

Investigando a compreensão conceitual em física de alunos do ensino médio e o surgimento da “lacuna de gênero”

Investigating high-school students’ conceptual understanding in physics and the emergence of the “gender gap”

Hugo dos Reis Detoni^{*1}

¹Instituto Federal do Rio de Janeiro, Campus Duque de Caxias, Duque de Caxias, RJ, Brasil.

Recebido em 22 de março de 2021. Revisado em 23 de abril de 2021. Aceito em 24 de maio de 2021.

O desempenho em Física dos estudantes das séries iniciais do ensino médio foi medido utilizando um teste conceitual internacionalmente validado. Este estudo envolveu 248 alunos do campus Duque de Caxias do Instituto Federal do Rio de Janeiro durante o primeiro semestre letivo de 2020. Dentre seus principais resultados está o perfil de conhecimento conceitual destes estudantes – lacuna ainda percebida na literatura nacional – por meio da comparação com estudos presentes na literatura nacional e internacional. Os alunos tiveram seu desempenho avaliado em função do gênero e do período no qual se encontram matriculados. Os dados revelam que o ensino de física neste instituto tem surtido pouco ou nenhum efeito, apontando a necessidade de reformulação das metodologias empregadas. Quanto à lacuna no desempenho entre meninos e meninas, comumente apontada em pesquisas envolvendo estudantes universitários, é possível detectá-la quando se consideram todos os indivíduos do espaço amostral, apontando para a necessidade de se considerar o papel da escola secundária no agravamento deste problema. Contribui ainda para a compreensão do processo responsável pela exclusão das meninas do estudo e das carreiras ligadas à Física, cujas consequências são rotineiramente denunciadas por pesquisas que apontam a carência de pesquisadoras envolvidas com as “ciências duras”.

Palavras-chave: FCI, Ensino de Física, Ensino Médio, Gênero.

The physics conceptual knowledge of students enrolled in the earlier segments of secondary education was assessed with an internationally validated instrument. The study involved 248 students attending the first three semesters of high school from Duque de Caxias campus of the Federal Institute of Rio de Janeiro (IFRJ). The test was administered at the beginning of the first semester of 2020. Among the main results is the conceptual knowledge profile of such students, which contributes to fill a perceived gap in the national literature regarding this specific population. This was achieved through direct comparison of students’ average scores to data available in national and international studies. Student performance was also analyzed with respect to gender and course level. The data gathered reveal that little or no effect is achieved through the teaching and learning process currently in use at this campus, which points to the need to reconsider this methodology. Although most frequently detected in studies involving university students, the “gender gap” is clearly present during high school, which indicates the need to consider the role of secondary education in establishing and reinforcing such performance gap. The results also contribute to better understanding the process through which girls get discouraged from studying and pursuing physics-related careers and whose consequences are routinely exposed by studies indicating the lack of women involved with the so-called “hard sciences”.

Keywords: FCI, Physics Education, High School, Gender.

1. Introdução

“Meninos são de exatas e meninas são de humanas”. Talvez todas e todos que tiveram a oportunidade de frequentar os bancos escolares tenham ouvido ou proferido, ao menos uma vez, esta ou alguma frase semelhante. Afirmarões deste tipo podem e devem ser questionadas e criticadas a partir de diversos pontos de vista; desde seu discutível caráter de verdade até mesmo sua pretensa classificação do conhecimento em ciências “exatas” e “humanas”. Mas por que deveríamos nos preocupar com asserções deste tipo? Simplesmente porque representam

com fidedignidade a forma hegemônica como meninos e meninas escolhem seus futuros profissionais [1–3], tornando cada vez mais difícil a tarefa de atrair meninas para as áreas das ciências ditas “duras”, bem como mantê-las motivadas a seguir carreira profissional em tais áreas – e isto, de fato, é um problema.

A sub-representatividade feminina em carreiras ligadas às ciências naturais tem despertado o interesse por parte de pesquisadores de diversas áreas, constituindo-se em um importante tema de pesquisa. Cada vez mais se tem percebido que este é um quadro que precisa ser revertido, pois, se por um lado, a sociedade não progride quando não consegue aproveitar todo potencial talento a sua disposição, por outro lado não se pode conceber

* Endereço de correspondência: hugo.detoni@ifrj.edu.br

uma sociedade justa e equânime sem que este problema, além de outros, seja devidamente equacionado.

