmulas, de forma desarticulada, distanciando-se do mundo real, em que vivem os alunos e os professores, privilegiando a teoria e a abstração, enfatizando a utilização de fórmulas, em situações artificiais, desvinculando a linguagem matemática de seu significado físico real, além da repetição de soluções de exercícios.

Uma década após a pesquisa de Heineck (1999), os professores foram novamente entrevistados, e o que se percebeu é que a situação permanece. Das respostas dos professores, pode-se observar que, pouco ou nada mudou em determinadas escolas estaduais, sendo que, na maioria delas, o ensino de física continua se configurando como tradicional; o número de períodos de aula é pequeno (agora dois ou

mesmo um período de aula para cada nível); os conteúdos abordados têm por objetivo preparar os alunos para a resolução de problemas cobrados nas provas de ingresso nas universidades; e a maioria dos professores se diz desestimulada por causa da baixa remuneração e pela desvalorização do seu papel na sociedade.

Ausubel (1981) mostra que a aprendizagem ocorre quando novos significados são adquiridos e atribuídos pelo aprendiz, através de um processo de interiorização de novas ideias, com conceitos ou proposições relevantes já existentes em sua estrutura cognitiva. Por isso, é essencial que, no ambiente escolar, os alunos partilhem significados, promovendo a compreensão nas relações interpessoais. Nesse processo, cabe ao professor estar atento aos erros, o que exige que tenhamos professores reflexivos, em que sua reflexão-na-ação equivale a ser crítico, significa perceber o negativo dentro de uma prática que o conduz a exercícios de inovação que ampliem as possibilidades de interação professor-aluno e aluno-objeto, propiciando a perspectiva de se obter eficiência no processo ensino-aprendizagem.

Nessa linha de ação, deve-se ter claros dois tipos de relações mediadas pelo saber entre professor e aluno: o primeiro considera o professor, com suas concepções científicas sistematizadas e socializadas pelos livros textos; o segundo, o aluno, com suas concepções prévias, conhecidas também como conhecimentos empíricos, muitas vezes não comprovados cientificamente. Assim, cabe ao professor identificar as concepções dos alunos e trabalhar para transformá-las em científicas, não que isso faça o educando anular as concepções de senso comum, mas que saiba identificá-las. Mas, para isso, nas instituições de ensino, devem existir as condições mínimas à disposição dos professores e dos alunos. As manifestações dos professores questionados na presente pesquisa revelam que as condições das escolas investigadas na pesquisa de Heineck (1999), no mínimo, são desanimadoras, devido à falta de recursos didático-pedagógicos.

Quando os alunos formados no ensino médio ingressam num curso de engenharia, na

universidade, se deparam com os estudos de física que priorizam a abordagem de tópicos de mecânica. Em princípio, os conceitos explorados são aqueles que já foram ou deveriam ter sido aprendidos no ensino médio, porém, com um aprofundamento maior e com o uso de ferramentas de cálculo diferencial e integral. Normalmente, a disciplina de Cálculo é ministrada concomitantemente com a de Física, o que, por vezes, dificulta o bom desempenho de muitos alunos. Grande parte dos professores universitários atribui a esse fato os insucessos no processo ensino-aprendizagem de física, nos cursos de engenharia. No entanto, em relação a atribuir a persistência das concepções alternativas dos alunos participantes da presente pesquisa ao fato de eles terem deficiências ou falta de conhecimentos e domínio do cálculo diferencial e integral seria precipitado, uma vez que o teste que os alunos responderam não envolveu cálculo algum.

Antes de levantar conclusões, devem ser considerados alguns fatores específicos que podem influenciar no processo de ensino-aprendizagem, tais como: currículos, infraestrutura, carga horária destinada às disciplinas e metodologia de ensino-aprendizagem. Na instituição investigada, assim como em muitas outras universidades privadas do Brasil, os cursos de engenharia têm enxugado os seus currículos nos últimos anos, reduzindo o número de disciplinas e de horas dedicadas às disciplinas Cálculo e Física. No caso específico da Física, todos os cursos de engenharia têm em suas matrizes curriculares duas disciplinas, com quatro horas/aula semanais cada, distribuídos em três horários de teoria e um de prática em laboratório didático. Para conhecer a realidade na sala de aula da disciplina Física I, o presente estudo convidou seis professores, que lecionam a mesma disciplina em cursos de engenharia da instituição, para que expusessem as suas opiniões sobre as condições de ensino, a metodologia utilizada e as dificuldades enfrentadas no processo ensino-aprendizagem. Dessa exposição, resultou que a maioria considera que as instalações laboratoriais da área de física, assim como a qualidade

e o número de equipamentos didáticos à disposição são adequados ao bom desenvolvimento de aulas práticas em laboratório. Contudo, assinalam que a carga horária destinada a essas aulas é insuficiente, assim como os conteúdos prévios dos alunos para o acompanhamento das aulas.

