

Estratégia de resolução de problemas para o ensino de física no contexto pós-pandemia

Problem-solving strategy for physics teaching in the post-pandemic context

Jairo Gonçalves Carlos

Instituto Federal de Goiás. Campus Jataí. Licenciatura em Física. Docente.
jairo.carlos@ifg.edu.br

Alysson Benite de Freitas

Instituto Federal de Goiás. Campus Jataí. Licenciatura em Física. Docente.
alysson.freitas@ifg.edu.br

David Morony Silva

Instituto Federal de Goiás. Campus Jataí. Licenciatura em Física. Discente.
dmoronysilva@gmail.com

Resumo

Este artigo apresenta os resultados preliminares de uma pesquisa realizada com turmas do segundo ano do ensino médio, com o objetivo de promover uma retomada das aprendizagens em física, após o período da pandemia, de maneira mais rápida e consistente. Para tal intento, estamos implementando uma metodologia de ensino centrada na aplicação de uma estratégia de resolução de problemas em física associada a práticas de avaliação formativa. Até o momento, aplicamos duas rodadas de avaliação e os resultados sugerem uma efetividade da metodologia aplicada, no sentido de manter os estudantes motivados e progredindo quanto à capacidade de resolução de problemas em física.

Palavras chave: ensino de física, avaliação formativa, resolução de problemas.

Abstract

This article presents the preliminary results of a research conducted with classes of the second year of high school, with the objective of promoting a resumption of learning in physics, after the pandemic period, in a faster and more consistent way. For this intent, we are implementing a teaching methodology focused on the application of a problem-solving strategy in physics associated with formative evaluation practices. To date, we have applied two rounds of evaluation and the results suggest an effectiveness of the applied methodology, in order to keep students motivated and progressing in the ability to solve problems in physics.

Key words: physics teaching, formative assessment, problem-solving.

Introdução

Nesse período pandêmico, muito se falou sobre os prejuízos e entraves à formação escolar dessa geração de estudantes, bem como suas repercussões imediatas e futuras (IPEA, 2021). Após dois anos consecutivos de Ensino Remoto Emergencial (ERE), a retomada da rotina escolar tem sido um momento catártico para toda comunidade escolar.

No centro das atenções do corpo docente e administrativo, certamente figura, dentre outras, a preocupação com a recomposição das aprendizagens e a reinserção efetiva do estudante em seu percurso formativo. No bojo dessas questões, estamos desenvolvendo uma pesquisa cujo objetivo é promover a aprendizagem da física a partir de uma metodologia de ensino centrada na aplicação de uma estratégia de resolução de problemas, constituída de doze passos ou etapas (PEDUZZI, 1997).

No nosso entendimento, o uso dessa estratégia tem grande potencial para promover uma aprendizagem mais robusta, além de ampliar a competência dos estudantes para a resolução de problemas, que tem sido um dos maiores desafios enfrentados por estes na aprendizagem da física. Para isso, nos baseamos na distinção conceitual entre problema e exercício.

De uma forma bastante genérica, pode-se dizer que uma dada situação, quantitativa ou não, caracteriza-se como um problema para um indivíduo quando, procurando resolvê-la, ele não é levado à solução (no caso dela ocorrer) de uma forma imediata ou automática. Isto é, quando, necessariamente, o solucionador se envolve em um processo que requer reflexão e tomada de decisões sobre uma determinada seqüência de passos ou etapas a seguir.

Em um exercício, por outro lado, independentemente de sua natureza, o que se observa é o uso de rotinas automatizadas como consequência de uma prática continuada. Ou seja, as situações ou tarefas com que o indivíduo se depara já são dele conhecidas, não exigindo nenhum conhecimento ou habilidade nova, podendo, por isso mesmo, ser superadas por meios ou caminhos habituais. (PEDUZZI, 1997, p. 230)

Essa definição por si só já é suficiente para suscitar uma reflexão séria sobre a tradição no ensino de física, na qual o professor, não percebendo essa sutil distinção, aborda toda questão em sala de aula como um mero “exercício”, o que de fato é para ele. No entanto, aquilo que é um “exercício” para o professor muitas vezes constitui-se num legítimo “problema” para o estudante. Eis aí a contradição e a frustração que muitas vezes incide sobre esses atores, levando a um desânimo e gradual “abandono” da física, tida como uma disciplina complexa e não acessível a todos os estudantes.