A física, em especial, é um dos campos de estudo que menos atrai o interesse das meninas, contribuindo de forma expressiva para o agravamento da disparidade de gênero entre discentes de graduação, pós-graduação e consequentemente pesquisadores/docentes nas ciências [1]. Um recente retrato sobre a composição da Sociedade Brasileira de Física (SBF) – a qual podem se associar além de pesquisadores em física, alunos de graduação e pós-graduação – em termos do gênero de seus membros, dentre outros marcadores sociais, revela um diagnóstico preocupante [4]: o percentual de mulheres tende a decrescer conforme aumenta o nível de escolarização. Há um quantitativo de mulheres superior ao de homens afiliados dentre aqueles que possuem somente o certificado de conclusão do ensino médio – e portanto estão cursando o nível superior. No entanto, este quadro é drasticamente invertido quando são considerados os associados portadores de diploma de nível superior, tanto na modalidade bacharelado quanto licenciatura. Na pós-graduação este cenário se repete: o baixo percentual de mulheres portadoras de diploma de mestrado torna-se ainda menor quando se trata dos membros que possuem diploma de doutorado. Este decréscimo na representatividade feminina com o avanço da escolarização – do ensino médio ao doutorado – é conhecido como *efeito tesoura* [3, 5, 6] e se torna cada vez mais pronunciado principalmente nos estágios mais avançados das carreiras profissionais em física, inclusive quando se analisa a distribuição de bolsas de produtividade entre os pesquisadores [5].

A partir do reconhecimento não só da carência de meninas no estudo das ciências naturais, mas também do baixo desempenho destas estudantes frente aos seus pares masculinos [7], alguns estudos conduzidos principalmente por pesquisadores estadunidenses investigam formas de intervir e, possivelmente, reduzir ou eliminar a *lacuna de gênero*¹ por meio do uso de diversas metodologias de engajamento ativo [8–11]. Uma das conclusões mais importantes é que a maior parte desta lacuna não pode ser explicada considerando apenas a variável “gênero” [10]: nos modelos explicativos apresentados na pesquisa é necessário levar em consideração variáveis que dizem respeito a fatores do histórico de cada aluno – e.g. se cursaram ou não a disciplina de física no ensino médio. É evidente que as variáveis explicativas consideradas nestes estudos fazem sentido no contexto da educação secundária norte-americana, marcadamente diferente do modelo brasileiro para o ensino médio [12]; contudo, apontam claramente para a necessidade de investigação das etapas anteriores ao ensino superior em busca de respostas não só para a baixa representatividade feminina nas ciências, mas também para o baixo desempenho em física frente aos

estudantes do sexo masculino. Outro dado importante é que, no contexto internacional, há um “predomínio de trabalhos produzidos sobre educação STEM² – na intersecção com diferenças de gênero ou mulheres – com foco no ensino superior” [12]. Assim, há um aparente paradoxo: apesar dos fortes indícios que apontam para a necessidade de mais pesquisas focadas no ensino médio, o nível superior concentra ainda a maioria das investigações sobre a lacuna de gênero.

O cenário brasileiro não se distancia muito daquele descrito acima; há fortes justificativas que apontam para a necessidade de investigação do aprendizado em física durante o ensino médio. Conforme apontado em [6], estudantes brasileiros de ambos os sexos apresentam desempenhos semelhantes em matemática e ciências na prova do PISA (*Program for International Student Assessment*), quando têm aproximadamente 15 anos. No entanto, aproximadamente 2 anos mais tarde quando fazem a prova do Exame Nacional do Ensino Médio (ENEM), apresentam uma expressiva diferença em função do gênero; a desvantagem das meninas é visível tanto na média, quanto nas questões individuais [13].

Assim, o presente trabalho pretende contribuir para uma melhor compreensão sobre a persistente lacuna de gênero na disciplina de física durante o ensino médio. Para isto, investigou-se o desempenho dos estudantes ao progredirem no estudo de física durante os primeiros anos deste ciclo com um enfoque especial para a discrepância entre meninas e meninos. Foi utilizado o *Force Concept Inventory* (FCI) [14] como instrumento para avaliar o desempenho dos estudantes em mecânica Newtoniana. Trata-se de um teste conceitual composto por 30 questões de múltipla escolha que tem como objetivo avaliar a compreensão dos alunos sobre as Leis de Newton e conceitos básicos de cinemática por meio da aplicação destes conceitos em situações concretas.

Este teste ganhou notoriedade nas últimas décadas como instrumento de avaliação dos conhecimentos nesta área, uma vez que foi desenvolvido com base em diversas pesquisas sobre as dificuldades frequentemente apresentadas pelos alunos no aprendizado das Leis de Newton [15] – comumente referidas como *concepções alternativas* (*misconceptions*). A incorporação destas ideias do senso comum como distratores das questões confere ao FCI grande poder de avaliação, pois, além de apresentar linguagem não-técnica e não exigir a utilização de cálculo, os alunos devem escolher, dentre as opções disponíveis, qual alternativa representa o conceito (Newtoniano) correto. Justifica-se, então, a escolha deste teste devido a alguns motivos específicos: (i) o fato de o conceito de *força* ser tão central para a compreensão da física Newtoniana, sendo este conceito “revisitado” em diversas oportunidades ao longo do curso, (ii) a existência de um teste padronizado e

¹ Tradução livre do termo “*gender gap*”, que se refere à diferença no desempenho das meninas frente aos meninos.

² *Science Technology Engineering Mathematics* – Termo de origem norte-americana e que faz referência a disciplinas das ciências “exatas”, como física, matemática e engenharias.

amplamente utilizado para tal finalidade (FCI), e (iii) a disponibilidade de uma ampla base de dados que pode servir para comparação dos resultados.

