

APRENDIZAGEM EM FÍSICA NA TRANSIÇÃO PARA O ENSINO SUPERIOR: POSSÍVEIS DIAGNÓSTICOS E ESTRATÉGIAS

PHYSICS LEARNING AT THE TRANSITION TO UNIVERSITY: ASSESSMENTS AND STRATEGIES

Daniela Szilard¹, Gustavo Rubini², Marta Feijó Barroso³

¹Instituto de Física, Universidade Federal do Rio de Janeiro, daniela@if.ufrj.br

²Instituto de Física, Universidade Federal do Rio de Janeiro, gustavorubini@if.ufrj.br

³Instituto de Física, Universidade Federal do Rio de Janeiro, marta@if.ufrj.br

Resumo

Este trabalho propõe-se a descrever parte de um estudo visando reduzir os indicadores de evasão e retenção no curso superior. Para isso, utilizou como instrumento diagnóstico um teste de inventário de conceitos, padronizado internacionalmente, o Inventário do Conceito de Força, ou Force Concept Inventory (FCI) para avaliar o desenvolvimento do raciocínio em mecânica dos estudantes ao início e ao final de uma disciplina de mecânica introdutória em uma instituição pública de ensino superior. O teste foi aplicado em grupos nos quais os alunos passaram por intervenções específicas para minimizar os efeitos da transição do ensino médio para o ensino superior e em situações em que não houve intervenção. As intervenções envolveram atividades planejadas para incentivar o trabalho colaborativo, discussões e argumentações conceituais. Houve um ganho normalizado considerável em um dos grupos nos quais foi feito o trabalho de apoio; o outro grupo teve um ganho normalizado menor, sinalizando uma necessidade de estudo dos aspectos culturais dos dois grupos para compreensão da diferença dos resultados. Em síntese, a aplicação desse teste em diversas situações e em grupos de estudantes possibilitou um diagnóstico da compreensão das leis da mecânica introdutória do aluno ingressante na universidade. Combinados com outras informações obtidas a partir de estudos relativos à aprendizagem ao final da educação básica, esses resultados fornecem um diagnóstico preliminar e permitem a definição de estratégias de atuação para docentes do ensino superior a fim de suavizar a transição do ensino médio para a universidade e, assim, possivelmente reduzir a evasão e a retenção em cursos da área de ciência e tecnologia.

Palavras-chave: Ensino de Física, avaliação, FCI, evasão universitária, transição do ensino médio para o ensino superior

Abstract

This work describes part of a study designed to reduce the dropout and failure rates at the university. To this end, we implemented a standardized test, the Force Concept Inventory (FCI), as a way to assess the reasoning in mechanics of students at the beginning and at the end of the introductory mechanics course in a public institution of higher education. The test was applied to groups of students that have attended to pedagogical interventions especially planned to minimize the effects of the transition from high school to university and also to groups that have

attended only to traditional classes. These interventions engaged collaborative working, discussions and conceptual arguing. There has been a meaningful normalized gain in one of the groups subjected to the intervention, but the other one showed a smaller normalized gain. This discrepancy in the results suggests the need for a study regarding cultural aspects of both groups. In summary, the FCI application in different contexts and groups enabled an assessment of students' comprehension in introductory mechanics when starting at university. Combining these results with information from other studies related to physics learning at the end of high school level, it is possible to draw a preliminary picture of the physics learning. This picture may help the faculty to define strategies aiming for a smooth transition to university with reduced dropout and failure rates at science and technology courses.

Keywords: Physics Education, assessment, FCI, university dropout, transition from high school to university

Introdução

A transição do ensino médio para o ensino superior é um período de mudanças profundas na vida do estudante. Estas mudanças envolvem, entre outras, contato com um novo ambiente, novos colegas e uma dinâmica na relação professor-aluno inédita para o estudante. Seu fracasso ou sucesso depende de múltiplos fatores, que incluem tanto aspectos cognitivos (formação recebida na Educação Básica), aspectos socioeconômicos (apoio familiar, escolaridade dos pais), aspectos psicológicos (autoconceito e expectativas dos estudantes), como também aspectos relativos à interação do estudante com o ambiente universitário.