O exposto por esses professores permite fazer um diagnóstico das dificuldades enfrentadas no processo ensino-aprendizagem de física, categorizando-as em dois grupos: no primeiro grupo estariam as dificuldades associadas aos alunos, e, no segundo, as associadas à organização pedagógica dos cursos. Em relação às dificuldades observadas no primeiro grupo, podem ser destacadas como principais as seguintes: a falta de domínio da linguagem por parte dos alunos, tanto a língua portuguesa quanto a linguagem especificamente utilizada no campo da física; limitada capacidade de compreensão e de expressão, o que se manifesta quando há necessidade de interpretar textos, responder perguntas ou elaborar relatórios nas práticas experimentais; a visão restrita da natureza e a falta de conhecimento dos conceitos básicos que são explorados pela disciplina; a deficiência quanto ao uso de ferramentas matemáticas; e, a inadequação de hábitos e métodos de estudo desenvolvidos pelos estudantes.

Em relação às dificuldades associadas à organização pedagógica dos cursos de engenharia, os professores acham que o tempo destinado para as aulas teóricas e práticas das disciplinas básicas, como a Física, é muito reduzido, o que dificulta um desenvolvimento didaticamente adequado dos conteúdos. Da mesma forma, o tempo de interação entre professor e aluno, na maioria dos casos, é restrito aos períodos de aula, uma vez que os cursos não proporcionam para todos os professores tempo para o atendimento aos alunos fora dos horários de aula. Segundo eles, embora existam horas de monitoria, durante as quais alunos de níveis mais avançados tiram as dúvidas e ajudam na resolução de problemas, o contato entre professor e aluno é essencial para a percepção de erros e identificação de problemas na aprendizagem. Por outro lado, os professo-

res consideram que o número de alunos por turma é muito grande (no mínimo 40 alunos) e sustentam que os projetos pedagógicos dos cursos não contemplam, de maneira alguma, as deficiências trazidas do ensino médio pelos alunos, proporcionando, por exemplo, aulas de nivelamento.

De acordo com os professores entrevistados, todos esses motivos colaboram tanto para a persistência das concepções alternativas trazidas do ensino médio pelos alunos quanto para que o nível de desempenho alcançado pelos mesmos na disciplina Física I não seja o mais adequado.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

Dos resultados desta pesquisa, da qual participaram alunos dos cursos de engenharia da UPF, é possível concluir que os alunos ingressantes na universidade apresentam um grande número de concepções alternativas, sobre força e movimento, remanescentes dos cursos do ensino médio. Considerando, como hipótese, que os estudantes do segundo nível (turma T2 e T3) chegaram à universidade em igualdade de condições, é possível indicar que as concepções alternativas que os alunos trazem do ensino médio persistem, mesmo após um curso introdutório de mecânica (Física I), no nível universitário. Por outro lado, como os alunos do segundo nível que participaram da pesquisa já tinham sido aprovados na disciplina de Física I, é possível sugerir que, embora eles consigam resolver problemas que envolvem cálculos matemáticos, como é tradicional cobrar nas provas, eles não dominam corretamente, ou dominam muito pouco, os conceitos de força e movimento.

Segundo Belhot e Neto (2006), as disciplinas dos cursos de engenharia são estruturadas para atingir um determinado propósito. Cada disciplina do currículo encarrega-se de ensinar um conjunto de técnicas, em termos teóricos e práticos. Cada uma dessas técnicas é apresentada e então aplicada a problemas selecionados em sala de aula, complementados por uma lista de exercícios pré-formulados, e, nas avaliações, o aluno deve mostrar sua habilida-

de em aplicar uma técnica na solução de um problema novo. Disso podemos concluir que a falta de conhecimento dos conceitos físicos ou domínio incorreto dos mesmos, assim como a falta de determinadas habilidades, pode interferir na correta aprendizagem de conteúdos das disciplinas profissionalizantes dos cursos de engenharia, uma vez que o processo de substituição dos conhecimentos prévios por científicos se torna cada vez mais crítico, com o avanço do nível escolar.