Diversos estudos empregam o FCI como ferramenta para a avaliação de intervenções pedagógicas por meio da sua utilização como pré-teste e pós-teste [16–20], onde usualmente se busca medir o impacto das denominadas *metodologias ativas* de ensino frente à metodologia considerada tradicional. Poucos são os trabalhos que buscam traçar um perfil dos conhecimentos dos alunos, seja de forma longitudinal – acompanhando-os ao passo que avançam no curso, seja de forma transversal – comparando-os com estudantes de outros níveis de escolaridade, crítica igualmente sustentada em [19]. Até o presente momento tem-se conhecimento de dois estudos transversais que fornecem subsídios para que se compreenda a evolução dos conhecimentos de alunos do ensino médio [21] e superior [22]. Desta forma, uma contribuição secundária deste trabalho é o provimento de subsídios para preencher uma lacuna percebida na literatura, i.e., o baixo quantitativo de pesquisas voltadas ao ensino médio com foco na evolução do desempenho em física.

Este trabalho foi conduzido de forma a buscar evidências que permitissem alcançar os seguintes objetivos: (i) *investigar o perfil de conhecimento dos estudantes das séries iniciais do ensino médio em termos de desempenho no FCI*, (ii) *comparar os desempenhos médios dos estudantes ao longo do período sob análise* e (iii) *investigar a existência da lacuna de gênero em física ao longo deste mesmo período, quando empregam-se metodologias de ensino consideradas tradicionais*.

2. Materiais e Métodos

Este trabalho foi conduzido no campus Duque de Caxias do Instituto Federal do Rio de Janeiro (IFRJ) e contou com a anuência e colaboração de todos os professores da disciplina e da direção geral do campus. Vale ressaltar que neste campus do IFRJ estão lotados seis professores de física, dos quais cinco pertencem ao gênero masculino e apenas uma ao feminino.

2.1. Estrutura dos cursos e sujeitos envolvidos na pesquisa

Esta pesquisa foi conduzida junto a alunos regularmente matriculados em diversos cursos oferecidos no campus Duque de Caxias do IFRJ. Todos os cursos envolvidos pertencem a uma modalidade denominada *curso técnico integrado ao ensino médio*, i.e., os estudantes cursam, de forma *concomitante*, o ensino médio e uma habilitação técnica específica. Algumas das características mais marcantes destes cursos são (i) a progressão por semestres (e não por anos), e (ii) o fato de as disciplinas consideradas “comuns” – dentre elas a física – serem abordadas nos primeiros semestres de cada curso – em geral do primeiro ao terceiro semestre, a depender do curso específico. Neste campus há três cursos que se

enquadram nesta modalidade: Petróleo e Gás Integrado ao Ensino Médio (PGM); Química Integrado ao Ensino Médio (QIM); e Plásticos Integrado ao Ensino Médio (PLAM). Desta forma, os alunos envolvidos nesta pesquisa são aqueles matriculados em um destes três cursos e que estejam no primeiro, segundo ou terceiro período de seu respectivo curso.

A ementa da disciplina de física destes cursos aborda os conteúdos específicos de forma razoavelmente homogênea. O primeiro período se ocupa dos conceitos básicos de cinemática, grandezas escalares e vetoriais, tipos de forças, Leis de Newton e suas aplicações. No segundo período são abordados conceitos como trabalho e energia, impulso e momento de uma força e suas leis de conservação, colisões, além de hidrostática e hidrodinâmica básicas e física térmica. O terceiro período é composto por um curso de eletrostática (carga elétrica, Lei de Coulomb, potencial e campo elétricos), eletrodinâmica (corrente e resistência elétricas, potência elétrica, circuitos) e eletromagnetismo (força e campo magnéticos). O conceito de *força*, embora seja explicitamente estudado no primeiro semestre no contexto de dinâmica, se configura em uma peça-chave para a aprendizagem de física nos diferentes níveis do curso, visto que é constantemente acessado com o passar dos períodos.

Todas as aulas de física seguem uma metodologia considerada tradicional [20], onde os alunos assistem às explicações do professor, discutem eventuais dúvidas e eventualmente resolvem exercícios em sala de aula ou em casa. Há pouco ou nenhum uso de recursos digitais durante as aulas, ou ainda atividades que exijam um engajamento mais ativo por parte dos estudantes. Ao longo do semestre os alunos são submetidos a testes e provas que avaliam o conteúdo estudado e, ao final do semestre, tais avaliações compõem em grande parte a nota final do estudante.

2.2. Coleta e tratamento de dados

Os testes foram aplicados durante a terceira semana de aulas do primeiro semestre de 2020, poucos dias antes da suspensão das atividades presenciais em função da pandemia causada pelo novo coronavírus. Apesar de ser um momento relativamente tardio para a aplicação do teste em comparação com outros estudos, não consideramos ter havido grandes prejuízos uma vez que neste ínterim desde o início das aulas houve uma semana de suspensão das atividades em função do período de carnaval e não houve avanço significativo do conteúdo da disciplina. A versão utilizada neste estudo foi obtida através do repositório de testes (*physport.org*) e já havia sido traduzida em outra ocasião [22]. Foi disponibilizado o tempo de uma hora para a resolução do teste, uma vez que foi solicitado aos alunos que transcrevessem suas respostas para um cartão-resposta.