Além do mais, essa questão tem uma dimensão ontológica muito forte pois a definição de exercício e problema não decorre da natureza intrínseca do objeto (enunciado da questão), mas pelo quanto ela se revela desafiadora ao estudante (sujeito da aprendizagem).

Nesse sentido, o desenvolvimento de uma metodologia sistematizada para a resolução de problemas pode ser um caminho possível e viável para a superação dessa dificuldade, como defendem Hinojosa e Sanmartí (2016),

Uma atividade de resolução de problemas deveria orientar os estudantes na aplicação de habilidades básicas e necessárias para tal resolução e em promover sua autoavaliação de um ponto de vista metacognitivo. É de se supor que este tipo de atividade possibilitará aprender mais e melhor e, conseqüentemente, estimulará a disposição dos estudantes para a aprendizagem. (HINOJOSA; SANMARTÍ, p. 9, tradução nossa.)

Como se pode notar, uma abordagem de ensino de física centrada na resolução de problemas tem o potencial de fortalecer e consolidar as aprendizagens, o conhecimento e aplicação de conceitos, definições e teorias da física em contextos e problemas distintos, proporcionando ao estudante autonomia, controle e percepção mais apurados para o enfrentamento de problemas desafiadores. Todavia, o que torna esta abordagem mais relevante na atual conjuntura é que

Estas reflexões mostram que os estudantes com dificuldades são os que mais manifestam interesse de utilizar a base de orientação (e os critérios de autoavaliação associados) já que ela lhes orienta e lhes ajuda a enfrentar as situações-problema. Certos alunos relataram que, depois de um ano, ainda utilizavam esses instrumentos para resolver problemas, inclusive em outras disciplinas e com resultados satisfatórios para eles. (HINOJOSA; SANMARTÍ, 2016, p. 17, tradução nossa.)

Essas evidências reforçam nosso interesse em avaliar o potencial dessa estratégia como metodologia de ensino dominante para o ensino de física com a expectativa de promover uma aprendizagem mais consistente e transferível para outros contextos escolares e extra-escolares.

Fundamentação teórica

A resolução de problemas ocupa um lugar central no ensino de física. Apresenta-se inclusive como um elemento identitário que distingue essa disciplina de outras no ensino médio. Tal fato, no nosso ponto de vista, confere à física um *status epistemológico singular* no contexto da educação básica. Essa particularidade, no entanto, tem sido o “calcanhar de Aquiles” dessa disciplina na formação escolar de nível médio.

Nesse sentido, entendemos que abordar o ensino de física com base no desenvolvimento de uma estratégia de resolução de problemas fortalece a identidade da disciplina e consolida seu papel formativo único e intransferível.

Dessa maneira, estabelecemos dois pilares teóricos fundamentais para a realização dessa investigação: a avaliação formativa (BLACK; WILLIAM, 1998) e a estratégia de resolução de problemas (PEDUZZI, 1997).

Avaliação formativa

No artigo seminal “Inside the black box: raising standards through classroom assessment”, Paul Black e Dylan Wiliam (1998) teceram uma crítica pertinente à maneira como as reformas educacionais vinham sendo empreendidas nos Estados Unidos e no mundo, com políticas educacionais sendo criadas a partir de diagnósticos realizados por meio de exames de larga escala, como é o caso, dentre outros, do Sistema Nacional de Avaliação da Educação Básica (SAEB) no Brasil.

