

O MÉTODO INSTRUÇÃO PELOS COLEGAS NO ENSINO DE FÍSICA DA EDUCAÇÃO BÁSICA: UM RELATO DE EXPERIÊNCIA COM A TEMÁTICA DE CIRCUITOS ELÉTRICOS

The Peer Instruction in physics teaching in Basic Education: an experience report with the topic of electrical circuits

Eduardo Dancler Hennemann [edh.hennemann@gmail.com]

Tobias Espinosa [tobiasesp@gmail.com]

Universidade Federal de Rio Grande – FURG

Rua Coronel Francisco Borges de Lima, n.º. 3005, Bom Princípio, Santo Antônio da Patrulha, RS.

Recebido em: 23/09/2023

Aceito em: 04/04/2024

Resumo

O ensino de Física muitas vezes é marcado pela abordagem exclusivamente expositiva, com foco na memorização de equações e pouca conexão com o cotidiano dos estudantes, resultando em falta de interesse. Com o objetivo de reverter essa tendência, sugere-se a adoção de métodos ativos de ensino, nos quais os estudantes desempenham um papel participativo e central em sua própria aprendizagem. Um desses métodos ativos é o Instrução pelos Colegas (IpC), que ainda é pouco difundido e frequentemente modificado de maneira inadequada. Este artigo compartilha uma experiência em que o método IpC foi aplicado para o ensino de circuitos elétricos em uma turma de Ensino Médio em uma escola privada no Rio Grande do Sul. O objetivo é contribuir para a disseminação do IpC, mediante a exposição detalhada da experiência do primeiro autor com o método e do material didático elaborado. Apresentamos uma avaliação da experiência, destacando sobretudo as atitudes dos alunos em relação ao método adotado e seu desempenho em um teste conceitual padronizado sobre circuitos simples. Os estudantes demonstraram atitudes prioritariamente positivas com relação às modificações no ensino, as quais foram influenciadas principalmente pela resolução de questões conceituais e discussão com os colegas. No teste padronizado obtivemos um ganho normalizado de 33,6%, considerando antes e depois da experiência dos alunos com o IpC. Esse índice está coerente com outros trabalhos apresentados na literatura com a utilização de métodos ativos de ensino. Esperamos que o artigo inspire outros professores interessados em inovar suas práticas, e também sirva como subsídio prático para a implementação do IpC em aulas de Física da educação básica.

Palavras-chave: Relato de experiência; Instrução pelos Colegas; Ensino de Física; Circuitos elétricos simples.

Abstract

The teaching of Physics is often characterized by an exclusively expository approach, with a focus on memorizing equations and little connection to the students' daily lives, resulting in a lack of interest. In order to reverse this trend, it is suggested to adopt active teaching methods, in which students play a participatory and central role in their own learning. One of these active methods is Peer Instruction (PI), which is still little disseminated and often modified inappropriately. This article shares an experience in which the PI method was applied to teach electric circuits in a high school class at a private school in Rio Grande do Sul. The aim is to contribute to the dissemination of PI, by providing a detailed account of the first author's experience with the method and the didactic material developed. We present an evaluation of the experience, highlighting especially the students' attitudes towards the adopted method and their performance on a standardized conceptual test on simple circuits. The students showed predominantly positive attitudes towards the changes in teaching, which were mainly influenced by solving conceptual questions and discussing with peers. In the

standardized test we obtained a normalized gain of 33.6%, considering before and after the students' experience with PI. This result is consistent with other studies presented in the literature using active teaching methods. We hope that the article will inspire other teachers interested in innovating their practices, and also serve as a practical support for the implementation of the PI in Physics classes of basic education.

Keywords: Experience report; Peer Instruction; Physics Teaching; Simple electric circuits.

INTRODUÇÃO

No que se refere à disciplina de Física, foco de estudo deste trabalho, o ensino expositivo, que enfatiza a memorização de equações e é desconectado do cotidiano do aluno, acaba se tornando desanimador e desinteressante (MOREIRA, 2000; 2018; CUMMINGS *et al.*, 2008; CROUCH; MAZUR, 2001).

Uma maneira de mudar o ensino de Física e torná-lo mais interessante na visão dos discentes é através da implementação de métodos ativos de ensino (MÜLLER *et al.*, 2012; ESPINOSA; ARAUJO; VEIT, 2019). Os métodos ativos de ensino envolvem a participação dos estudantes, atribuindo-lhes um papel ativo na sua própria aprendizagem e tornando-os corresponsáveis por ela (SAWTELLE *et al.*, 2012). Essa abordagem proporciona diversas experiências de interação com os colegas e entre aluno-professor (BERGAMANN; SAMS, 2012; DESLAURIERS; SCHELEW; WIEMAN, 2011; SAWTELLE *et al.*, 2012), melhora o desempenho dos discentes em testes padronizados (HAKE, 1998; CROUCH; MAZUR, 2001; ESPINOSA, 2016), desenvolvimento da percepção dos alunos a respeito de suas capacidades em realizar atividades relacionadas ao estudo da física (GOK, 2012; ESPINOSA; ARAUJO; VEIT, 2019), atitudes positivas frente a abordagem de ensino (OLIVEIRA; VEIT; ARAUJO, 2015; ESPINOSA, 2016) e construção de equidade de gênero (LORENZO; CROUCH; MAZUR, 2006; ESPINOSA *et al.*, 2019).

O método Instrução pelos Colegas (IpC), apesar de ser o método mais utilizado no ensino de física (MÜLLER *et al.*, 2017; MAZUR, 1997; 2015; DANCY; HENDERSON, 2010), ainda é pouco difundido e implementado. Além disso, quando é colocado em prática sofre modificações que desvirtuam suas potencialidades pedagógicas. (PETTER; ESPINOSA; ARAUJO, 2021; MÜLLER, 2017; DE BARROS *et al.*, 2004). Entre as dificuldades para a implementação de metodologias ativas no ensino de Física temos a falta de tempo dos professores para preparar novos materiais ou a falta de materiais existentes para consulta (DANCY; HENDERSON; TURPEN, 2016; HENDERSON; DANCY, 2007), a necessidade dos docentes em cobrir todo o conteúdo exigido pela disciplina (HENDERSON; DANCY, 2007), sua pouca experiência ou conhecimento superficial sobre as inovações didáticas (APKARIAN *et al.*, 2021) e a falta de hábito de estudo prévio dos alunos (ESPINOSA; ARAUJO; VEIT, 2016).

Com o objetivo de contribuir para a melhoria do ambiente de sala de aula, o presente trabalho busca compartilhar uma experiência didática na qual o método IpC foi implementado para o ensino-aprendizagem de circuitos elétricos em turmas de Ensino Médio de uma escola privada no estado do Rio Grande do Sul. A fim de contribuir para a disseminação do método IpC, descrevemos o método utilizado, o material didático elaborado, seu uso pelos alunos e uma avaliação da experiência, com ênfase nas atitudes dos alunos em relação ao método.

O que é o método Instrução pelos Colegas?

O método ativo de ensino-aprendizagem denominado Instrução pelos Colegas (IpC) foi desenvolvido por Eric Mazur, professor de Física da Universidade de Harvard, nos Estados Unidos,

em 1991. O método sofreu algumas transformações ao longo do tempo (ARAÚJO; MAZUR, 2013; MAZUR, 1997, 2015; MAZUR; WATKINS, 2010) e atualmente é implementado com elementos do método Ensino sob Medida (NOVAK *et al.*, 1999), como a aplicação de questões no estudo prévio do aluno, cujo *feedback* é utilizado pelo professor para orientar as exposições orais e questões conceituais em classe.

No IpC os alunos têm uma maior oportunidade de aprender conceitos de Física, enquanto o professor recebe um *feedback* em curto espaço de tempo para auxiliar os alunos em pontos de maior dificuldade de compreensão. Para isso, o professor sugere aos alunos uma Tarefa de Leitura (TL), composta, por exemplo, por texto e/ou vídeos, e questões sobre o conteúdo abordado no material e de possíveis dificuldades encontradas pelos estudantes no estudo prévio. Os alunos respondem às questões e enviam as respostas eletronicamente ao professor antes da aula. Com base nas respostas recebidas, o professor identifica previamente as principais dificuldades dos alunos e planeja sua aula, evitando explicações de partes do conteúdo já compreendidas pelos estudantes. Em resumo, o professor elabora uma aula com exposições orais breves e seleciona os testes conceituais de acordo com as necessidades dos alunos.

O método de ensino em sala de aula consiste em uma curta explanação oral do professor sobre um conceito, seguida de uma questão conceitual de múltipla escolha para os alunos refletirem e votarem individualmente na alternativa correta. Com base na distribuição de respostas corretas, o professor define a sequência da aula: acima de 70% de acertos, o professor explica a solução e inicia a exposição oral de um novo conceito; abaixo de 30% de acertos, o professor revisa o conceito e propõe uma nova questão; entre 30% e 70% de acertos, o professor forma grupos de discussão entre os alunos com respostas diferentes, e após a discussão, os alunos votam novamente na mesma questão. O objetivo principal do método é promover a discussão entre os colegas, tendo seu melhor aproveitamento quando as respostas ficam nessa faixa de acertos (30% a 70%).

A discussão em grupo faz com que os alunos ao explicarem e desenvolverem raciocínios para convencerem os colegas, organizem e estruturem seus pensamentos, contribuindo para sua aprendizagem.

Após a discussão, os alunos votam novamente na resposta que consideram correta e o fluxo do método segue como já mencionado. Durante a discussão em grupos, o professor acompanha os debates para identificar as lacunas no entendimento dos estudantes e abordá-las posteriormente.

Petter, Espinosa e Araujo (2021) listam as principais características do método: (C1) Preparação prévia; (C2) Análise das respostas dos alunos; (C3) Exposições orais breves; (C4) Questões intercaladas com exposições orais; (C5) Reflexão individual do estudante para cada teste conceitual; (C6) Primeira votação dos testes conceituais individuais; (C7) Discussão entre os colegas; (C8) Segunda votação dos testes conceituais individuais; (C9) Aplicação dos testes conceituais em sala de aula; (C10) Questões em sala de aula, testes conceituais, não são pontuadas por acerto e erro; (C11) Tarefas de preparação prévia são avaliadas apenas por esforço ou participação; associando-as com os princípios pedagógicos envolvidos, conforme demonstramos no Quadro 1.