Ao todo 254 alunos divididos em 11 turmas responderam ao FCI nesta fase do estudo. Deste total, 3 alunos

deixaram de responder as últimas 10 questões do teste; por este motivo foram excluídos do banco de dados por não considerarmos que as 20 questões respondidas representem com fidedignidade o conhecimento do conteúdo. Por outro lado, 3 estudantes obtiveram nota superior a 60% de acerto no teste; tais alunos foram igualmente excluídos das análises estatísticas, já que suas notas distavam mais de quatro desvios-padrão da média de suas respectivas turmas e comprometiam os valores das médias, desvios-padrão e a distribuição das notas. Além disso, 8 alunos deixaram de responder entre uma e duas questões ao longo do teste; a estas questões foi atribuído o escore “zero” (consideradas como respostas incorretas), uma vez que este baixo quantitativo de questões deixadas em branco não oferece algum tipo de dano à averiguação do desempenho por meio do FCI. Participaram efetivamente, portanto, 248 alunos distribuídos nos 3 períodos iniciais dos cursos em questão.

Para a análise estatística feita neste trabalho os alunos participantes serão classificados unicamente em função do seu gênero³ e do período no qual se encontram matriculados, não sendo possível considerá-los em função do curso que frequentam. O motivo para isto está implicado na dinâmica do processo seletivo para ingresso no instituto, que tem caráter unificado. Neste processo todos os candidatos aprovados fazem a opção pelo curso desejado somente no momento da matrícula, observando o quantitativo de vagas disponível para cada curso e a estrita ordem de classificação dos aprovados. Isto confere certo grau de aleatoriedade à formação das primeiras turmas de cada curso e não seria razoável comparar o desempenho entre os alunos das turmas iniciantes, uma vez que os mesmos se encontram em turmas distintas devido a suas preferências pessoais e/ou o quantitativo de vagas de cada curso. Julgamos ser mais razoável, em termos metodológicos, considerar os alunos ingressantes – de todos os cursos – como um grupo por si só, já que estes representam os candidatos melhor colocados no processo seletivo unificado. Esta discussão se estende aos períodos subsequentes: os alunos do segundo período – independentemente do curso que frequentam – estão “defasados” em um período em relação aos ingressantes, e assim sucessivamente.

3. Resultados e Discussões

A Tabela 1 apresenta a estatística descritiva por período. Nela é possível observar informações como o quantitativo de alunos alocados em cada período – considerando-se todos os cursos – bem como sua respectiva nota média alcançada no FCI, o desvio-padrão, notas mínimas e máximas registradas para cada grupo de alunos e o intervalo de confiança da média. O primeiro período concentra um número de alunos relativamente superior aos subsequentes uma vez que, além do quantitativo

Tabela 1: Estatística descritiva por período.

Período	N	Média (DP)	Mín.	Máx.	Lim. inf. ^a	Lim. sup. ^a
1	107	18.6 (8.73)	0	46.7	16.9	20.3
2	69	20.6 (7.37)	3.3	43.3	18.8	22.4
3	72	19.8 (10.2)	3.3	46.7	17.4	22.1

^aIntervalos de confiança para uma probabilidade de 95%.

de vagas reservado para ingresso por meio de processo seletivo, as turmas iniciais recebem ainda os alunos que não obtiveram aprovação para a continuidade no curso.

Com base nos dados apresentados na Tabela 1, podemos abordar o primeiro objetivo deste trabalho: *investigar o perfil de conhecimento dos estudantes das séries iniciais do ensino médio em termos de desempenho no FCI*. Em primeira análise é possível sugerir que o desempenho destes estudantes seja consideravelmente *baixo*; as médias do primeiro e terceiro período sequer alcançam 20% do total de acertos. Por se tratar de um teste onde cada questão apresenta cinco alternativas de resposta, um índice de 20% corresponderia à probabilidade aleatória de acertos. Comparando estes dados com aqueles disponíveis na literatura, chega-se a uma conclusão semelhante: Hake [20] relata que, para as turmas de ensino médio envolvidas em sua pesquisa, a média encontrada foi de 28%. No cenário nacional podemos citar o trabalho de Fernandes [21]. Em seu estudo envolvendo estudantes de ensino médio de uma escola pública da rede federal de ensino, a autora relata que as médias encontradas foram de aproximadamente 33% para o primeiro ano ($n = 212$), 44% para o segundo ano ($n = 136$), e 68% para o terceiro ano ($n = 135$). É importante apontar que o primeiro e segundo períodos envolvidos nesta pesquisa são razoavelmente equivalentes ao primeiro ano do ensino médio regular, uma vez que cada período corresponde a um semestre de escolarização. Não obstante, ainda assim as notas obtidas por estes estudantes, em especial os alunos do terceiro período ($\approx 20\%$ do total de acertos) se encontram bem abaixo daquelas relatadas em [21] ($\approx 44\%$ para o segundo ano).