Segundo esses autores, o grande problema desse *modus operandi* é o fato de não levar em consideração o núcleo do processo de ensino e aprendizagem, qual seja, o trabalho e a interação

entre professores e estudantes na sala de aula. A metáfora escolhida pelos autores para retratar essa negligência é a da *black box* (“caixa preta”, em português). Ou seja, nessa perspectiva gerencial, a escola e, mais especificamente, a sala de aula são tratadas como uma espécie de “caixa preta”, na medida em que os processos pedagógicos vivenciados ali cotidianamente, embora centrais para o sucesso do processo de ensino e aprendizagem, são ignorados pelo sistema, que se ocupa tão somente das variáveis de entrada (*input*), tais como: legislação, currículo, diretrizes e outros; bem como das variáveis de saída (*output*), como é o caso das avaliações em larga escala, estatísticas, dentre outros, negligenciando porém o processo central dentro dessa “caixa preta” e o protagonismo de seus atores (comunidade escolar).

Em contraposição a essa (não) abordagem, Black e Wiliam (1998) propõem o conceito de avaliação formativa como uma tentativa de deslocar o foco da atenção para o que acontece “dentro dessa caixa preta” (*inside the black box*); e não apenas deslocam o foco da atenção, mas defendem uma resignificação do papel e da prática da avaliação, conferindo a esta um caráter mais processual, formativo, interativo e crítico. Segundo eles,

Nós usamos o termo geral avaliação para nos referir ao conjunto de atividades realizadas pelos professores e pelos estudantes, quando avaliam a si mesmos, e que provêm informações para serem usadas como *feedback* para modificar tanto as atividades de ensino como as de aprendizagem. Entretanto, essa avaliação se torna uma avaliação formativa quando a evidência é realmente usada para adaptar o ensino às necessidades dos estudantes. (BLACK; WILIAM, 1998, p. 140, tradução e grifo nossos)

Na citação acima, destacamos o termo *feedback* pela centralidade que ele representa no contexto da avaliação formativa. De acordo com os autores são quatro os elementos básicos que se mostraram relevantes para o sucesso de ações pedagógicas permeadas pela avaliação formativa: (i) o aumento do intercâmbio de *feedbacks* entre professores e estudantes; (ii) o engajamento e participação ativa dos estudantes nas atividades educativas; (iii) o uso efetivo dos resultados e *feedbacks* como meio para se promover ajustes e melhorias no processo de ensino e aprendizagem; e (iv) a atenção especial à maneira como a avaliação afeta a motivação e autoestima dos estudantes, afim de promover o engajamento destes em processos de autoavaliação.

Ou seja,

A avaliação da qualidade do trabalho ou do desempenho do aluno requer que o professor possua concepção de qualidade apropriada à tarefa e seja capaz de julgar de acordo com essa concepção. O aluno, por sua vez, precisa ter concepção de qualidade similar à do professor, ser capaz de monitorar continuamente a qualidade do que está sendo produzido durante o próprio ato de produção e ter repertório de encaminhamentos ou estratégias aos quais possa recorrer. Isso significa que ele tem de ser capaz de julgar a qualidade da sua produção e de regular o que está fazendo enquanto faz. (VILLAS BOAS, 2009, p. 40-41)

É aqui que entra o segundo pilar teórico dessa investigação, qual seja, a estratégia de resolução de problemas em física, que exerce esse papel de referenciar o trabalho didático-pedagógico, sendo parâmetro de qualidade comum compartilhado por professor e estudante.

Estratégia de resolução de problemas em física

Partindo da distinção conceitual entre exercício e problema, apresentada na introdução deste

artigo, apresentaremos a seguir uma síntese da estratégia de resolução de problemas proposta por Peduzzi (1997). Antes, porém, é importante deixar claro que a resolução de problemas é uma área de amplo interesse e pesquisa no ensino de ciências, principalmente a partir dos trabalhos de Polya (1945), em quem o próprio Peduzzi se baseou, dentre outros, para propor uma estratégia de resolução de problemas em física em doze passos ou etapas.