O processo de adaptação do aluno ingressante a este novo meio depende do sentimento de identidade e pertencimento que se estabelece entre ele, a instituição e o curso escolhido. Em especial, podemos destacar que a responsabilidade da aprendizagem é deslocada do professor para o aluno (DICKIE; FARRELL, 1991). Isso não significa que o aluno, no ensino médio, desempenhasse um papel completamente passivo na aprendizagem; no ensino superior, porém, ele tem a liberdade de escolher disciplinas, procurar professores fora do horário em sala de aula e utilizar outros recursos que a instituição oferece; a autonomia e a independência passam a desempenhar papel preponderante em sua aprendizagem.

Essa mudança de atitude não é natural para muitos estudantes, e a instituição pode planejar formas ativas de suavizar a transição, como uma ferramenta eficaz na melhoria da qualidade da aprendizagem. Nesse sentido, é importante destacar que o aluno não é uma folha em branco. Segundo Ausubel, “o fator isolado mais importante que influencia a aprendizagem é o que o aluno já sabe; descubra isso e ensine-o de acordo ...”(AUSUBEL apud MOREIRA, 2011, p.171).

No caso específico do ensino de física nos cursos de ciência e tecnologia, as dificuldades são muito grandes. As disciplinas iniciais nesses cursos usualmente apresentam indicadores de fracasso elevados. O corpo docente precisa considerar as concepções não-científicas já enraizadas na estrutura cognitiva do estudante (HALLOUN; HESTENES, 1985a; HALLOUN; HESTENES, 1985b; MCDERMOTT, 1991), para impedir que o processo de instrução torne-se praticamente inefetivo (MOREIRA, 2011). Por exemplo, muitos estudantes apresentam conceitos semelhantes a teoria do ímpeto em oposição à descrição newtoniana (HALLOUN & HESTENES, 1985b; CLEMENT, 1982). Mesmo um estudante com bom

desempenho na disciplina de física no ensino médio pode não possuir entendimento funcional da física envolvida (BARROSO; RUBINI; SILVA, 2018; RUBINI, 2019). Nesse sentido, metodologias ativas de ensino são peças chave para que a aprendizagem ocorra de forma significativa (MCDERMOTT, 1991, 1993).

A política de ações afirmativas desenvolvida no ensino superior nos últimos anos, ao incluir nas universidades um público alvo egresso de sistemas de ensino público com baixos indicadores de qualidade, como revelado pelos resultados do IDEB, ENEM e outros (RUBINI, 2019; BARROSO, 2018), fez com que algumas instituições desenvolvessem atividades de apoio aos ingressantes (DETONI, 2016). Na instituição sob estudo, foi aplicada uma metodologia de apoio à aprendizagem na disciplina introdutória de mecânica em algumas turmas, em paralelo às aulas tradicionais. Nesse processo, alunos trabalham de forma colaborativa sob orientação de alunos mais avançados e professores, e o foco está na discussão conceitual e na argumentação (DETONI, 2016).

Este trabalho relata os resultados e conclusões iniciais de um projeto de pesquisa mais amplo, em andamento, que pretende diagnosticar os processos de aprendizagem em física em cursos universitários de ciência e tecnologia e avaliar o impacto da adoção de diferentes propostas didático-metodológicas em disciplinas desses cursos. Foi aplicado a estudantes da disciplina de mecânica, nos moldes de pré e pós-teste, um teste conceitual desenvolvido nos anos 90 por um grupo da universidade de Arizona (HESTENES; WELLS; SWACKHAMER, 1992), o Inventário do Conceito de Força, ou “Force Concept Inventory” (FCI). Este teste já foi largamente aplicado e estudado (COLETTA; PHILLIPS, 2005) e se tornou uma importante ferramenta padrão para avaliar diferentes metodologias de ensino e intervenções didáticas. Como esperado, estudantes em turmas envolvidas em metodologias ativas de aprendizagem apresentam um ganho conceitual superior às metodologias tradicionais (HAKE, 1998; VON KORFF et al., 2016) e resultado semelhante foi obtido nos cursos de graduação de uma universidade no Brasil (QUIBAO et al., 2018).