Longe de retratar a realidade do ensino médio no país, os dados supracitados nos auxiliam como uma primeira base de comparação para interpretar os resultados aqui apresentados. Embora o presente trabalho não tenha como objetivo mapear a produção científica nacional, foi necessária a realização de uma extensa busca por trabalhos que pudessem fornecer subsídios para comparação. Por outro lado, houve grande dificuldade para se encontrar pesquisas conduzidas no país que compartilhassem características metodológicas capazes de fornecer um panorama comparativo mais sólido – i.e., envolvendo alunos de ensino médio e que tenham utilizado o FCI como instrumento de produção de dados.

Não obstante as pequenas variações observadas com o avanço da escolarização, não parece haver grande diferença entre as médias dos grupos sob análise. Esta

³ A identificação do gênero foi feita a partir do nome do estudante.

observação nos leva ao segundo objetivo deste trabalho: *comparar os desempenhos médios dos estudantes ao longo do período sob análise*. De fato, uma Análise de Variância Unidirecional revela que *não há* diferença estatisticamente significativa entre as médias dos três períodos aqui considerados ($F(2, 245) = 1.17; p = 0.31$). Isto indica que, embora os alunos sejam submetidos a novos conteúdos ao passo que avançam no curso – obtendo inclusive aprovação escolar, isto não está sendo refletido de forma consistente em seu desempenho. Este tipo de resultado é bastante comum em meio a disciplinas que adotam metodologias tradicionais de ensino [20]. Na verdade, neste tipo de metodologia há normalmente a percepção de que os estudantes apenas memorizam determinados algoritmos de resolução de problemas e com isso obtém aprovação, sem necessariamente mudar a estrutura conceitual segundo a qual entendem os fenômenos físicos. Assim, apesar de conhecerem e aplicarem com êxito as equações que descrevem tais fenômenos, não compreendem os princípios e ideias fundamentais que os regem.

Dada a ausência de evidências empíricas que justifiquem a separação dos alunos em função do período de escolarização, prosseguiremos com a análise considerando-os como um único grupo para abordar o terceiro objetivo deste trabalho, a saber, *investigar a existência da lacuna de gênero em física ao longo do período avaliado, quando empregam-se metodologias de ensino consideradas tradicionais*. A Tabela 2 apresenta o desempenho dos alunos no FCI unicamente em função do seu gênero: é possível perceber que os meninos têm um desempenho médio superior ao das meninas. Há neste caso uma diferença estatisticamente significativa em favor dos meninos, permitindo afirmar não ter ocorrido ao acaso ($t(238.01) = 3.35, p < 0.001$). Fica claro que os meninos possuem uma vantagem em relação às meninas, revelando a existência da lacuna de gênero no desempenho deste conjunto amostral. Tal defasagem pode ser nitidamente percebida por meio da Figura 1 que apresenta as médias obtidas pelos alunos em função do gênero.

Quando se leva em consideração o período de escolarização como variável à esta análise, a diferença de desempenho entre os gêneros torna-se menos saliente, sendo estatisticamente significativa somente entre os alunos do segundo período ($t(59.69) = 2.86, p < 0.01$), situação ilustrada pela Figura 2. É possível perceber que a diferença de desempenho entre os gêneros em cada período permanece dentro da barra de erro, com exceção do segundo período onde esta diferença está no limite da

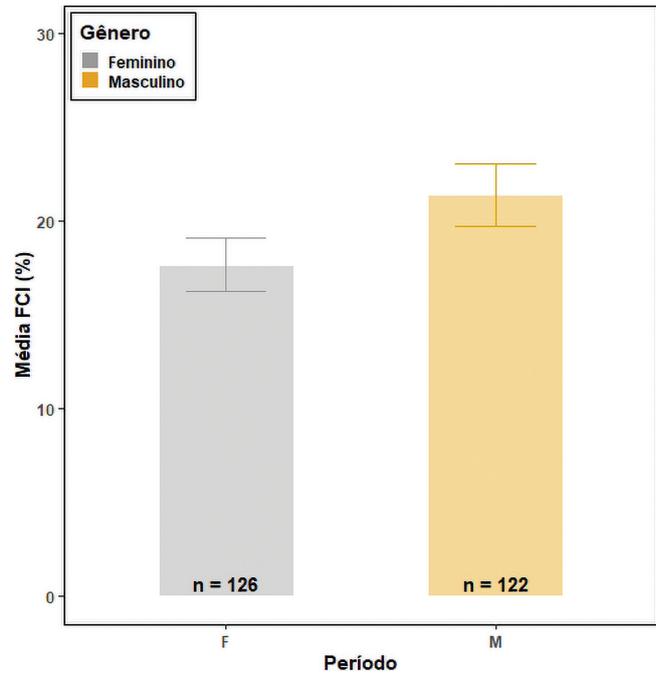


Figura 1: Notas médias obtidas por meninas e meninos no FCI, bem como seus respectivos intervalos de confiança.