A implementação da estratégia reúne as seguintes ações (que não estão ordenadas por hierarquia ou ordem de importância) na abordagem de um problema de física básica:

1. Ler o enunciado do problema com atenção, buscando à sua compreensão;
2. Representar a situação-problema por desenhos, gráficos ou diagramas para melhor visualizá-la;
3. Listar os dados (expressando as grandezas envolvidas em notação simbólica);
4. Listar a(s) grandeza(s) incógnita(s) (expressando-a(s) em notação simbólica);
5. Verificar se as unidades das grandezas envolvidas fazem parte de um mesmo sistema de unidades; em caso negativo, estar atento para as transformações necessárias;
6. Analisar qualitativamente a situação problema, elaborando as hipóteses necessárias;
7. Quantificar a situação-problema, escrevendo uma equação de definição, lei ou princípio em que esteja envolvida a grandeza incógnita e que seja adequada ao problema;
8. Situar e orientar o sistema de referência de forma a facilitar a resolução do problema;
9. Desenvolver o problema literalmente, fazendo as substituições numéricas apenas ao seu final ou ao final de cada etapa;
10. Analisar criticamente o resultado encontrado;
11. Registrar, por escrito, as partes ou pontos chave no processo de resolução do problema;
12. Considerar o problema como ponto de partida para o estudo de novas situações-problema. (PEDUZZI, 1997, p. 239 e 240)

Em nossa pesquisa, adotamos essa estratégia constituída por esses doze passos como elemento de referência metodológico primário para a resolução de problemas em sala com os estudantes e como marco referencial para estes resolverem os problemas de forma autônoma ou assistida pelo professor tanto em sala como fora do ambiente escolar.

A partir dessa escolha, a dimensão metodológica ganha centralidade no processo de ensino e aprendizagem, estabelecendo um marco referencial compartilhado entre professor e estudantes, possibilitando a ampliação do intercâmbio de feedbacks, além de um maior engajamento dos estudantes no processo de ensino e aprendizagem, bem como o empoderamento dos estudantes para o enfrentamento de situações-problema. Conseqüentemente, essa estratégia adquire *status* de parâmetro de referência para os estudantes se autoavaliarem também, fechando assim o ciclo de avaliação formativa, nos moldes discutidos na seção anterior.

Além do mais, de acordo com Hinojosa e Sanmartí (2016), “Cada aluno, cada pessoa tem um sistema pessoal de aprender que vai construindo progressivamente de maneira autônoma, basicamente a partir dos estímulos que recebe na escola e em seu ambiente familiar e social.” (p. 9, tradução nossa). Nesse sentido, ao adotar essa estratégia de ensino, pretendemos contribuir para o desenvolvimento de uma heurística formal que possibilite ao estudante a

aplicação de teorias, modelos e conceitos científicos para a solução de problemas. Ao trabalhar nessa perspectiva, portanto, estamos ajudando os estudantes “aprender a aprender”, uma capacidade certamente relevante no contexto atual de aprendizagem ao longo da vida na sociedade da informação.

Metodologia

A aplicação da pesquisa foi iniciada no primeiro dia letivo de 2022 e se restringe às turmas de Física II dos cursos técnicos integrados em Eletrotécnica e Manutenção e Suporte em Informática (MSI) do Instituto Federal de Goiás (IFG), campus Jataí. A aplicação da pesquisa nessas turmas se deve unicamente ao fato de estarem sob a regência do autor deste artigo.

No primeiro dia de aula, os estudantes receberam uma cópia impressa da estratégia de resolução de problemas (ERPF) com uma descrição dos doze passos, tal qual exposto na seção anterior deste artigo. Nessa ocasião, a estratégia foi apresentada, explicada e discutida com estudantes; também foram apresentados e discutidos o método de avaliação, o plano de ensino e a centralidade da ERPF para o processo de ensino e aprendizagem no contexto pós-pandemia.

A partir disso, foi recomendado aos estudantes manter sempre ao alcance, seja na escola ou em casa, a cópia impressa da ERPF para que a usassem ao resolver problemas de física, facilitando assim a familiarização e assimilação do método. Complementarmente, a resolução de problemas pelo professor na lousa, ao explicar o conteúdo ou esclarecer dúvidas, também se pautou pelas ERPF.