De modo geral, os resultados apresentados demonstram que o ensino de física nos cursos de engenharia investigados enfrenta deficiências. Embora não seja fácil definir em que consiste ensinar, e menos ainda ensinar bem, parece não haver dúvidas de que ensinar com sucesso é uma atividade complexa, que requer do professor a seleção das estratégias e ações mais adequadas às condições existentes em sua sala de aula, a partir da diversidade de estratégias disponíveis e tendo em conta as orientações do currículo vigente (BAIRD, 1988). Chama-se a atenção para que o currículo seja entendido como um conjunto de inter-relações lógicas de afirmações – de conhecimento e de valor –, pedagógica e conceitualmente analisadas, no sentido de tomar em consideração eventos prévios ou conhecidos, para programar eventos futuros. Seguindo essa linha de pensamento, podemos concluir que os professores participantes deste estudo atribuem as deficiências no ensino de física à constatação de que os projetos pedagógicos dos cursos de engenharia da UPF não contemplam, em seus currículos, as limitações dos alunos ingressantes. Dessa forma, o professor se vê obrigado, ao escolher uma metodologia de trabalho para a disciplina, a pressupor, mesmo de forma implícita, que os alunos ingressantes possuem uma razoável formação em matemática (saibam manipular equações, tenham noções básicas de trigonometria e geometria), e, em física, dominem os conceitos fundamentais, pois eles acabaram de ser classificados para o ingresso na universidade através de um concurso seletivo.

Percebe-se que o ensino de física deve e pode ser melhorado, mas, para isso, é necessário levar em consideração que a educação é um evento social no qual se compartilham significados. Assim sendo, se faz necessário estabelecer um amplo diálogo envolvendo a comunidade, os gestores públicos, profissionais das áreas específicas, professores universitários e de nível médio, a fim de analisar os elementos comuns à educação: o ensino, a aprendizagem, o currículo e o contexto social, para poder apontar possíveis soluções que venham gerar as desejadas mudanças e, assim, minimizar as dificuldades conceituais apresentadas e maximizar o processo de aprendizagem.

REFERÊNCIAS

- AUSUBEL, D. P. **Psicologia educacional**. Rio de Janeiro: Editora Interamericana, 1981.
- BAIRD, J. Teachers in science education. In: FENSHAM, P. (Ed.), **Development and dilemmas in science education**. London: The Falmer Press, 1988. p. 55-72.
- BARBETA, V. B.; YAMAMOTO, I. Dificuldades conceituais em física apresentadas por alunos ingressantes em um curso de engenharia. **Revista Brasileira de Ensino de Física**. v. 24, n. 3, p. 324-341, 2002.
- BELHOT, R. V; O. NETO, J. D. A solução de problemas no ensino de engenharia. Simpósio de Ensino de Engenharia de Produção, 13. **Anais...** Bauru, 6 a 8 de novembro de 2006.
- CAMPANARIO, J. M. La ciencia que no enseñamos. **Enseñanza de las Ciencias**. v. 17, n. 3, p. 397-410, 1999.
- CARRASCOSA, J. El problema de las concepciones alternativas en la actualidad (parte I). Análisis sobre las causas que la originan y/o mantienen. **Revista Eureka sobre Enseñanza y Divulgación de las Ciencias**. v. 2, n. 2, p. 183-208, 2005.
- CUNHA, A. L.; CALDAS, H. Modos de raciocínio baseados na teoria do *impetus*: um estudo com estudantes e professores do ensino fundamental e médio. **Revista Brasileira de Ensino de Física**. v. 23, n. 1, p. 93-103, 2001.
- FIOLHAIS, C.; TRINDADE, J. A. Concepções erradas em mecânica e estratégias computacionais. In: SILVA, A. P. (Ed.), **A Física no ensino na arte e na engenharia**. Tomar: Instituto Politécnico de Tomar. 1999. p. 195-202.

GIL-PÉREZ, D.; CARRASCOSA, J. What to do about science “misconceptions”. **Science Education**. v. 92, n. 3, p. 289-316, 1990.

HARRES, J. B. S. Desenvolvimento histórico da dinâmica: referente para a evolução das concepções dos estudantes sobre força e movimento. **Revista Brasileira de Pesquisa em Educação em Ciências**. v. 2, n. 2, p. 89-101, 2002.

HEINECK, R. **Relações entre as disciplinas de Física e de Didática de Ciências no curso de magistério – ensino médio**. Dissertação de Mestrado. Faculdade de Educação. Universidade de Passo Fundo, Rio Grande do Sul, Brasil, 1999.

MORAES, A. M.; MORAES, I. J. A avaliação conceitual de força e movimento. **Revista Brasileira de Ensino de Física**. v. 22, n. 2, p. 232-246, 2000.