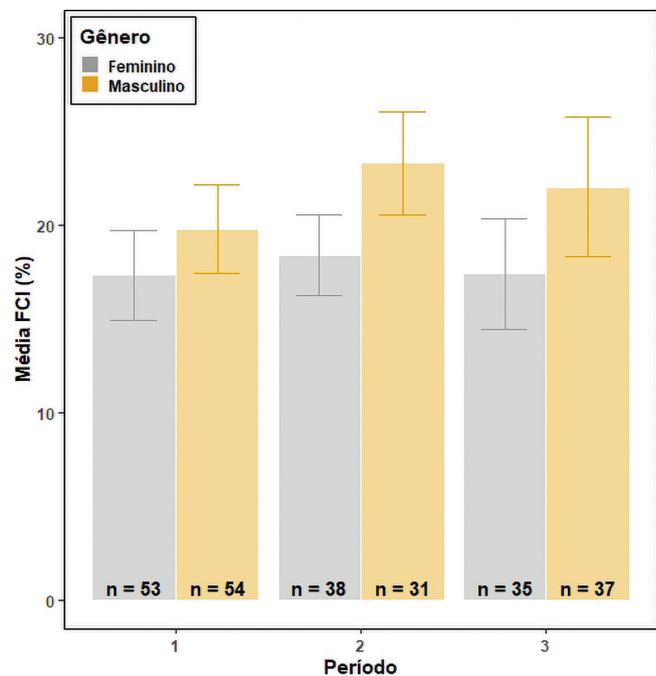


Figura 2: Notas médias obtidas por meninas e meninos ao longo dos três primeiros períodos, bem como seus respectivos intervalos de confiança.

Tabela 2: Estatística descritiva por gênero.

Gênero	N	Média (DP)	Mín.	Máx.	Lim. inf. ^a	Lim. sup. ^a
F	126	17.7 (7.98)	0	46.7	16.3	19.1
M	122	21.4 (9.30)	6.7	46.7	19.7	23.1

^aIntervalos de confiança para uma probabilidade de 95%.

barra de erro. Contudo, de maneira geral, a lacuna de gênero não se faz detectar nesta configuração de análise.

As questões levantadas neste estudo e os resultados apresentados permitem traçar um primeiro diagnóstico da situação específica deste campus em relação ao ensino e aprendizagem de física. O aparente baixo nível de

domínio dos conceitos básicos por parte dos alunos ingressantes sugere que maior atenção seja dada a este público específico, pois indica uma fraca preparação global neste primeiro contato com a disciplina e pode significar um desafio ainda maior aos docentes. Outro resultado – e talvez mais preocupante – é a ausência de evidências que indiquem uma evolução no desempenho dos estudantes ao passo que avançam no curso. Isto sugere que o ensino oferecido pela instituição não esteja promovendo um aprendizado efetivo da base teórica de mecânica Newtoniana, conteúdo de extrema importância e que é constantemente requisitado em estágios mais avançados do curso, quando são abordados, por exemplo, os tópicos de gravitação, forças elétricas, magnéticas, dentre outros.

No que tange à diferença de desempenho entre meninos e meninas, esta se faz presente somente quando se consideram todos os alunos envolvidos na pesquisa. Seu efeito se mostrou atenuado ao longo dos períodos, não sendo detectável sob as condições do presente trabalho. Contudo, supõe-se que isto tenha ocorrido devido ao baixo quantitativo de alunos matriculados em cada turma, compondo um espaço amostral bastante restrito. Um quantitativo maior de participantes possivelmente acentuaria os efeitos da lacuna de gênero e permitiria sua identificação. De qualquer forma, sua mera detecção é um fato preocupante, uma vez que aponta para desigualdades ainda presentes em meio a nossa sociedade e que se refletem inevitavelmente no campo educativo. Reafirma-se, assim, a necessidade de se empreenderem esforços voltados a mitigar tais desigualdades, e possivelmente eliminá-las, por meio de uma prática docente consciente e crítica.

4. Considerações Finais

Esta pesquisa procurou traçar um perfil de conhecimento dos estudantes das séries iniciais do ensino médio com base em seu desempenho em um teste conceitual padronizado. Foi igualmente investigado como este perfil varia de acordo com o estágio do curso no qual cada grupo de alunos se encontra matriculado. Além disso, foi dada atenção especial à lacuna de gênero – diferença de desempenho entre meninos e meninas – ao longo do período sob análise. Os dados obtidos neste estudo apontam um cenário que merece atenção, sugerindo a necessidade de revisão e uma eventual intervenção no processo de ensino e aprendizagem da disciplina.

Em primeiro lugar, é possível sugerir que os alunos ingressantes neste instituto apresentam um fraco desempenho conceitual em física, levando-se em consideração outros estudos presentes na literatura. Uma possível causa para este fenômeno pode residir na alta taxa de desistência no primeiro período de cada curso. É comum que os alunos ingressantes participem de diversos processos seletivos para o ensino médio; aqueles que obtêm melhor pontuação no exame deste instituto garantem

o direito à matrícula e eventualmente o fazem. No entanto, caso consigam aprovação para outra instituição que lhes seja mais conveniente, tais alunos solicitam o desligamento do IFRJ e geram vacância nas respectivas turmas, fazendo com que seja necessário convocar os candidatos em lista de espera para suprir as vagas deixadas. Este fenômeno não é pontual; tem ocorrido de forma bastante intensa nos últimos anos, tornando necessária a convocação de candidatos que obtiveram pontuação bem abaixo daqueles que optaram por deixar o instituto, o que pode estar se refletindo no desempenho deficitário das turmas iniciais.