Metodologia

O teste FCI foi obtido no repositório de testes (physport.org/) e traduzido pelos autores. O processo de tradução passou por um teste de validação com professores de ensino médio e estudantes iniciantes de curso universitário. O teste foi aplicado em momentos diferentes e grupos diferentes.

O teste FCI na sua versão completa foi aplicado a dois grupos: para alunos iniciantes do curso de Física e Física Médica em 2017 (denominado grupo Física 2017) e para os alunos do curso interdisciplinar na área de ciências exatas em 2018 (denominado grupo BCMT 2018). Esta aplicação foi realizada no formato de pré-teste e pós-teste e os dois testes foram os mesmos. Em ambos os grupos, foram aplicadas metodologias de reforço à aprendizagem ao longo do período, acompanhando a disciplina introdutória de mecânica. Os resultados do FCI puderam ser utilizados como mecanismo de avaliação da intervenção de reforço.

A metodologia de reforço consistia em aulas adicionais durante a semana (além das 4h semanais de aulas tradicionais, predominantemente expositivas), totalizando duas (no grupo BCMT) ou quatro horas (no grupo Física) por semana. Nessas aulas, os alunos eram divididos em equipes de até seis estudantes e orientados a discutir entre si atividades especialmente planejadas para este

momento. Para isto, contavam com o auxílio do professor responsável e de um grupo de monitores. Uma etapa dessas atividades está descrita por Detoni (2016).

Durante o ano de 2017, o FCI também foi aplicado em sua versão reduzida (HAN et al., 2016) a todas as turmas do curso introdutório de física (turmas principalmente dos cursos de Engenharia, denominado grupo Engenharia 2017). Como foi utilizado o teste reduzido, com duas versões diferentes, há dois subgrupos (equivalentes) na aplicação tanto do pré-teste quanto do pós-teste. Nesses subgrupos, os alunos tiveram apenas as 4h semanais de aulas tradicionais, predominantemente expositivas, e não houve a adoção de nenhuma metodologia de reforço. Assim, esses subgrupos podem ser utilizados como grupos de comparação para avaliar a eficácia da intervenção.

Em todos os casos, os testes foram mantidos sob sigilo, e a aplicação foi realizada pelo grupo responsável por este trabalho, garantindo o mesmo tempo de aplicação e a mesma forma de avaliação dos resultados. A correção dos testes foi feita de forma automatizada, usando um sistema com cartões-resposta e leitura ótica desenvolvido pelo grupo.

A análise aqui apresentada envolve o cálculo dos percentuais de acerto, ou nota clássica dos testes, com o respectivo desvio-padrão, normalizados com valores entre 0 e 100. Utilizaram-se também os conceitos de ganho absoluto G e ganho normalizado G_H (HAKE 1998), definidos como

$$G = \langle pos \rangle - \langle pre \rangle \quad , \quad G_H = \frac{\langle pos \rangle - \langle pre \rangle}{100 - \langle pre \rangle}$$

Resultados e Discussão

Na Tabela 1, são apresentados os resultados globais obtidos na aplicação do teste FCI aos estudantes do primeiro ano do curso universitário na disciplina Física 1, no curso de Física, no curso interdisciplinar de Ciências Matemáticas e da Terra e para o conjunto de todos os alunos, majoritariamente da Engenharia. Os resultados apresentam os dados do pré-teste e do pós-teste separadamente para esses grupos: o número de alunos participantes, a média e o desvio padrão.

Tabela 1. Os resultados da aplicação do FCI aos estudantes dos três grupos.

Grupo	Pré-Teste			Pós-Teste		
	Número de alunos	Média	Desvio Padrão	Número de alunos	Média	Desvio Padrão
Física 2017	45	59	25	43	78	21
BCMT 2018	111	38	17	73	49	19
Engenharia 2017 (AD)	472	55	15	289	63	15
Engenharia 2017 (BC)	473	53	15	236	64	14

(fonte: os autores)

Esses resultados fornecem um retrato claro em relação ao ingresso na Universidade. Os alunos iniciam o curso universitário com um raciocínio do tipo newtoniano pouco desenvolvido conforme o critério sugerido por Hestenes *et al* (1992), isto é, com uma nota clássica abaixo do corte de 60. Em outras palavras, a descrição da natureza fornecida pela física tem seus conceitos pouco compreendidos por estudantes que buscam um curso universitário na área de ciência e tecnologia. Em particular, os alunos ingressantes no curso de Ciências Matemáticas e da Terra (BCMT), curso com grande número de vagas e baixa procura, revelam uma dificuldade maior em raciocinar fisicamente de forma conceitualmente adequada.

Observa-se também, a partir desses resultados, que o desempenho dos alunos do grupo Física é impactado pela metodologia de reforço aplicada, contrariamente ao do grupo Engenharia, que não passou por este tipo de intervenção. Isso pode ser melhor observado na Tabela 2, com a apresentação do ganho absoluto (a diferença entre o percentual de acertos no pós-teste e no pré-teste) e do ganho normalizado (a diferença entre o percentual de acertos no pós-teste e no pré-teste, normalizado pela possibilidade de acerto integral no pós-teste). Este resultado está consoante com a literatura nacional e internacional, que relata ganhos maiores na aprendizagem quando metodologias de engajamento ativo dos estudantes são empregadas (VON KORFF *et al.*, 2016; QUIBAO *et al.*, 2018). Em particular, os alunos do grupo de Física tiveram um ganho normalizado, de acordo a classificação de Hake (1998), comparável às melhores instituições internacionais.

Tabela 2. Os ganhos absoluto e normalizado nos quatro grupos estudados.

Grupo	Ganho Absoluto G	Ganho Normalizado G_H
Física 2017	19	0,46
BCMT 2018	10	0,17
Engenharia teste AD	8	0,18
Engenharia teste BC	10	0,22

(fonte: os autores)

Nota-se que o grupo BCMT 2018 obteve um ganho normalizado semelhante ao dos grupos Engenharia, mesmo partindo de um escore no pré-teste bem inferior do que esses grupos. Este resultado também revela um indicativo da efetividade da intervenção pedagógica realizada no grupo BCMT. A diferença entre os ganhos normalizados nos grupos da Física e BCMT é atribuída a características específicas da intervenção nesses grupos, como a desigualdade de carga horária, o número de alunos e monitores participantes e, conseqüentemente, a distinta abordagem didática. A hipótese de que questões relacionadas à cultura organizacional do curso (SCHEIN, 1990) pode influenciar também nesse resultado está sendo investigada.

É possível notar ainda que, em todos os grupos, a nota no pós-teste foi maior do que a do pré-teste, o que corresponde a um desenvolvimento de um raciocínio newtoniano. No grupo BCMT, o percentual de acertos permanece abaixo

de 60%, o limiar inferior sugerido pelos autores do teste como porta de entrada para um raciocínio newtoniano (HESTENES; HALLOUN, 1995).

A aplicação do FCI possibilitou, além da observação dos resultados globais, análises adicionais, não apresentadas aqui. Alguns exemplos incluem estudar as variáveis no desempenho em pré e pós-testes de questões específicas e a correlação entre elas, calcular o ganho individual dos estudantes e investigar características próprias das intervenções (como carga horário, o tipo de atividade, a cultura do grupo de alunos e professores).