Com o intuito de facilitar a avaliação da proficiência dos estudantes no uso da ERPF, fizemos uma pequena adaptação na proposta de Peduzzi (1997), produzindo a partir disso uma espécie de matriz de competências e habilidades (Quadro 1), que nos permitisse avaliar os estudantes e dar um feedback qualitativo aos mesmos quanto ao seu desempenho, além de possibilitar aos envolvidos (docente e discentes) uma percepção mais detalhada das aprendizagens, que teriam com isso subsídios para definir conjuntamente ações de intervenção didático-pedagógicas para a melhoria da aprendizagem (avaliação formativa).

Quadro 1: Matriz de competências e habilidades (ERPF)

| Competências | Habilidades |
|-------------------------------|--|
| C1 – Delineamento do problema | H1 - Ler o enunciado do problema com atenção, buscando à sua compreensão; |
| | H2 - Representar a situação-problema por desenhos, gráficos ou diagramas para melhor visualizá-la; |
| | H3 - Listar os dados (expressando as grandezas envolvidas em notação simbólica); |
| | H4 - Listar a(s) grandeza(s) incógnita(s) (expressando-a(s) em notação simbólica); |
| | H5 - Verificar se as unidades das grandezas envolvidas fazem parte de um mesmo sistema de unidades; em caso negativo, estar atento para as transformações necessárias; |
| | H6 - Analisar qualitativamente a situação-problema, elaborando as |



| | |
|-----------------------------------|---|
| C2 – Resolução do problema | hipóteses necessárias; |
| | H7 - Quantificar a situação-problema, escrevendo uma equação de definição, lei ou princípio em que esteja envolvida a grandeza incógnita e que seja adequada ao problema; |
| | H8 - Situar e orientar o sistema de referência de forma a facilitar a resolução do problema; |
| | H9 - Desenvolver o problema literalmente, fazendo as substituições numéricas apenas ao seu final ou ao final de cada etapa; |
| C3 – Análise crítica do resultado | H10 - Analisar criticamente o resultado encontrado; |
| | H11 - Registrar, por escrito, as partes ou pontos-chave no processo de resolução do problema; |

Fonte: Peduzzi (1997), com adaptações.

Para produzir a matriz, suprimimos o 12º passo, sintetizamos a descrição dos demais para fins didáticos, além de facilitar a formatação de tabelas e formulários e, mais importante, consideramos cada passo como uma habilidade específica, associando cada conjunto coerente de habilidades a uma competência específica. Com isso, obtemos um conjunto de parâmetros suficientes para possibilitar uma avaliação mais acurada do desempenho estudantil na resolução de problemas. Por fim, estabelecemos uma escala de avaliação para cada habilidade específica constituída pelos seguintes descritores: não fez; insuficiente; adequado; excelente; não se aplica. Convém esclarecer que este último descritor se deve ao fato de que nem sempre todos os passos (habilidades) precisam ser mobilizados para a solução de um problema.