Princípio Pedagógico	C1	C2	C3	C4	C5	C6	C7	C8	C9	C10	C11
Um estudante pode aprender com o outro.							X				
O desenvolvimento do pensamento crítico e da habilidade de argumentação dos alunos pode auxiliar na compreensão conceitual dos conteúdos.					X		X				
O engajamento cognitivo dos discentes com atividades de ensino auxilia na promoção da aprendizagem.	X			X	X		X				
Melhores resultados de aprendizagem podem ser alcançados se os alunos forem corresponsáveis por ela.	X	X		X	X		X				X
O tempo em sala de aula deve ser valorizado com o engajamento ativo dos estudantes nas atividades.	X	X	X	X	X						X
A disponibilidade de tempo para que cada estudante reflita sobre os conceitos, no seu próprio ritmo, auxilia na aprendizagem.	X			X	X						
Avaliações formativas auxiliam na aprendizagem.										X	X
O desenvolvimento de hábitos de estudo auxilia na aprendizagem.	X										X
A compreensão conceitual é fundamental na aprendizagem de Física e auxilia na resolução de problemas.	X				X		X		X		
Os conhecimentos prévios dos alunos são essenciais para a aprendizagem.		X		X			X				

Quadro 1 - Princípios pedagógicos do método IpC relacionado às características práticas do método

(PETTER; ESPINOSA; ARAUJO, 2021, p. 8)

A implementação completa do método IpC depende da presença conjunta das características destacadas pelos autores e dos princípios pedagógicos identificados. Modificações no método, muitas vezes necessárias para adequá-lo a contextos educacionais específicos, precisam ser realizadas com cautela, observando os princípios pedagógicos que subjazem às práticas do IpC. Por exemplo, a ausência da característica C7 (Discussão entre os colegas) impede a aplicação do princípio pedagógico que destaca a importância da aprendizagem colaborativa entre os estudantes, que é fundamental para o método IpC.

Procurando englobar os princípios pedagógicos relacionados a cada etapa do método, elaboramos um material didático para auxiliar o professor na aplicação do conteúdo de circuitos elétricos com o método IpC.

Material didático produzido

Para o desenvolvimento de nossas unidades de ensino sobre circuitos elétricos foram determinados oito encontros, nos quais foram abordados os conceitos de corrente elétrica, potência, tensão, resistência e circuitos elétricos em série, paralelo e misto. Os conteúdos específicos de cada encontro são apresentados na seção “Experiência didática”, junto com os resultados esperados de aprendizagem, as estratégias de ensino utilizadas e o tempo decorrido.

O material didático desenvolvido é composto por: Tarefas de Leitura e Testes conceituais.

Tarefas de Leitura (TLs)

Durante a aplicação do IpC, produzimos duas TLs¹. Dividimos o conteúdo nas seguintes categorias: (i) Corrente elétrica, tensão, potência e resistência e (ii) Circuitos elétricos (paralelo, série e misto). Ambos os materiais foram desenvolvidos no aplicativo *Notion*² e disponibilizados aos alunos para acesso em seus dispositivos eletrônicos. As TLs contêm textos com contextualização, conceitos e equações, vídeos elaborados pelo autor, explorando atividades experimentais e de simulação computacional que exemplificavam os conceitos estudados, e questões. Utilizamos vídeos tanto para contextualizar o tema em questão quanto para tornar a explicação mais dinâmica.

Além disso, ao final da TL, apresentamos materiais complementares aos alunos que desejassem se aprofundar ainda mais em seus estudos. Para avaliar a compreensão dos estudantes na TL, propusemos um questionário sobre o conteúdo da TL, que deveria ser enviado ao professor em até 24 horas antes da aula presencial.

Como ilustração, a Figura 1 apresenta algumas partes das TLs.

¹ O material completo das TLs pode ser acessado através dos seguintes endereços: Tarefa de Leitura 1 - <https://X1.notion.site/Corrente-el-trica-tens-o-pot-ncia-e-resist-ncia-6f3bfe58f64f46a58393ed5d0ab04328?pvs=4>; Tarefa de Leitura 2 - <https://X1.notion.site/Circuitos-el-tricos-29b2af08ba654d15a4791ad5df755127?pvs=4>.

² Notion é um aplicativo gratuito e customizável onde podemos fazer uso de ferramentas para criação de páginas, textos, blogs etc. Pode ser encontrado no endereço <https://www.notion.so/pt-br>.



Figura 1: Ilustração de partes das Tarefas de Leitura: (a) vê-se texto, diagrama e figura ilustrativa; (b) vídeo com simulação de um circuito elétrico misto; (c) perguntas do formulário; (d) vídeo sobre curto-circuito. Fonte: elaborado pelo autor.

Testes Conceituais (TCs)³

Para compor os TCs elaboramos algumas questões, bem como selecionamos questões de livros e vestibulares com o objetivo de que elas estimulassem os alunos a pensarem criticamente nas respostas conceituais e promovessem discussões em sala de aula. É importante que esses testes sejam elaborados com questões que estimulem e desenvolvam o pensamento crítico e analítico, não abordando questões que exigem memorização ou cálculos numéricos. Também devem focar em um conceito por vez e possuir alternativas possíveis de respostas, para que os alunos não descartem imediatamente uma alternativa. As perguntas elaboradas visavam abordar todos os conceitos fundamentais apresentados na TL aos alunos. A Figura 2 traz um exemplo de questão conceitual.

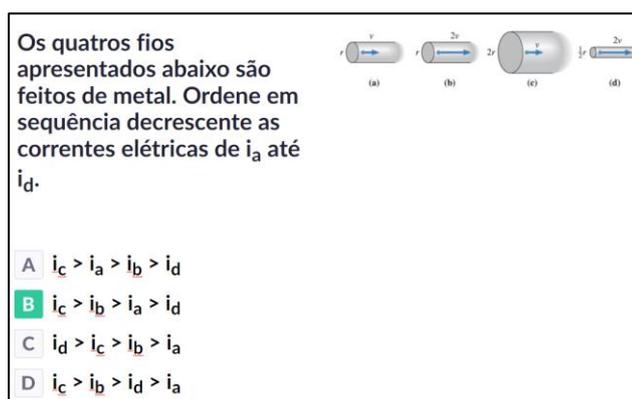


Figura 2: Ilustração de um teste conceitual utilizado (KNIGHT, 2009).

³ Os Testes Conceituais utilizados podem ser encontrados no endereço: <https://X1.notion.site/Testes-Conceituais-057755c66f8845c5ba1acbc2d0b071bb?pvs=4>

Embora o IpC tenha sua concentração em questões conceituais, consideramos crucial que os estudantes os apliquem em resolução de problemas. Com esse intuito, elaboramos ou selecionamos atividades de livros. Como tais atividades não estão no escopo do IpC, e podem ser facilmente encontradas por professores em livros-texto tradicionais, não as apresentaremos no presente artigo.

Experiência didática

As etapas do método foram implementadas durante oito encontros. No primeiro encontro, os alunos responderam a um questionário de autoeficácia⁴ para aprender física e trabalhar colaborativamente. Esse questionário foi aplicado com o intuito de verificar como os estudantes avaliavam suas capacidades antes de serem submetidos à experiência com o método IpC. Além do questionário, os alunos responderam a um teste padronizado sobre corrente elétrica e potência em circuitos (SILVEIRA; MOREIRA; AXT, 1989). Após entregar o teste para os alunos, alguns reclamaram sobre as questões e afirmaram que não conheciam o conteúdo. Foi explicado que eles deveriam responder de acordo com seus conhecimentos até o momento, pois o objetivo não era pontuar as questões em termos de certas ou erradas, mas fazer um diagnóstico do conhecimento prévio da turma.

Durante a aplicação do teste padronizado, foi evidente que alguns alunos não estavam lendo as questões com atenção e simplesmente assinalavam as respostas ao acaso. Isso fica evidente pelo fato de que dois alunos entregaram o teste em menos de 10 minutos. Entretanto, outros alunos estavam concentrados e determinados a entender e responder corretamente (de acordo com suas próprias concepções) as questões. Após a conclusão do teste padronizado, os alunos receberam o teste de autoeficácia. Apesar de constar no relato de experiência, não é objetivo deste trabalho apresentar a análise dos resultados do teste de autoeficácia dos alunos.

Após o término da aula, enviamos o *link* para a Tarefa de Leitura 1 (TL1) aos alunos por meio da plataforma Google *Classroom* com uma semana de antecedência, solicitando que lessem o material e respondessem ao questionário até 24 horas antes da próxima aula. Caso tivessem quaisquer dúvidas durante a leitura, poderiam entrar em contato por meio da plataforma ou expressá-las ao responder o questionário.

No segundo encontro apresentamos todas as diretrizes do método IpC e a importância dos métodos ativos de ensino. Os alunos demonstraram empolgação com a participação ativa em sala de aula. Optamos por realizar uma pequena simulação de como funcionaria o método na prática e utilizamos alguns testes conceituais de conteúdos que os alunos já haviam estudado. Decidimos utilizar como sistema de votação dos testes o aplicativo *Plickers*⁵.

Para o terceiro encontro, abordamos os principais conceitos referentes à TL1. Iniciamos a aula explicando os conceitos relacionados à corrente elétrica e respondendo às perguntas dos alunos, tanto as que foram colocadas no questionário quanto as que surgiram durante a aula. Seguindo as orientações do método, apresentamos os testes conceituais relacionados à corrente elétrica. Assim que as questões foram apresentadas, as dúvidas dos alunos surgiram imediatamente. Houve diversas reclamações por parte dos alunos em relação à necessidade de formar grupos para discussão, além do

⁴ A autoeficácia engloba não apenas as habilidades cognitivas, sociais e emocionais que um indivíduo possui, mas também a crença em sua capacidade de utilizar essas habilidades de maneira efetiva em situações específicas (BANDURA, 1997).