Comentários Finais

A transição do Ensino Médio para o Ensino Superior envolve a combinação de fatores socioeconômicos, culturais, acadêmicos e individuais. Trata-se de uma questão complexa, porém a instituição de ensino pode se articular para intervir ativamente minimizando as dificuldades dos alunos nessa transição e assegurando a qualidade da aprendizagem nas disciplinas dos anos iniciais.

O trabalho aqui apresentado insere-se nesse contexto, de redução dos indicadores de evasão e retenção, suavizando alguns aspectos da transição à universidade. Os alunos dos cursos de Física, Física Médica e BCMT foram submetidos a uma intervenção pedagógica que incentivou o engajamento ativo dos estudantes em paralelo à disciplina introdutória de mecânica. O teste FCI foi aplicado nesses grupos e em outras turmas que não foram submetidas a este tipo de intervenção, como forma de comparação. Os resultados indicam que esta metodologia de reforço foi eficiente em melhorar a aprendizagem dos estudantes. Eles desenvolveram, ao longo do semestre, um raciocínio mais adequado do ponto de vista científico. Ainda pode-se observar que os resultados do grupo Física foram mais significativos que os do grupo BCMT, fato este que sugere a pertinência de uma investigação mais profunda, incluindo aspectos da cultura organizacional de cada curso.

A aplicação do teste FCI revelou também um diagnóstico sobre as dificuldades conceituais encontradas pelos alunos ingressantes, tendo em vista um esforço docente mais adequado para lidar com o processo de ensino e aprendizagem nas disciplinas de física introdutória.

Constata-se que aplicar uma metodologia de reforço pode se mostrar uma importante ferramenta para facilitar a transição ao ensino superior. Cabe mencionar que outras variáveis que não foram incluídas neste texto devem ser consideradas, como aspectos qualitativos das questões do FCI, o desempenho acadêmico dos estudantes nas disciplinas dos anos iniciais e fatores socioculturais.

Agradecimentos

Os autores gostariam de agradecer a H. R. Detoni e B. S. de Paula por contribuições no desenvolvimento de etapas do trabalho.

Referências

BARROSO, Marta F.; RUBINI, Gustavo; SILVA, Tatiana da. Dificuldades na aprendizagem de Física sob a ótica dos resultados do Enem. **Revista Brasileira de Ensino de Física**, [s.l.], v. 40, n. 4, p. e4402, 18 jun. 2018. FapUNIFESP (SciELO). <http://dx.doi.org/10.1590/1806-9126-rbef-2018-0059>.

BARROSO, Marta Feijó. Contribuições para um diagnóstico do Ensino Médio no país. In: FOGUEL, Débora; SCHEUENSTUHL, Marcos. **Desafios da Educação Técnico-Científica no Ensino Médio**. Rio de Janeiro: Academia Brasileira de Ciências, 2018. p. 44-65. Disponível em: <http://www.abc.org.br/IMG/pdf/desafios_da_educacao_tecnico-cientifica_no_ensino_medio.pdf>. Acesso em: 18 fev. 2020.

CLEMENT, John. **Students' preconceptions in introductory mechanics**. American Journal Of Physics, [s.l.], v. 50, n. 1, p.66-71, jan. 1982. American Association of Physics Teachers (AAPT). <http://dx.doi.org/10.1119/1.12989>.

COLETTA, Vincent P.; PHILLIPS, Jeffrey A.. Interpreting FCI scores: Normalized gain, preinstruction scores, and scientific reasoning ability. **American Journal Of Physics**, [s.l.], v. 73, n. 12, p.1172-1182, dez. 2005. American Association of Physics Teachers (AAPT). <http://dx.doi.org/10.1119/1.2117109>.

DETONI, Hugo dos Reis. **Tutoriais em atividades de apoio a ingressantes na universidade**. 2016. 179 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Ensino de Física, Física, Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 2016. Disponível em: <https://www.if.ufrj.br/~pef/producao_academica/dissertacoes.html>. Acesso em: 19fev. 2020.

DICKIE, L. O.; FARRELL, Jan. The transition from High School to College: An impedance mismatch?. **The Physics Teacher**, [s.l.], v. 29, n. 7, p.440-445, out. 1991. American Association of Physics Teachers (AAPT). <http://dx.doi.org/10.1119/1.2343380>.

HAKE, Richard R.. Interactive-engagement versus traditional methods: A six-thousand-student survey of mechanics test data for introductory physics courses. **American Journal Of Physics**, [s.l.], v. 66, n. 1, p.64-74, jan. 1998. American Association of Physics Teachers (AAPT). <http://dx.doi.org/10.1119/1.18809>.

HALLOUN, Ibrahim Abou; HESTENES, David. The initial knowledge state of college physics students. **American Journal Of Physics**, [s.l.], v. 53, n. 11, p.1043-1055, nov. 1985. American Association of Physics Teachers (AAPT). <http://dx.doi.org/10.1119/1.14030>.

HALLOUN, Ibrahim Abou; HESTENES, David. Common sense concepts about motion. **American Journal Of Physics**, [s.l.], v. 53, n. 11, p.1056-1065, nov. 1985. American Association of Physics Teachers (AAPT). <http://dx.doi.org/10.1119/1.14031>.

HAN, Jing et al. Experimental validation of the half-length Force Concept Inventory. **Physical Review Physics Education Research**, [s.l.], v. 12, n. 2, p.0201221-0201227, 4 ago. 2016. American Physical Society (APS). <http://dx.doi.org/10.1103/physrevphyseducres.12.020122>.

HESTENES, David; WELLS, Malcolm; SWACKHAMER, Gregg. Force concept inventory. **The Physics Teacher**, [s.l.], v. 30, n. 3, p.141-158, mar. 1992. American Association of Physics Teachers (AAPT). <http://dx.doi.org/10.1119/1.2343497>

HESTENES, David; HALLOUN, Ibrahim. Interpreting the force concept inventory: a response to march 1995 critique by Huffman and Heller. **The Physics Teacher**, [s.l.], v. 33, n. 8, p. 502-502, nov. 1995. American Association of Physics Teachers (AAPT). <http://dx.doi.org/10.1119/1.2344278>.

MCDERMOTT, Lillian C.. Millikan Lecture 1990: What we teach and what is learned—Closing the gap. **American Journal Of Physics**, [s.l.], v. 59, n. 4, p.301-315, abr. 1991. American Association of Physics Teachers (AAPT). <http://dx.doi.org/10.1119/1.16539>.

MCDERMOTT, Lillian C.. Guest Comment: How we teach and how students learn — A mismatch?. **American Journal Of Physics**, [s.l.], v. 61, n. 4, p.295-298, abr. 1993. American Association of Physics Teachers (AAPT). <http://dx.doi.org/10.1119/1.17258>.

MOREIRA, Marco Antonio. **Teorias de Aprendizagem**. 2. ed. São Paulo: E.P.U., 2011. 248p.

QUIBAO, Matheus Pinheiro et al. Investigando a compreensão conceitual em física de alunos de graduação em cursos de ciências, engenharias e matemática. **Revista Brasileira de Ensino de Física**, [s.l.], v. 41, n. 2, p.20180258-20180258, 1 nov. 2018. FapUNIFESP (SciELO). <http://dx.doi.org/10.1590/1806-9126-rbef-2018-0258>.

RUBINI, Gustavo. **O que o Enem revela sobre a Aprendizagem em Física na Educação Básica**. 2019. 287 f. Tese (Doutorado) – Programa de Pós-graduação em Ensino e História da Matemática e da Física, Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 2019.

SCHEIN, Edgar H.. Organizational Culture. **American Psychologist**, Washington, Dc, v. 2, n. 45, p.109-119, fev. 1990.

VON KORFF, Joshua et al. Secondary analysis of teaching methods in introductory physics: A 50 k-student study. **American Journal Of Physics**, [s.l.], v. 84, n. 12, p.969-974, dez. 2016. American Association of Physics Teachers (AAPT). <http://dx.doi.org/10.1119/1.4964354>.