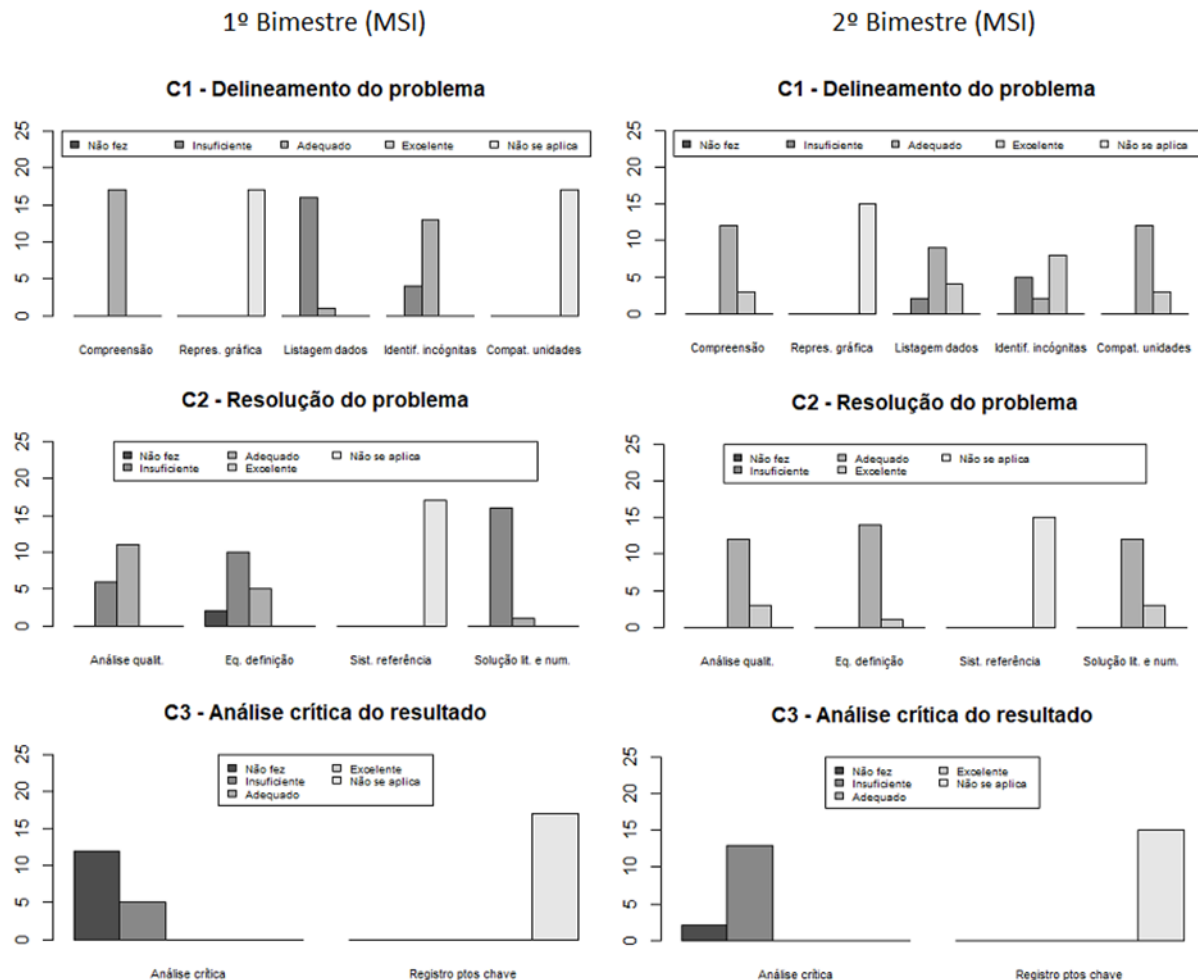
Apresentação e discussão dos resultados parciais

De posse da matriz de competências e habilidades com seus respectivos descritores, realizamos até o presente dois episódios avaliativos específicos para averiguar a proficiência dos estudantes no uso da ERPF. O primeiro episódio ocorreu no início do primeiro bimestre, após algumas semanas de trabalho e assimilação da ERPF por parte dos estudantes. Essa avaliação foi realizada propositalmente no início do período letivo e teve caráter diagnóstico, no sentido de delinear o ponto de partida dos estudantes quanto à compreensão e uso da ERPF.

O segundo episódio avaliativo ocorreu no final do segundo semestre. Esse amplo intervalo foi definido para permitir o amadurecimento dos estudantes quanto ao uso da ERPF, após o *feedback* da primeira avaliação diagnóstica.

A seguir, apresentamos uma amostra dos resultados desses dois episódios avaliativos aplicados às duas turmas participantes da pesquisa.