MORENO, J.; MORENO, A. **La ciencia de los alumnos**: su utilización en la didáctica de la Física e Química. Barcelona: LAIA/MEC, 1989.

MORTIMER, E. F. Construtivismo, mudança conceitual e ensino de ciências: para onde vamos? **Investigação em Ensino de Ciências**. v. 1, n. 1, p. 1-18, 1996.

NEVES, M. C. D.; SAVI, A. A. A sobrevivência do alternativo: uma pequena digressão sobre mudanças conceituais que não ocorrem no ensino de física. **Ciência & Educação**. v. 24, n. 3, p. 324-341, 2002.

VIENNOT, L. Spontaneous reasoning in elementary dynamics. **European Journal of Science Education**. v. 1, n. 2, p. 205-221, 1979.

VICHIGUERRA, M. (2001). **A tecnologia no ensino de física no ensino médio**. Monografia de Curso de Especialização em Informática na Educação. Universidade de Passo Fundo, Rio Grande do Sul, Brasil.

DADOS DOS AUTORES



Carlos Ariel Samudio Pérez. Graduado (licenciatura e bacharelado) em Física (Universidade Nacional de Panamá, 1985), mestre em Física (UFMG, 1990) e doutor em Ciências – Física (UFRJ, 1995). Professor Titular da UPF, ministra disciplinas da área de física nos diversos cursos de engenharia da instituição. É professor colaborador do mestrado em Engenharia e professor permanente do mestrado em Ensino de Ciências da UPF.



Cleci Teresinha Werner da Rosa. Graduação em Matemática – Física (UPF, 1989); Especialização em Educação Matemática (UPF, 1991); Especialização em Ensino de Física (UPF, 1992); mestrado em Educação (UPF, 2001); doutorado em Educação Científica e Tecnológica (UFSC, 2011). Atuou, de 1990 a 2000, como professora de Física no Ensino Médio e, desde 1993, é professora titular da Área e Curso de Física na UPF, ministrando disciplinas nos cursos de graduação e de pós-graduação, principalmente as relacionadas ao ensino de física/ciências e estágio supervisionado. Atualmente, é coordenadora da UPF Editora, coordenadora de área no PIBID/Capes e coordenadora do Programa de Pós-Graduação em Ensino de Ciências e Matemática (Mestrado Profissional) da UPF. É pesquisadora na área de ensino de física, investigando temas associados ao laboratório didático de física/ciências nos diferentes níveis de ensino (atividades experimentais em física); uso da metacognição como recurso estratégico para aprender e ensinar física (aprender a aprender); ensino de ciências (física) nos anos iniciais do ensino fundamental; robótica educacional. É revisora *ad hoc* de periódicos nacionais e internacionais e integra o corpo editorial da Editora UPF e de revistas internacionais na área de educação.

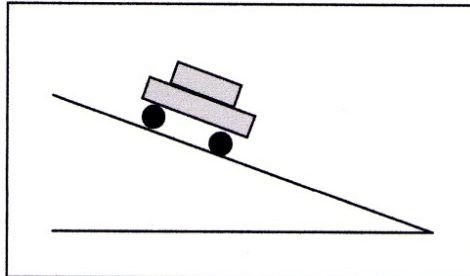


Luiz Marcelo Darroz. Graduado em Matemática – Física (UPF, 2000); Especialista em Física (UPF, 2004); Mestre em Ensino de Física (UFRGS, 2010); Doutorando em Educação em Ciências (UFRGS). Atualmente, é professor na Universidade de Passo Fundo e coordenador do Curso de Física; professor de Física da Escola Redentorista Instituto Menino Deus e Colégio Notre Dame, Passo Fundo. É pesquisador da área de ensino de física, investigando temas como: ensino de física, astronomia e aulas experimentais.

ANEXO I: TESTE APLICADO

Instrumento para avaliação sobre os conceitos sobre força e movimento

Bloco I – Um carrinho de brinquedo recebe um rápido empurrão fazendo com que ele suba uma rampa inclinada. Após ter sido empurrado, ele sobe a rampa, atinge seu ponto mais alto e volta para baixo. O atrito é desprezível.



Use as opções de A até H para indicar a força resultante que atua em cada caso a seguir (questões 1-3)

- A** - Força resultante constante, com sentido descendo a rampa;
- B** - Força resultante aumentando no sentido de descer a rampa;
- C** - Força resultante diminuindo no sentido de descer a rampa;
- D** - Força resultante nula;
- E** - Força resultante constante subindo a rampa;
- F** - Força resultante aumentando no sentido de subir a rampa;
- G** - Força resultante diminuindo no sentido de subir a rampa.
- H** - Nenhuma das alternativas

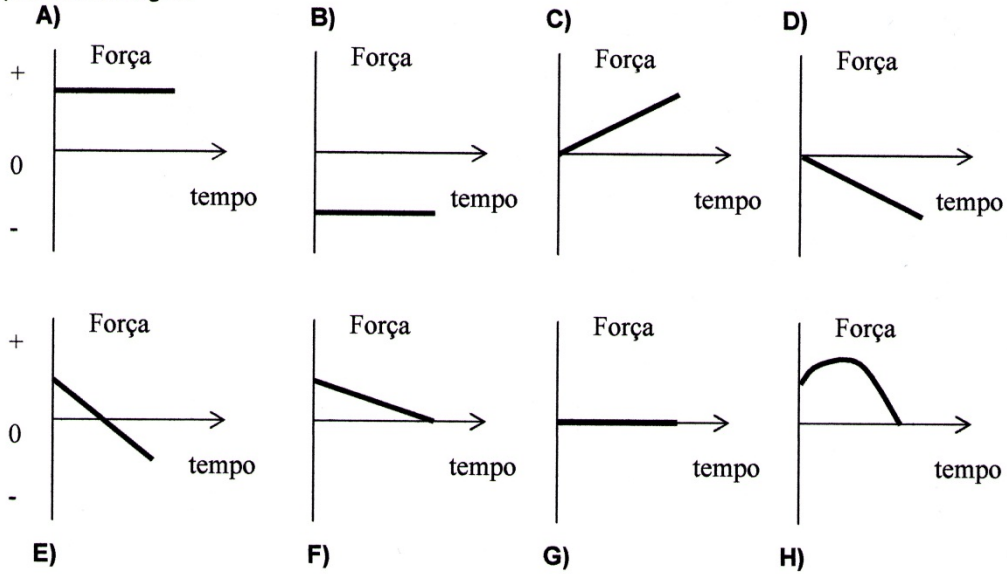
- 1 – O carro está subindo a rampa após ter sido empurrado. *Resposta* _____
- 2 – O carro está em seu ponto mais alto na rampa. *Resposta* _____
- 3 – O carro está descendo a rampa. *Resposta* _____

Bloco II – Uma moeda é arremessada para cima, no ar. Após ter sido lançada, ela sobe, atinge o ponto mais alto e desce. Use uma das alternativas de A à H para indicar a força atuando na moeda em cada um dos casos abaixo (questões 4 – 6). Ignore qualquer efeito de resistência do ar.

- A** – A força é para baixo e constante;
- B** – A força é para baixo e está aumentando;
- C** – A força é para baixo e está diminuindo;
- D** - Força é nula;
- E** - A força é para cima e constante;
- F** - A força é para cima e está aumentando;
- G** - A força é para cima e está diminuindo;
- H** – Nenhuma das alternativas

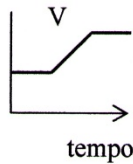
- 4 – A moeda está subindo após ter sido lançada. *Resposta* _____
- 5 – A moeda está em seu ponto mais alto. *Resposta* _____
- 6 – A moeda está caindo. *Resposta* _____

Bloco III – Um carrinho de brinquedo pode mover-se para a direita ou para a esquerda ao longo de uma linha reta horizontal (eixo dos x). O atrito pode ser desprezado. Uma força é aplicada sobre o carro. Escolha um gráfico de força de A à H, para descrever o movimento do carro proposto nas questões a seguir:



- 7 – O carro move-se para a direita aumentando sua velocidade (aceleração constante). Resposta ____
- 8 – O carro move-se para a direita com velocidade constante. Resposta ____
- 9 – O carro está parado. Resposta ____
- 10 – O carro move-se para a esquerda com velocidade constante. Resposta ____
- 11 – O carro move-se para a direita diminuindo a sua velocidade até parar (aceleração constante). Resposta ____
- 12 – O carro move-se para a esquerda aumentando a sua velocidade (aceleração constante). Resposta ____
- 13 – O carro move-se para a direita, a velocidade aumenta e começa a diminuir. Resposta ____
- 14 – O carro é empurrado para a direita e depois solto. Qual gráfico descreve a força após o carro ter sido solto? Resposta ____

15- O gráfico abaixo mostra a velocidade de uma partícula em função do tempo.



Qual dos gráficos abaixo mostra a relação entre a força resultante e o tempo