⁵ Aplicativo que faz uso de cartões com códigos individuais, onde a posição desses cartões indica uma das alternativas de resposta (a, b, c ou d). O professor precisa ter o aplicativo instalado ao telefone e ao posicioná-lo com a câmera voltada para os cartões, imediatamente as respostas são mostradas para o professor, que acessar os índices de acertos da turma. Acesso em: <https://www.plickers.com/>

desejo de saber a resposta correta, especialmente nas questões que envolviam a etapa de discussão com os colegas. No entanto, seguimos todas as etapas do método.

Durante as discussões com os colegas, houve relatos de alguns alunos expressando sua insatisfação com essa etapa, pois sentiram que estavam sendo direcionados para uma resposta incorreta. Embora alguns alunos tenham alterado suas respostas para uma incorreta, isto não impactou no resultado geral da turma. Nesse momento, enfatizamos a importância de elaborar um argumento convincente e crítico em relação à alternativa de resposta escolhida e convencer os colegas a acreditar nessa concepção do fenômeno em questão. Ao final das exposições orais, abordamos as questões do formulário sobre a TL1, apresentando algumas respostas dos alunos, sem identificá-los. Por fim, enviamos para os alunos o *link* para a TL2 através da plataforma *Google Classroom*.

No quarto encontro, dividimos a turma em grupos de três ou quatro alunos para a resolução de problemas numéricos sobre os temas tratados na TL1. Durante a realização da atividade, houve uma boa troca de conhecimentos entre os integrantes do grupo, bem como entre os próprios grupos. Os estudantes demonstraram interesse em compreender o conceito e não apenas em copiar as respostas dos colegas. Acreditamos que tenha sido uma experiência enriquecedora para eles, ajudando a relacionar conceitos e equações com os fenômenos físicos.

As questões foram abordadas intercalando cada conceito estudado (corrente elétrica, tensão, potência e resistência). Conforme os índices de acertos, ou o professor explicava novamente o conceito (< 30%) ou abordava outro tópico (> 70%) ou então, ocorria a discussão com os colegas (entre 30% e 70%). Na Figura 3 apresentamos os índices de acertos de cada questão. Conforme podemos notar, a questão TC1 não passou por uma segunda votação devido ao seu índice de acerto inferior a 30%, o que levou o professor a abordar o conceito de forma diferente e a propor uma nova questão. Por outro lado, as questões TC4 e TC5 não foram submetidas a uma nova votação, uma vez que alcançaram um percentual de acertos superior a 70%, evidenciando uma provável compreensão do conceito pela turma. Mesmo assim, o professor explicou a solução da questão com o objetivo de ajudar aqueles que não haviam entendido a compreender.

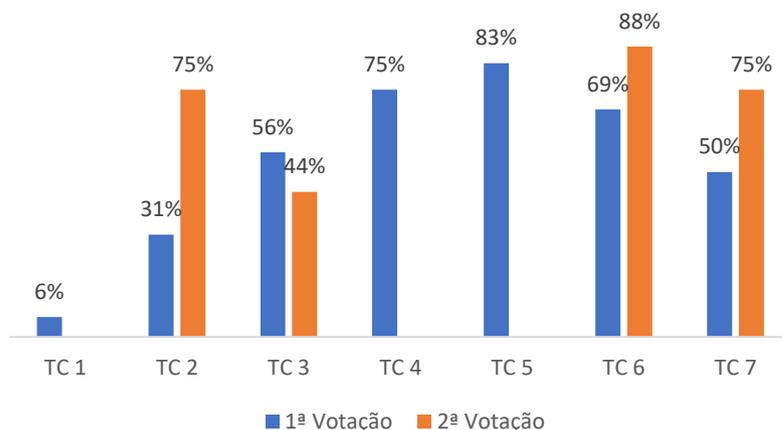


Figura 3: Índices de acertos nas questões sobre corrente elétrica, tensão, potência e resistência. Fonte: elaborado pelo autor.

O quinto encontro ocorreu duas semanas após o encontro anterior devido a feriados e algumas programações internas da escola. Para esse encontro utilizamos as mesmas diretrizes do encontro 3, porém com os conceitos relativos à TL2 (circuitos elétricos e associação de resistores). Na Figura 4 demonstramos os índices de acertos das questões realizadas. Nesse encontro foram abordados os conceitos sobre circuitos elétricos.

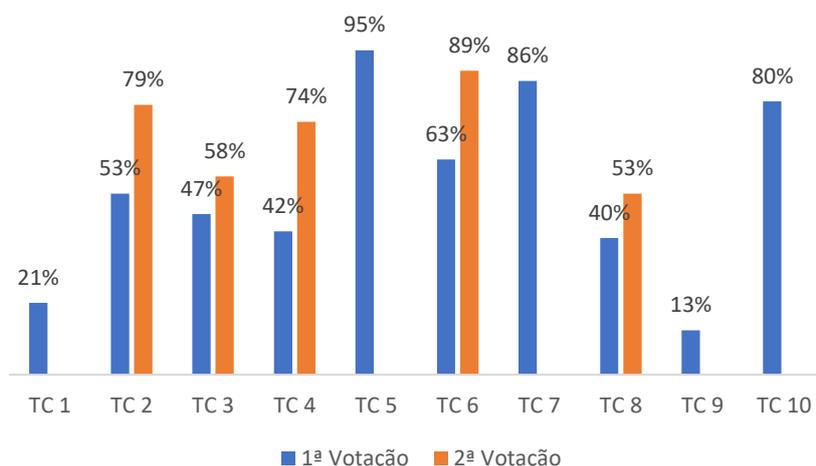


Figura 4: Índices de acertos nas questões sobre circuitos elétricos. Fonte: elaborado pelo autor.

No sexto encontro fizemos uso da atividade prática intitulada “Qual lâmpada acende?”, adaptada de Silva (2011). O objetivo foi relacionar os conceitos aprendidos com a prática e resolução de problemas.

Novamente dividimos a turma em pequenos grupos para o sétimo encontro para resolução de problemas, desta vez referentes à TL2.

No último encontro, foi aplicado novamente o teste de autoeficácia⁶ e o teste padronizado sobre corrente elétrica e potência⁷, com o intuito de analisar as modificações nos resultados dos alunos após o método IpC, bem como um questionário sobre atitudes relacionadas à experiência dos estudantes com o método IpC (APÊNDICE A). Após fornecer as orientações para a realização dos testes, observamos os alunos responderem sem interferir em suas respostas individuais.

RESULTADOS

Nesta seção apresentamos os principais resultados obtidos em termos das atitudes⁸ dos alunos em relação ao método IpC e desempenho em teste padronizados sobre corrente elétrica, potência e circuitos elétricos. Esses resultados foram obtidos por meio de questionário (APÊNDICE A) e entrevistas aplicados aos alunos, registros em sala de aula e respostas dos alunos aos testes realizados. As entrevistas foram realizadas de maneira semiestruturada partindo de uma pergunta e perpassando pelos resultados dos demais testes que foram realizados. Os alunos foram indagados na entrevista com a seguinte pergunta (extraída de ESPINOSA, 2016): (i) Nestas últimas semanas, nós trabalhamos de uma maneira diferenciada. Comparado aos outros trimestres, como você avalia essa mudança? Salientamos que tais resultados servem como forma de enriquecer o presente relato de experiência, sem a pretensão de abarcar as exigências e a profundidade exigidas em um trabalho de pesquisa. Para a realização deste estudo os alunos e seus responsáveis assinaram um termo de consentimento livre e esclarecido, manifestando sua concordância e compreensão em relação às informações apresentadas.

⁶ Neste trabalho, não analisamos os resultados provenientes da aplicação dos testes (pré e pós) de autoeficácia. No entanto, o leitor interessado pode acessar os testes na dissertação do primeiro autor deste trabalho, disponível em: <https://argo.furg.br/?BDTD13737>.

⁷ O teste sobre corrente elétrica e potência pode ser acessado em: https://if.ufrgs.br/~lang/Textos/Corrente_eletrica.pdf

⁸ Bandura (2005) refere-se a atitude como um sentimento favorável ou desfavorável que o sujeito tem sobre algo.

Atitudes dos alunos

Ao avaliar as respostas obtidas a partir do questionário do método IpC e das entrevistas realizadas, constatou-se, em linhas gerais, que os 16 estudantes que participaram de todas as atividades relacionadas ao método IpC demonstraram uma atitude positiva em relação ao mesmo, conforme alguns trechos transcritos na sequência que exemplificam esse resultado.

“A dinâmica das aulas tem sido mais eficaz para compreensão e fixação do conteúdo. A diferente forma de aplicação torna as aulas mais interativas e motiva a participar. Tenho gostado mais das aulas dessa forma.”

Aluno 16

“Eu gostei muito, foi muito diferente. Nunca tive aulas assim, porque elas sempre foram seguindo o padrão de didática normal, básica. Então esta metodologia me surpreendeu muito e positivamente.”

Aluno 9

“Gostei muito dessa metodologia de ensino. Achei diferente de qualquer coisa que já tínhamos visto antes e achei que favoreceu nosso aprendizado, sem ser maçante ou chato.”

Aluno 14

Apesar dos pontos positivos mencionados por todos os alunos em relação à experiência com o método IpC, alguns estudantes também apontaram aspectos negativos que poderiam ser aprimorados, como ilustrado no depoimento abaixo:

“Aulas menos informativas com um tempo para aprendizagem menor, a turma se concentra muito mais em competir para quem acerta a maior quantidade de questões ao contrário de manter o foco e estudar.”

Aluno 5

Na questão 4 do questionário, solicitamos aos alunos que distribuíssem um total de 100 pontos para cada etapa do método IpC, identificando os fatores que podem ou não ter contribuído para sua aprendizagem. Na Tabela 1, apresentamos as médias das pontuações atribuídas pelos alunos ($n = 17$) a cada item.

Itens que a turma julga ter contribuído para o aprendizado de Física	Distribuição média dos pontos correspondentes à contribuição para aprendizagem de Física
Aulas expositivas do professor através de exposições breves;	21
Influência do sistema de votação nas respostas;	19
Questões conceituais intercaladas com as exposições;	18
Discussão com os colegas;	12
Questões sobre as tarefas de leitura;	11
Reflexão individual sobre as questões dos testes conceituais;	9
Tarefas de leitura realizadas em casa;	7
Apostila didática.	2
TOTAL	100

Tabela 1: Média da distribuição de pontos (100 no total) por item que os alunos julgaram ter contribuído para a aprendizagem de Física durante a aplicação do método. Fonte: elaborado pelo autor.

Observamos que, em média, a turma indicou que as aulas expositivas do professor, por meio de exposições breves, foi a etapa que mais contribuiu positivamente para o aprendizado. Embora essa atividade tenha sido mencionada por apenas sete estudantes nas respostas dissertativas (como veremos na próxima seção) como importante para aprendizagem, a tabela nos mostra que ela foi considerada importante de forma geral pelos alunos.

Outros aspectos apontados como importantes para a aprendizagem foram a influência do sistema de votação nas respostas e as questões conceituais intercaladas com as exposições. No entanto, houve confusão por parte dos alunos, pois algumas pontuações altas atribuídas à etapa "influência do sistema de votação nas respostas" durante o questionário foram esclarecidas durante as entrevistas como se referindo, na verdade, às questões conceituais intercaladas com as exposições. Portanto, algumas dessas pontuações se referem a essa etapa, o que está em concordância com as respostas dissertativas que indicaram esses elementos como geradores de atitudes positivas nos alunos.

A etapa de discussão com os colegas obteve uma média de 12 pontos no questionário, sendo a quarta situação mais importante para a aprendizagem dos alunos segundo eles próprios. Embora tenha sido uma das mais citadas positivamente pelos alunos, não está entre as três principais mais importantes para a aprendizagem dos alunos de forma geral. É interessante notar que a etapa sobre a Tarefa de Leitura não recebeu muitos pontos, apesar de ter sido mencionada frequentemente como aspecto positivo da experiência com o método IpC. Ou seja, embora os alunos considerem essa etapa importante, ela não foi mencionada como aspectos positivos quando pensam na aprendizagem como um todo. Além disso, a etapa da "apostila didática" recebeu uma média de 2 pontos, o que nos surpreendeu, uma vez que não foi utilizada nem solicitada aos alunos durante nosso estudo.

Cabe ressaltar que, de acordo com os depoimentos de alguns alunos, eles gostaram muito do professor, o que parece refletir nas atitudes positivas apresentadas pelos estudantes.

“A explicação do professor é muito boa, o que facilita o aprendizado.”

Aluno 18

“Excelente professor.”

Aluno 16

“Aquele que trabalha com o que gosta em um ambiente com pessoas que gosta, parece não estar trabalhando, e este é um sentimento que o professor passa.”

Aluno 7

Portanto, quando os alunos receberam as etapas e atribuíram pontuação para as que mais contribuíram positivamente em sua aprendizagem identificou-se que as aulas expositivas do professor, por meio de exposições breves, foram o principal fator que contribuiu para a aprendizagem, seguido da influência do sistema de votação nas respostas, questões conceituais intercaladas com exposição e discussão com os colegas. Embora Espinosa, Araujo e Veit (2019) tenham utilizado um método de ensino diferente (Aprendizagem Baseada em Equipes), seu estudo também indicou que as exposições dialogadas feitas pelo professor foram o principal elemento elencado pelos estudantes como contribuinte para sua aprendizagem. Deslauriers *et. al* (2018) apontam que embora os estudantes que experienciam métodos ativos de ensino tenham desempenhos melhores do que aqueles que vivenciam métodos tradicionais (aulas exclusivamente expositivas), sua percepção de aprendizagem é menor. Ou seja, a sensação de aprendizagem dos estudantes de nosso estudo, atribuída às aulas expositivas do professor, pode não corresponder àquilo que fez diferença para sua aprendizagem. Os autores do estudo citado sugerem que escolher os métodos de ensino com base na percepção dos alunos pode levar os docentes a optarem por métodos inferiores.

Para uma melhor exploração dos sentimentos dos alunos em relação ao método IpC, analisamos especificamente os principais elementos positivos e negativos mencionados por eles no questionário. Por meio dessa análise, interpretamos tais sentimentos e os consideramos como elementos significativos na construção de uma atitude positiva ou negativa dos estudantes. Esses elementos refletem a experiência dos estudantes na disciplina por meio do método ativo de ensino e foram identificados com base na entrevista e nas respostas ao questionário. A partir dessa análise, pudemos verificar os fatores que, na perspectiva dos estudantes, mais contribuíram, ou não, para seu aprendizado de Física. As respostas dos alunos foram compiladas, desagrupadas e reagrupadas para permitir nossa interpretação (YIN, 2016). A seguir, abordamos separadamente as Atitudes Positivas e as Atitudes Negativas.

Atitudes Positivas

Na Figura 5 apresentamos os principais elementos que foram classificados como aspectos positivos pelos alunos com relação ao método IpC.

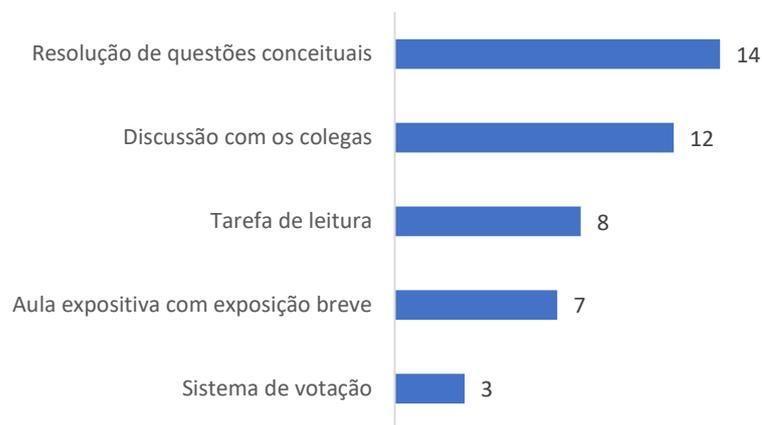


Figura 5: Quantidade de menções para cada aspecto positivo explicitado pelos estudantes. Fonte: elaborado pelo autor.

Dentre os elementos mencionados, a Resolução de questões conceituais figura no mais citado pelos estudantes ($n = 14$), seguido da Discussão com os colegas ($n = 12$), Tarefas de leitura ($n = 8$), Aula expositiva com exposição breve ($n = 7$) e o Sistema de votação ($n = 3$).

A resolução de questões conceituais envolve os principais conceitos abordados nas tarefas de leitura e nas exposições orais do professor, como corrente elétrica, potência, resistores e circuitos elétricos. Conforme destacado por Mazur (2015), os testes conceituais permitem que os estudantes foquem nos conceitos que servirão de base para o entendimento dos fundamentos físicos.

Apresentamos abaixo alguns relatos extraídos do questionário ou entrevista em que os estudantes citam a resolução de questões conceituais como um elemento positivo.

“Acredito que os questionários com *QR Code (Plickers)* ajudaram muito, pois com os erros damos ênfase e vamos desenvolvendo e relacionando com as respostas corretas.”

Aluno 11

“O que mais me ajudou foi as atividades com *QR Code, (Plickers)* onde pudemos aplicar os conhecimentos aprendidos.”

Aluno 2

“Achei interessante como foram abordados os conteúdos, na forma de atividades alternativas (*Plickers*), pois fez com que a turma se envolvesse mais para achar uma resposta para as questões.”

Aluno 14

A etapa de discussão com os colegas é o ponto central do método IpC e foi o segundo elemento positivo mais citado em relação ao método. Após os alunos responderem às questões e o índice de acertos ficar entre 30% e 70%, eles são distribuídos em pequenos grupos para debaterem as respostas escolhidas.

Por exemplo, o Aluno 4 cita os testes conceituais e a discussão com os colegas em sua resposta ao questionário, destacando:

“Os positivos foram os QR Codes (*Plickers*) e a decorrência que eles geraram na hora de discutir determinadas questões”.

Aluno 4

O Aluno 10 mencionou apenas a "Discussão com os colegas" como um elemento positivo. Durante a entrevista, buscamos aprofundar a intenção do aluno ao responder dessa forma. O aluno apontou que através da discussão "há trocas de conhecimento e [diferentes] pontos de vista sobre o conceito".

O terceiro elemento positivo mais citado pelos estudantes foram as Tarefas de Leitura, que englobam ferramentas como textos, vídeos e formulários. Essas tarefas de leitura são lidas pelos alunos em casa, antes de cada aula. Através destas ferramentas procuramos atingir diferentes tipos de alunos com abordagens diferenciadas. Abaixo estão alguns relatos de alunos que destacam essa importância:

“Eu gostei bastante da didática e conjunto de atividades propostas foram ótimas, pois os exemplos e os vídeos ajudaram muito na compreensão dos textos.”

Aluno 2

“[...] As leituras fizeram que eu conseguisse ter uma base dos conceitos para depois colocar em prática[...]”

Aluno 18

Outros elementos como as exposições orais breves e o sistema de votação foram mencionados pelos alunos como positivos, embora com menos frequência.

Nosso estudo obteve resultados positivos em relação às atitudes dos alunos, corroborando estudos anteriores realizados por Espinosa, Araujo e Veit (2019), Oliveira, Araujo e Veit (2015) e Vieira (2014). É importante notar que o estudo de Espinosa, Araujo e Veit (2019) abordou o método Aprendizagem Baseada em Equipes, enquanto os demais abordaram o método IpC. Embora os estudos anteriores destaquem as Tarefas de Leitura como o principal elemento responsável pelas atitudes positivas dos alunos, nosso estudo enfatiza a Resolução de Questões Conceituais como o principal fator. No entanto, as Tarefas de Leitura também foram identificadas como um dos três principais elementos favoráveis às atitudes positivas dos alunos.

Oliveira, Araujo e Veit (2015) ressaltam que a Tarefa de Leitura ajuda os alunos a compreenderem melhor os conceitos discutidos em sala de aula. Da mesma forma, Vieira (2014) enfatiza que o conhecimento prévio dos alunos sobre o conteúdo a ser abordado em aula torna o ensino focado nas dúvidas dos estudantes.