Figura 1: Comparativo de desempenho nos 1º e 2º bimestres - Turma: MSI

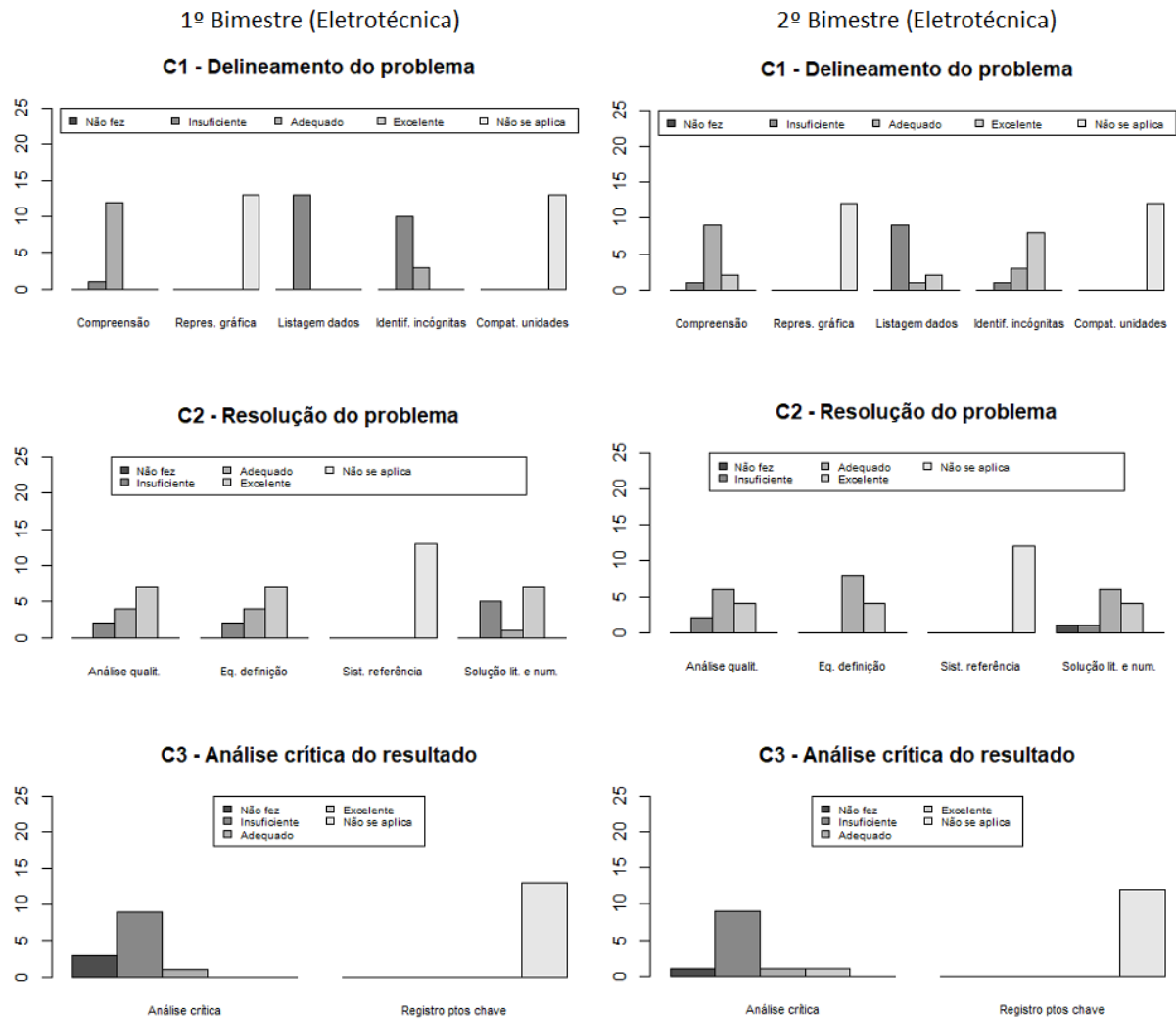


Fonte: Autoria própria.