No que tange à evolução dos conhecimentos com o avanço da escolarização, as evidências apresentadas são taxativas: *não há sinal de aprendizagem conceitual em física ao passo que progridem no curso*. Este dado pode, a princípio, soar paradoxal: como podem os alunos obter aprovação na disciplina – o nível de cobrança é razoavelmente alto – e isto não se refletir no desempenho no FCI? De fato, este resultado pode ser compreendido tomando-se como referência o consenso por vezes endossado pelas pesquisas em ensino de física das últimas décadas [20]: *o ensino tradicional em geral promove ganhos conceituais extremamente limitados*.

Coloca-se, portanto, como grande desafio para o campus a adoção de metodologias de ensino que comprovadamente promovam ganhos em aprendizagem superiores ao ensino tradicional. Os docentes de física têm papel extremamente importante nesta tarefa; contudo, há de se ressaltar que nem todos possuem familiaridade com as chamadas “metodologias ativas”. Isto não inviabiliza, por outro lado, que algumas iniciativas sejam postas em ação, ainda que de forma pontual, com a finalidade de promover uma reformulação no processo de ensino e aprendizagem de física. Além disso, é imprescindível que este processo seja acompanhado por novos estudos de desempenho para que se possa avaliar a sua eventual eficácia.

É oportuno que seja colocada uma outra crítica, ainda mais fundamental, ao modo como se concebe atualmente o currículo de física e ao qual o IFRJ não está alheio. Como enfatiza Moreira [23], “vivemos na cultura do ensino para a testagem”. Nossa incessante prática de preparação dos indivíduos para o mercado de trabalho faz com que as escolas se assemelhem mais a centros de treinamento, onde se espera que os alunos dominem, ao final de anos de estudo, um infindável repertório que os habilitem a “dar as respostas corretas nas provas”. Não é de se espantar, conseqüentemente, que os estudantes se limitem a memorizar fórmulas, conceitos e definições e os reproduzam mecanicamente nas avaliações. A aprendizagem conceitual e efetiva que se espera de um indivíduo capaz de atuar criticamente numa sociedade tecnológica fica, naturalmente, prejudicada. Evidências como aquelas trazidas neste estudo são, na verdade, sintomas desta grande injunção de preparação para o mercado de trabalho, tão presente em nossa cultura escolar.

Conforme salientado anteriormente, a coleta de dados que embasou o presente estudo foi realizada na semana que antecedeu o fechamento da instituição em decorrência da pandemia causada pelo novo corona vírus. Foi necessário muito esforço ao longo de meses para que a instituição pudesse se adaptar a este período excepcional e que as aulas fossem retomadas, ainda que remotamente. Dado este infortúnio, é improvável que este trabalho possa se constituir em uma sólida base de comparação para outros que se seguirão; isto não o torna menos enfático ao apontar as sérias deficiências no ensino de física conforme praticado atualmente.

Em segundo lugar, os dados apontam a presença persistente da lacuna que separa o desempenho dos meninos e das meninas. Ainda que não tenha sido possível detectá-la de forma contundente em todos os períodos analisados, é perceptível que os meninos apresentam uma vantagem global considerável no que tange seu desempenho conceitual, o que incorre em uma posição de vantagem educacional. Esta vantagem é significativa: não é razoável supor, portanto, que todos os estudantes estejam em vias de equidade em relação ao conteúdo apresentado em aula; alguns serão exigidos mais intensamente que outros.

Aqui, novamente, Moreira [23] nos fornece algumas ideias importantes para reflexão: em geral, enquanto professores de física, estamos sempre preocupados em despertar, de alguma forma, o interesse por parte dos alunos para o estudo da disciplina; prender sua atenção durante as aulas, fazer com que se dediquem ativamente às atividades e, conseqüentemente, que obtenham boas notas nas avaliações. Este interesse que se deseja incitar, enquanto constituinte daquele que aprende, indica que o desafio está para além da transmissão de conteúdos como se os alunos fossem meros receptáculos: é necessário que aquele que está aprendendo se identifique com os objetos de estudo. Assim, se o ensino de física pode ser descrito como o processo por meio do qual os estudantes, a partir de suas capacidades iniciais, alcançam uma mínima proficiência na disciplina, com os objetivos traçados pelo professor constituindo um limite remoto, não se pode conceber que todos os estudantes experimentem tal processo da mesma forma. Entre o início da aprendizagem e sua consumação satisfatória há o *meio*, transpassado por dimensões não somente cognitivas, mas também sociais e afetivas.

A título de exemplo, a hegemonia masculina na disciplina contribui em muito para o agravamento do processo de exclusão feminina da física [24]. Conforme mencionado anteriormente, no campus onde esta pesquisa foi conduzida a parcela masculina corresponde a mais de 80% dos docentes da disciplina. Que tipo de mensagem esta estatística passa aos alunos ao longo do seu ciclo de estudos? Será que o baixo quantitativo de professoras de física permite às meninas se identificarem como “sujeitos da física”?

Por fim, algumas limitações deste estudo merecem ser apontadas. Por se tratar de um estudo transversal, as variações registradas para a lacuna de gênero ao longo dos períodos sob análise podem ter sofrido influência de outros fatores concorrentes, uma vez que os alunos dos diversos períodos diferem para além do nível de escolarização. Uma possível solução para este problema seria a reprodução deste estudo mais vezes neste mesmo campus, recrutando um quantitativo maior de amostras e conseqüentemente refinando a pesquisa. Além disso, a participação de alunos de todos os níveis do ensino médio pode contribuir para se compreender melhor a origem e a evolução da lacuna de gênero ao longo deste ciclo educacional.

Agradecimentos

Aos professores de física do campus Duque de Caxias do IFRJ pela colaboração com este trabalho e ao corpo diretor da instituição pela anuência e incentivo. À professora DSc Karla Silene Marinho Sathler pelas sugestões muito bem-vindas. Aos estudantes que gentilmente aceitaram participar da pesquisa. Aos pareceristas pelas valiosas contribuições ao presente estudo.

REFERÊNCIAS

- [1] D.A. Agrello e R. Garg, *Revista Brasileira de Ensino de Física* **31**, 1305 (2009).
- [2] P.L. Junior, F. Rezende e F. Ostermann, *Ensaio Pesquisa em Educação em Ciências* **13**, 119 (2011).
- [3] D.P. Menezes, K. Buss, C.A. Silvano, B.N. D'Ávila e C. Anteneodo, *Caderno Brasileiro de Ensino de Física* **35**, 324 (2018).
- [4] C. Anteneodo, C. Brito, A. Alves-Brito, S.S. Alexandre, B.N. D'Ávila e D.P. Menezes, *Physical Review Physics Education Research* **16**, 010136 (2020).
- [5] D.P. Menezes, C. Brito e C. Anteneodo, *Scientific American Brazil* **177**, 76 (2017).
- [6] D.P. Menezes, *Caderno Brasileiro de Ensino de Física* **34**, 341 (2017).
- [7] K. Scantlebury e D. Baker, em: *Handbook of Research on Science Education*, editado por S.K. Abell e N.G. Lederman (Routledge, Nova Iorque, 2007).
- [8] M. Lorenzo, C.H. Crouch e E. Mazur, *American Journal of Physics* **74**, 118 (2006).
- [9] S.J. Pollock, N.D. Finkelstein e L.E. Kost, *Physical Review Special Topics–Physics Education Research* **3**, 010107 (2007).
- [10] L.E. Kost, S.J. Pollock e N.D. Finkelstein, *Physical Review Special Topics–Physics Education Research* **5**, 010101 (2009).
- [11] L.E. Kost-Smith, S.J. Pollock e N.D. Finkelstein, *Physical Review Special Topics–Physics Education Research* **6**, 020112 (2010).
- [12] E.R.B.D. Oliveira, S. Unbehau e T. Gava, *Cadernos de Pesquisa* **49**, 130 (2019).

- [13] M.F. Barroso, em: *Desafios da Educação Técnico-Científica no Ensino Médio*, editado por D. Foguel e M.C.B. Scheuenstuhl (Academia Brasileira de Ciências, Rio de Janeiro, 2018).
- [14] D. Hestenes, M. Wells e G. Swackhamer, *The Physics Teacher* **30**, 141 (1992).
- [15] I.A. Halloun e D. Hestenes, *American Journal of Physics* **53**, 1043 (1985).
- [16] J. Barros, J. Remold, G.S. da Silva e J.R. Tagliati, *Revista Brasileira de Ensino de Física* **26**, 63 (2004).
- [17] R.J.D. Santos e D.G. Sasaki, *Revista Brasileira de Ensino de Física* **37**, 3506 (2015).
- [18] J.E. Parreira, *Revista Brasileira de Ensino de Física* **40**, e1401 (2018).
- [19] M.P. Quibao, A.C. Silva, N.S.D. Almeida, R.M.A.A. Silva, S.R. Muniz e F.F. Paiva, *Revista Brasileira de Ensino de Física* **41**, e20180258 (2019).
- [20] R.R. Hake, *American Journal of Physics* **66**, 64 (1998).
- [21] S.A. Fernandes, *Um estudo sobre a consistência de modelos mentais sobre mecânica de estudantes de ensino médio*. Tese de Doutorado, Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte (2011).
- [22] D.S.L.C. D'Oliveira, H.R. Detoni, G. Rubini e M.F. Barroso, em *Anais da X Reunião da ABAVE* (São Paulo, 2019).
- [23] M.A. Moreira, *Revista Brasileira de Ensino de Física* **43**, suppl. 1, e20200451 (2021).
- [24] A. Kelly, *British Journal of Sociology of Education* **6**, 133 (1985).