A Resolução de Questões Conceituais baseia-se no princípio pedagógico de que a compreensão conceitual é fundamental para a aprendizagem e auxilia na resolução de problemas. O fato de esse elemento ser o principal responsável pelas atitudes positivas dos alunos em nosso estudo destaca a importância de uma abordagem conceitual em sala de aula. Além disso, o estudo de Oliveira, Araujo e Veit (2015) corrobora nossa análise, destacando que os alunos participaram ativamente e com entusiasmo no processo de votação e discussão com os colegas. Convém destacar que devido à falta de estudos relacionados ao IpC na educação básica, os trabalhos utilizados como base para comparação nesta análise foram predominantemente realizados em nível superior. Com exceção do estudo conduzido por Oliveira, Araujo e Veit (2015), o qual se concentrou na aplicação do IpC na educação básica.

Portanto, assim como em outros estudos (*e.g.* MILLER *et al.*, 2021; ESPINOSA, 2016; SANTOS, 2016; VIEIRA, 2014; OLIVEIRA, 2012), nossa implementação também obteve *feedback* positivo dos estudantes em relação ao método IpC.

Atitudes Negativas

Na Figura 6, destacamos os principais apontamentos feitos pelos alunos em relação ao método IpC, evidenciando etapas ou pontos que geraram sentimentos negativos nos alunos.

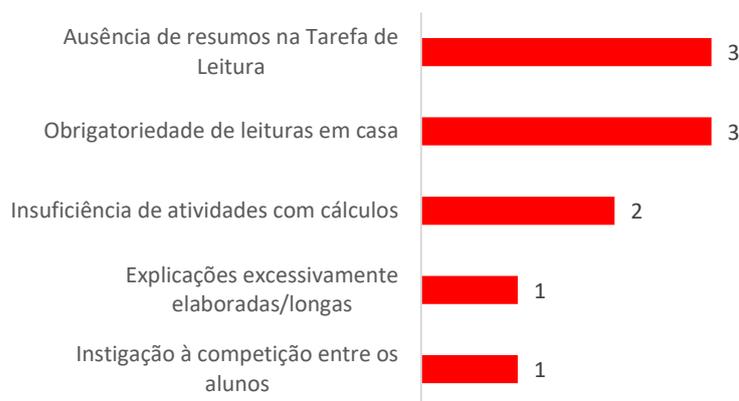


Figura 6: Quantidade de menções para cada elemento negativo no questionário de atitudes. Fonte: elaborado pelo autor.

Embora a maioria dos estudantes tenha expressado atitudes positivas em relação ao método IpC, alguns comentários negativos foram levantados. Esses comentários incluíram a ausência de resumos na Tarefa de Leitura ($n = 3$), a obrigatoriedade de leituras em casa ($n = 3$), a insuficiência de atividades com cálculos ($n = 2$), explicações excessivamente elaboradas/longas ($n = 1$) e instigação à competição entre os alunos ($n = 1$).

Durante as entrevistas, abordamos o fato de alguns alunos ($n = 3$) terem mencionado a necessidade de resumos para copiar no caderno. Na conversa, destacamos a importância da metodologia ativa e da corresponsabilidade do aluno na sua própria aprendizagem, incentivando-os a criar seus próprios tópicos e resumos do conteúdo. Também exemplificamos que se houvesse apenas resumos das tarefas de leitura, os alunos poderiam ter uma compreensão superficial do conteúdo, deixando de ler os conceitos na íntegra. Diante disso, questionamos os estudantes durante a entrevista se as tarefas de leitura estavam longas e cansativas, uma vez que três deles mencionaram a falta de resumos. Dois alunos afirmaram que os textos estavam longos, enquanto um aluno destacou que um resumo com palavras-chave ou tópicos seria útil para seu estilo de aprendizado, que é escrevendo. Para lidar com esse aspecto negativo, uma das sugestões seria incluir resumos durante as apresentações conceituais breves ou fornecer pequenos resumos aos alunos após a abordagem de cada tópico do IpC. Abaixo, destacamos alguns comentários dos alunos referentes a este apontamento.

“Poderia ser passado resumos para os alunos copiarem no caderno.”

Aluno 2

“Fazer um resumo geral das tarefas de leitura, com algumas frases "chaves" no caderno.”

Aluno 13

Conforme observamos, embora a Tarefa de Leitura tenha sido identificada como um dos três fatores influentes na atitude positiva dos alunos, alguns deles a criticaram. Os alunos mencionaram que a falta de foco na leitura prejudica sua compreensão dos conceitos apresentados. Essa situação pode ser atribuída em parte à cultura da turma em questão, que estava acostumada apenas a aulas tradicionais que não enfatizavam a preparação prévia do aluno. Essa preparação é importante para que ele desenvolva autonomia e corresponsabilidade em sua aprendizagem, o que está alinhado com

a característica do método que envolve o engajamento e corresponsabilidade do aluno, sua participação ativa em sala de aula, o desenvolvimento do hábito de leitura e a consideração de seus conhecimentos prévios. No que diz respeito ao engajamento dos discentes com a Tarefa de Leitura extraclasse, surgiram alguns apontamentos:

“Pontos negativos: a leitura, não consigo focar e acabo captando migalhas do conteúdo.”

Aluno 17

“O único aspecto negativo foi ler em casa, eu aprendo melhor escrevendo e explicando em aula.”

Aluno 21

Ao considerarmos que a maioria dos alunos teve experiências anteriores com métodos tradicionais de ensino, nos quais o ensino de Física é centrado em equações e cálculos, é compreensível que alguns tenham manifestado apreensão em relação à escassez de atividades que envolvam cálculos. Embora a estrutura do método e nossa organização de aplicação envolvam encontros exclusivos de resolução de problemas, ainda assim, houve críticas em relação à falta de atividades nesse formato. É importante reconhecer que a transição de um método tradicional para uma abordagem mais focada em resolução de problemas pode exigir um ajuste por parte dos alunos, que estão acostumados a uma dinâmica diferente de aprendizado. Nesse sentido, é importante ouvir as preocupações dos alunos e buscar maneiras de integrar atividades que abordem o método mais tradicional de ensino, como equações e cálculos, de forma complementar ao método IpC, a fim de atender às suas necessidades e expectativas. Entretanto, de acordo com Deslauriers *et al.* (2018), os alunos que participam de métodos de ensino ativos se saem melhor do que os que assistem a aulas tradicionais (somente expositivas), mas se sentem menos confiantes sobre o que aprenderam. Isso significa que a impressão de aprendizagem dos alunos de nossa pesquisa, relacionada à resolução de problemas, pode não refletir o que realmente contribuiu para seu aprendizado. Os autores do estudo citado sugerem que escolher os métodos de ensino com base na percepção dos alunos pode levar os docentes a optarem por métodos inferiores.

“Os conceitos foram mais bem trabalhados, porém sentia falta de cálculos que acaba atrapalhando na hora da prova que se mantém muito mais em cálculos do que conceitos.”

Aluno 5

Em relação à preparação prévia dos alunos, é importante destacar que a obrigatoriedade da leitura em casa corrobora com os resultados de estudos anteriores de Espinosa, Araujo e Veit (2019), que apontam o tempo/esforço exigido para a disciplina como um ponto negativo, assim como com o estudo de Vieira (2014), que menciona o volume de leitura exigido na disciplina e a dificuldade de identificar pontos interessantes nos textos. Importante ressaltar que os trabalhos utilizados para comparar os resultados tiveram suas aplicações em nível superior.

Com relação à quantidade reduzida de cálculos abordados durante as aulas e a preocupação dos alunos em relação a uma possível ênfase excessiva nesse aspecto nas avaliações trimestrais, procuramos tranquilizá-los, informando que a avaliação seria composta por diferentes formas de abordagem, incluindo questões conceituais que não exigem cálculos, bem como questões numéricas que abordariam conceitos por meio de problemas práticos. Essas informações foram bem recebidas pelos alunos, que se sentiram mais tranquilos em relação ao processo avaliativo.

Na questão 5 do questionário, que solicitava sugestões para melhorar a aplicação do método em turmas futuras, alguns alunos ($n = 2$) recomendaram mais aulas práticas, e os mesmos alunos ($n = 3$) recomendaram a disponibilização de resumos para a Tarefa de Leitura. Outras três sugestões foram apontadas por alunos diferentes, como: uma maior quantidade de testes conceituais para

promover interação e discussão com os colegas; uma Tarefa de Leitura mais objetiva; e um foco maior em um conceito por vez, mesmo que a turma atinja 70% de acertos.

Na questão 6 do questionário, que perguntava se os alunos recomendariam o método para ser utilizado no ano seguinte, todos os alunos ($n = 17$) recomendaram a aplicação do método em turmas futuras. Alguns comentários feitos pelos alunos são apresentados abaixo.

“Sim, pois há várias formas de aprender nessa metodologia, sem prejudicar ninguém.”

Aluno 2

“Com certeza. Envolve e captura a atenção dos alunos e o envolvimento de todos.”

Aluno 7

“Sim, recomendo. Evita com que o conteúdo acabe se tornando tedioso, envolve mais os alunos.”

Aluno 14

Buscamos obter um *feedback* adicional dos alunos por meio da questão 7, na qual perguntamos se havia algum comentário que gostariam de fazer e que não havia sido abordado nas perguntas anteriores. Nove alunos destacaram a utilização do *Plickers* como algo maravilhoso e um diferencial no método.

“O uso do *QR Code (Plickers)* foi uma das melhores partes. Muito divertido e eu consegui aprender.”

Aluno 3

Os alunos foram questionados sobre o uso de outra forma de considerar as respostas nas atividades, e se esta poderia prejudicar a aprendizagem. Os alunos afirmaram que não, mas destacaram que o uso do *Plickers* era tecnológico e despertava a atenção e interesse deles. Segundo o estudo de Lasry (2008), o uso de diferentes tipos de meios de votação não oferece vantagens significativas em termos de aprendizado. A vantagem dos meios tecnológicos está mais relacionada ao ensino do que à aprendizagem. O autor também relata que enquanto meios mais tradicionais de votação, como levantar a mão ou usar cartelas com opções de alternativas, levam mais tempo para computar os dados, os meios tecnológicos facilitam esse processo, além de registrar e salvar os dados.

Tivemos alguns alunos ($n = 3$) que demonstraram interesse e sugeriram a construção de um circuito elétrico pelos alunos. A atividade prática de construção de um circuito estava em nosso cronograma inicial, porém devido às datas das aulas coincidirem com atividades escolares internas, o que prolongaria a coleta de resultados, optamos por não realizar a atividade.

Em resumo, identificamos pontos negativos relacionados às Tarefas de Leitura, o que também foi destacado no estudo de Vieira (2014). Assim como o autor mencionou a dificuldade dos alunos em identificar pontos importantes do conteúdo de forma independente, em nosso estudo, alguns alunos expressaram a necessidade de ter resumos das Tarefas de Leitura. Isso corrobora a afirmação de Vieira (2014, p. 109) de que "a relutância em aprender a aprender fica evidente", acompanhada por um comentário de um aluno que expressou a dificuldade de aprender sozinho o que ainda não sabe. No entanto, apesar desses desafios, todos os alunos sugeriram a aplicação do método em turmas futuras e destacaram a utilização do *Plickers* como “incrível e divertida”.

Devido ao fato de que a quantidade de menções positivas ($n = 44$) em relação às negativas ($n = 10$) foi significativamente maior, podemos considerar que a utilização do método IpC foi bem-sucedida quando avaliadas as atitudes dos estudantes.

Verificou-se que as atitudes positivas em relação ao método IpC se destacaram durante a análise. Em resumo, os elementos positivos incluíram a resolução de questões conceituais, a discussão com os colegas e as tarefas de leitura. Já os aspectos negativos foram a ausência de resumos para a Tarefa de Leitura, a realização insuficiente de cálculos e a leitura em casa. Ao analisar o que gerou atitudes positivas e quais atividades mais contribuíram para a aprendizagem dos alunos, surgem alguns indicadores sobre a turma que participou do método IpC. Embora a resolução de questões conceituais tenha sido apontada como a atividade que mais gerou atitudes positivas através de uma escolha ampla, as aulas expositivas do professor, com explicações breves, foi a ação considerada mais relevante para a aprendizagem dos alunos quando listadas as etapas do método. A discussão com os colegas, principal elemento do método, ficou em segundo lugar como responsável pelas atitudes positivas lembradas pelos alunos, mas foi a quarta situação apontada quando listada na questão de distribuição de pontos.

Importante destacar que de acordo com Fredricks & McColskey (2012) e Espinosa (2021) podemos ter uma restrição vinculada à utilização de questionários como ferramenta de coleta de dados. Apesar dos esforços empregados na validação deste instrumento, é importante ressaltar que as respostas dos participantes podem ser influenciadas por diversos fatores. A compreensão da pergunta e o estado de espírito dos entrevistados no momento da resposta são apenas alguns exemplos. Além disso, existe a possibilidade de os participantes não serem completamente francos em suas respostas, podendo moldá-las de acordo com o que acreditam ser as expectativas dos pesquisadores. Em análises retrospectivas, a memória individual também desempenha um papel significativo, sujeita a falhas e vieses cognitivos que podem distorcer a precisão das informações, uma vez que os participantes dependem da sua capacidade de recordar os eventos em questão.

Dessa forma, cada análise buscou identificar as principais atividades que geraram sentimentos positivos nos alunos. Enquanto as questões dissertativas destacaram as atividades ou elementos que causaram sentimentos positivos ou negativos de forma geral e ampla, a classificação por pontos procurou identificar as ações ou atividades elencadas do método que, na visão do aluno, resultaram em sentimentos positivos que mais contribuíram para sua aprendizagem. Por exemplo, embora a resolução de questões conceituais tenha sido apontada como a principal causa de sentimentos positivos, foi classificada como a terceira mais importante para a aprendizagem quando listada. A importância de cada etapa do método reside precisamente na possibilidade de proporcionar diferentes experiências e formas de aprendizagem para os alunos.

Testes padronizados sobre potência e circuitos elétricos

Na tentativa de obter dados referentes a aprendizagem conceitual dos alunos utilizamos as mesmas questões do teste de Silveira, Moreira e Axt (1989) antes e após a implementação do IpC (nomeamos como Pré-teste e Pós-teste, respectivamente) na turma em análise.

Para a análise da aprendizagem conceitual dos estudantes, elencamos as principais concepções alternativas⁹ dos estudantes, vinculando com as questões do teste. No Quadro 2 listamos essas concepções juntamente com a concepção científica correta, de acordo com Andrade *et al.* (2008) e Silveira (2011).

⁹ Concepções alternativas são os pensamentos apresentados pelos estudantes, que diferem das concepções aceitas pela comunidade acadêmica.

Quadro 2 - Principais concepções alternativas sobre corrente elétrica, potência elétrica e circuitos elétricos e suas concepções científicas equivalentes

CONCEPÇÃO ALTERNATIVA	CONCEPÇÃO CIENTÍFICA
1) A corrente é uma forma de fluido produzido pela fonte ou gerador. A fonte é um depósito deste fluido, liberando-o para o circuito. A fonte produz ou armazena cargas para fornecê-la ao circuito.	1) A corrente elétrica é o movimento "ordenado" das cargas livres que preexistem nos condutores. A fonte é responsável pelo campo elétrico que, exercido internamente aos condutores do circuito, coloca as cargas livres nos condutores em movimento "ordenado". A fonte não produz ou armazena cargas; a fonte libera energia para produzir o movimento "ordenado" das cargas livres que sempre existem nas diversas partes do circuito.
2) A corrente que "sai", que é "emitida" pela fonte (gerador) é uma propriedade exclusiva desta, não sendo afetada pelos demais elementos do circuito. A bateria é uma fonte de corrente elétrica constante e não uma fonte de diferença de potencial constante. A diferença de potencial entre pares de pontos em diferentes partes do circuito são as mesmas.	2) A intensidade da corrente produzida pela fonte não depende apenas da fonte. A parte do circuito externa à fonte também influencia a intensidade da corrente na fonte. A mesma fonte pode produzir correntes elétricas com intensidades diferentes, dependendo do que foi conectado entre seus terminais.
3) A corrente "desgasta-se", "dissipa-se" ao passar por "obstáculos" no circuito (lâmpadas, resistores etc.), podendo até ser extinta caso passe por muitos "obstáculos". Conforme a corrente vai "passando" pelo "obstáculos", vai se tornando mais fraca. A ordem dos elementos e o sentido da corrente são relevantes.	3) A corrente conserva-se espacialmente. Não importando quantos elementos existem associados em série, a intensidade da corrente é a mesma em todos eles. Para que a intensidade da corrente elétrica seja diferente em regiões diversas de um circuito, deve existir um ou mais nodos ou divisores de corrente (associações em paralelo) entre essas regiões. Quando isso ocorre, a corrente se divide, entretanto, a soma das intensidades da corrente nas diversas partes é necessariamente igual à corrente total.
4) A intensidade da corrente elétrica é determinada pelo local em que ela "está passando" e pelos locais onde "já passou". Ela não pode ser influenciada pelos elementos onde ainda "não passou".	4) A intensidade da corrente elétrica em uma região do circuito depende de todo o circuito. O circuito é um sistema, isto é, modificando-se uma parte do circuito, altera-se a corrente em outras partes. Somente em situações muito especiais e idealizadas é possível alterar a intensidade da corrente elétrica em uma parte de um circuito sem alterar a intensidade em outras partes.

Fonte: ANDRADE *et al.* (2018); SILVEIRA (2011).

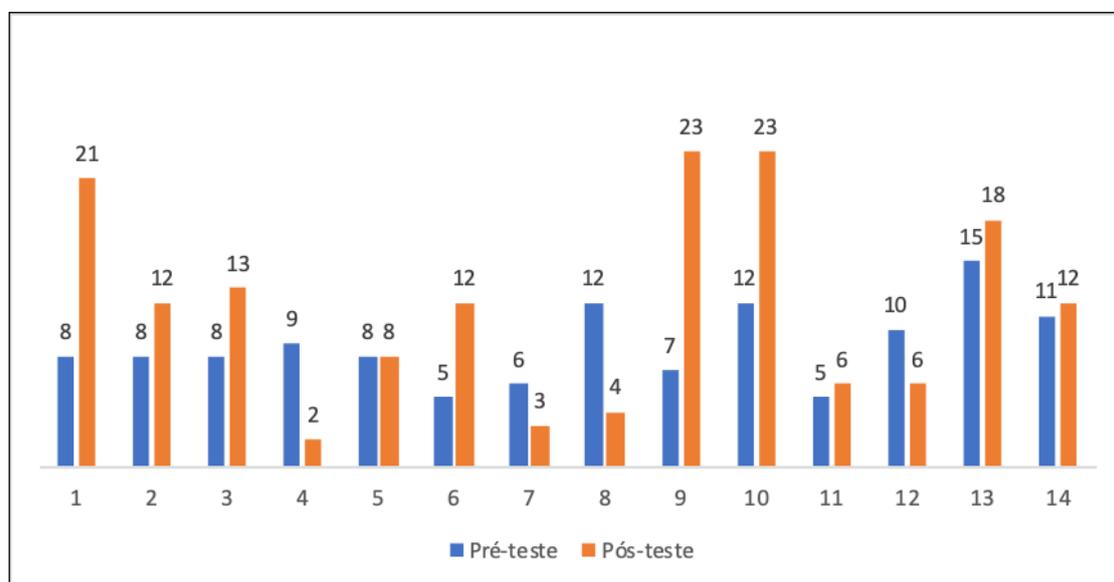
Para realizar a análise entre as questões e o teste, estabelecemos uma correlação entre as concepções e suas respectivas questões. Essa relação pode ser observada no Quadro 3.

Quadro 3 - Relação entre as questões do teste SMA e as concepções alternativas e científicas

Concepções Alternativas / Científicas	Questões do teste SMA às quais se referem essas concepções
1	1; 6; 8; 11; 12; 13; 14
2	4; 6; 8; 14
3	1; 2; 5; 6; 8; 9; 10; 11; 12; 13; 14
4	1; 2; 3; 4; 5; 6; 7; 8; 9; 10; 11; 12; 13; 14

Fonte: elaborado pelo autor.

Para avaliar o desempenho dos alunos, adotamos a atribuição de 1 ponto para respostas corretas e 0 para as incorretas. Cada questão teve um máximo de 31 pontos em cada teste. Na Figura 7, fornecemos uma visão geral dos resultados das respostas nas 14 questões.

Figura 7 - Números de acertos por questão considerando as duas turmas analisadas (N = 31)

Fonte: elaborada pelo autor

Podemos perceber que apenas quatro questões obtiveram índices de acertos abaixo do que do que foi realizado no pré-teste. Entre essas, três (questões 7, 8 e 12) repetem resultados deficitários conforme os estudos de Silveira, Moreira e Axt (1989) e Andrade *et al.* (2018).

De acordo com os índices apresentados, as concepções alternativas relacionadas às questões 7, 8 e 12 perpetuam há mais de três décadas e isso reforça a necessidade da abordagem dessas concepções na educação básica. A questão 7 engloba a ideia de analisar o circuito como um todo (concepção científica 4), onde temos um circuito em série e qualquer modificação na região mencionada irá alterar a intensidade da corrente, de forma igual, em todo o circuito. Observamos que, entre o grupo total de alunos ($n = 31$) que responderam à questão no pós-teste, uma maioria significativa ($n = 20$) escolheu a alternativa incorreta "b". Essa escolha sugere que a análise do circuito não foi abordada de forma holística (concepção alternativa 4). Por outro lado, a seleção da opção de inserir um resistor naquela região, alternativa "a", sugere ao aluno a ideia de que a corrente será

"gasta" nesse ponto (concepção alternativa 3), implicando na não manutenção da intensidade entre R1 e R2.

Para a questão 8 todas as concepções são abordadas (concepções científicas 1, 2, 3 e 4), visto que, precisa de uma análise do circuito, o que acontece quando a chave seletora é ligada e há inclusão de um capacitor. As escolhas pelas alternativas incorretas foram distribuídas de forma equilibrada, com 16 alunos optando pela alternativa "a" e 11 pela alternativa "b". Acreditamos que essa diversificação nas respostas tenha ocorrido principalmente devido à falta de ênfase na abordagem do componente capacitor durante as aulas. Outra possibilidade a ser considerada é que a concepção científica 4, que ressalta que o circuito é um sistema no qual a modificação de uma parte afeta a corrente em outras partes, ainda não esteja completamente desenvolvida nos alunos.

Já a questão 12 busca, inicialmente, tratar a conservação de carga em um circuito misto, relacionando-a com a intensidade de corrente em um circuito similar, porém em série (concepção científica 4). A seleção equivocada da alternativa "a" ($n = 15$) revela que os alunos têm a concepção de que quanto mais resistores um circuito possui, maior será sua resistência e, conseqüentemente, maior será o consumo de corrente elétrica (concepção alternativa 3). Considerando que os circuitos em análise apresentam quatro e três resistores, os alunos concluem que o circuito com menos resistores deve ter uma intensidade de corrente elétrica maior. Já a escolha incorreta da opção "c" pode indicar a presença da concepção alternativa número 4, que negligencia a análise do circuito como um todo. Quando um circuito possui ramos em paralelo, sua resistência equivalente diminui, resultando em uma maior intensidade de corrente elétrica em todo o circuito.

Na Tabela 2 apresentamos a média de acertos e o desvio padrão da turma em cada teste realizado.

	Método	N	Média de Acertos	Desvio-padrão
Pré-teste	IpC	16	3.56	1.59
Pós-teste	IpC	16	6.19	2.07

Tabela 2: Média de acertos e desvio padrão de cada teste.

Podemos observar que a turma em análise passou para uma média de acertos superior do Pré-teste para o Pós-teste.

Com o intuito de obter uma avaliação mais precisa do desempenho da turma, utilizamos o ganho normalizado $\langle g \rangle$ (ou ganho de Hake) como métrica de avaliação (HAKE, 1998). Esse indicador é calculado por meio da equação 1, levando em consideração o desempenho dos alunos.

$$\langle g \rangle = \frac{(Pós - teste)\% - (Pré - teste)\%}{(100\% - (Pré - teste)\%)}$$

Realizamos um teste t para amostras emparelhadas e constatamos que a diferença entre a média de acertos dos testes é estatisticamente significativa ($p = 0,001$).

O método de ensino IpC resultou em um ganho normalizado de 33,6%, o que indica o sucesso da implementação do material instrucional para o estudo de circuitos elétricos. Embora outros estudos tenham obtido ganhos normalizados superiores em outros contextos (VIEIRA, 2014; ESPINOSA, 2016), o resultado obtido é significativo quando comparado ao estudo de Dornelles (2005) com o método tradicional que obteve um ganho de menos de 9%. É importante destacar que o método foi aplicado em apenas oito encontros ao longo de seis semanas, enquanto outros estudos foram realizados ao longo de um semestre completo em instituições de ensino superior com alunos de Física, que geralmente apresentam maior interesse e disposição para estudar a disciplina.

É fundamental destacar que a medida de desempenho em testes padronizados é apenas um sinal de aprendizagem conceitual e que a medição da aprendizagem demanda uma abordagem teórica apropriada, além de instrumentos adequados para coleta e análise de dados, o que não era intuito de nosso trabalho.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

Neste trabalho, compartilhamos nossa experiência com o uso do método IpC. Os alunos demonstraram envolvimento nas atividades propostas e apreciaram as modificações nos métodos de ensino.

O estudo obteve resultados positivos em relação às atitudes dos alunos, destacando a resolução de questões conceituais como o principal fator responsável por essas atitudes positivas. Alguns alunos mencionaram que breves textos para copiar e relacionar com os conceitos estudados poderiam contribuir para a internalização do conhecimento. No entanto, a necessidade de copiar textos pode ser atribuída à falta de metodologias ativas ou ao hábito de leitura ainda não desenvolvido pelos estudantes. Quando as etapas do método foram listadas para os alunos a análise realizada mostra que as aulas expositivas do professor, com explicações breves, foi a principal atividade que gerou atitudes positivas na aprendizagem dos alunos. Embora os métodos ativos de ensino tenham demonstrado desempenhos melhores do que os métodos tradicionais, a percepção de aprendizagem dos alunos pode não corresponder àquilo que fez diferença para sua aprendizagem, conforme estudo de Deslauriers *et. al* (2018).

Esperamos que este artigo possa inspirar outros professores interessados em inovar, apresentando estratégias de ensino bem-sucedidas em um contexto específico. Buscamos criar um ambiente propício para que os alunos se envolvam ativamente no processo de ensino-aprendizagem e alcancem uma aprendizagem dos conteúdos. Os resultados destacados no presente estudo apontam o IpC como um possível método de ensino para as aulas de Física, capaz de fomentar atitudes positivas nos alunos.

Como perspectiva futura, planejamos replicar o método em outras turmas e complementar a análise com a proposição de novas situações que possam verificar a transferência do conhecimento adquirido para a resolução de problemas novos. Além disso, pretendemos avaliar os efeitos do método IpC nos hábitos de estudo dos alunos do Ensino Médio, assim como o desenvolvimento da autoeficácia dos alunos em aprender física e em trabalhar colaborativamente.

REFERÊNCIAS

ANDRADE, F. A. L. DE et al. Recorrência de concepções alternativas sobre corrente elétrica em circuitos simples. **Revista Brasileira de Ensino de Física**, v. 40, n. 3, 23 abr. 2018.

APKARIAN, N; HENDERSON, C.; STAINS, M.; RAKER, J.; JOHSON, E.; DANCY, M. What really impacts the use of active learning in undergraduate STEM education? Results from a national survey of chemistry, mathematics, and physics instructors. *PLoS ONE* 16(p. 15, 2021).

ARAÚJO, I. S.; MAZUR, E. Instrução pelos Colegas e Ensino sob Medida: Uma proposta para o engajamento dos alunos no processo de Ensino- aprendizagem. **Caderno Brasileiro do Ensino de Física**, v. 30, n. 2, p. 362-384, ago. 2013.

BANDURA, A. **The Evolution of Social Cognitive Theory**. In: SMITH K. G.; HITT, M. A. (Org.). *Great Minds in Management*. Oxford: Oxford University Press, p. 9-35, 2005.

BERGAMANN, J.; SAMS, A. *Flip Your Classroom: Reach Every Student in Every Class Every Day*. Washington DC: **International Society for Technology in Education**, p. 120-190, 2012.

CROUCH, C. H.; MAZUR, E. Peer Instruction: Ten Years of experience and results. **American Journal of Physics**, v. 69, n. 9, p. 970-977, 2001.

CUMMINGS, K. et al. **A Study of Peer Instruction Methods with High School Physics Students**. AIP CONFERENCE PROCEEDINGS. Anais...AIP, 2008.

DANCY, M. H.; HENDERSON, C. Pedagogical practices and instructional change of physics faculty. **American Journal of Physics**, 2010.

DANCY, M. H.; HENDERSON, C.; TURPEN, C. How faculty learn about and implement research-based instructional strategies: The case of Peer Instruction. **Physical Review Physics Education Research**, v. 12, n. 1, 2016.

DE BARROS, A.; REMOLD, J.; DA SILVA, G. S. F.; TAGLIATI, J. R. Engajamento interativo no curso de Física I da UFJF. **Revista Brasileira de Física**, v. 26, n. 1, p. 63-69, 2004.

DESLAURIERS, L. et al. Measuring actual learning versus feeling of learning in response to being actively engaged in the classroom. **PNAS Latest Article**, p. 1-7, 2018.

DESLAURIERS, L.; SCHELEW, E.; WIEMAN, C. Improved Learning in a Large-Enrollment Physics Class. **Science**, v. 332, p. 862-864, 2011;

DORNELLES, P. F. T. **Investigação de ganhos na aprendizagem de conceitos físicos envolvidos em circuitos elétricos por usuário da ferramenta computacional Modellus**. Dissertação (Mestrado em Física) - Curso de Pós-Graduação em Física, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre - RS. p. 141, 2005.

FREDRICKS, J. A., & MCCOLSKEY, W. (2012). The measurement of student engagement: A comparative analysis of various methods and student self-report instruments. In S. L. Christenson, A. L. Reschly, & C. Wylie (Eds.), **Handbook of research on student engagement** (pp. 763–782).

ESPINOSA, T. **Aprendizagem de física, trabalho colaborativo e crenças de autoeficácia: um estudo de caso com o método team-based learning em uma disciplina introdutória de eletromagnetismo**. Dissertação (Mestrado em Ensino de Física) - Programa de Pós-Graduação

vinculado ao Mestrado Profissional em Ensino de Física, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre - RS. p. 209, 2016.

ESPINOSA, T. *et al.* Reducing the gender gap in students' physics self-efficacy in a team- and project-based introductory physics class. **Physical Review Physics Education Research**, v. 15, n. 1, 28 maio 2019.

ESPINOSA, T. Reflexões sobre o engajamento de estudantes no Ensino Remoto Emergencial. **Ensaio – Pesquisa em Educação em Ciências**, v. 23, 2021.

ESPINOSA, T.; ARAUJO, I. S.; VEIT, E. A. Crenças de autoeficácia em aprender física e trabalhar colaborativamente: um estudo de caso com o método team-based learning em uma disciplina de física básica. **Revista Brasileira de Ensino de Ciência e Tecnologia**, v. 12, n. 1, 13 mar. 2019.

ESPINOSA, T.; ARAUJO, I. S.; VEIT, E. Sala de aula invertida (flipped classroom): inovando as aulas de física. **Revista Física na Escola**, v. 14, n. 2, 2016.

FREDRICKS, J. A., & MCCOLSKEY, W. The measurement of student engagement: A comparative analysis of various methods and student self-report instruments. In S. L. Christenson, A. L. Reschly, & C. Wylie (Eds.), **Handbook of research on student engagement** (pp. 763–782), 2012.

GOK, T. **The effects of peer instruction on students' conceptual learning and motivation**. v. 13, n. 1, p. 17, 2012.

HAKE, R. Interactive-engagement versus traditional methods: A six-thousand-student survey of mechanics test data for introductory physics courses. **American Journal of Physics**, v. 66, n. 1, p. 64-74, 1998.

HENDERSON, C.; DANCY, M. H. Barriers to the use of research-based instructional strategies: The influence of both individual and situational characteristics. **Physical Review Special Topics - Physics Education Research**, v. 3, n. 2, p. 1–14, 2007. ESPINOSA, T.; ARAUJO, I. S.; VEIT, E. Sala de aula invertida (flipped classroom): Inovando as aulas de física. **Revista Física na escola**, v. 14, n. 2, 2016.

KNIGHT, R. D. Física: **Uma abordagem estratégica**: Randall Knight ; tradução Manuel Almeida Andrade Neto. – 2.ed. – Dados eletrônicos. – Porto Alegre : Bookman, 2009.

LASRY, N. Clickers or Flashcards: Is there really a difference? **The Physics Teacher**, v. 46, n. 4, p. 242, 2008.

LORENZO, M.; CROUCH, C. H.; MAZUR, E. Reducing The Gender Gap In The Physics Classroom". **American Journal Of Physics**. Volume 74, p. 118-122, 2006.

MAZUR, E. **Peer Instruction**: a revolução da aprendizagem ativa. Porto Alegre: Penso, 2015.

MAZUR, E. **Peer instruction**: A user's manual. Pap/Dskt ed. [S.l.] Prentice Hall, Inc., 1997. p. 253.

MAZUR, E.; WATKINS, J. **Just-in-Time Teaching and Peer Instruction**. In: SIMKINS, S.; MAIER, M. (Eds.). **Just-In-Time Teaching: Across the Disciplines, Across the Academy Just-In-Time Teaching**. 1. ed. Sterling: Stylus Publishing, 2010. p. 39-62.

MILLER, K. *et al.* Increasing the effectiveness of active learning using deliberate practice: A homework transformation. **Physical Review Physics Education Research**, v. 17, n. 1, 23 abr. 2021.

- MOREIRA, M. A. **Ensino de Física no Brasil: Retrospectiva e Perspectivas**. Revista Brasileira de Ensino de Física, v. 22, n. 1, mar. 2000.
- MOREIRA, M. A. **Uma análise crítica do ensino de Física**. Estudos Avançados, v. 32, n. 94, p. 73–80, dez. 2018.
- MÜLLER, M. G. *et al.* Implementação do método de ensino Peer Instruction com auxílio dos computadores do projeto “UCA” em aulas de Física do Ensino Médio. **Caderno Brasileiro de Ensino de Física**, vol. 29, p. 491-524, 2012.
- MÜLLER, M. G. *et al.* Implementação do método de ensino Peer Instruction com auxílio dos computadores do projeto “UCA” em aulas de Física do Ensino Médio. **Caderno Brasileiro de Ensino de Física**, vol. 29, p. 491-524, 2012.
- MÜLLER, M. G. *et al.* Uma revisão da literatura acerca da implementação da metodologia interativa de ensino Peer Instruction (1991 a 2015). **Revista Brasileira de Ensino de Física**, v. 39, 13 mar. 2017.
- NOVAK, G. M. *et al.* **Just-in-time teaching: blending active learning with web technology**. Upper Saddle River: Prentice Hall, 1999.
- OLIVEIRA, V. **Uma proposta de ensino de tópicos de eletromagnetismo via instrução pelos colegas e ensino sob medida para o ensino médio**. Dissertação (Mestrado em Ensino de Física) - Programa de Pós-Graduação vinculado ao Mestrado Profissional em Ensino de Física, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre - RS. p. 236, 2012.
- OLIVEIRA, V.; VEIT, E. A.; ARAUJO, I. S. Relato de experiência com os métodos Ensino sob Medida (Just-in-Time Teaching) e Instrução pelos Colegas (Peer Instruction) para o Ensino de Tópicos de Eletromagnetismo no nível médio. **Caderno Brasileiro de Ensino de Física**, v. 32, n. 1, p. 180-206, 2015.
- OLIVEIRA, V.; VEIT, E. A.; ARAUJO, I. S. Relato de experiência com os métodos Ensino sob Medida (Just-in-Time Teaching) e Instrução pelos Colegas (Peer Instruction) para o Ensino de Tópicos de Eletromagnetismo no nível médio. **Caderno Brasileiro de Ensino de Física**, v. 32, n. 1, p. 180-206, 2015.
- PETTER, A. A.; ESPINOSA, T.; ARAUJO, I. S. Inovação didática no Ensino de Física: um estudo sobre a adoção do método Instrução pelos Colegas (Peer Instruction) no contexto de Mestrados Profissionais em Ensino no Brasil. **Revista Brasileira de Ensino de Física**, v. 43, 2021.
- SANTOS, M. B. dos. **Uma sequência didática com os métodos Instrução pelos Colegas (Peer Instruction) e Ensino sob Medida (Just-in-time Teaching) para o estudo de Ondulatória no Ensino Médio**. Dissertação (Mestrado em Ensino de Física) - Programa de Pós-Graduação vinculado ao Mestrado Profissional em Ensino de Física, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre - RS. p. 174, 2016.
- SAWTELLE, V. *et al.* Identifying events that impact self-efficacy in physics learning. **Physical Review Special Topics - Physics Education Research**, v. 8, n. 2, 28 set. 2012.
- SILVA, M. C. da. Quais lâmpadas acendem? Entendendo os funcionamentos dos circuitos elétricos. **Física na escola**, v. 12, n. 1, 2011.

SILVEIRA, F. L. da; MOREIRA, M. A.; AXT, R. **Validação de um teste para verificar se um aluno possui concepções científicas sobre corrente elétrica em circuito simples.** Ciência e Cultura, São Paulo, 41(11): 1129-1133, nov. 1989.

SILVEIRA, F. L. da. Um teste para verificar se o respondente possui concepções científicas sobre corrente elétrica em circuitos elétricos simples. **Física no ensino médio: folhas e soluções**, p. 61-67, 2011

VIEIRA, A. S. **Uma alternativa didática às aulas tradicionais:** o engajamento interativo obtido por meio do uso do método peer instruction (Instrução pelos Colegas). Dissertação (Mestrado em Ensino de Física) - Programa de Pós-Graduação em Ensino de Física, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre - RS. p. 235, 2014.

YIN, R. K. **Pesquisa qualitativa do início ao fim.** Porto Alegre: Penso, 2016.

APÊNDICE A - QUESTIONÁRIO SOBRE IpC

Neste apêndice, apresentamos os questionários que foram aplicados após implementação do método de ensino IpC. O objetivo do questionário sobre o IpC foi obter informações sobre as atitudes que a mudança de métodos de ensino (tradicional para IpC) ocasionou nos alunos.

Questionário sobre IpC

- 1) Comente sobre sua experiência na disciplina nestas últimas semanas.
- 2) Quais os principais aspectos positivos e negativos na forma como o conteúdo de corrente elétrica, potência e circuitos elétricos foi trabalhada em sua percepção? Por quê?
- 3) Você considera que tenha aprendido física? Se sim, quais os fatores que na sua opinião mais contribuíram para isso? Comente sua resposta.
- 4) De um total de 100 pontos, a serem distribuídos entre os itens a a j, quantos você atribuiria em relação à contribuição de cada um para a aprendizagem de física, que você julga ter alcançado durante este conteúdo? A soma final não deve ultrapassar 100 pontos, podendo haver pontuação “0” (indiferente) e pontuação negativa, caso você pense que algo possa ter atrapalhado a sua aprendizagem.

		Pontos
a.	Tarefas de leitura realizada em casa (páginas, texto);	
b.	Questões sobre as tarefas de leitura;	
c.	Aulas expositivas do professor através de exposições breves;	
d.	Questões conceituais serem intercaladas com as exposições;	
e.	Reflexão individual sobre as questões dos testes conceituais;	
f.	Discussão com os colegas;	
g.	Influência do sistema de votação nas respostas;	
h.	Apostila didática;	

Espaço para comentário sobre a pontuação:

- 5) Pensando em aplicações futuras da metodologia de ensino empregada nestas últimas semanas, o que você pensa que poderia ser feito para melhorá-la?
- 6) Você recomendaria utilizar esta mesma metodologia em outros conteúdos ou no ano que vem? Comente sua resposta.
- 7) Por favor, comente qualquer ponto que você considere relevante e não tenha sido abordado nas questões anteriores.