Antes de apresentar os resultados da turma de Eletrotécnica, convém esclarecer que, nos gráficos acima, as colunas (histogramas) informam a distribuição do número de estudantes que obtiveram determinado conceito/desempenho em cada uma das habilidades que compõem uma mesma competência.

Para facilitar a análise e interpretação dos gráficos basta considerar que os cinco descritores (Não fez; Insuficiente; Adequado; Excelente; Não se aplica) estão ordenados da esquerda para a direita, correspondendo à uma gradação de cores do escuro para o claro. Grosso modo, podemos considerar que quanto mais as colunas se concentrarem para a direita, maior o nível de excelência no desempenho dos estudantes. Portanto, é de se esperar que ao longo do processo, as colunas de desempenho se desloquem da esquerda (não fez ou insuficiente) para a direita (adequado ou excelente), ou seja, das cores mais escuras para as mais claras. Dito isso, apresentamos a seguir os resultados da turma de Eletrotécnica.

Figura 2: Comparativo de desempenho nos 1º e 2º bimestres - Turma: Eletrotécnica



Fonte: Autoria própria.

Uma análise à luz das orientações anteriores mostra um comportamento geral de deslocamento das colunas (histogramas) da esquerda para a direita o que sugere uma melhoria na maioria das habilidades de resolução de problemas em física. Os dados apresentados são parciais, pois esse ciclo investigativo se encerrará no fim do ano letivo. No entanto, as melhorias já podem ser notadas e isso tem se refletido também na maturidade, participação em sala de aula e nível de discussão nas resoluções de problemas em sala. É importante levar em consideração na análise desses dados, aspectos contextuais como variações na natureza e na complexidade dos conteúdos conceituais abordados em cada avaliação, que na primeira avaliação envolveu conceitos de termometria e na segunda, calorimetria.

Considerações finais

Os dados apresentados assim como a percepção do professor-pesquisador, a partir da interação com os estudantes em sala de aula, e as notas bimestrais tem corroborado a interpretação de que a abordagem está produzindo os efeitos almejados, no sentido de manter o engajamento e motivação dos estudantes, além de promover melhorias significativas na capacidade de resolver

problemas em física, gerando maior confiança e satisfação dos estudantes.

Essa constatação sugere que a combinação da metodologia da ERPF com os princípios da avaliação formativa são potencialmente eficazes para prover um processo de ensino e aprendizagem mais apropriado para o desenvolvimento dos estudantes. Em pesquisas futuras, permanece o desafio de averiguar como essa metodologia pode ser aplicada ou estendida a outras séries, níveis de ensino, contextos escolares e outras componentes curriculares.

Referências

BLACK, P.; WILIAM, D. Inside the black box: raising standards through classroom assessment. **Phi Delta Kappan**, v. 79, p. 139-148, out. 1998.

HINOJOSA, J.; SANMARTÍ, N. Promoviendo la autorregulación em la resolución de problemas de física. **Ciência & Educação**, v. 22, n. 1, p. 7-22, 2016.

INSTITUTO DE PESQUISA ECONÔMICA APLICADA (Brasil). Educação. **Políticas sociais: acompanhamento e análise**, Brasília, v. 28, p. 173-218, 2021. Disponível em: https://www.ipea.gov.br/portal/images/stories/PDFs/politicas_sociais/210826_boletim_bps_28.pdf

PEDUZZI, L. O. Q. Sobre a Resolução de Problemas no Ensino da Física. **Caderno Catarinense de Ensino de Física**, v. 14, n. 3, p. 229-253, dez. 1997.

POLYA, G. **How to solve it: a new aspect of mathematical method**. Princeton University Press, 1945.

VILLAS BOAS, B. M. de F. **Virando a escola do avesso por meio da avaliação**. 2 ed. Campinas, SP: Papirus, 2009.

O presente trabalho foi realizado com apoio do Programa Institucional de Bolsas de Iniciação Científica e Tecnológica do IFG (PIBICTI - IFG) e do Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq).