CEFET/RJ
DIRETORIA DE PESQUISA E PÓS-GRADUAÇÃO

ANÁLISE DAS INTERAÇÕES DOS ESTUDANTES EM AULAS ATIVAS USANDO A METODOLOGIA *PEER INSTRUCTION*

Ricardo Fagundes Freitas da Cunha

Tese apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Ciência Tecnologia e Educação, do Centro Federal de Educação Tecnológica Celso Suckow da Fonseca, CEFET/RJ, como parte dos requisitos necessários à obtenção do título em Doutor em Ciência Tecnologia e Educação

Orientador: Prof. Dr. Daniel Guilherme Gomes Sasaki

Rio de Janeiro

Junho, 2022

ANÁLISE DAS INTERAÇÕES DOS ESTUDANTES EM AULAS ATIVAS USANDO A METODOLOGIA *PEER INSTRUCTION*

Tese apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Ciência Tecnologia e Educação, do Centro Federal de Educação Tecnológica Celso Suckow da Fonseca, CEFET/RJ, como parte dos requisitos necessários à obtenção do título em Doutor em Ciência, Tecnologia e Educação.

Ricardo Fagundes Freitas da Cunha

Banca Examinadora:

_____

Presidente, Professor Dr. Daniel Guilherme Gomes Sasaki (CEFET/RJ) (orientador)

_____

Professora Dra. Juliana Machado (CEFET/RJ)

_____

Professor Dr. Glauco dos Santos Ferreira da Silva (CEFET/RJ)

_____

Professor Dr. Alexandre Carlos Tort (UFRJ)

_____

Professor Dr. Wellerson Quintaneiro da Silva (CEFET/RJ)

SUPLENTE

_____

Professora Dra. Sheila Cristina Ribeiro Rego (CEFET/RJ)

Rio de Janeiro

Junho, 2022

Ficha Catalográfica elaborada pela Biblioteca Central do CEFET/RJ

C972 Cunha, Ricardo Fagundes Freitas da
Análise das interações dos estudantes em aulas ativas usando a metodologia Peer Instruction / Ricardo Fagundes Freitas da Cunha – 2022.
257f : il. color. + anexos , enc.

Tese (Doutorado). Centro Federal de Educação Tecnológica Celso Suckow da Fonseca, 2022.
Bibliografia : f. 252-257
Orientador: Daniel Guilherme Gomes Sasaki.

1. Aprendizagem ativa. 2. Test of Understanding Graphs in Kinematics. 3. Peer Instruction. I. Sasaki, Daniel Guilherme Gomes (Orient.). II Título.

CDD 371.39

Elaborada pelo bibliotecário Leandro Mota de Menezes – CRB/7 nº 5281

DEDICATÓRIA

Dedico este trabalho a todos os professores deste país, que mesmo com todas as adversidades, insistem na nobre missão de educar e formar cidadãos.

AGRADECIMENTOS

Gostaria de começar agradecendo a minha mãe, Fátima Christina Fagundes Freitas, que durante toda a minha infância, cobrou de mim ótimo resultados acadêmicos, criando em mim hábitos diários de leitura e estudos, fundamentais desde a minha vida escolar até hoje.

Outra pessoa fundamental na minha vida foi meu pai, Ricardo Joaquim da Cunha Júnior, que sempre foi e continua sendo meu maior exemplo de dedicação aos estudos e ao trabalho. Ainda nesse sentido, outro grande exemplo que tenho é meu tio Christiano Fagundes Freitas, autor de dezenas de livros de romance e de direito. Um excelente professor, vocacionado e apaixonado pela profissão.

Não consigo imaginar esse caminho acadêmico sem a minha esposa, Sammya Perrota Calil e a minha sogra, Décia Lopes Porto Rodrigues, que sempre me incentivaram muito a estudar e seguir a carreira que estou construindo.

Os colegas e amigos que fiz na época de colégio, na universidade e nas instituições em que trabalhei certamente merecem os meus agradecimentos. Em especial, para as pessoas que acreditaram em mim e que me deram as primeiras oportunidades de trabalho, onde aprendi muito e serei sempre grato.

E claro, gostaria de deixar os meus agradecimentos ao meu orientador, Daniel Guilherme Gomes Sasaki, por ter aceitado me orientar e ter me ensinado bastante ao logo de todo o doutorado.

EPÍGRAFE

Ensinar não é transferir conhecimento, mas criar as possibilidades para a sua própria produção ou a sua construção.

Paulo Freire

RESUMO

Análise das interações dos estudantes em aulas ativas usando a metodologia *Peer Instruction*

As aulas monológicas e expositivas não proporcionam uma boa aprendizagem de conteúdo aos estudantes, além de pouco desenvolverem as competências educacionais. Alternativamente, as metodologias ativas promovem não somente aprendizagem cognitiva, mas também desenvolvem o pensamento crítico, a capacidade de comunicação e de argumentação, a colaboração e a criatividade. Nesse sentido, esta pesquisa almejou dois objetivos principais: i) quantificar o ganho normalizado médio do curso de cinemática com aulas ativas para turmas regulares compostas por estudantes do 2º ano do ensino médio de um colégio público federal do Rio de Janeiro; ii) analisar aspectos qualitativos da interação em dois pequenos grupos de estudantes voluntários durante as atividades de aprendizagem. Em ambos os objetivos foi utilizada a metodologia ativa *Peer Instruction* (PI), associada ao *Just-in-Time Teaching* (JiTT). O instrumento quantitativo escolhido foi o *Test of Understanding Graphs in Kinematics* (TUG-K) e os resultados de suas aplicações permitiram responder a primeira questão de pesquisa: i) o ganho normalizado médio do curso de cinemática com o PI associado ao JiTT é superior ao curso cujas aulas foram expositivas e monológicas? A própria validação estatística do TUG-K foi um dos resultados desta pesquisa. No que tange à análise qualitativa, um grupo com 4 estudantes teve seus áudios coletados em 2019 e um pequeno grupo focal foi estruturado em 2021, durante três meses com aulas semanais e remotas. Ao todo, foram analisadas dez interações entre os estudantes, com o objetivo de responder três novas perguntas de cunho qualitativo: ii) em quais categorias de um mapa analítico de análise de interação social formado pelas seguintes dimensões: fases do discurso, aspectos de processos lógicos e natureza da explanação, se enquadram os extratos de áudio dos estudantes? iii) qual é a contribuição de cada integrante do grupo na discussão? iv) quais são os tipos de conversas na etapa de interação? As respostas a essas questões são fundamentais para a compreensão de como a interação entre pares impacta na aprendizagem dos estudantes. Por fim, a quinta e última questão de pesquisa é se as respostas obtidas são compatíveis com as publicações da área. O ganho normalizado médio com as aulas ativas foi de 34%, o dobro dos 17% obtido nas aulas sem metodologias ativas. As observações dos aspectos qualitativos apontam que grupos plurais de 5 a 6 integrantes, assim como a atuação do professor nas etapas de discussão, possibilitam uma melhor distribuição dos percentuais de fala entre os estudantes. Esses resultados obtidos se mostraram alinhados aos trabalhos usados como referência nesta pesquisa.

Palavras-chave: Metodologias ativas; Peer Instruction; Just-in-time Teaching; TUG-K.

ABSTRACT

Analysis of student interactions in active classes using the Peer Instruction methodology

Monological and expository teaching does not provide a satisfactory learning to students and, in addition, cause underdevelopment of educational skills. Alternatively, active methodologies not only promote cognitive learning, but also develop critical thinking, communication and argumentation skills, collaboration, and creativity. In this sense, this research has two main goals: i) quantify the average normalized gains in understanding graphs in kinematics in second year high school students in a federal public school in Rio de Janeiro; ii) analyze qualitative aspects about interactions between peers of two small groups of students during learning activities. For both, the active methodology applied was Peer Instruction (PI), associated with Just-in-Time Teaching (JiTT). The quantitative instrument applied was the Test of Understanding Graphs in Kinematics (TUG-K) and the data collected from TUG-K applications allowed us to answer the first research question: i) is the course average normalized gain with PI associated to JiTT greater than the gain in lectures? The TUG-K validation in the context of this research is also one of the results of this research. About qualitative analyzes, one group with 4 students had their audios collected in 2019 and a small focal group was structured in 2021 during three months of weekly and remote classes. In total, ten interactions between the students were analyzed with the objective of answering three qualitative questions: ii) in which categories of an analytical map of analysis of social interaction formed by discourse moves, logical processes and nature of explanation do the students' audio extracts fit? iii) what is the contribution of each member of the group to the discussion? iv) what are the types of conversations during the interactions? The answers to these questions help to understanding how peer interaction impacts student’s learning. Finally, the fifth and final research question is whether the answers obtained are compatible with publications in the area. The average normalized gains with active classes were 34%, twice as much the 17% obtained in classes without PI. The observations of the qualitative aspects indicate that plural groups of 5 to 6 members, as well as the teacher's performance in the discussion stages, enable a better distribution of interaction among the students. These results are aligned with the references of this research.

Keywords: Active methodologies; Peer Instruction; Just-in-time Teaching; TUG-K.

SUMÁRIO

MOTIVAÇÃO **11**

INTRODUÇÃO **15**

1. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA **30**

1.2. O Algoritmo por trás do *Peer Instruction* 34

1.3. Fazendo uso da tecnologia para auxiliar o PI 39

1.4. Os resultados obtidos pelo professor Mazur após uma década de aplicação do PI (e outros diversos) 43

1.5. Análises Qualitativas do PI 50

1.6. Possíveis Referenciais Teóricos do PI 66

1.6.1. Teoria da Educação de Gowin 67

1.6.1.1. Teoria de Gowin e o PI 69

1.6.2. Teoria Social Cognitiva de Bandura 72

1.6.3. Teoria de Conflito Sociocognitivo de Mugny 78

1.7. A metodologia *Just-in-Time Teaching* (JiTT) como complemento ao PI 88

2. METODOLOGIA DA PESQUISA **95**

2.1. Análise Quantitativa de Aprendizagem 96

2.1.2. Ganhos normalizados médios com Aulas Expositivas e Monológicas 97

2.1.3. Ganhos normalizados médios com Aulas Ativas 99

2.2. Análise Qualitativa de Aprendizagem 101

3. RELATOS DE EXPERIÊNCIAS **110**

3.1. A aplicação do PI em 2019 110

3.1.1. Dando o Tom 111

3.1.2. Aplicações do TUG-K 118

3.1.3. JiTT e PI 119

3.1.4. Conhecendo um pouco mais sobre as turmas A e B e o andamento das aulas com PI nessas turmas 120

3.1.5. Resoluções de Exercícios em Grupo 123
3.1.6. A Prova Trimestral 126
3.2. Aplicação do PI em 2021 127
4. RESULTADOS OBTIDOS 129
4.1. Resultados da Análise Quantitativa 129
4.2. Resultados da Análise Qualitativa 132
4.2.1. Descrição das Categorias 134
4.2.2. Unitarização e Classificação dos Áudios 137
4.2.3. Compreendendo Aspectos das Interações entre Pares 190
5. CONCLUSÕES E CONSIDERAÇÕES FINAIS 240
REFERÊNCIAS 252
ANEXO A - O Processo de validação do TUG-K 258
ANEXO B – TUG-K Traduzido para o Português 276

MOTIVAÇÃO

Em princípio, o ambiente escolar pode nos permear ao longo das duas primeiras décadas de nossas vidas. Período esse que abrange desde a educação infantil até o último ano do ensino médio. A saber, a educação infantil é o primeiro segmento da educação brasileira, e apresenta duas subdivisões: creche (0 a 3 anos) e pré-escola (4 e 5 anos). Dos 6 aos 14 anos, o estudante deve estar cursando o ensino fundamental e, dos 15 aos 17, o ensino médio.

Essas divisões se fazem necessárias para que possamos saber que todo cidadão e cidadã deste país possuem direito à educação básica gratuita e de qualidade, garantida pela Lei de Diretrizes e Bases da Educação Nacional (LDB), mesmo após os 17 anos de idade. Os três primeiros anos, referentes à creche, são facultativos, porém garantidos pelo Estado. Da pré-escola ao último ano do ensino médio, a educação é gratuita para todos, independentemente da idade, sendo obrigatória para aqueles entre 4 e 17 anos de idade (BRASIL, 2013).

Quanto à qualidade dessa educação, ela é bastante questionável em diversos aspectos. Existem vários Brasis dentro um Brasil, o que gera grande discrepância no sistema educacional brasileiro. Essa afirmativa fica evidente quando observamos que a taxa de analfabetismo ainda se mostra muito superior no Nordeste, em relação às regiões Sul e Sudeste, ou ainda, ao nos depararmos com o fato de metade da população com mais de 25 anos não ter concluído o ensino médio[1]. Porém, aqui, iremos nos ater ao ensino em si, e não a questão macro que envolve a educação.

Fazendo uma análise em primeira pessoa do singular, a minha experiência docente, e de estudante que fui, na educação básica, indica que é comum observar professores que lecionam esperando que seus estudantes tenham uma compreensão mínima de determinado assunto, enquanto os alunos tentam garantir uma pontuação mínima para serem aprovados. Esse cenário segue acompanhado de um hiato entre ensino e aprendizagem.

[1] https://educa.ibge.gov.br/jovens/conheca-o-brasil/populacao/18317-educacao.html. Último acesso: 24/12/2020.

Costumava apresentar um bom desempenho escolar, por ter uma rotina de estudos. Claro que, naquela época, desconhecia completamente qualquer metodologia de ensino que não fosse expositiva. Todas as aulas eram assim. A diferença, segundo a minha percepção na época, ficava a cargo de características pessoais do professor. Os mais engraçados e solícitos costumavam agradar mais as turmas. Porém era nítido que a grande maioria dos meus colegas de sala tinham um desempenho acadêmico muito baixo, especialmente em matemática e, no ensino médio, em física e química também.

Já no segundo período da graduação em bacharelado de física, comecei a atuar como monitor e professor em cursinhos pré-vestibulares. Desde esse início, em 2007, comecei a tomar gosto por lecionar. Conforme a minha carga horária em sala de aula foi aumentando, foi ficando cada vez mais nítido que o que queria fazer da minha vida era ensinar. Então, naturalmente, migrei para a licenciatura em física.

Nos primeiros cinco anos da caminhada profissional, ficava chateado toda vez que ia corrigir avaliações, não somente pelo fato de o desempenho dos estudantes ser bem abaixo do que eu esperava, mas principalmente por eles errarem questões muito fáceis, trabalhadas em sala. Nessa época, creditava as notas baixas aos alunos, me isentando de qualquer responsabilidade nesse processo. Tinha essa certeza, por alguns motivos: i) em toda turma tinham 4 ou 5 alunos com ótimos desempenhos, logo eu ensinei. Os outros 40 alunos que não se dedicaram o suficiente para aprender; ii) as minhas aulas eram muito parecidas com as que tive no ensino médio e meus professores eram muito conhecidos e tidos como referência nos cursinhos. Meu objetivo era ser como eles.

Com o passar dos anos, essa sucessão de maus desempenhos começou a me afetar profundamente, fazendo com que eu refletisse sobre a minha atuação em sala. Como estava ensinando, como fazer para os meus alunos aprenderem determinado assunto, quais são os recortes mais importantes dos conteúdos que eu poderia trabalhar em sala e qual seria uma boa forma de avaliar os estudantes.

A fim de encontrar as respostas para os meus questionamentos e me tornar um professor melhor, mantive um laço com o meio acadêmico cursando um mestrado em ensino de física na UFRJ. A partir desse momento, entrei em contato com artigos voltados ao ensino de física, algo que não havia feito até então. Descobri que existiam outras possibilidades de se ensinar além das aulas monológicas e expositivas, como sempre tive e fiz. Ter sido aluno do 1º curso de extensão em ensino de física do Colégio Pedro II, no

Rio de Janeiro, em 2016, também foi fundamental para a minha formação. Neste curso, fui apresentado a diversos trabalhos na área de ensino de física e a práticas docentes.

Ainda em 2016, com a leitura de trabalhos e, principalmente, por influência da extensão do Colégio Pedro II, fui experimentando algumas aulas que buscavam o engajamento dos estudantes, como ensino por investigação, por exemplo. Como produto da dissertação de mestrado, desenvolvi um trabalho fazendo o uso de simulações computacionais para o ensino de gravitação. Foi muito bacana poder aplicá-lo na instituição de ensino em que lecionava, ainda no final do mesmo ano.

Porém, muito rapidamente, percebi que essas inserções pontuais com aulas que promovem maior interação com os estudantes, não alteram a realidade em si. No resto do ano, as aulas ainda eram expositivas e monológicas, e as avaliações ainda tinham o escopo de aplicação de equações. De fato, não houve mudança no processo de ensino-aprendizagem.

A dissertação de mestrado me rendeu uma publicação na revista *Physics Education*. Defendi a dissertação algumas horas depois do aceite da revista, em janeiro de 2017. Foi o meu primeiro artigo publicado, e me motivou bastante a seguir o caminho acadêmico e fazer o doutorado. Queria poder contribuir com mais publicações na área, orientar professores, aprender e pesquisar mais sobre o ensino de física.

Alguns meses depois, tive a felicidade de entrar no programa de doutorado em Ciência, Tecnologia e Educação do CEFET/RJ, onde o meu orientador, professor Daniel Sasaki, me apresentou uma possibilidade de implementação de aulas baseadas em uma metodologia de aprendizagem ativa, ou simplesmente metodologia ativa, fornecendo ao aluno o protagonismo nas aulas. E o mais importante, não seriam aplicações em uma ou duas aulas, como uma sequência didática, que é bastante comum em diversos artigos e dissertações, mas sim ao longo de todo o trimestre.

A metodologia escolhida foi o *Peer Instruction* (PI), por ser bastante difundida mundialmente, com inúmeros artigos expondo aplicações e resultados bastante animadores, e por ser uma metodologia ativa que possibilita trabalhar questões conceituais de física de maneira sistemática, fazendo com que os estudantes discutam entre si o conteúdo abordado.

Os resultados apresentados na grande maioria dos trabalhos que envolvem aplicação de PI são baseados em análises quantitativas. Mais especificamente, esses

trabalhos têm como objetivo medir os ganhos normalizados médios de Hake (HAKE, 1998) de cursos sem aulas ativas e compará-los com ganhos de cursos cujas aulas foram norteadas por metodologias ativas. Porém, ainda são poucos os trabalhos de análises quantitativas com aplicação de PI no Brasil, especialmente na educação básica. Os trabalhos que envolvem análises qualitativas, tanto em outros países como no Brasil, em diferentes níveis educacionais, são mais escassos ainda.

Assim, conforme o trabalho foi se desenvolvendo, alguns questionamentos foram surgindo. O PI mostrou ser uma metodologia eficaz quando aplicada em estudantes de física básica em nível universitário no exterior, mas possui eficácia no ensino médio no Brasil? Como esses jovens estudantes, que estão acostumados com aulas expositivas, irão se comportar diante dessa metodologia, aplicada não de maneira pontual, mas ao longo de todo um trimestre? Quais são os tipos de diálogos dos alunos durante a interação entre pares? Os alunos aprendem após a interação ou apenas assinalam a resposta de preferência de um colega, mesmo defendendo outra ideia?

Essas perguntas nortearam todo o trabalho, sendo a suas respostas grande parte dos objetivos desta tese. Outro objetivo, não menos importante, é que essa pesquisa tenha uma aplicabilidade real em diversas realidades de ensino, nesse país tão plural, e que outros professores possam se interessar por esse trabalho e tentar reproduzi-lo nas suas aulas.

INTRODUÇÃO

No ensino com aulas monológicas e expositivas, o professor, detentor do conhecimento a ser trabalhado, possui o papel principal da aula, que é de transmitir informações aos estudantes. Esse cenário, ao mesmo tempo em que é secular, se mostra bastante atual, permeando a grande parte do fazer docente e está presente em todos os níveis educacionais, desde a educação básica até o ensino superior.

No Brasil, esse método de aulas surgiu ainda no século XVII, através da atuação dos jesuítas, embebidos pela filosofia escolástica, com o objetivo de formar homens enciclopédicos, humanistas, cristãos e universal (OLIVEIRA, 2013). O método pedagógico aplicado na época era baseado no *Ratio atque Institutio Studiorum Societatis Iesu*, ou simplesmente *Ratio Studiorum*, um manual com regras orientadoras da prática docente, utilizado em todas as escolas da Companhia de Jesus, desde 1599 até 1832. O *Ratio Studiorum* continha regras aos agentes envolvidos no ensino (reitor, professor, estudantes e bedel), divisão de disciplinas, avaliações, deveres e castigos (até físicos) dados aos estudantes (SOUZA, 2003).

O método por trás desse tipo de ensino é baseado em aulas expositivas e monológicas, em que o aluno apresenta um caráter passivo e as aulas são, de fato, palestras (*lectures*). A configuração das salas de aula tem um padrão bem definido, com os estudantes permanecendo enfileirados e em silêncio, de modo que possam assimilar o máximo possível do que está sendo expelido pelo professor. As informações são enunciadas somente pelo professor, único detentor do conhecimento na sala de aula, e devem ser depositadas nos estudantes. Quanto mais conteúdo o professor depositar e os estudante fixar, melhor. Assim é o escopo dessa metodologia expositiva e monológica. Decorar equações e aplicá-las a exemplos específicos, seguindo a linha de raciocínio que o professor recitou e escreveu no quadro. Decorar, memorizar e reproduzir (nas avaliações) são os verbos que imperam nesse tipo de educação, nomeada de educação bancária e massivamente criticada pelo patrono da educação brasileira, Paulo Freire:

> Em lugar de comunicar-se, o educador faz “comunicados” e depósitos que os educandos, meras incidências, recebem pacientemente, memorizam e repetem. Eis aí a concepção “bancária” da educação, em que a única margem de ação que se oferece aos educandos é a de

> receberem os depósitos, guardá-los e arquivá-los (...) Na visão "bancária" da educação, o "saber" é uma doação dos que se julgam sábios aos que julgam nada saber (FREIRE, 2019, p. 80-81).

Nessa metodologia, o objetivo é que o conteúdo exposto seja absorvido pelos estudantes, adquirindo assim, mais conhecimento:

> Parte-se do pressuposto de que a inteligência, ou qualquer outro nome dado à atividade mental, seja uma faculdade capaz de acumular/armazenar informações. A atividade do ser humano é a de incorporar informações sobre o mundo (físico, social etc.) [...]. Usualmente há uma decomposição da realidade no sentido de simplificá-la. [...] Aos alunos são apresentados somente os resultados desse processo, para que sejam armazenados. [...] Atribui-se ao sujeito um papel insignificante na elaboração e aquisição do conhecimento. Ao indivíduo que está "adquirindo" conhecimento compete memorizar definições, anunciando leis, sínteses e resumos que lhes são oferecidos no processo de educação formal [...] (MIZUKAMI 1986, p.10-11).

Segundo Mizukami, essa abordagem é devido ao fato de a educação ser vista como um produto, em que o conteúdo a ser ensinado já foi previamente estabelecido (conteúdo programático) e, por esse motivo, não há ênfase na construção do conhecimento, no processo em si.

Há de se analisar também que existem várias maneiras de se expor determinado conteúdo, bem como são variadas as possibilidades de avaliar a aprendizagem do estudante. Portanto, a apresentação do conteúdo e o processo de avaliação diferenciam os objetivos dos professores e, nesse leque de possibilidades, haverá oscilações entre memorização e compreensão.

Ainda no final do século XIX, nos E.U.A., na contramão das aulas expositivas e monológicas, Calvin Woodward desenvolveu um programa de ensino em que os estudantes participavam ativamente das aulas. Através de uma série de exercícios básicos, os alunos aprendiam a manusear ferramentas corretamente e tinham que utilizar as técnicas aprendidas para desenvolver um projeto. Desse modo, da instrução à construção, cada aluno deveria apresentar um projeto para concluir o ensino médio. Esse projeto, chamado *Manual Training School* (Treinamento Escolar Manual, tradução livre do autor), se popularizou na década de 1890, sendo aplicado até mesmo no ensino fundamental (KNOLL, 1997).

Ainda segundo Knoll (ibid.), a crescente adesão a esse método de ensino chamou a atenção do filósofo John Dewey, que não concordava com o desenvolvimento de

habilidades técnicas e a construção de algo como objetivo educacional. Em sua concepção, o ensino deveria valorizar os interesses e as experiências dos estudantes, sendo a criatividade um fato a ser explorado. Essa crítica teve apoiadores como o professor Charles Richards, que reformulou o *Manual Training*, chamando-o de *Industrial Arts* (Artes Industriais, tradução livre do autor). Richards, tendo como base a aprendizagem natural e social, tornou o projeto coletivo, ao invés de individual, e a instrução permearia todo o trabalho (KNOLL, ibid.). Os estudantes deveriam ser capazes de reconhecer e solucionar problemas.

Alguns anos depois, na década de 1910, surgiu outro projeto educacional reconhecidamente progressista, o *Home Project Plan* (Plano de Projeto Doméstico, tradução do autor), do professor Rufus Stimson. Com o cultivo de vegetais nas suas hortas, o projeto engaja os estudantes, trabalhando iniciativa, criatividade e tomada de decisão. Após esses projetos que tinham como premissa engajar os estudantes por meio de trabalhos manuais, em 1918, o professor William Kilpatrick publicou o artigo "*The Project Method: The Use of the Purposeful Act in the Educational Process*", muito difundido no meio acadêmico estadunidense na época. O Método de Projeto apresenta quatro tipos de projetos para nortear o professor, cujo papel é de auxiliar as crianças ao longo do processo. Kilpatrick entende que a criança é naturalmente ativa e garantir que se mantenha assim em uma situação social "é a melhor garantia de potencialização das suas capacidades natas, que são geralmente desperdiçadas" (MARQUES, 2016, p. 5). Dessa maneira, o objetivo do método é que as crianças se tornem cada vez mais independentes, escolhendo livremente o que gostariam de fazer. Segundo Knoll (ibid.), Kilpatrick afirmava que a motivação da criança é a componente crucial do método, e estava intimamente relacionada com o sucesso na aprendizagem.

Na década de 1920, Dewey, mesmo sendo amigo e tendo sido o orientador de Kilpatrick durante o seu doutorado, teceu críticas ao seu método de ensino por projetos, sob a alegação que os alunos não seriam tão autônomos quanto o projeto idealizava. As crianças não iriam, sozinhas, ir atrás do seu propósito, planejar um projeto, executá-lo e avaliá-lo. O professor deve atuar para garantir o andamento do projeto e, assim, o contínuo processo de aprendizagem. Outro ponto de divergência é na definição de projeto de Kilpatrick como atividades com propósito. Dewey defendia que

> Somente quando o professor convence os alunos a abandonarem o comportamento espontâneo e passarem pelo "ato completo de pensar" - desde encontrar uma dificuldade, por meio da elaboração de um plano, até a resolução do problema - eles poderiam expandir suas experiências e ampliar a educação deles (DEWEY, 1916, apud. KNOLL, 1997).

Dewey acreditava também, ao contrário de seu amigo, que o ensino baseado em projetos era apenas uma das várias outras possibilidades de se ensinar. Anos depois, Kilpatrick afirmou que não deveria ter associado o método de ensino baseado em projetos com as suas ideias de "atos com propósitos sinceros".

Pode-se dizer que esses métodos de ensino baseados em projetos, que começaram na última década do século XIX nos E.U.A., deram origem ao *Project-Based Learning* (PBL), uma das diversas metodologias de aprendizagem ativa, ou simplesmente metodologias ativas, sendo objeto de estudo por diversos professores e pesquisadores da área atualmente.

Na década de 1960, alunos do curso de Medicina da Universidade de McMaster, no Canadá (DAVIDSON; MAJOR, 2014), estavam começando a experimentar a metodologia *Problem-Based Learning*. Na década seguinte, o professor britânico Reginald Revans (1907-2003) apresentou a metodologia "*Action Learning"*, em seu artigo intitulado *"Action Learning – A Management Development Programme",* em 1972 (REVANS, 1972). Em 1977, publicou um artigo mostrando nove postos-chaves da metodologia e seus paralelos com atividades cotidianas em uma fábrica ou indústria, mostrando como um ensino focado na resolução de problemas, trabalhando liderança e comunicação, poderiam gerar melhoras na economia britânica (REVANS, 1977). Em 1978, após mais de trinta anos de pesquisa, publicou o livro "*ABC of Action Learning*", apontando diversas limitações do ensino tradicional e as características e bases do que hoje recebem o nome de metodologias ativas, explicitando, inclusive, a contribuição dos pares para a aprendizagem (REVANS, 2001). Essas metodologias ativas, assim como várias outras que surgiram posteriormente, vêm sendo aprimoradas até os dias de hoje.

As metodologias ativas têm como objetivo oportunizar uma aprendizagem ativa dos estudantes. Esse termo, por si só, pode causar estranheza no sentido que a aprendizagem em si pressupõe uma ação por parte do aprendiz. Não seria, portanto, toda aprendizagem, ativa? O termo aprendizagem ativa está relacionado com o fato de o estudante ter um papel maior que o de escutar o professor. Na aprendizagem ativa, o

estudante participa do processo de aprendizagem, se tornando mais responsável por ela, enquanto na aprendizagem passiva, o conhecimento vai até o aluno, por meio da exposição do conteúdo. O aluno se comporta como um receptáculo de conhecimento. Em contraponto, nas aulas ativas (aulas com metodologias de aprendizagem ativa, ou simplesmente metodologias ativas), o professor busca, de diferentes formas, engajar os estudantes, fazendo com que tenham um papel maior que o de simplesmente ouvir (RYAN; MARTENS,1989).

A figura 1 mostra o número de artigos publicados em português com a palavra-chave “metodologias ativas” nos últimos dez anos (2010 – 2019), usando o banco de dados do Google Acadêmico.

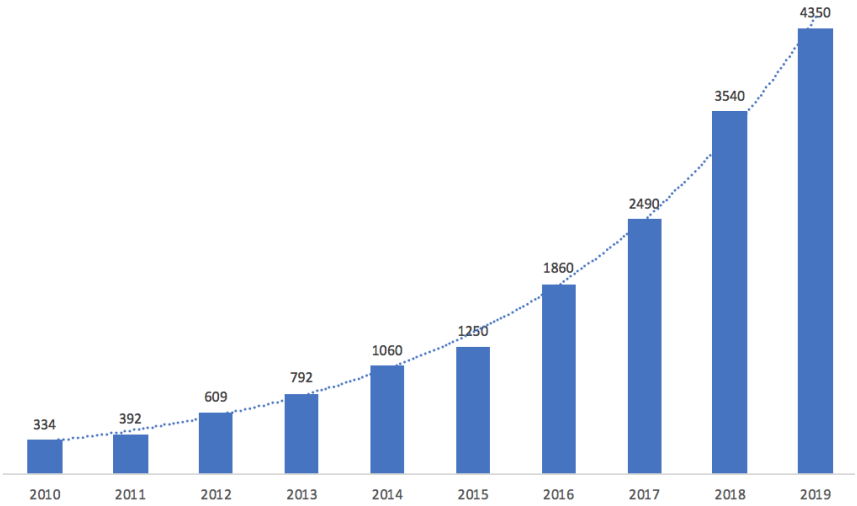


Figura 1 - Número de trabalhos publicados, por ano, na última década, com a expressão "metodologias ativas" no Google Acadêmico. A curva pontilhada expressa a tendência exponencial. Fonte: Elaborado pelo autor.

As dezenas de metodologias ativas existentes têm como denominador comum buscar o engajamento dos aprendizes durante as atividades.

Segundo Morán (2015, p.18), “as metodologias ativas são pontos de partida para avançar para processos mais avançados de reflexão, de interação cognitiva, de generalização, de reelaboração de novas práticas”. Através de metodologias ativas, os alunos, conduzidos pelos professores, realizam atividades que exigem tomada de decisões, pesquisa, saber ouvir argumentos de pares, capacidade de argumentação. Ainda segundo Morán (2015, p.18), “desafios bem planejados contribuem para mobilizar as competências desejadas, intelectuais, emocionais, pessoais e comunicacionais”.

Silberman (2006), em seu livro "*Active Training*", explicita que nas aulas expositivas, os estudantes têm a sua curiosidade estrangulada. É como se o cérebro estivesse desligado. Baseando-se na declaração milenar de Confúcio, "O que ouço, eu esqueço. O que vejo, eu lembro. O que faço, eu entendo", Silberman criou o que chamou de "*Active Learning Credo*":

> Quando somente ouço, e esqueço.
> Quando somente ouço e vejo, eu lembro um pouco.
> Quando ouço, vejo, questiono e discuto com alguém, eu começo a entender
> Quando ouço, vejo, questiono, discuto e faço, eu adquiri habilidade e conhecimento.
> Quando ensino, eu domino o que aprendi. (SILBERMAN, 2006, p. 2 – tradução do autor).

Em seu livro, Silberman se mostra enfático quanto a necessidade de os métodos de aulas ativas estimularem a participação dos estudantes e tornar a aprendizagem animadora. Quanto à aprendizagem em si, dedica uma parte de seu livro para explicar os três tipos de aprendizagem (afetiva, comportamental e cognitiva) e os objetivos a serem alcançados em cada um dos tipos, nas aulas ativas.

- A aprendizagem afetiva inclui o amparo de sentimentos, atitudes e preferências. Quando o estudante não quiser participar de certa atividade ou expor suas ideias, seja por falta de interesse ou algum receio, a aprendizagem afetiva deve ser priorizada;
- A aprendizagem comportamental inclui o desenvolvimento de habilidades por trás de procedimentos, operações, métodos e técnicas. Quando o estudante fica estático diante de um problema, sem fazer nada, afirmando que não consegue resolvê-lo, a aprendizagem comportamental deve ser priorizada;
- A aprendizagem cognitiva inclui a aquisição de informação e conceitos relacionados ao tema da aula. Uma vez compreendido determinado assunto, o professor pode fazer com que o aluno seja capaz de aplicá-lo em uma nova situação. Quando o estudante carece de conhecimento específico para resolver determinado problema, a aprendizagem cognitiva deve ser priorizada.

Silberman afirma ainda que um programa de aulas ativas onde os três tipos de aprendizagens são trabalhados, provavelmente obterá resultados mais duradouros.

Para Bonwell e Eison (1991, p. iii), nas aulas ativas, os estudantes "devem ler, escrever, discutir ou estar engajados em resolver problemas. Mais importante, para estarem ativamente envolvidos, estudantes devem se engajar em atividades mais complexas, que requerem análises, sínteses e avaliações".

Em palavras simples, para fins práticos, os autores definiram metodologias ativas como "qualquer coisa que envolva os estudantes em fazer coisas e pensar naquilo que estão fazendo" (BONWELL; EISON, 1991, p. 2).

Para que essas valências apareçam, os autores expõem detalhes e técnicas para conduzir uma aula ativa, desde como devem ser as questões propostas, maneiras de conduzi-las, bem como outras estratégias, para que o ambiente de sala de aula seja propício para haver aprendizagem ativa. Eles apontam, inclusive, algumas barreiras em sua implementação, como: i) dificuldade de trabalhar todo o conteúdo no tempo determinado; ii) maior tempo de preparação das aulas; iii) salas com muitos alunos; iv) infraestrutura da instituição de ensino.

Outro entrave que os autores trazem é o receio que o professor pode ter nesse processo, conectado ao risco de achar que não vai funcionar. Os professores podem ficar temerosos quanto ao *feedback* dos estudantes. "A decisão de proporcionar aprendizagem ativa em sala frequentemente é acompanhada de um receio: e se meus alunos não quiserem participar ativamente?" (BONWELL; EISON, 1991, p. 62). E ainda, "os professores temem perder o controle da aula, por achar que não possuem a habilidade necessária, ou ainda de serem vistos como se não estivessem ensinando como se deve" (BONWELL; EISON, 1991, p. 63).

Importante observar que essa pesquisa foi conduzida por dois professores da Universidade de Washington e é voltada para aplicações de metodologias ativas no ensino superior estadunidense. Olhando para o escopo do ensino médio brasileiro, as realidades são extremamente diversas e diferentes do contexto analisado por esses pesquisadores. As barreiras que os professores de escolas rurais-ribeirinhas amazônicas, cujo calendário escolar é adaptado ao ciclo das águas, encontram são diferentes dos professores que atuam em escolas públicas estaduais em áreas de risco no estado do Rio de Janeiro, que são diferentes das encontradas por professores das escolas privadas mais exclusivas de São

Paulo. Em adição, na educação básica brasileira, não é incomum professores com jornadas de trabalho superiores a 60 horas semanais, em instituições diferentes (LEVY; SOBRINHO; SOUZA, 2009).

Além de cada realidade apresentar dificuldades diferentes e diversas para a implementação das mais variadas metodologias ativas, existem outros caminhos pedagógicos adotados pelos professores de modo a alcançar seus objetivos, dentro do contexto de atuação.

As aulas ativas não são a solução para um ensino melhor, mas sim uma estratégia de ensino, com métodos pré-estabelecidos, que possibilitam engajamento dos estudantes, fazendo com que participem da construção do conhecimento. Conforme será discutido nesta tese, nem toda aula ativa funciona, tendo seus objetivos cumpridos e, em específico para a metodologia trabalhada nesta pesquisa, existem fragilidades reveladas em alguns trabalhos trazidos na revisão bibliográfica, que foram pontos de observação desta tese.

Desse modo, as mais diversas metodologias ativas possibilitam, em maior ou menor grau, a depender da metodologia e do contexto da sua aplicação, que os estudantes desenvolvam não somente a aprendizagem de conteúdos, mas também habilidades interpessoais e atitudes, como, por exemplo, trabalho em grupo, pensamento crítico, tomada de decisão, solução de problemas, liderança, cooperação, ética, argumentação, agregar informação e pesquisa, que fazem parte das aprendizagens afetiva e emocional, detalhadas por Silberman (SILBERMAN, 2006). No mesmo caminho, Ribeiro e Mizukami (2004) também apontam que as aulas ativas auxiliam os estudantes a obterem um conhecimento mais estruturado e integrado com os problemas reais da vida, desenvolvendo as habilidades e atitudes supracitadas.

Walters e Sirotiak (2011) ressaltam a necessidade do aprendizado dessas habilidades, chamando-as de competências não-técnicas. Já as competências técnicas, são os conteúdos programáticos, e estão inseridos na aprendizagem cognitiva. Nesse trabalho, os pesquisadores utilizaram uma combinação de duas metodologias ativas, a fim de verificar variações nas habilidades de liderança e de comunicação dos estudantes de engenharia, que junto com outras habilidades mencionadas anteriormente, são necessárias

para o sucesso profissional e, por isso, são bastante requisitadas por diversas companhias[2] (SILVA; NETO; GRITTI, 2020).

Entres todas as habilidades listadas, o desenvolvimento do pensamento crítico merece um destaque. Exercitar o pensamento crítico em sala é trabalhar a "habilidade de identificar problemas, analisar dados e evidências, fazer apontamentos, avaliar elementos relevantes de maneira crítica e reflexiva e apresentar conclusões" (KIM et al., 2012, p. 225). Os autores defendem que a interação entre pares durante a aprendizagem colaborativa, com pequenos grupos, pode ser benéfica para o desenvolvimento do pensamento crítico.

Sem pensamento crítico, uma pessoa não é capaz de exercer a sua cidadania de maneira plena. Um dos propósitos da educação é formar cidadãos ativos, capazes de tomar decisões voltadas para o bem-estar da nação. Uma sociedade democrática não demanda menos que isso (BRAGAW; HARTOONIAN, 1989, p. 9-10). Nessa linha de raciocínio, Chapman (2011) evidencia a importância do pensamento crítico na formação de cidadãos alfabetizados cientificamente. Nas palavras de Tenreiro-Vieira, "efetivamente, todos os estudantes de ciências serão elementos integrantes de uma sociedade e, enquanto cidadãos, tornam-se responsáveis pelos riscos e benefícios do conhecimento, dos produtos e dos sistemas científicos e tecnológicos" (TENREIRO – VIEIRA, 2004, p. 2).

Uma vez apresentadas as definições de aprendizagem e aulas ativas, os tipos de aprendizagens que podem ser trabalhadas nessas aulas, assim como atitudes e habilidades fundamentais para formar um cidadão, o leitor deve conhecer algumas das diversas metodologias ativas usadas atualmente no mundo inteiro, por professores e pesquisadores das mais diversas áreas de conhecimento. Entre as quais, pode-se destacar: *Jigsaw Classroom, Six Thinking Hats (STH), Predict-Observe-Explain (POE), Flipped Classroom, Just-in-Time Teaching (JiTT), Think-Pair-Share (TPS), Problem-Based Learning (PBL)* e *Project-Based Learning (PBL)*. Essas metodologias se diferenciam pelas abordagens e estruturas de operação, mas possuem o objetivo comum de engajar os estudantes, fazendo com que participem ativamente do próprio processo de aprendizagem.

[2] No meio empresarial, essas habilidades interpessoais são chamadas de *soft skills*, enquanto o conhecimento técnico na área específica de atuação recebe o termo *hard skill*.

Uma das metodologias ativas existentes é o *Peer Instruction* (PI). As traduções mais recorrentes do PI para o português são Aprendizagem entre Pares e Instrução pelos Colegas (IpC)[3]. Todavia, a palavra de origem inglesa *instruction* não possui a mesma conotação que instrução aqui no Brasil. Traduções literais, como nesse caso, podem sofrer questionamentos, sendo passíveis de passar por adaptações linguísticas, para que o significado se aproxime ao máximo do original. Porém, não faz parte do escopo deste trabalho propor qual é a tradução/adaptação mais indicada. Por esse motivo, será mantida a nomenclatura original, *Peer Instruction*, assim como a sua abreviação, PI.

O criador do PI é o professor de física da Universidade de Harvard, Eric Mazur. Em seu trabalho de revisão (CROUCH; MAZUR, 2001), Mazur publicou o resultado de dez anos de aplicação da metodologia em seu curso de física básica para alunos de medicina da instituição, envolvendo milhares de estudantes ao longo de toda a década de 90.

Em sua entrevista à Gazeta da Física[4], em 2003, o professor Mazur respondeu a uma série de perguntas que envolvem o surgimento do PI e sobre a metodologia em si. Nessa entrevista, o professor Mazur diz que o início de sua trajetória como professor se deu em Harvard em 1984, onde leciona até hoje. Comenta também que nos anos iniciais em sala de aula, tinha a plena convicção que estava realizando um bom trabalho, afinal seus alunos obtinham ótimos escores em seus testes (4,5 em uma escala de 0 a 5). Sua grande surpresa aconteceu seis anos depois, ao aplicar um teste conceitual simples em seus estudantes:

> Dei-lhes o teste e notei de imediato que havia algo de errado com a minha turma. Logo no início uma aluna perguntou: "Prof. Mazur, como é que respondo a estas perguntas? De acordo com o que ensinou ou de acordo com aquilo que eu penso?". Olhei para ela e pensei: "Qual é a diferença?".

Mazur percebeu que seus alunos eram capazes de responder os itens de seus testes porque decoravam a sua explicação e praticavam, reproduzindo diversos exercícios. Eles

[3] Aparecem 1260 trabalhos em português com o termo “Aprendizagem entre Pares”, 636 com o termo “Instrução pelos Colegas”, 110 com o termo “Instrução entre Pares” e 65 com “Instrução por Colegas”, no Google Acadêmico. Ao inserir o termo original “*Peer Instruction*” no mesmo buscador, são exibidos 2100 trabalhos em língua portuguesa. Último acesso em 07/01/2022.

[4] https://www.spf.pt/magazines/GFIS/96/pdf. Último acesso em: 07/012022.

eram capazes de acertar as perguntas sem verdadeiramente compreender o fenômeno abordado com clareza.

Mazur observou também, em suas aulas, que alunos que recém aprenderam um determinado assunto eram mais aptos a ensinar seus colegas que o professor, que havia aprendido há muito tempo e, portanto, não lembrava mais das dificuldades desse novo aprendizado.

Esse ambiente de sala de aulas e suas percepções foram os ingredientes que fizeram o professor Mazur desenvolver a metodologia PI. Toda essa narrativa evidencia um caráter puramente empírico do método. Mazur não era um pesquisador da área de ensino e, em suas palavras, nunca havia estudado sobre aprendizagem colaborativa. Ele nem sabia que estava desenvolvendo uma metodologia. Apenas fez o que achava que iria melhorar a compreensão dos estudantes. Diferentemente do *Predict-Observe-Explain*, por exemplo, que foi desenvolvido por dois pesquisadores da área de ensino e, portanto, possui um referencial teórico bem robusto.

Todas essas declarações do professor Mazur sobre a motivação para a metodologia e como ela foi se desenvolvendo, podem ser facilmente encontradas em diversas outras entrevistas e vídeos no *Youtube*. Para o professor que está lendo pela primeira vez sobre PI, ou que não está familiarizado com essa estratégia de ensino, é interessante que, antes de aprofundar na leitura, acesse o link https://www.youtube.com/watch?v=Z9orbxoRofI e assista ao professor Mazur expondo seus pensamentos sobre esse processo empírico de criação do seu método.

Ademais, o artigo de Crouch e Mazur (2001), conforme mencionado, foi publicado após dez anos de pesquisa e possui, atualmente, mais de 3000 citações[5]. O fato de ser uma metodologia bastante estudada e testada por pesquisadores da área do mundo inteiro garante ao método uma solidez, por mais que não tenha tido um referencial teórico em sua concepção.

Em 2017, Araújo (ARAÚJO et al., 2017) publicou um trabalho de revisão do PI envolvendo 72 artigos até 2015, que estavam de acordo com os critérios de seleção adotados pelos autores. Desses artigos, apenas 5 foram resultados de pesquisas no Ensino Médio, sendo que nenhum desses foi no Brasil. Outra informação extraída é que 52

[5] O Google Acadêmico aponta 3511 citações para esse artigo. Última visualização em: 07/01/2022.

artigos fizeram análises puramente quantitativas, ao passo que apenas 9 apresentaram somente análises qualitativas, e 9 publicações utilizaram ambas as análises.

No que se sucede, esta tese apresentará uma discussão acerca do PI, abordando desde a sua origem, seu algoritmo, alguns resultados publicados e até possíveis referenciais teóricos para o método. Para além, essa revisão bibliográfica explora diversos detalhes que permeiam a sua aplicação, evidenciando suas limitações e fragilidades, indicando possibilidades de melhorias, de modo a tornar o método o mais eficiente possível, dentro do contexto de aplicação.

O capítulo 1 desta tese é dedicado à revisão bibliográfica, fundamental para que o leitor compreenda aspectos que circundam a metodologia, desde a sua criação, seu algoritmo, algumas publicações com resultados relevantes para esta pesquisa, e ainda três possíveis referenciais teóricos do PI.

O objetivo geral desta pesquisa é investigar aspectos quantitativos e qualitativos da aplicação do PI em estudantes de ensino médio de um colégio público federal do Rio de Janeiro. Esse objetivo geral pode ser subdividido em cinco objetivos específicos, cada qual relacionado a uma questão de pesquisa a seguir:

I) O ganho normalizado médio de Hake do curso de cinemática com aulas ativas é superior ao ganho do curso cujas aulas foram expositivas e monológicas?

II) Em quais categorias de um mapa analítico de interação social constituído por três dimensões de análise, movimentos do discurso, processos lógicos e natureza da explanação, se enquadram os extratos de áudio das discussões dos estudantes?

III) Qual a contribuição de cada integrante do grupo durante a interação entre pares?

IV) Quais são os tipos de conversa dos alunos na etapa de discussão, do ponto de vista da sua relação com o tema debatido?

V) As respostas obtidas às perguntas anteriores são equivalentes às publicações na área?

A resposta para a primeira questão de pesquisa foi obtida por meio de análise quantitativa, ao passo que para as três questões seguintes, foi realizada uma análise qualitativa durante as etapas de discussão entre os estudantes, norteada pela análise de conteúdo dos extratos dessas discussões. As metodologias empregadas em ambas as análises estão apresentadas no capítulo de metodologia da pesquisa.

Para responder à primeira pergunta, 193[6] estudantes do 2º ano de ensino médio responderam o questionário TUG-K[7] (*Test of Understanding Graphs in Kinematics* – Teste de Compreensão de Gráficos em Cinemática) em dois momentos, no início do trimestre (etapa pré-teste) e no final (pós-teste). Com os resultados dos testes nas duas etapas, foi obtido o ganho normalizado médio dos estudantes em interpretação de gráficos em cinemática. Para que fosse possível comparar os ganhos com PI e com aulas expositivas, as aulas de cinemática em 2018 foram expositivas, sem aplicação de metodologias ativas, ao passo que em 2019, fez-se o uso do PI. Todas as aulas, em ambos os momentos, foram ministradas pelo autor desta tese, no mesmo colégio, porém em *campi* diferentes. A versão traduzida do TUG-K para o português está presente no Anexo A desta tese, e o trabalho publicado na RBEF (Revista Brasileira de Ensino de Física) pelo autor desta tese e pelo seu orientador, apresentando a validação estatística do teste no contexto aplicado, está no Anexo B.

Ainda como teste de captação de áudio, em uma das aulas com a metodologia PI, em 2019, quatro grupos de estudantes tiveram seus áudios gravados, sendo que dois desses grupos tiveram seus áudios transcritos. O planejamento era, no ano seguinte, gravar as interações de alguns grupos no decorrer do primeiro trimestre e, em seguida, iniciar a transcrição dos áudios, para responder as perguntas de cunho qualitativo da pesquisa.

Por conta da pandemia de Covid 19, no colégio em que se passou esta pesquisa, não houve ano letivo em 2020 e, em 2021, as atividades foram 100% *online*. Dessa maneira, o PI foi aplicado à distância, em um grupo focal com 5 estudantes (6 inicialmente, porém um integrante saiu após algumas aulas) da 2ª série do EM, ao longo de 10 semanas. Foi um grupo focal no sentido em que o professor se reuniu com um grupo de estudantes no intuito de pesquisar aspectos relacionados à aprendizagem, a partir da interação entres eles. De acordo com Powell e Single (1996, p. 449, apud LOPES, 2014, p. 483), "grupo focal é um conjunto de pessoas selecionadas e reunidas por pesquisadores para discutir e comentar um tema, que é o objeto de pesquisa, a partir de sua experiência pessoal". A transcrição dos áudios de 8 questões aplicadas nessas aulas remotas, somados

[6] Em 2018, 127 estudantes fizeram o pré-teste, e 118 fizeram o pós-teste. Em 2019, 66 fizeram o pré-teste, e 63 fizeram o pós-teste.

[7] https://www.physport.org/assessments/assessment.cfm?A=TUGK&S=4 . Último acesso em: 07/01/2022.

aos áudios de 2 questões trabalhadas por um grupo em 2019, estão presentes no capítulo 4.

A partir desses dados, é possível verificar a classificação das interações dos alunos, respondendo assim à segunda pergunta de pesquisa. Essa parte da investigação tem como base o trabalho de análise de conteúdo de Kaartinen e Kumpulainen (2002). A metodologia empregada pelos autores se enquadra nas cinco etapas de análise de conteúdo elencadas por Moraes (1999).

Ambas as referências supracitadas, fundamentais para parte da análise qualitativa desta tese, também são exploradas na seção 2.2.

Quanto à contribuição de cada membro do grupo no debate, as referências utilizadas para responder a essa pergunta foram o trabalho de Lämsä et al. (2018), presente no capítulo 2, dedicado à metodologia de pesquisa, que mediram o tempo de participação de cada aluno durante a resolução de questão e calcularam o impacto de cada fala no andamento da discussão, assim como três trabalhos de Mark C. James, discutidos na seção 1.5: James (2006), James, Barbieri e Garcia (2008) e James e Willoughby (2010). Os dois primeiros trabalhos de James são dedicados ao viés de conversação dos estudantes, reunidos em duplas, nas aulas com PI. Mostram também que contar o número de palavras ditas por cada um equivale a contagem de tempo.

Já James e Willoughby mapearam os tipos de conversas que surgem na etapa de interação, conversas dentro do padrão (*standard conversations*) e conversas fora do padrão (*nonstandard conversations*). Nas conversas dentro do padrão, os integrantes discutem aspectos de, no mínimo, uma das alternativas da questão, com argumentos baseados na ciência e, após a interação, assinalam individualmente as respostas que representam as ideias articuladas pelo aluno. As outras conversas, chamadas de fora do padrão, foram divididas pelos autores em 10 tipos, inseridos em 3 categorias distintas.

Nesse sentido, a resposta para a quarta pergunta de pesquisa visa identificar as interações que não estão de acordo com o esperado e categorizá-las. O tipo de conversa está relacionado à contribuição de cada estudante e, por isso, essa última referência foi utilizada para responder à 3ª e à 4ª perguntas de pesquisa. Foram identificadas também as *misconceptions* dos estudantes nas interpretações de gráficos, de modo a verificar se houve aprendizagem do membro que apresentou essa concepção alternativa e como se deu essa aprendizagem.

Detalhes referentes às aulas, perfil das turmas e ao emprego do PI estão presentes no capítulo 3, relatos de experiências, de modo que outros professores que se interessem pela aplicação da metodologia, possam reproduzi-la. Uma vez obtidas as respostas das duas primeiras perguntas, é possível comparar com os resultados apresentados na revisão bibliográfica e responder a última questão de pesquisa. Essas respostas às questões de pesquisa e as conclusões geradas são desenvolvidas nos capítulos de resultados e conclusões desta tese.

1. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

Esse capítulo da tese é dedicado à revisão bibliográfica do PI e o *modus operandi* da metodologia em si. Serão abordados a configuração original do PI, *i.e.*, seu algoritmo e o tempo estimado que o professor deve destinar para cada etapa, no momento de seu planejamento. Posteriormente, serão apresentados os primeiros resultados obtidos por Mazur, após os primeiros dez anos de pesquisa, e diversos outros trabalhos que vieram após essa publicação, com vieses de análises quantitativas e qualitativas. Em seguida, o leitor irá se deparar com três possíveis referenciais teóricos do PI. Ao final, a abordagem se faz em torno do uso da metodologia *Just-in-Time Teaching* (JiTT) que, aliada ao PI, possibilita potencializá-lo, além de um breve comentário de como o professor Mazur está aplicando o PI, três décadas após a sua concepção.

1.1. A criação do Peer Instruction

Em sua entrevista no *Youtube*[8] e em seu livro[9], o professor Mazur explica que desde 1984, quando começou a ensinar física introdutória na Universidade de Harvard, até 1990, a sua atuação em sala de aula era convencional, com aulas expositivas, acompanhadas de demonstrações. Ensinava como havia sido ensinado. Nessa época, se sentia satisfeito com a sua forma de ensinar, pois era um professor empolgado com as aulas ("eram verdadeiros shows de *Hollywood*") e os *feedbacks* dos alunos eram sempre positivos, com ótimos resultados nas difíceis avaliações que elaborava.

Ainda em seu livro (MAZUR, 2015, p.4), Mazur diz que o que realmente abriu seus olhos foi quando, no ano de 1990, se deparou com os artigos publicados entre os anos de 1985 e 1987 pelos professores do departamento de Física da Universidade Estadual do Arizona, Ibrahim Abou Halloun e David Hestenes (HALLOUN;

[8] https://www.youtube.com/watch?v=Z9orbxoRofI. Último acesso: 07/01/2022.

[9] Versão traduzida para o português da obra originalmente publicada sob o título *Peer Instruction: A User´s Manual.*

HESTENES, 1985 a), (HALLOUN; HESTENES, 1985 b) e (HALLOUN; HESTENES, 1987).

No artigo intitulado *The initial knowledge state of college physics students*, o mais citado dos três referenciados anteriormente, os autores aplicaram um teste com questões conceituais de mecânica em mais de 1000 alunos do curso de física básica da graduação, durante 3 anos. O objetivo inicial era identificar *misconceptions*, *i.e.*, concepções prévias que os alunos tinham. Posteriormente, após atualizarem os itens do teste, realizaram a sua validação e o utilizaram para medir o ganho normalizado médio de Hake dos estudantes após o semestre, em diferentes turmas, com diferentes professores. Para essa medida, aplicaram os testes no início do período (pré-teste) e após a sequência de aulas (pós-teste). Os resultados obtidos se encontram na tabela 1 a seguir.

Tabela 1 - Percentual de acertos dos estudantes antes e depois do semestre. Na última coluna estão os ganhos absolutos de cada turma, todas com um professor diferente.

Professor	Pré-teste (%)	Pós-teste (%)	Ganho (%)
A	51	65	13
B	51	64	13
C	50	64	13
D	53	64	11

Fonte: Halloun e Hestenes, 1985 a, adaptado pelo autor.

Os pesquisadores aplicaram esse mesmo teste também, porém em escala menor (80 alunos), em duas turmas, ambas com o mesmo professor, em um ensino médio da região, com resultados similares aos apresentados acima.

No segundo trabalho, publicado na mesma edição que o artigo anterior, na revista *American Journal of Physics*, trataram de destrinchar as respostas dos estudantes, item por item, expondo as concepções comuns dos estudantes (senso comum) sobre mecânica, complementando o trabalho realizado pelo professor John Clement (CLEMENT, 1982), que já apresentava as visões alternativas dos estudantes na relação entre as grandezas força e aceleração.

Na terceira publicação da dupla analisada por Mazur, os pesquisadores apresentaram a sua primeira tentativa de remodelar o ensino de mecânica, desenvolvendo um novo método de ensino baseado na resolução de problemas que envolviam paradigmas (*The Method of Paradigm Problems*). Neste trabalho, Halloun e Hestenes

tecem críticas ao ensino focado em resolução de exercícios a partir de aplicações de fórmulas. Ao invés de recitar equações da mecânica newtoniana e resolver exercícios, o professor elaboraria um *set* de questões conflitantes com o senso comum (*misconceptions*) e fazia uso da estratégia dialética de ensino. Cada questão demoraria não menos que 20 minutos para ser analisada e desenvolvida a partir da interação entre o professor e os estudantes. Assim, o professor iria modelando a teoria com os estudantes.

Com os resultados obtidos no primeiro trabalho, expostos na tabela 1, e após analisar as respostas de cada item, os autores concluíram que, independentemente do professor, os ganhos absolutos se mostraram equivalentes nas aulas expositivas.

O professor Mazur, no primeiro momento, não acreditou na conclusão deste trabalho. "Quando li isso, a minha primeira reação foi: Não com os meus alunos...!". Naturalmente, como professor pesquisador, resolveu aplicar o mesmo teste conceitual em seus alunos. Eis que, durante a aplicação, uma estudante perguntou "Professor Mazur, como devo responder a essas questões? De acordo com o que o senhor ensinou ou conforme o meu jeito de pensar?" Essa frase foi um alerta para o que o professor iria descobrir. Os trechos destacados estão presentes no primeiro capítulo de seu livro (Mazur, 2015, p. 4), onde relata esse primeiro contato com os trabalhos de Halloun e Hestenes, e aplicação do teste.

O resultado dessa aplicação, para a surpresa de Mazur, corroborou com a pesquisa feita pelos professores do Arizona. Após essa primeira investigação, o professor buscou entender o porquê seus alunos tiveram um baixo desempenho nesse teste, que é aparentemente mais fácil que as suas avaliações. Com esse objetivo, decidiu colocar uma questão qualitativa e uma quantitativa, ambas discursivas e abordando o mesmo assunto, no exame de meio período em uma turma do primeiro semestre de 1991. Para resolver a questão qualitativa, era necessário apenas um conhecimento básico de circuitos e, mesmo assim, ao escore médio dos alunos nessa questão foi de 4,9, contra 6,9 na questão quantitativa, que exigia a aplicação da 1ª lei de Ohm (MAZUR, 2015, p. 5-7).

Seus alunos obtiveram boas notas em suas avaliações porque as questões ali presentes eram similares às resolvidas em sala e as diversas que seus alunos faziam exaustivamente antes das provas. O processo era de memorização, sem ocorrer uma compreensão esperada dos fenômenos trabalhados em sala[10]. Esses bons resultados em

[10] https://www.youtube.com/watch?v=Z9orbxoRofI. Último acesso em: 16/12/2020.

provas são capazes de enganar os professores, no sentido de achar que estão realizando um bom trabalho (MAZUR, 2015, p. 6).

Essa constatação subjetiva do professor Mazur foi corroborada pela pesquisa da dupla Halloun e Hestenes (HALLOUN; HESTENES, 1985 a), e ganhou força após a publicação de Richard Hake (HAKE, 1998). Em seu trabalho, Hake coletou dados de mais de 6 mil estudantes, e pode comprovar que os ganhos normalizados médios com aulas ativas[11] são superiores aos obtidos com aulas expositivas e monológicas. Essa importante pesquisa será abordada posteriormente, ainda neste capítulo, com maiores detalhes. Como Mazur pode constatar, ser um professor animado, capaz de capturar a atenção de seus alunos e receber ótimos *feedbacks* não necessariamente implica que tenha ocorrido compreensão da física abordada em sala. Eles podem ter simplesmente memorizado receitas de resolver exercícios (MAZUR, 2015, p. 6).

Era óbvio que resolver mais problemas matemáticos em sala não melhoraria esse diagnóstico. Mazur, então, resolveu trabalhar questões conceituais nas suas aulas, sendo que não colocava as questões para os estudantes e as resolvia imediatamente. Após propor uma questão, esperava um minuto para que os alunos tentassem respondê-la. Em um determinado momento, após tentar explicar uma questão que havia proposto, percebeu que seus alunos ficaram ainda mais confusos. Como a metade deles havia acertado, pediu para que se agrupassem, de modo que quem acertou pudesse explicar a questão para o colega. O que o professor Mazur descobriu, a partir desse momento, é que o aluno que acabara que aprender o assunto da aula, r*ecent learner*, conseguia explicar ao seu colega de uma maneira mais eficiente que ele mesmo, o professor. Para Mazur, uma provável explicação para isso é que um *recent learner* ainda sabe das dificuldades de se aprender o assunto, porque acabou de aprender. É tão recente que consegue identificar onde seu colega está encontrando barreiras e transpô-las. O professor aprendeu o conteúdo há tanto tempo que está sedimentado de tal forma se torna muito mais difícil de enxergar as dificuldades que um aluno pode ter para aprendê-lo. Somado a esse fator, a linguagem usada por um colega, pela similaridade, pode ser, muitas vezes, mais acessível que a do

[11]Denominadas de *Interactive-engagement (IE) methods*, que são metodologias desenvolvidas para promover compreensão conceitual através de um engajamento interativo dos estudantes, gerando *feedback* imediato, seja por discussão entre pares ou com o professor. Para medir o ganho de aprendizagem (ganho de aprendizagem de Hake), o professor utilizou os resultados do pré-teste e do pós-teste.

professor, facilitando a aprendizagem (MAZUR, 2015, p.13 e https://www.youtube.com/watch?v=Z9orbxoRofI&t=11s) .

Vale a pena ressaltar que Mazur é físico de formação e lidera, atualmente, um programa de pesquisa em física óptica. Ele percebeu que um colega poderia explicar para outro de maneira melhor que ele mesmo e resolveu explorar essa observação. Notou também a importância de propor questões conceituais e deixar o aluno tentar respondê-las. Mais importante ainda, passou a obter as respostas dos estudantes quando respondiam individualmente e após a discussão entre seus pares. Fez sua condição de pesquisador e usou as suas aulas como um laboratório de ensino. Todas essas observações realizadas após as implementações de cada etapa fizeram com que fosse desenvolvida, durante a década de 90, a metodologia *Peer Instruction* (PI), replicada em diversos ambientes educacionais no mundo todo, com dezenas de milhares de artigos publicados.

1.2. O Algoritmo por trás do *Peer Instruction*

O professor que sempre trabalhou somente com aulas expositivas e percebe nas metodologias ativas uma possibilidade de melhorar a aprendizagem dos seus estudantes, pode encontrar no PI um caminho mais fácil para essa mudança. O PI é uma das metodologias ativas mais simples de serem aplicadas e, provavelmente, esse é um dos motivos pelos quais se deram a sua popularização. Porém esse benefício da simplicidade traz consigo o fato de o PI ser uma metodologia que combina aprendizagem receptiva com ativa, com exposição de conteúdo e interação entre pares.

Por se tratar de uma metodologia ativa, os estudantes passam a ter uma parcela maior de responsabilidade no processo de sua aprendizagem. Dessa observação, tem-se que, por um lado, a aula se torna mais dinâmica, com os alunos trocando informação entre si, um colaborando com o outro, se comportando de maneira ativa em sala de aula, ao invés de simplesmente ficarem imóveis, ouvindo o professor. Por outro, se os alunos não entendem seus papéis e, ao invés de discutirem sobre a matéria, usam o momento de troca para discutir outro assunto qualquer, o objetivo não será alcançado. Para o PI funcionar, assim como outras metodologias, além de o professor conhecer bem seu *modus operandi*,

deve se certificar de aplicar certos protocolos que, no ensino médio, se fazem mais necessários que no ensino superior, afinal, trabalhar com estudantes de física, matemática ou de engenharia é bem diferente de estar na realidade do ensino médio, por diversos fatores. Esses protocolos também serão esmiuçados após o algoritmo do PI.

Fazendo uso do PI, o professor não irá dividir seu tempo de aula em momento de explicação de teoria, mostrando detalhes presentes no livro texto, e, depois, resolvendo alguns exemplos de aplicações do assunto no quadro, para os alunos olharem, que é o que geralmente ocorre nas aulas de física expositivas e monológicas. No PI, o professor fará uma breve explicação sobre um determinado assunto e, em seguida, irá propor uma questão conceitual. A aula, ao invés de ser uma grande explicação teórica seguida de exercícios, se torna uma sucessão de curtas apresentações acompanhada de uma questão conceitual que aborde o tema. Os alunos respondem individualmente a questão proposta. Se o percentual de acertos for superior a 70%, o professor explica a questão e segue para a próxima apresentação. Se a percentagem de acertos for inferior a 30%, o professor volta à etapa da apresentação teórica, apresentando mais detalhes e observações. Após essa segunda exposição do assunto, o professor irá propor uma nova questão conceitual.

E em que momento os estudantes interagem entre si? Quando o percentual de respostas corretas estiver entre 30% e 70%, que é onde se encontram a maioria das questões empregadas nessa metodologia. O professor deve elaborar questões visando essa região, para que, durante a aula, os alunos possam aprender com os colegas (*recent learners*). A figura 2 mostra o algoritmo do PI sob um olhar mais geral.

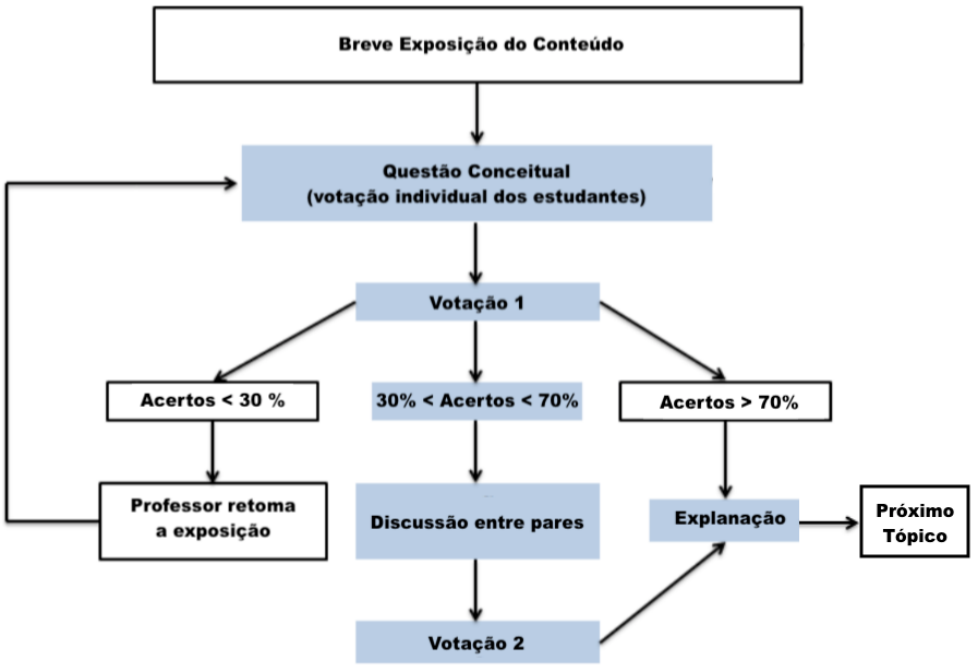


Figura 2 - Processo de aplicação da metodologia de aprendizagem ativa Peer Instruction.
Fonte: Adaptação feita pelo autor de Lasry, Mazur, Watkins (2008, p. 1067).

No trabalho de Lasry, Mazur, Watkins (2008), os autores entendem que há uma flexibilidade em relação ao percentual de acertos, a depender do contexto. Se, por exemplo, 33% dos estudantes acertarem determinado item, o professor tem a autonomia para retomar a explicação, ao invés de seguir com a discussão entre pares. Muller et al. (2012) publicaram um relato de aplicação do PI no ensino médio, com uma série de detalhes em cada etapa. Os autores adotaram o intervalo 35% - 70% para a discussão entre os pares. Intervalo esse adotado por Crouch, Mazur (2001) no trabalho que mostrou ao mundo os dez anos de resultados de aplicações do PI.

Em relação à discussão entre pares, a literatura indica um intervalo de 2 a 5 estudantes por grupo, a depender do quantitativo e perfil da turma. No trabalho publicado por Giuliodori, Lujan e DiCarlo (2006), os grupos continham de 2 a 3 integrantes. Já Araújo e Mazur (2013) recomendam de 2 a 5. Em uma pesquisa feita em quatro turmas com 110 estudantes cada, na Universidade Normal de Beijing, Zhang, Ding e Mazur (2017) dividiram os alunos em grupo de 3 a 4 membros.

Uma vez compreendido o diagrama do PI e, assim, o seu funcionamento geral, o professor deve conhecer o intervalo de tempo médio esperado para cada etapa. Em se

tratando da etapa inicial, onde é realizada uma breve exposição oral sobre o tema, o tempo estimado é entre 7 e 10 minutos segundo Mazur (2015, p. 27). Já Araújo e Mazur (2013) afirmam que essa parte inicial tem 15 minutos de duração. Os trabalhos de Muller et al. (2012) e Muller et al. (2017), por sua vez, apontam 20 minutos. Pode-se notar que o tempo de cada etapa depende de vários fatores, como: público-alvo, estrutura local, a prática que o docente tem com a aplicação da metodologia, engajamento da turma e o fato de os estudantes já estarem ou não familiarizados com o PI.

Conforme o professor for desenvolvendo as suas atividades com as suas turmas, saberá estimar com maior acurácia o tempo de cada etapa. O quadro 1 a seguir mostra o tempo médio esperado em cada momento do PI, segundo as referências citadas nesse parágrafo, bem como o trabalho de Crouch, Mazur (2001) citado anteriormente.

Quadro 1 - Intervalo de tempo estimado de duração para cada etapa do PI.

Etapas	Tempo (minutos)
Exposição oral	7 - 20
Exposição da questão + Leitura e votação individual	1 - 3
discussão entre pares	2 - 5
explanação	2

Fonte: Elaborado pelo autor.

Baseando-se nos valores presentes no quadro 1, cada tópico a ser trabalhado em sala tem uma duração entre 12 e 30 minutos, sendo que esse tempo não leva em consideração a possibilidade de o percentual de acertos ser inferior a 30% - 35%. Nesse cenário, o professor deve voltar à explicação e apresentar uma nova questão para votação, podendo entrar em PI ou não.

Além de saber quanto tempo irá durar cada bloco de sua aula, outra preocupação do professor deve ser em relação às tais questões conceituais. Grande parte dos professores que atuam na educação básica, tanto na esfera pública quanto na privada, têm dezenas de turmas e, consequentemente, um volume enorme de aulas semanais. Esse excesso de trabalho desmotiva o profissional a sair da sua zona de conforto. Logo, a tarefa de criar questões conceituais pode ser quase intangível. A elaboração desse tipo de

questão requer tempo, no sentido que o docente deve explorar as *misconceptions* envolvendo o tema a ser abordado, de modo que a questão entre no *range* das discussões entre pares. E seu enunciado deve ser claro, sem causar dúvidas quanto à interpretação ou abrir possibilidades de respostas variadas. Para o PI ser eficaz, as questões conceituais devem ser *research-based questions*, *i.e.*, questões validadas através de pesquisas.

Eis que o PI possui mais uma vantagem em termos de praticidade para os professores que estão começando a lecionar usando metodologias ativas. Por ser uma metodologia exaustivamente aplicada no mundo todo, existem diversos testes conceituais disponíveis para serem usados. Então, se o professor preferir, não precisa criar questões inéditas. Pode simplesmente selecionar questões conceituais presentes nesses testes. No próprio artigo do Halloun e Hestenes citado no início desse capítulo (HALLOUN; HESTENES, 1985 a), os autores expuseram, ao final, o teste de mecânica que eles aplicaram nos estudantes. Há outros também, como o usado nesta tese para objetivos de análises, o TUG-K (*Test of Understanding Graphs in Kinematics*)[12] e o teste que o professor Mazur usou para medir os ganhos normalizados médios de Hake de seus estudantes ao longo dos anos 90, o FCI (*Force Concept Inventory*)[13]. Na versão brasileira do seu livro mais recente, o professor Mazur (2015) apresenta ao leitor uma verdadeira coleção de testes conceituais, englobando praticamente todos o currículo do ensino médio, todos em português, incluindo o FCI, traduzido como "Inventário sobre o Conceito de Força" (ICF), elaborado originalmente por Hestenes, Malcolm e Swackhamer (1992). O *site* https://www.physport.org/assessments/ conta com 95 testes voltados para a educação básica e para o ensino superior. Além de testes conceituais validados de física, existem testes que cobrem diversos assuntos de química, biologia e matemática, como os expostos no endereço eletrônico da Universidade de Pittsburgh[14].

Por mais que todos esses testes sejam validados, toda validação é realizada em um contexto. Um teste validado em estudantes universitários de um curso de engenharia pode não funcionar no Ensino de Jovens e Adultos (EJA), por exemplo. Se o professor quiser aplicar o teste na íntegra, antes e depois de uma sequência didática, para avaliar a aprendizagem de seus estudantes, deve validá-lo, caso o mesmo não tenha sido validado

[12] https://www.physport.org/assessments/assessment.cfm?I=6&A=TUGK. Último acesso: 12/01/2022.
[13] https://www.physport.org/assessments/assessment.cfm?I=5&A=FCI. Último acesso: 12/01/2022.
[14] http://dbserc.pitt.edu/Assessment-General-Information. Último acesso: 12/01/2022.

no contexto da aplicação. Mas o professor pode pinçar questões desses testes e usá-las em suas aulas. Como são vários testes, existem diversas questões disponíveis dos mais variados assuntos.

Fica aqui uma observação: Esses testes são usados no mundo todo e, para continuarem válidos, ajudando milhares de professores e estudantes, deve-se tomar precauções durante suas aplicações, seja do teste inteiro ou de alguns de seus itens. Até mesmo para se certificar que as votações correspondem aos pensamentos de seus alunos. O professor deve, portanto, se certificar que os estudantes não tirarão fotos das questões e/ou farão uso de celulares durante as aplicações, evitando uma possível propagação dos testes na *internet*, em busca por respostas.

A facilidade de se encontrar questões conceituais reduz algumas limitações relativas ao tempo de preparação das aulas pelos docentes. Porém, como expor essas questões para que os alunos as respondam? Como saber quais são as respostas dos estudantes logo de imediato, minutos após a proposição da questão?

1.3. Fazendo uso da tecnologia para auxiliar o PI

O endereço eletrônico https://peerinstruction.wordpress.com/2013/01/15/quick-start-guide-to-flipping-your-classroom-with-peer-instruction/ oferece um guia de como dar uma aula com PI. Esse endereço eletrônico faz parte do *New Quick Start Guide on Peer Instruction* (Novo guia rápido sobre Peer Instruction – tradução feita pelo autor), que está inserido no *site* do grupo de pesquisa do professor Mazur, https://mazur.harvard.edu/. Esse guia é elaborado pela professora da Universidade do Texas, Julie Schell, que também faz parte do grupo de pesquisa do professor Mazur. Além de apresentar algumas dicas aos professores, mostra alguns métodos para obter o feedback instantâneo das respostas dos estudantes. Uma opção, que Mazur usa frequentemente em seus vídeos[15] fazendo aplicação do PI, é o *clickers*, um sistema eletrônico sem fio de votação. Já outras opções apresentadas são: os estudantes

[15] https://www.youtube.com/watch?v=wont2v_LZ1E, por exemplo. Último acesso: 12/01/2022.

levantarem a mão e, com os dedos, apontarem a respostas (1 = A, 2 = B, 3 = C e 4 = D), ou fazer o uso de *flashcards*, onde o professor entregaria aos seus alunos cartelas coloridas impressas, onde cada cor corresponde a uma opção, como mostra a figura 3.



Figura 3 - A cartela da figura é um *flashcard*, e pode ser usado como sistema de votação no PI. Fonte: https://peerinstruction.files.wordpress.com/2012/04/screen-shot-2012-04-06-at-1-03-22-pm.png. Último acesso: 12/01/2022.

Em sua pesquisa para investigar se o uso de *clickers* traria alguma vantagem em termos de aprendizagem, Lasry (2008) usou *flashcard* durante suas aplicações de PI em uma turma em, na outra, usou *clickers*, e observou que os ganhos normalizados médios de Hake são os mesmos. Esse resultado é importante porque na absoluta maioria das instituições de ensino é financeiramente inviável adquirir os *clickers* para que os professores possam usar em suas aulas[16].

Oferecendo uma alternativa, diversos trabalhos como (ARAÚJO et al., 2017) e (SILVA; SALES; CASTRO, 2018) mostram o uso de *plickers*[17] para obter o feedback dos estudantes. Os *plickers* são cartões interativos impressos, com *QR codes* e, por esse motivo, apresentam enorme vantagem em relação aos *flashcards*. A figura 4 mostra exemplos de dois desses cartões interativos.

[16] A aquisição de 2 *sets* (compra mínima) é de $1500,00, valor próximo a R$9000,00, com a cotação atual, descontando frete. Cada *set* é composto de 1 receptor e 30 *clickers*. https://www.alibaba.com/product-detail/Digital-Wireless-Technology-Instant-Student-Feedback_62474686133.html?spm=a2700.galleryofferlist.normal_offer.d_title.7bb13102T5WncJ&s=p. Último acesso: 12/01/2022.

[17] https://get.plickers.com/ . Último acesso: 12/01/2022.

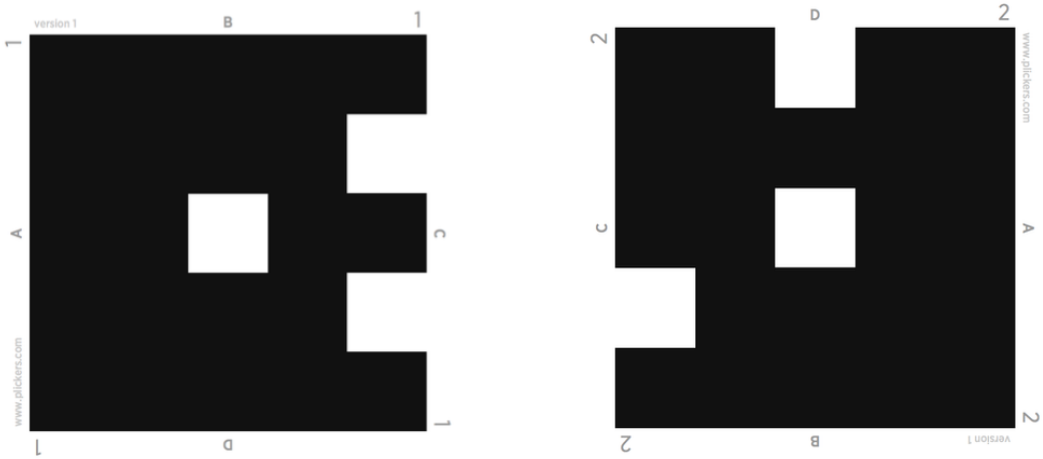


Figura 4 - Exemplos de dois cartões interativos. Fonte: https://assets.plickers.com/plickers-cards/PlickersCards_2up.pdf. Adaptado pelo autor.

O *site* oferece, na sua versão gratuita, até 40 cartões. Todos diferentes entre si, reduzindo as possibilidades de um aluno ver rapidamente a resposta de uma colega ao seu lado e, por insegurança, copie-a. Ao posicionar a letra B para cima, *e.g.*, o aluno entende que essa é a resposta correta.

Diferentemente dos *flashcards*, o professor não precisa perder tempo contando manualmente as respostas dos estudantes e fazer uma estimativa de como as votações foram divididas. Basta baixar em seu celular o aplicativo *Plickers* no *smartphone* e apertar o botão para acessar a câmera do celular. Só de o professor apontar continuamente o celular para a turma, o programa irá capturar a imagem dos cartões interativos, informando, instantaneamente, o percentual de acertos da turma. Simples e prático. Se o professor quiser, pode ver as respostas de cada aluno individualmente.

A figura 5 mostra um feedback dos estudantes após a aplicação de uma questão feita pelo ator em uma turma de 2ª série do ensino médio.

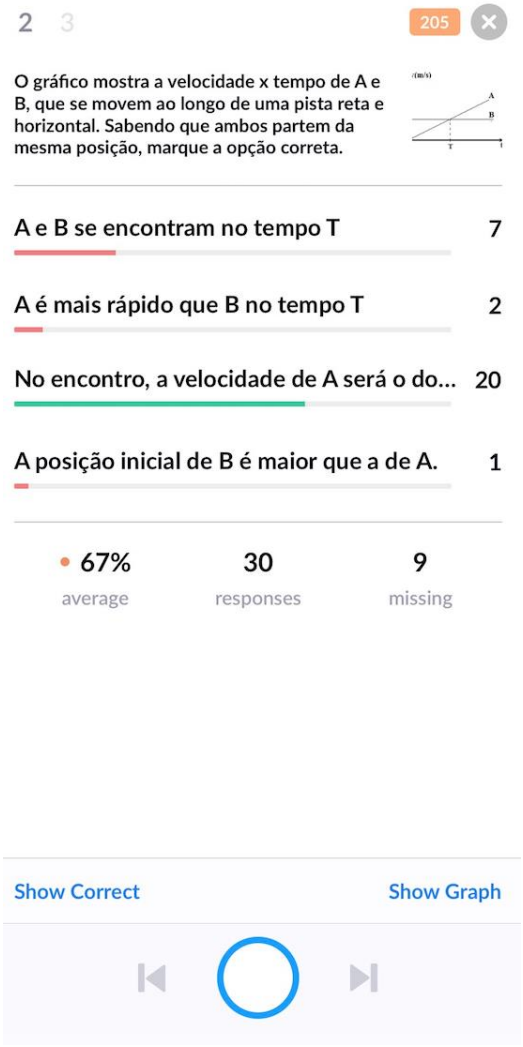


Figura 5 - No site do *Plickers*, o professor elabora as questões a serem trabalhadas, como a apresentada aqui. Perceba que dos 39 estudantes, 30 estavam presentes. O percentual de acertos da turma foi de 67%. Ao apertar o círculo no centro inferior da figura, o *app* usa a câmera para captar os *QR codes*. O número no canto superior direito é o número da turma, 205. Fonte: O autor.

Todas as aplicações de PI realizadas pelo autor deste trabalho se utilizaram da versão gratuita do *Plickers*. Após impressos, os cartões foram plastificados, para maior durabilidade. As principais limitações da versão gratuita são: i) cada *set* pode conter, no máximo, 5 questões; ii) são oferecidos até 40 cartões diferentes para o professor. Todas essas delimitações supriram as necessidades dessa pesquisa e, muito provavelmente, são capazes de atender a diversos professores.

Em relação à exposição das questões aos estudantes, a estrutura da instituição de ensino influencia no tempo dessa etapa e, consequentemente, no dinamismo da aula. Uma

sala que possui um projetor fixo conectado a um computador ligado ao lado do professor, oferece vantagem em relação ao uso do *Data Show* (projetor multimídia móvel), no que diz respeito à praticidade, por exemplo. Existem algumas poucas instituições que contam com lousa digital em sala, que também é excelente para o PI.

Assim como a coleta das votações, a exposição das questões apresenta opções com maiores ou menores recursos tecnológicos e, até mesmo, alternativas que não fazem uso nenhum de tecnologia. A tecnologia auxilia a metodologia, mas não é um fator imprescindível para a sua aplicação. Caso não haja projetores, o professor pode escrever a questão no quadro, por exemplo[18].

Em se tratando do leque de aulas ativas e, mais especificamente, do PI, a tecnologia não é a solução para a melhora no processo de ensino-aprendizagem, mas sim um facilitador do mesmo. Uma aula expositiva e monológica, seja no quadro (sem recursos tecnológicos) seja com leitura de slides, com *Data Show*, não proporciona engajamento dos estudantes e, portanto, oferece aos alunos os mesmos resultados em termos de aprendizagem. Uma aula expositiva no *Youtube*, filmada em 4K, com professor fantasiado, cantando, e fazendo uso de animações e outros recursos é metodologicamente igual à aula expositiva presencial.

1.4. Os resultados obtidos pelo professor Mazur após uma década de aplicação do PI (e outros diversos)

No ano de 1990, o professor Mazur iniciou a sua pesquisa a fim de calcular os ganhos normalizados médios de Hake de seus estudantes e verificar se havia diferença significativa entre as duas estratégias de ensino. Nesse mesmo ano, os passos iniciais de sua pesquisa foram:

[18] Uma aluna de mestrado do PPCET - CEFET/RJ que fazia parte do grupo de pesquisa de metodologias ativas, professora do 2º segmento do Ensino Fundamental de uma escola pública, levava cartolinas com as questões que iria trabalhar em sala, devido à falta de recursos tecnológicos, que é uma realidade em diversas escolas do nosso país.

- Verificar o conhecimento prévio de seus estudantes;
- trabalhar ao longo do semestre como sempre fez em anos anteriores, com as suas aulas expositivas;
- verificar o conhecimento de seus estudantes após sequência de aulas;
- fazer a análise quantitativa da aprendizagem de seus estudantes, através do cálculo do ganho normalizado médio de Hake.

O mesmo rito foi aplicado em 1999. Nos outros anos (1991, 1993-1998 e 2000), ao invés de aulas expositivas (*lectures*), usou o PI. No total, foram 2 anos de aulas expositivas e 8 anos de implementação, melhorias e verificações dessa até então, nova metodologia, somando 10 anos de experiência e resultados, tradução feita pelo autor do título trabalho publicado por Crouch e Mazur (2001), *Ten years of experience and results*, revelando todos esses dados.

Para verificar os conhecimentos prévios de seus alunos do curso de introdução à física, Mazur aplicou o FCI no início do semestre (pré-teste), desde 1991 até 2000, exceto em 1992. Nesse ano, Mazur se afastou do trabalho (ano sabático). Ao longo dessa década, Mazur lecionou em turmas de dois cursos diferentes: curso baseado em cálculo (1990-1991,1993-1997) e curso baseado em álgebra (1998-2000). Durante todos esses anos, os resultados dos pré-testes foram estatisticamente os mesmos em cada curso.

Em 1990, porém, não houve aplicação de pré-teste. Como o mesmo teste foi aplicado entre 1991 e 1994, sem variações estatísticas significativas, usou a média dos resultados como valor de pré-teste em 1990, para conseguir avaliar os estudantes nesse ano. A partir de 1995, o teste usado foi uma versão revisada e atualizada do FCI, FCI v95, que é última versão do teste até hoje. O teste conta com 30 questões objetivas e está disponível tanto no endereço eletrônico mencionado na seção 1.2. dessa Tese quanto no livro do professor Mazur (MAZUR, 2015). Os resultados obtidos entre 1995 e 1997 com a aplicação dessa nova versão foram estatisticamente similares ao período anterior.

Entre 1998 e 2000, o professor Mazur lecionou esse mesmo curso de física introdutória para alunos de outra graduação. As aulas faziam uso de álgebra, com muito pouco cálculo envolvido. Em 1999, voltou às aulas magistrais, baseadas na exposição de conteúdo e, nesse ano, não aplicou o pré-teste, usando para medidas de ganhos

normalizados médios de Hake, a médias dos valores de 1998 e 2000, cujos resultados do FCI na etapa inicial foram estatisticamente iguais.

De 1990 até 1997 (exceto 1992), no curso de física fazendo uso de cálculo, após os dois primeiros meses de aulas, os estudantes eram convidados a refazer o FCI (etapa pós-teste). Em 1998 e 1999, o pós-teste foi administrado após o término do semestre. No último ano da pesquisa, voltou a ser aplicado após no mesmo momento que os sete primeiros pós-testes. Na semana antecedente ao exame final de cada semestre (1990-1991, 1993-1998, 2000), após o fim do curso completo de mecânica, era aplicado também o MBT (*Mechanics Baseline Test),* em português, teste de linha de base para mecânica. Esse teste, elaborado por Hestenes e Wells (1992), diferentemente do FCI, apresenta algumas questões quantitativas, envolvendo cálculo de força, aceleração e velocidade, por exemplo. O escore médio desse teste, nos Estados Unidos, é 15% abaixo do FCI (MAZUR, 2015, p. 61). O MBT original pode ser encontrado no artigo dos autores. Essa versão encontra-se traduzida em português, na íntegra, no livro do Mazur (MAZUR, 2015), assim como o FCI v95. Sua última versão, publicada em 1996, está disponível no endereço eletrônico https://www.physport.org/assessments/assessment.cfm?I=12&A=MBT.

Mazur utilizou o ganho normalizado médio de Hake $\langle g \rangle$, ou simplesmente ganho de Hake, para comparar seus cursos sem aplicação do PI com os cursos em que aplicou a metodologia de maneira sistemática. Hake (1998) definiu o ganho normalizado médio para um como a razão entre o ganho médio real $\langle G \rangle$ e o ganho médio máximo possível $\langle G_{max} \rangle$:

$$\langle g \rangle = \frac{\%\langle G \rangle}{\%\langle G_{max} \rangle} = \left(\frac{\%\langle pós \rangle - \%\langle pré \rangle}{100 - \%\langle pré \rangle} \right) \qquad (1)$$

O ganho normalizado médio de Hake não se configura como um parâmetro estatístico e, nas palavras do próprio autor, “é uma medida grosseira da efetividade média de um curso em promover compreensão conceitual” (HAKE, 1998, p. 64).

A tabela 2 expõe alguns dos principais resultados obtidos por Mazur nesses dez anos de pesquisa, como os percentuais de acertos nas etapas pré-teste e pós-teste, o ganho absoluto e o ganho normalizado médio.

Tabela 2 - Pode-se observar os resultados gerais obtidos em 10 anos de pesquisa. Para cada ano, tem-se a metodologia aplicada, os percentuais de acertos no FCI, antes e depois das aulas, bem como os ganhos absolutos e normalizados médios. A última coluna mostra o número de estudantes envolvidos na pesquisa em cada ano.

Ano	Metodologia	% pré	% pós	ganho absoluto (% pós - % pré)	ganho normalizado <g>	N
1990	Tradicional	70	78	8	0,25	121
1991	PI	71	85	14	0,49	177
1993	PI	70	86	16	0,55	158
1994	PI	70	88	18	0,59	216
1995	PI	67	88	21	0,64	181
1996	PI	67	89	22	0,68	153
1997	PI	67	92	25	0,74	117
1998	PI	50	83	33	0,65	246
1999	Tradicional	48	69	21	0,4	129
2000	PI	47	80	33	0,63	126

Fonte: Crouch e Mazur, 2001, adaptado pelo autor.

O que Mazur intitula metodologia ou método tradicional são os cursos em que suas aulas foram expositivas e monológicas (*lectures*), sem o uso do PI. Importante salientar que "ensino tradicional" não é sinônimo de aula expositiva, uma vez que o primeiro termo se refere a uma concepção de ensino, enquanto o último, este sim é um método de ensino. Outros trabalhos trazidos para discussão nesta tese também utilizaram as expressões "aula tradicional" ou "método tradicional" em contraste às aulas ativas. Os termos originais foram mantidos, mas a ressalva segue a mesma para todos esses trabalhos.

Hake (1998) mediu o ganho normalizado médio em 62 cursos introdutórios de física. Participaram dessa pesquisa 6542 estudantes ao todo, formando uma ótima base de dados. Desses, 2084 tiveram aulas sem metodologias ativas, enquanto 4458 foram submetidos a aulas ativas, com maiores níveis de engajamento-interação (EI) entre os estudantes. Os testes usados também foram o FCI e o MBT. Seus resultados estão na tabela 3.

Tabela 3 - Os ganhos normalizados médios dos estudantes com aulas sem metodologias ativas se mostraram bem abaixo do obtido com aulas ativas. A última coluna mostra o número de estudantes que tiveram aulas sem metodologias ativas e com metodologias ativas, respectivamente.

Nível de EI	Ganho normalizado <g>	N
baixo/nulo	$0{,}23 \pm 0{,}04$	2084
substancial	$0{,}48 \pm 0{,}14$	4458

Fonte: Hake (1998), adaptado pelo autor.

De todos esses estudantes, 1113 estavam cursando o ensino médio e, os demais, ensino superior (*college* ou universidade). Pesquisas nessa mesma linha, com proporções menores, feitas aqui no Brasil, como as realizadas por Barros et al. (2004), Goya e Laburú (2014) e Quibao et al. (2019), obtiveram resultados similares aos de Richard Hake. Esta última referência, inclusive, além de ser bem recente, é a maior em termos de quantitativos de alunos e turmas no Brasil até então. Todas as três foram aplicadas em universitários durante o curso de Física I. A tabela 4 sintetiza os principais resultados obtidos em cada uma dessas pesquisas. Para maiores detalhes, como teste utilizado, metodologias ativas empregadas, quantitativo de estudantes e tempo de aplicação, por exemplo, o leitor pode recorrer às referências.

Tabela 4 - Valores obtidos de ganhos de Hake em aulas sem o uso de metodologias ativas, em comparação com aulas ativas em três pesquisas nacionais.

Trabalho	< g > sem metodologias ativas	< g > com metodologias ativas
Barros et al. (2004)	0,17	0,36
Goya Laburú (2014)	0,23	0,32
Quibao et al. (2019)	0,19	0,38

Fonte: Elaborado pelo autor.

No trabalho de revisão de literatura envolvendo o uso de PI em diferentes níveis educacionais, Muller et al. (2017) mostram outras pesquisas que usam o ganho de Hake para análise quantitativa e, em todas, há diferenças de ganhos quando comparados aulas

sem e com a aplicação de metodologias ativas. Em algumas, as discrepâncias são maiores que as apresentadas na tabela 4. A partir desses diferentes trabalhos, é feita a seguinte classificação de ganhos normalizados médios de Hake, exposta no quadro 2.

Quadro 2 - Turmas com < g > abaixo de 0,3 podem indicar baixo ganho de aprendizagem. Já valores na faixa de 0,3 a 0,7 indicam ganhos moderados e, acima de 0,7, altos ganhos normalizados médios.

Ganho normalizado de Hake	< g >
baixo	< 0,3
moderado	0,3 - 0,7
alto	> 0,7

Fonte: Elaborado pelo autor.

Importante observar que Mazur se preocupou em medir os ganhos absolutos. Dependendo do contexto, observar somente o ganho normalizado pode não revelar o resultado quantitativo da turma, uma vez que, voltando à equação 1, é possível observar que, para valores pequenos de pré-teste, o ganho normalizado médio de Hake tende a ser baixo. As duas medidas combinadas podem traduzir, de maneira mais fiel, o resultado realizado.

Nas pesquisas aqui apresentadas, observando os valores medidos dos ganhos de Hake em diferentes realidades, por vários professores, é possível concluir que os cursos com metodologias ativas proporcionaram maiores ganhos em comparação aos cursos com aulas expositivas e monológicas. Os resultados mostram que, nas aulas expositivas, os ganhos costumam ser baixos, ao passo que, nas aulas ativas, os ganhos são moderados a altos.

Ao retornar à tabela 2 e analisar os resultados de Mazur, nota-se que, em 1990, com aulas tradicionais, o ganho não normalizado (absoluto) foi 8%, bem abaixo de todos os outros de 1991 até 1997, cujas aulas nesse curso foram baseadas na interação entre os colegas. Nos últimos três anos, no curso baseado em álgebra, a situação é similar. No ano cujas aulas foram expositivas e monológicas, 1999, o ganho absoluto foi inferior aos

demais. Em adição, os menores ganhos normalizados médios são justamente nos anos sem a aplicação do PI.

Para mais comparações entre ganhos normalizados médios de Hake, Vieira (2014, p. 40) apresenta um quadro com o resultado de 13 pesquisas que mediram o ganho de Hake em turmas tradicionais (termo utilizado pelo autor) e em turmas experimentais (aulas com a metodologia PI). Em todas, o ganho foi maior com PI.

Além dos resultados gerais referentes ao ganho de Hake, Mazur apresenta outro dado interessante no que diz respeito às aplicações das questões conceituais em sala. A figura 6, a seguir, refere-se ao comportamento dos estudantes no ano de 1997, quanto às votações de todas as questões conceituais aplicadas em sala.

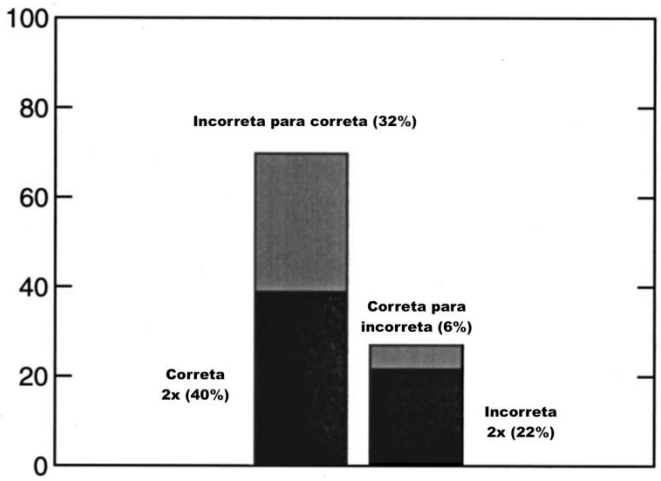


Figura 6 - Votação dos alunos no semestre de 1997. 40% acertaram na 1ª votação e mantiverem seu voto após a interação com os colegas. 32% erraram a 1ª votação, mas após interação, acertaram a questão. 22% erraram a resposta nas duas votações e apenas 6% trocaram o gabarito por uma opção incorreta (CROUCH; MAZUR, 2001). Adaptação feita pelo autor.

O número de estudantes que, após a interação, abandona a marcação errada e acerta a questão é bem superior ao quantitativo que faz o inverso, ou seja, que passaram a marcar uma opção incorreta após a interação. Resultados similares foram obtidos em outra pesquisa com a aplicação do PI em 114 estudantes universitários ao longo de 10 aulas, conforme mostra a figura 7.

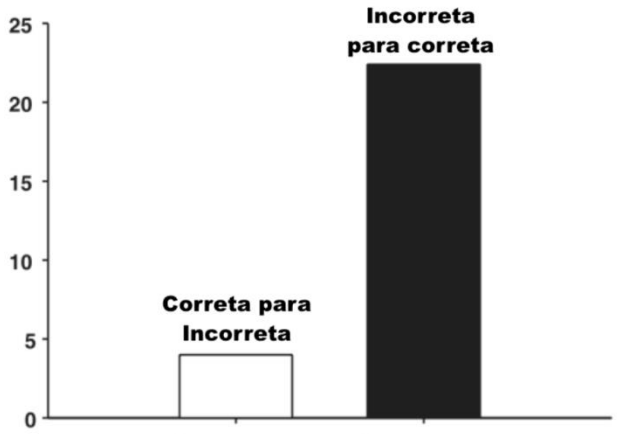


Figura 7 - Ao passo que 4% dos estudantes trocaram a resposta correta pela incorreta, 22,4% mudaram positivamente, da incorreta para correta. Fonte: (GIULIODORI; LUJAN; DICARLO, 2006). Adaptação feita pelo autor.

Até esse ponto, o leitor pôde entender a origem do PI, seu algoritmo, sua sustentação, maneiras de medir as votações dos alunos, os resultados obtidos por Mazur e por diversos outros pesquisadores e como esses resultados foram obtidos. No que se sucede, esta tese irá abordar outra metodologia ativa que pode potencializar o PI e trará resultados de pesquisas sob outra óptica, envolvendo análise qualitativa de aprendizagem usando PI.

1.5. Análises Qualitativas do PI

Nesta seção serão apresentados alguns resultados de pesquisas que tinham como objetivo fazer análises qualitativas da aprendizagem dos estudantes cujas aulas contaram com a interação entre pares. O número de artigos voltados a análises qualitativas é substancialmente inferior aos que se propõem a análises quantitativas, como os abordados em seções anteriores.

Nesse sentido, a revisão bibliográfica sob esse prisma se inicia com as contribuições dos pesquisadores Chandra Turpen e Noah Finkelstein, do departamento de física na Universidade do Colorado. No primeiro trabalho da dupla, Turpen e Finkelstein (2009) analisaram, a partir de gravações de áudio, entre 6 e 10 aplicações de PI feitas em 6 turmas diferentes, por 6 professores (entre os quais, 2 nunca tinham

aplicado o método anteriormente), ao longo do curso de introdução à física da Universidades. Neste trabalho foram observados alguns aspectos em relação à

- comunicação do professor com a classe, informando as suas funções;
- expectativa dos professores em relação aos alunos;
- interação professor-aluno durante as atividades.

E, apesar de transparecer preocupação no que diz respeito a detalhes nas interações entre os estudantes, esse ponto não fez parte das análises deste artigo. Tampouco foi objeto de estudo o percentual de mudança das respostas após a interação entre pares e, por isso, nenhum dos professores coletou as respostas individuais dos estudantes, pulando essa etapa do método.

Dentro do escopo da pesquisa, foi observado que, dependendo de como foram trabalhados os aspectos listados acima, as interações com os professores se mostraram discrepantes. O tempo destinado à interação entre pares, o tempo de exposição de conteúdo, como o professor trabalhou a etapa de explicação da resposta correta e outros. Nesse sentido, a conclusão é que nem toda interação entre pares traz os mesmos resultados. Nas palavras dos autores

> Em todas as salas de aula estudadas, os estudantes estavam se esforçando para aplicar novos conceitos físicos e discutindo física com seus pares. Entretanto, foram grandes as discrepâncias nas oportunidades dos estudantes para se envolverem na formulação de perguntas, avaliar e fazer parte da correção e da resolução das questões, interagir com os professores, se identificarem como fontes das soluções, de explicações ou das respostas, e comunicar ideias científicas em público. (TURPEN; FINKELSTEIN, 2009, p. 14. Tradução livre do autor).

Já o segundo trabalho (TURPEN; FINKELSTEIN, 2010) foi uma sequência do anterior, com foco em comparar as percepções dos estudantes de três das seis turmas diferentes, em relação ao PI. Dependendo de como o PI é implementado, a cultura desenvolvida na sala é alterada, impactando diretamente nessa percepção dos estudantes e, consequentemente, no engajamento. Por cultura de sala de aula, os autores referem-se a um conjunto de três práticas: colaboração entre o professor e o estudante; colaboração

entre os pares; *sense-making* em contraponto ao *answer-making*, *i.e.*, deve haver um sentimento de que as atividades realizadas façam sentido, ao invés de somente uma sequência de perguntas com o propósito único e exclusivo de serem respondidas.

Para analisar essas três dimensões da cultura em sala de aula, os autores se debruçaram sobre determinados aspectos da rotina do PI em 3 turmas de 3 dos 6 professores que participaram da pesquisa anterior (chamados de professores Amarelo, Verde e Vermelho, da Universidade do Colorado). O professor Amarelo lecionou física 1 (mecânica), o Verde, física 2 (eletricidade e magnetismo) e o Vermelho, física 3 (moderna). A figura 8 a seguir mostra a nível de interação entre os professores e seus alunos ao longo do semestre.

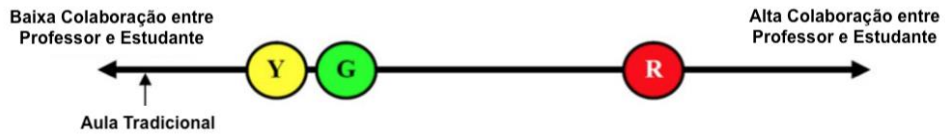


Figura 8 - Nível de interação entre professores e estudantes. Quanto mais à esquerda, menor a interação. Como referência estão as aulas tradicionais (*tradicional lectures*, termo empregado pelos autores), com baixa colaboração. O professor Amarelo (Y) pouco saiu do tablado, ao contrário do Vermelho (R), que se movimentou pela sala e interagiu mais com os estudantes. Fonte: Turpen e Finkelstein, 2010, adaptado pelo autor.

O professor Amarelo saiu do tablado em apenas 12% das questões conceituais, discutiu com os estudantes em apenas 8% das questões conceituais e ouviu alguma explicação em 17% das questões conceituais, indicando que o professor conduziu sozinho a explicação de grande parte dos itens. O professor Verde também se manteve a maior parte do tempo no tablado e não interagiu nenhuma vez com os estudantes durante as etapas de interação entre pares, porém, em contrapartida, escutou explicitamente as explicações dos estudantes em todas as questões conceituais, e também escutava as explicações durante a resolução do item para a turma, após a segunda votação. O professor Vermelho é membro do grupo de pesquisa de ensino da universidade, e interagiu mais com os estudantes nas etapas do PI, instigando bastante a participação da turma. Esse cenário fez com que os alunos se sentissem mais à vontade para fazer perguntas para o professor Vermelho, em comparação aos demais.

Em se tratando do 2º ponto da cultura desenvolvida em sala, pode-se constatar que o ambiente proporcionado pelo professor Vermelho promoveu maior interação entre pares, em comparação aos outros professores, como mostra a figura 9.

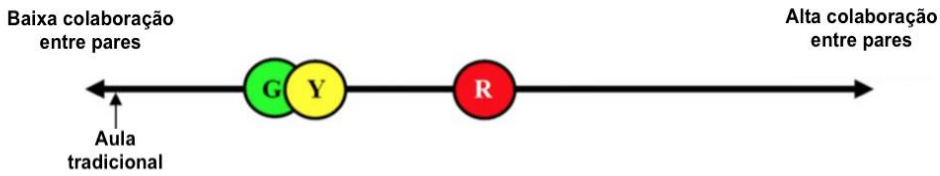


Figura 9 - Nível de colaboração entre os estudantes. Quanto mais à esquerda, menor a interação. Como referência estão as aulas tradicionais, com baixa colaboração. Pode-se observar que as discussões entre os estudantes ocorreram em níveis semelhantes nos cursos dos professores Verde (G) e Amarelo (Y). Nas aulas do professor Vermelho (R), houve mais colaboração entre os pares. Fonte: Turpen e Finkelstein, 2010, adaptado pelo autor.

Os resultados expostos desta dimensão estão em consonância com as práticas de cada docentes relativas descritas na 1ª dimensão. O professor Vermelho permitiu aos alunos maior interação entre eles, destinando maior tempo da aula para esse aspecto, em comparação aos outros professores. O professor Verde pouco fomentou a discussão entre os estudantes. Já o professor Amarelo, permitiu a discussão em todas as questões conceituais e frequentemente falava para os alunos dialogarem com seus colegas ao lado, etapa essa que durou menos de 2 minutos em 64% das questões conceituais. No curso de física 3 houve discussão entre pares em aproximadamente 95 % das questões conceituais propostas pelo professor Vermelho, porém com o tempo de discussão médio de aproximadamente 4 minutos, proporcionando um maior nível de interação entre os estudantes. Sob a visão dos estudantes em relação aos cursos, de modo geral, se sentiram bastante confortáveis com o método aplicado, como mostra o gráfico presente na figura 10. Esse sentimento é mais enfático no curso do professor Vermelho.

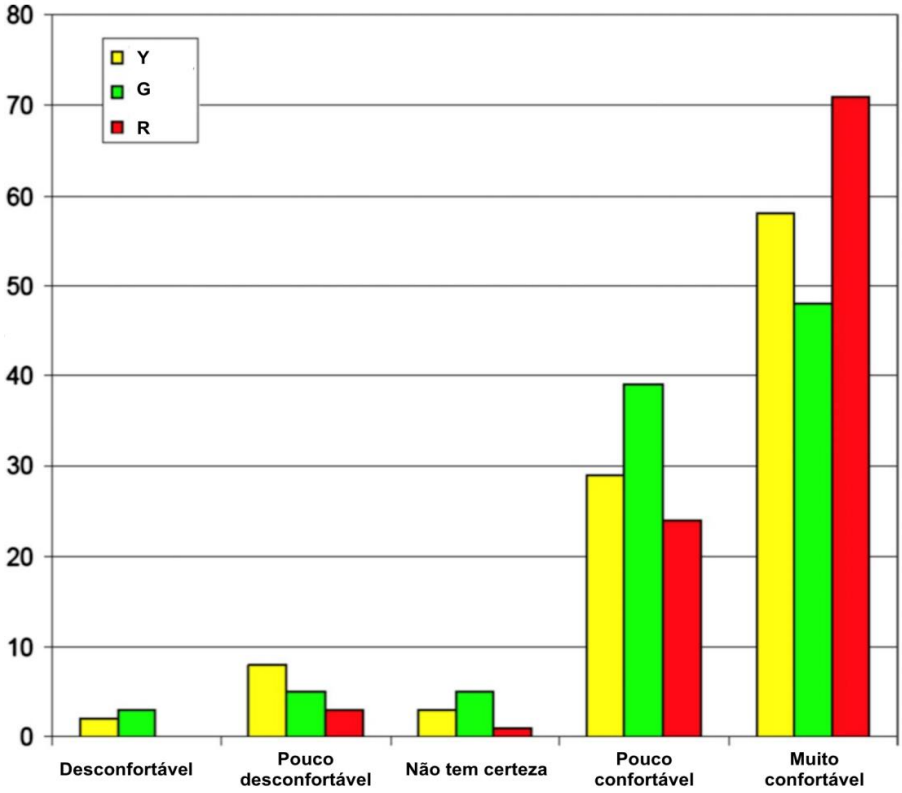


Figura 10 - Distribuição percentual das respostas dos estudantes em relação ao conforto que sentem ao discutir física com seus colegas durante as resoluções das questões conceituais, em cada curso. Fonte: Turpen e Finkelstein, 2010, adaptado pelo autor.

Em relação à terceira dimensão da cultura de sala de aula, se faz necessário compreender a diferença entre *answer-making* e *sense-making*. Em uma proposta *answer-making* de ensino, o professor pretende que os alunos conheçam as respostas cientificamente aceitas para descrever um determinado fenômeno. Dessa maneira, os estudantes costumam responder de acordo com o que acham que o professor gostaria de ouvir, ao invés de responder com uma explicação que verdadeiramente faça sentido para eles. Já em uma cultura *sense-making*, o professor faz com que os estudantes construam modelos capazes de explicar os fenômenos trabalhados. Com essa abordagem, os professores e os estudantes desempenham um papel ativo nas aulas.

Para o PI ser voltado ao *sense-making*, o professor deve lembrar frequentemente os estudantes que devem escolher uma resposta que sejam capazes de defender e explicar. Além de os estudantes discutirem entre si trocando explicações física por trás das questões conceituais, é necessário que o professor ouça algumas interações dos alunos e

que oportunize momentos de discussão com toda a turma, pedindo para que alguns estudantes forneçam as suas explicações para a classe, enfatizando a discussão das alternativas incorretas. É interessante que não haja muito peso, em termos de notas, para as respostas às questões conceituais, para evitar que os estudantes foquem em acertar as questões, independentemente se estão ou não entendendo o assunto trabalhado. Na visão dos autores, um sistema de avaliações com grandes pontuações, praticado em cursos com aulas tradicionais, por exemplo, faz com que a preocupação dos estudantes seja em responder corretamente às perguntas, prevalecendo assim, a cultura *answer-making*, em detrimento ao *sense-making*. Os autores trouxeram como referência as pesquisas de James (2006) e James, Barbieri e Garcia (2008) sobre impactos no PI em função de diferentes sistemas de avaliações. Essas importantes contribuições para o PI serão abordadas em sequência, ainda nesta seção da tese.

A figura 11 traz a relação *sense-making* x *answer-making* nos três cursos.

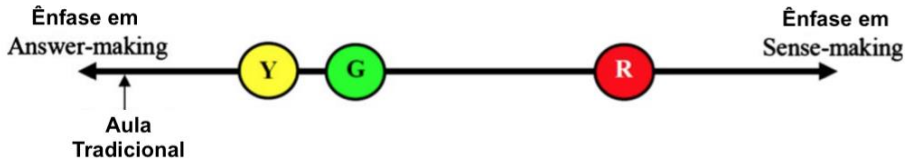


Figura 11 - Classificação quanto à ênfase em *answer-making* e *sense-making* dos cursos de cada professor. Quanto mais à esquerda, maior o foco em acertar as perguntas, como o ocorrido em aulas tradicionais. Caminhando em sentido oposto, há uma preocupação maior em fazer com que os estudantes compreendam o assunto abordado nas questões conceituais. Fonte: Turpen e Finkelstein, 2010, adaptado pelo autor.

Nas aulas do professor Amarelo, houve bastante discussão entre os pares, mas foram poucos os momentos em que os estudantes puderam discutir as suas ideias com toda a classe. O professor raramente interagiu com os estudantes durante a etapa de discussão entre pares e tampouco discutiu as alternativas incorretas. Houve poucos momentos de negociação de ideias entre alunos e professor. As práticas de avaliação do professor Amarelo foram consideradas moderadas pelos autores. Os alunos receberam maior pontuação por respostas corretas que pelas incorretas ("*high stakes grading"*), mas as respostas das questões conceituais, como um todo, valiam apenas ponto extra.

O mesmo sistema de avaliação foi adotado pelo professor Verde e, assim como o professor Amarelo, raramente lembrava o estudante para explicar a razão pela qual o fez escolher determinada resposta. Porém houve bastante interação entre pares nas aulas do professor Verde, e frequentemente os estudantes discutiam as suas ideias com toda a turma. Apesar de raramente interagir com os grupos e de discutir as alternativas incorretas em apenas 25% das questões conceituais, houve bastante troca de ideias entre o professor e a turma.

O professor Vermelho não diferenciou as respostas certas e erradas na avaliação ("*low stakes grading"*). Seu objetivo não era que seus alunos se preocupassem em acertar, para pontuar mais. Sempre lembrava seus estudantes da importância de saber explicar as suas respostas, solicitando-os para que fornecessem essa explicação para o restante da turma. Houve bastante discussão entre os colegas, com um tempo longo destinado para esse momento e, em 55% das questões conceituais, o professor ouviu as falas dos estudantes durante a última etapa do PI, construindo juntos a explicação do item. Ademais, o professor discutiu as alternativas incorretas em 58% das questões conceituais. Esse conjunto de práticas fez o curso do professor Vermelho ter uma sobrepujança da cultura *sense-making*.

A conclusão geral dos autores é que uma série de práticas do professor durante a aplicação do PI influencia o papel dos estudantes e suas percepções quanto ao método, impactando na efetividade do PI. O professor Vermelho é o mais experiente no PI, por ser o único dos três que é membro do PER (*Physics Education Research*) da Universidade do Colorado. Assim como o professor Vermelho, o Amarelo também é professor titular na Universidade, enquanto o professor Verde é o menos experiente no método, além de ser um professor temporário da instituição. O maior conhecedor do PI, o professor Vermelho, conseguiu implementar uma cultura nas suas aulas que possibilitou um maior engajamento dos estudantes e, consequentemente, um maior aproveitamento do método.

Na sequência dos trabalhos de cunho qualitativo, seguem as publicações do professor Mark C. James, James (2006), James, Barbieri e Garcia (2008), e James e Willoughby (2010). Em seu trabalho inicial, o objetivo de James foi investigar de que forma o sistema de avaliação das questões conceituais pode afetar o PI. Participaram da pesquisa estudantes fora da carreira de ciências, de dois cursos introdutórios de Astronomia da Universidade do Arizona. Foram 180 estudantes do curso de Introdução à

Astronomia e 84 de Vida no Universo (um curso mais interdisciplinar). Cada curso com um professor diferente, ambos seguindo o mesmo protocolo, destinando o mesmo tempo para a etapa de interação, e trabalhando o mesmo número de questões conceituais (cada professor criou as suas próprias questões), durante todo o primeiro semestre de 2005. A interação ocorreu em dupla nos dois cursos.

O professor do curso com mais alunos, professor A, utilizou-se de uma estratégia de avaliação onde as respostas individuais corretas valem o triplo das incorretas, sendo que o resultado da pontuação referentes às questões conceituais iria compor 12,5% da nota total na disciplina. Já o professor do outro curso, professor B, aplicou uma estratégia em que as respostas das questões conceituais comporiam 20% das notas finais dos alunos no curso, e essa pontuação seria baseada somente no grau de participação individual, independentemente se as respostas estivessem certas ou erradas. O autor do trabalho queria verificar se essa diferença de sistema de pontuação impactaria, de alguma forma, na interação dos estudantes e, consequentemente, em suas respostas. Para isso, Mark James selecionou, aleatoriamente, 14 duplas de estudantes do professor A e 12 do professor B, e gravou as interações entre os pares, ao longo do semestre[19]. Nesse primeiro trabalho, James (2006) fez uso do áudio para verificar o viés de conversação de cada membro dessas duplas e, com auxílio do sistema eletrônico de respostas, pode verificar também o percentual de consenso das duplas. No trabalho posterior, James, Barbieri e Garcia (2008) utilizam essas gravações para analisar diversos detalhes que envolvem as interações entre colegas, como os assuntos abordados pelos grupos, tempo de fala de cada integrante, o conteúdo da fala em si, e outros dados relevantes.

Quanto ao viés de conversação, pode-se observar, através da figura 12, que foi significativamente menor nos estudantes do professor B, que promoveu a mesma pontuação para as respostas corretas e incorretas.

[19] Para incentivar os estudantes a participarem da pesquisa, o autor sorteou um Ipod®.

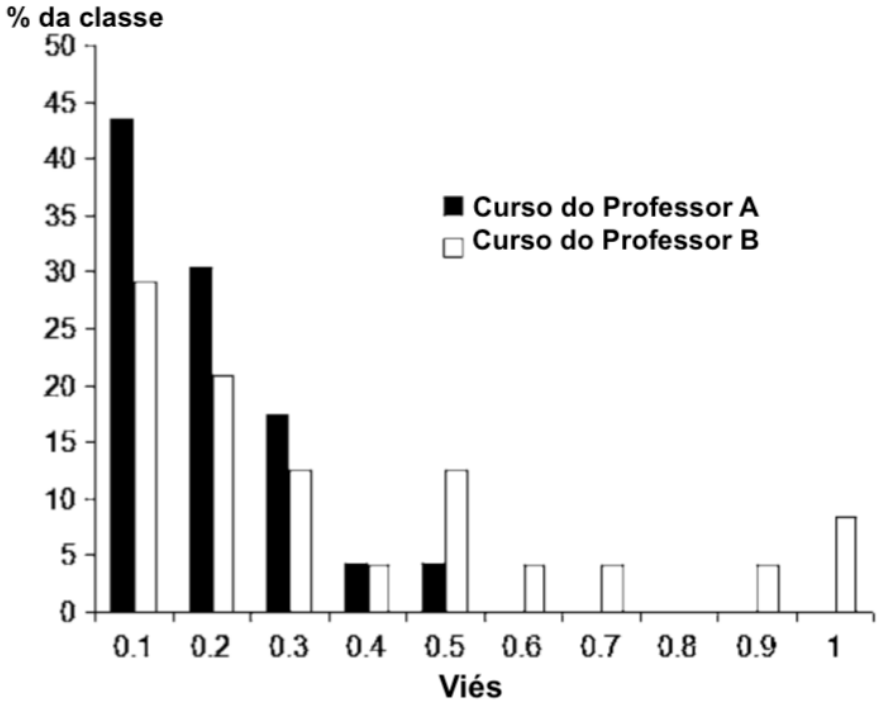


Figura 12 - Viés de conversação dos estudantes que participaram da pesquisa. Pode-se notar que o viés é estatisticamente superior nos estudantes do professor A, onde a resposta correta tem um peso maior que a incorreta. Fonte: James, 2006, adaptado pelo autor.

O viés de conversação é medido pela diferença da fração de interação do estudante durante a etapa de discussão. Se o estudante i tiver iniciado uma fala n_i vez, ao passo que o estudante j, n_j vezes, o viés (V) é obtido através da diferença

$$V = \frac{1}{n_i + n_j} \left| n_i - n_j \right| \qquad (2).$$

A interpretação desses dados por James (2006) aponta para o fato de que o alto viés, associado aos estudantes do professor A, se deve ao fato de que estudantes com maior conhecimento tendem a dominar a discussão. Tanto é que estudantes desse sistema de pontuação tendem a votar igual após a discussão, *i.e.*, há um maior consenso nas respostas. No curso do professor A, somente houve discordância em 7,6% das vezes, em contraposto aos 36,8% ocorridos no curso do professor B. O autor conclui que o *feedback* obtido em um sistema que valoriza as respostas corretas pode mascarar o entendimento real do assunto.

Em seu segundo trabalho, Mark James contou com mais dois autores da Universidade do Arizona, Federica Barbieri e Paula Garcia, e tiveram como objetivo o trabalho árduo de analisar as frases ditas pelos estudantes. Devido à inviabilidade de interpretar centenas de dados, os pesquisadores escolheram, de maneira aleatória, analisar os áudios de um grupo reduzido de estudantes. A pesquisa se estendeu pelo semestre seguinte, contando com a participação exclusiva do professor A, que realizou uma alteração em sua estratégia de pontuação, fazendo com que cada resposta incorreta valesse 90% da correta.

Para o processo de análise de discurso, os autores se basearam no trabalho de Kaartinen e Kumpulainen (2002) e classificaram cada ideia (interação) dita pelos alunos em uma única categoria de dez que os autores adaptaram a partir das categorias criadas pelos finlandeses. Desse modo, cada ideia de cada integrante do grupo foi contabilizada, e os pesquisadores puderam calcular o viés de conversação, baseado na diferença de número de ideias dos estudantes. Essa pesquisa desenvolvida por Kaartinen e Kumpulainen será abordada no capítulo seguinte, de metodologia da pesquisa.

James, Barbieri e Garcia utilizaram também outra técnica de medição de viés de conversação, que foi a mesma usada no trabalho anterior de James (2006), baseando-se na diferença de número de palavras ditas por cada estudantes (ver equação 2).

Com o cenário estabelecido, os pesquisadores puderam observar a influência da pontuação na metodologia PI, a partir dos vieses de conversação obtidos através das duas técnicas mencionadas. A tabela 5 mostra os resultados dessa pesquisa.

Tabela 5 - Contagem de ideias e de palavras dos estudantes para cada estratégia de pontuação adotada. A última coluna expõe que o percentual de votações onde os integrantes discordaram após a interação

Professor	Viés de conversação (técnica de contagem de ideias)	Viés de conversação (técnica de contagem de palavras)	Respostas divergentes
A (1o semestre)	33,20%	39,80%	7,60%
A (2o semestre)	19,50%	26,60%	17,10%
B (1o semestre)	14,60%	21,50%	36,80%

Fonte: JAMES; BARBIERI; GARCIA, 2008, adaptado pelo autor.

Os autores, então, chegaram a duas conclusões importantes:

- A técnica de contagem de ideias fornece estatisticamente os mesmo resultados que a contagem de palavras. Esse resultado pode otimizar futuros trabalhos na área;
- a baixa discordância indica que, quando acertar a resposta tem um peso maior na nota final da disciplina, como o caso do professor A no 1º semestre, a discussão é dominada por um único integrante do grupo, que detém praticamente um terço das falas. Entende-se, portanto, que quando a pontuação não está relacionada ao acerto ou erro, as respostas são mais fidedignas com a aprendizagem da turma como um todo.

O terceiro trabalho do professor James explorado nesta tese foi a sua publicação com o professor Shannon Willoughby, do departamento de física da Universidade Estadual de Montana. Essa publicação traz resultados de grande importância para uma compreensão mais detalhada acerca do PI. Os autores expuseram 9 das 45 questões conceituais aplicadas em sala pelos professores e trouxeram também alguns diálogos entre os estudantes durante a etapa de conversação[20]. Ao todo, os autores transcreveram 361 conversas que ocorreram em 5 aulas: 4 aulas no curso de Introdução à Astronomia (178 a 200 estudantes por aula) e 1 aula no curso de Vida e Universo (84 estudantes). Destas, 136 são conversas que atenderam às expectativas dos docentes, havendo debate entre os membros dos grupos e as respostas eram coerentes com as ideias apresentadas (*standard conversations*). As outras 225 são conversas fora do padrão esperado (*nonstandard conversations*) e foram classificadas de acordo com 10 tipos de conversas, pertencentes a 3 categorias diferentes, conforme mostra o quadro 3. A partir dessa análise de conteúdo, os autores apresentaram algumas sugestões para melhorar o PI.

[20] Os professores aplicaram o que os autores chamaram de variante do PI, excluindo do algoritmo do método, a etapa de respostas individuais.

Quadro 3 - Categorização das 225 conversas fora do padrão. Foram identificados 10 tipos de conversas dentro de 3 categorias. N representa o número de conversas por categoria e n, o número de conversas por tipo.

Categoria	N	Tipo de conversa	Descrição	n
A: ideias dos estudantes imprevistas pelo professor	45	A1: ideias imprevistas relacionadas diretamente ao assunto abordado na questão	os estudantes discutem uma ideia incorreta relacionada ao conteúdo da questão que não reflete em nenhuma das alternativas apresentadas.	14
		A2: ideias imprevistas próximas ao assunto abordado na questão	os estudantes discutem uma ideia incorreta não diretamente relacionada ao conteúdo da questão	4
		A3: ideias imprevistas relacionadas a conceitos básicos de ciências	a conversa revela falhas no conhecimento fundamental de ciência, necessário para a resolução da questão	15
		A4: ideias imprevistas ao tentar conectar a explicação do professor à questão	o estudante tenta relacionar, erroneamente, um conteúdo não correlato, trabalhado previamente, com o conteúdo da questão.	12
B: percentual de respostas corretas não corresponde à realidade	94	B1: usando meios estranhos para chegar à resposta correta	o estudante seleciona a resposta correta baseado em achismo, ponto de vista religioso ou informação errada.	79
		B2: respondendo com outra resposta, adotada pelo colega	o estudante assinala a mesma resposta de seu colega, mesmo não sendo a sua preferência, se mostrando inconsistente com a sua ideia articulada na discussão.	15
C: conversas improdutivas	136	C1: não há argumento científico na escolha da resposta	a alternativa é escolhida sem embasamento físico.	79
		C2: a resposta aparente ser óbvia	a discussão é concluída prematuramente quando um colega aponta uma resposta que aparente ser obviamente correta.	32
		C3: passividade diante da fala de um colega	somente um integrante é quem articula as ideias, relacionando os aspectos físicos à questão. Seus pares não o questionam.	19

	C4: estudantes se mostram incapazes de iniciar a conversa	os estudantes não iniciam a discussão. Às vezes, passam o tempo destinado à interação entre pares lamentando por não conseguirem resolver a questão.	6

Fonte: James e Willoughby (2010), adaptado pelo autor.

Um diálogo pode pertencer a mais de uma categoria e, por isso, o somatório de N é superior a 225. As três categorias de conversas fora do padrão identificadas pelos autores são:

A. Ideias não previstas pelo professor – em 12,5% de todas as 361 conversas transcritas, os autores detectaram que os estudantes expressaram ideias que não eram esperadas pelos professores. Como sugestão para melhorar o PI, os autores indicam adicionar alternativas a questões conceituais, a fim de aumentar o campo de ideias.

B. O percentual de respostas corretas não corresponde à realidade – em 26% das interações, ou os membros do grupo seguiram um colega mais confiante, mesmo não estando totalmente convencidos, e acertaram, ou marcaram a opção correta a partir de argumentos errados. As falas incluídas nessa categoria podem levar o professor a acreditar que seus alunos estão compreendendo o conteúdo, quando na verdade não estão. Para conhecer melhor as ideias de seus alunos, os autores sugerem que o professor acrescente a alternativa n.d.a. (nenhuma das anteriores), ou, após os alunos responderem a questão, o professor pode usar o sistema eletrônico de respostas para averiguar o grau de confiança do estudante na sua resposta, assim como fez o professor Mazur (CROUCH; MAZUR, 2001). Outra sugestão é que o professor trabalhe algumas QUESTÕES CONCEITUAIS em sequência, onde o conhecimento empregado na questão anterior seja usado na próxima.

Os autores afirmam que os professores, durante a etapa de explicação do item, devem encorajar seus alunos para que exponham suas ideias, de modo que surjam

divergências, propiciando discussão com a turma. Ademais, indicam que o professor solicite aos alunos uma breve explicação por escrito, após cada questões conceituais, justificando a sua resposta.

C. Conversas improdutivas – 37,7% das conversas se mostraram improdutivas, *i.e.*, sem troca significativa de ideias. Esse resultado mostra que parcela considerável dos estudantes não são impactados pedagogicamente pelo PI, expondo uma limitação da metodologia. Os autores enfatizam que em conversas do tipo C3 e C4, os estudantes permanecem passivos.

Três professores participaram desta pesquisa. Os professores 1 e 2 lecionaram duas aulas no curso de Introdução à Astronomia e o professor 3, uma aula no curso de Vida e Universo. Os professores 1 e 2 basearam uma de suas aulas no sistema de avaliação *high stakes grading* (hsg) e, na outra, utilizaram o *low stakes grading (lsg)*, enquanto o professor 3 optou pelo *lsg* na sua única aula. Foi verificado que as aulas em que as respostas corretas valiam mais que as incorretas (*hsg*) apresentaram significativamente maiores percentuais de conversas do tipo B2 e C3, conforme exposto na tabela 6.

Tabela 6 - Percentual de conversas dos tipos B2 ou C3 em cada aula dos três professores.

Professor	Sistema de avaliação	B2 ou C3 (%)
1	aula 1: lsg	6,7
	aula 2: hsg	20
2	aula 1: lsg	7
	aula 2: hsg	17,3
3	aula: lsg	2,6

Fonte: James e Willoughby (2010), adaptado pelo autor.

Diante dos resultados obtidos apresentados na tabela, James e Willoughby (2010) recomendam que os professores creditem igualmente as respostas corretas e incorretas.

Outro resultado apresentado pelos autores é que o percentual de conversas dentro do padrão esperado se mostrou estatisticamente igual em questões de recapitulação de conteúdo (34,7%), consideradas fáceis pelos professores, e nas difíceis (39,1%). Ao todo, as *standard conversations* representaram 38% das interações transcritas (136 de 361).

Além de compartilhar detalhes valiosos do PI e indicar ações que o professor possa vir a fazer para otimizar o método, James e Willoughby terminam o artigo propondo uma lista com 4 sugestões que os estudantes devem buscar seguir para aproveitar melhor a etapa de interação entre pares:

- avalie todas as alternativas, mesmo que pareçam incorretas;
- crie a sua própria resposta quando nenhuma das alternativas te parecer correta;
- anote ideias e questionamentos que surgirem quando estiver escolhendo as alternativas;
- se achar que a questão é confusa e não souber como começar uma discussão, peça ajuda ao seu professor ou a um colega ao lado.

O core do PI é justamente a etapa de interação entre pares e, portanto, grupos onde um estudante domina grande parte da fala (conversas do tipo B2 e C3, para James e Willoughby (2010)) não apresentam um aproveitamento similar do PI tal qual grupos onde os integrantes dialogam mais. Essa afirmativa relativa aos grupos foi objeto de pesquisa de dois pesquisadores chineses, da Universidade Normal de Beijing, Ping Zhang e Lin Ding, que contaram com a colaboração do professor Eric Mazur. O público-alvo da pesquisa de Zhang, Ding e Mazur (2017) foram 441 estudantes de 4 turmas do curso de introdução à física da universidade. O PI foi aplicado em três dessas turmas, por professores experientes na metodologia, enquanto na outra, as aulas foram expositivas e monológicas. O intuito dessa divisão foi realizar a análise quantitativa, baseando-se no ganho de Hake, com etapas de pré e pós-teste, tal qual grande parte das pesquisas envolvendo PI. Porém, o ponto de observação referente a esse artigo encontra-se em um aspecto do trabalho que não está presente em nenhuma outra referência desta tese, que é a investigação da aprendizagem envolvendo grupos fixos e grupos rotativos. Para além, os autores observaram se o gênero dos estudantes influencia em suas crenças e atitudes

em relação à ciência, quando comparados estudantes em aulas com métodos tradicionais (termo empregado pelos autores) e aulas ativas.

Em duas das três turmas sob PI, os estudantes formaram grupos com os colegas que estavam mais próximos, fazendo com que os grupos formados fossem aleatórios, durante todo o semestre. Na outra turma, o professor pré-selecionou os integrantes dos grupos, mantendo-os fixos. Os estudantes foram submetidos ao *Colorado Learning Attitudes about Science Survey* (CLASS), um questionário que visa verificar as crenças e atitudes dos estudantes frente à ciência. Em todas as 8 categorias do questionário (interesse pessoal em ciência, confiança na resolução de problemas, conexão com o mundo real, e outros), os resultados obtidos nas aulas com PI são bem superiores aos da turma com aulas expositivas. Em adição, os alunos das turmas com grupos fixos apresentaram uma mudança positiva, em termos de atitudes e crenças, ainda maiores que os alunos das turmas de grupos rotativos.

Quando separadas as respostas por gênero, pôde-se notar que, enquanto nas aulas tradicionais, não houve quaisquer diferenças estatísticas, o mesmo não ocorreu nas aulas com PI. Os ganhos nas crenças e atitudes das mulheres, em todas as categorias do questionário, foram muito superiores aos ganhos dos homens. Para entender essa diferença, os pesquisadores selecionaram, aleatoriamente, 6 grupos das três turmas com aulas ativas, e gravaram seus áudios durante uma aula, com objetivo de contar a média de tempo de fala por gênero. A duração das falas de cada mulher foi de $59{,}1 \pm 1{,}3$s, contra $46{,}9 \pm 1{,}5$s dos homens, em cada questão conceitual, indicando que as mulheres tendem a interagir mais com os pares em relação aos homens.

Nesse sentido, apoiando-se nos mais diversos trabalhos apresentados neste capítulo, pode-se concluir que o uso do PI possibilita que os estudantes participem ativamente do processo de construção de conhecimento. A depender do contexto, o método pode proporcionar ganhos de Hake substanciais. Ademais, a literatura também revela que a aprendizagem dos estudantes em aulas ativas depende de fatores relativos aos atores inseridos no processo, professores e estudantes, apontando fragilidades do PI e indicando possíveis caminhos de sua otimização. Todos os trabalhos presentes neste capítulo de revisão bibliográfica são de importância ímpar para sustentação da metodologia da pesquisa e, consequentemente, são o esqueleto desta tese.

No que se segue, foram elencados alguns referenciais teóricos utilizados por diferentes pesquisadores, que tinham o intuito de proporcionar ao PI uma base teórica. É necessário, porém, enfatizar que não há aqui o objetivo de eleger qual dos seguintes candidatos a referenciais teóricos do PI melhor o fundamenta. Após essa seção, este capítulo da tese se encerra trazendo a metodologia *Just-in-Time Teaching* integrada ao PI, com objetivo de aprimorá-lo ainda mais.

1.6. Possíveis Referenciais Teóricos do PI

Como o professor Eric Mazur não era da área de ensino de física, a sua metodologia foi criada através da observação subjetiva de como a interação espontânea entre estudantes universitários durantes as suas aulas era capaz de auxiliar na compreensão dos conceitos de física. Porém, apesar da lacuna de um referencial teórico, o PI tem sido extensivamente aplicado e pesquisado em diversos países, o que confere uma solidez empírica à metodologia. Até o presente momento[21], o artigo apresentando dez anos de resultados da aplicação do PI (MAZUR; CROUCH, 2001) possui mais de 3 mil citações e, ao escrever a expressão *"Peer Instruction"* no Google Acadêmico, aparecem mais de 17 mil resultados de trabalhos publicados. Ao encontro dessa afirmativa, tem-se um trecho do artigo de revisão literária de Muller et al. (2017):

> Em termos dos referenciais teóricos e metodológicos adotados, nossa revisão indica que, frente à grande quantidade de trabalhos que investigaram os impactos da adoção do PI em termos da aprendizagem dos estudantes, poucos valeram-se de referenciais teóricos de aprendizagem para subsidiar os achados empíricos. Em consonância, tais trabalhos, em sua quase totalidade, adotaram como estratégia metodológica estudos experimentais, onde análises estatísticas foram utilizadas para responder às questões de pesquisa (MULLER et al., 2017, p. 17).

[21] Até o dia 14/11/2020, o artigo "*Ten years of experience and results"* tinha 3.116 citações e aproximadamente 17.400 trabalhos publicados apresentam a expressão "*Peer Instruction*", segundo a base de dados do Google Acadêmico.

Nesse sentido, são poucos os trabalhos que adotam alguma teoria de aprendizagem que abarque o PI. No artigo supracitado, Muller et al. (ibid.) informam que dos 72 trabalhos revisados, somente 10 expõem algum referencial teórico para justificar o PI. No que se segue, são retratados três desses referenciais que, na visão do autor, podem trazer sustentação teórica ao PI, contudo, não há aqui a pretensão de elencar qual melhor o fundamenta.

1.6.1. Teoria da Educação de Gowin

Em suas dissertações de mestrado, Muller (2013) e Vieira (2014) apontam a Teoria da Educação de Gowin como a fundamentação teórica do PI.

Segundo Gowin (2005), o ato de educar (termo original, *Educating*) é fundamentado no compartilhamento de significados. "Educar é um processo de intervenção deliberada na vida dos estudantes para mudar o significado da experiência" Gowin (ibid.). O professor, ao ensinar, realiza uma intervenção deliberada na vida do estudante. Para a intervenção ser bem-sucedida, é necessário que haja uma "negociação de significados entre professor, currículo e estudante, para que cheguem a um entendimento mútuo" (Gowin, 2005, p. xviii). Ou seja,

> Cabe ao professor apresentar, das mais diversas maneiras, e várias vezes se necessário, esses significados e buscar evidências de se o aluno os está captando. Ao aluno compete verificar se os significados que está captando são aqueles aceitos no contexto da matéria de ensino. É isso que se entende por negociação de significados. (MOREIRA, 2005, p. 4).

Assim, para Gowin, e reiterado por Moreira[22], o papel do professor é ensinar, enquanto o do estudante, é aprender. A aprendizagem é não arbitrária, uma vez que existe uma negociação de significados, e voluntária. Além dessas características, a

[22] O professor Dr. Marco Antônio Moreira foi o primeiro a publicar um livro sobre o uso de diagramas em V em laboratórios de física, em 1980, apenas 3 anos após o diagrama ter sido inventado por Gowin. Foi aluno de doutorado do professor dr. Joseph Novak (que trabalhou com Gowin) e foi orientador de mestrado e de doutorado do professor dr. Ives Solano, que orientou esses dois trabalhos de mestrado que utilizam a Teoria de Educação de Gowin como referencial teórico do PI.

aprendizagem é individual, no sentido que é o aprendiz que ressignifica, sendo essa aprendizagem fruto de experiências a partir de interações sociais ou não. "A aprendizagem é um ato individual e voluntário de conexão do velho com o novo" (Gowin, ibid.). Muller (2013) ressalta ainda que "eventos educativos são constituídos por seres humanos, os quais possuem uma bagagem, um passado que influencia suas ações presentes. Desse modo, a educação não começa a partir de uma "tabula rasa" e, portanto, educar na verdade significa reeducar, reconstruir uma estrutura pré-existente".

Nesse processo de educação, tanto o professor, quanto o estudante e o currículo contribuem para o empoderamento do estudante, que no decorrer dessa caminhada, torna-se capaz de aprender por conta própria aquilo que desejar (*self-educating*), *i.e.*, o aprendiz deve ser capaz de aprender a aprender. (Gowin, 2005).

É possível perceber, na teoria de Gowin, a presença de três componentes igualmente importantes e que se relacionam mutuamente: i) o ensino, promovido pelo professor; ii) a aprendizagem, sob responsabilidade do aprendiz; iii) o currículo, que reúne conhecimentos validados e analisados pedagogicamente, conectados em uma sequência lógica, presentes em materiais educacionais (Gowin, 2005). Essa relação mútua, dada pela negociação de significados, forma o Modelo Triádico de Gowin (MOREIRA 2008; MULLER, 2013; Vieira, 2014), que funciona dentro de uma quarta componente, de mesma relevância, o contexto (meio social), que impacta diretamente no significado. Para Vieira (2014), um evento educativo apenas possui significado (significância) se o mesmo é analisado através de seu contexto.

A figura 13 a seguir, adaptada de Moreira (2011) por Muller (2014), ilustra as relações presentes em um evento educativo.

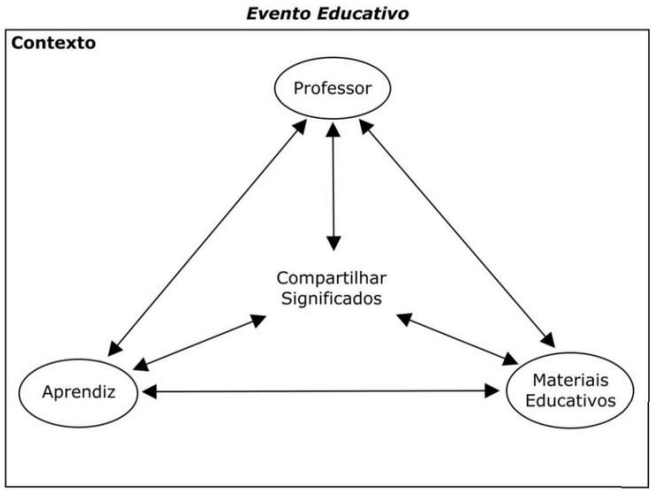


Figura 13 - Modelo Triádico de Gowin. As setas entre as três componentes do modelo (uma em cada aresta do triângulo) simbolizam as relações didáticas entre elas, promovendo o compartilhamento de significados, que só tem sentido se analisado dentro do contexto social onde se passa o evento educativo. Fonte: MULLER, 2014, apud. MOREIRA, 2011.

Uma vez expostos, de forma concisa, aspectos gerais da Teoria da Educação de Gowin, serão apresentadas as suas relações com o PI, na visão de Muller e de Vieira.

1.6.1.1. Teoria de Gowin e o PI

O paralelo entre ambos, apresentado no quadro 4, começa na atuação do professor. Na Teoria de Gowin, ao iniciar um evento educativo, o professor deve apresentar aos alunos os significados presentes nos materiais educacionais, dentro do contexto em questão. Essa apresentação inicial de significados é a primeira etapa do PI, onde o professor faz uma breve exposição do conteúdo a ser trabalhado.

Quadro 4 - Paralelo entre a etapa inicial do PI e a teoria de Gowin.

Gowin	PI
Professor inicia o processo de negociação de significados, apresentando-os aos estudantes.	Professor faz uma breve exposição oral (*lecture*) acerca de determinado tema.

Fonte: Vieira 2014, adaptado pelo autor.

Posteriormente à apresentação inicial, o aprendiz deve externar os significados captados, de modo que o professor possa verificá-los. Segundo Moreira (2008, p. 10) "o professor é responsável por verificar se os significados que o aluno capta são aqueles compartilhados pela comunidade de usuários". No PI, após o professor expor o conteúdo, deve apresentar uma questão conceitual, para verificar as respostas individuais de seus alunos. Em outras palavras, os alunos estão mostrando ao professor os significados captados. O quadro 5 a seguir mostra essa relação entre Gowin e PI.

Quadro 5 - Paralelo entre a etapa de respostas individuais pré-interação do PI e a teoria de Gowin.

Gowin	PI
Estudantes devolvem ao professor os significados que captaram.	Estudantes respondem, individualmente, à questão conceitual proposta pelo professor.

Fonte: Vieira 2014, adaptado pelo autor.

Se os significados expostos pelos estudantes são os mesmos apresentados pelo professor, o objetivo foi alcançado e, assim, encerra-se um evento educativo. Porém, caso não haja congruência de significados, o professor deve voltar à primeira etapa e iniciar outro debate didático com os aprendizes. Nas palavras de Moreira,

> Se o compartilhar significados não é alcançado, o professor deve, outra vez, apresentar, de outro modo, os significados aceitos no contexto da matéria de ensino. O aluno, de alguma maneira, deve externalizar, novamente, os significados que captou. O processo pode ser mais ou menos longo, mas o objetivo é sempre o de compartilhar significados (Moreira, 2008, p. 9-10).

Seguindo o algoritmo do PI, se 70% ou mais dos estudantes acertarem a pergunta, entende-se que houve aprendizagem e, portanto, o professor finaliza com a explicação da questão. Se o percentual de respostas corretas for inferior a 30%, o professor retorna à etapa de exposição oral do conteúdo. Contudo, se os acertos ficarem entre esses valores, a estratégia adotada na metodologia é de interação entre pares. Após a discussão, os alunos voltam a responder individualmente, a questão proposta. O quadro 6 expõe um comparativo entre a teoria de aprendizagem de Gowin e o PI quanto ao *feedback* de significados.

Quadro 6 - Paralelo entre a teoria de Gowin e o PI quanto às respostas dos estudantes após a interação entre os colegas.

Gowin	PI
Havendo congruência entre os significados compartilhados, encerra-se o evento educacional.	Se o percentual de acertos for igual ou superior a 70%, houve aprendizagem e, assim, o professor finaliza com a explicação da questão.
Caso haja discrepância entre os significados, o professor retoma a etapa inicial de apresentação de significados.	Se o percentual de acertos for: • Abaixo de 30%: o professor retoma a etapa inicial de exposição de conteúdo; • entre 30% e 70%: etapa de discussão entre pares.
Retorno à segunda etapa (verificação de significados).	Retorno à segunda etapa (feedback individual dos estudantes).

Fonte: Vieira 2014, adaptado pelo autor.

O aumento no percentual de acertos após a interação entre pares, como apresentado no trabalho de Crouch e Mazur (2001), pode ser interpretado, utilizando-se da Teoria do Gowin, como um número maior de estudantes passando a compartilhar os mesmos significados que os professor após essa etapa de discussão. Para Vieira, a explicação para o crescimento de respostas corretas após a interação, tendo como base a Teoria de Gowin, pode ser fornecida através do trecho a seguir:

> "É muito difícil para nós pensarmos em ideias que são novas, poderosas e profundas; necessitamos de tempo e de alguma atividade mediadora que nos ajude. O pensamento reflexivo é o fazer algo de forma controlada, que implica levar e trazer conceitos, bem como juntá-los e separá-los de novo" (NOVAK; GOWIN, 1984, p. 35, apud. VIEIRA, 2014).

Para Muller, a Teoria da Educação de Gowin (ou Modelo de Gowin) fundamenta o PI (Muller utiliza a tradução Instrução pelos Colegas, IpC) no sentido que

> O IpC propicia uma estruturação harmoniosa das relações diádicas com a triádica, onde cada lugar comum proposto por Gowin tem a devida importância na estrutura do IpC. Os materiais educativos, com seus significados, dão início ao evento educativo. O professor deve, além de expor tais significados, motivar o aluno para que o mesmo tenha interesse em aprender a assimilar tais significados. O aluno, através dos testes conceituais, põe à prova os conceitos assimilados e, também, devolve ao professor, de alguma forma, quais são suas percepções. Através de relações diádicas com seus colegas, o aluno compara diferentes percepções sobre o conceito. O professor, ao final do processo, deve comparar os significados assimilados por seus estudantes com os que ele esperava que os mesmos captassem (Muller, 2013, p. 42).

1.6.2. Teoria Social Cognitiva de Bandura

A partir de 1991, o professor Mazur começou a investigar os resultados do FCI fazendo uso do PI. Em sua investigação, pode constatar um aumento no percentual de acertos em grande parte dos itens do teste (CROUCH; MAZUR, 2001; MAZUR, 2015). Nesse período inicial de desenvolvimento do PI, Mazur percebeu que o aumento de respostas corretas ocorre com maior frequência quando o percentual de acertos antes da discussão é em torno de 50%. "Se essa porcentagem for muito elevada, haverá pouco espaço para melhora; se for muito menor, haverá poucos estudantes na classe para convencer os demais da resposta correta" (MAZUR, 2015, p. 12).

Ainda nessa análise envolvendo alterações de respostas após discussão, Mazur mostra que, para uma determinada questão conceitual que aplicou envolvendo o conceito de empuxo, 41% dos alunos mantiveram a resposta correta, ao passo que 29% passaram de uma marcação incorreta para a correta, contra apenas 3% que fizeram a caminho

inverso, trocando a certa por uma opção errada. 24% mantiveram opções erradas e 3% não assinalaram nenhuma opção após a etapa de discussão. A interpretação de Mazur para melhora na segunda marcação "é que é muito mais fácil mudar a mente de alguém que está errado do que mudar a mente de alguém que escolheu a resposta correta pelas razões corretas" (MAZUR, 2015, p. 12-13).

Para sustentar essa afirmativa, além de verificar o percentual de acertos antes de depois da interação pelos pares, Mazur verificou o nível de confiança dos estudantes quanto à sua marcação. Para isso, o aluno tinha que responder se tinha muito certeza do que havia marcado, se havia marcado sem muita certeza ou se marcou adivinhando (marcação aleatória). O que pode perceber foi um aumento no nível de confiança que, segundo Mazur, "os estudantes que inicialmente estão corretos, mas não muito confiantes, tornam-se mais confiantes quando verificam que seus colegas escolheram a mesma resposta ou quando sua confiança é reforçada ao construírem um raciocínio que conduz à resposta correta" (MAZUR, 2015, p. 13).

Posteriormente, em 1997, o professor Mazur ampliou sua pesquisa, analisando as variações das respostas ao longo de um semestre, conforme exibido na figura 6. Trabalho corroborado pela pesquisa de Giuliodori, Lujan e DiCarlo (vide figura 7).

Mais recentemente[23], Mazur publicou um artigo com Miller et al (Miller et al., 2015) relacionando a mudança nas respostas com determinadas características pré-determinadas dos estudantes: gênero, conhecimento prévio de física e a autoeficácia dos estudantes no início do semestre.

O termo autoeficácia foi criado por Albert Bandura para descrever a crença que uma pessoa possui na sua própria capacidade de concluir uma tarefa de maneira bem-sucedida. A teoria da autoeficácia foi originalmente desenvolvida para tratamento de fobias, na área da psicologia, porém foi observado que a sua teoria tinha aplicações em diversas outras áreas (ANDREW, 1998). E ainda, "a força das convicções pessoais na própria efetividade tende a afetar se a pessoa irá lidar ou não com determinadas situações" (BANDURA, 1977, p. 193). Nesse trabalho, Bandura afirma que a autoeficácia determina o comportamento de uma pessoa, o quanto essa pessoa está disposta a se esforçar e por quanto tempo consegue sustentar esse empenho diante de desafios e situações adversas.

[23] Conforme mencionado anteriormente, o livro do Mazur usado como referência é a versão em português, publicada em 2015. A 1ª edição do original é de 1997.

> As crenças de autoeficácia regulam o funcionamento humano por meio de processos cognitivos, motivacionais, afetivos e decisionais. Eles influenciam se os indivíduos pensam de maneiras autoincentivadoras ou autoenfraquecedoras; o quão bem se motivam e perseveram diante das dificuldades, a qualidade de sua vida emocional, e as escolhas que fazem os pontos de decisão importantes, os quais estabelecem o curso de caminhos de vida" (BANDURA; AZZI, 2017, p. 46-47).

Para Bandura e Azzi (2017), a autoeficácia é o mecanismo mais impactante da agência humana e, portanto, fator central da sua teoria social cognitiva. Azzi[24] ressalta ainda que "A teoria social cognitiva é uma teoria agêntica do comportamento humano, explicando que por agência ele entende a capacidade que humanos têm de interferir parcialmente no curso dos eventos da vida por meio de ações pessoais, delegadas e coletivas" (BANDURA; AZZI, 2017, p. 12). Na vida, existem três tipos de agências, que, para um bom funcionamento a da vida humana, devem se combinar:

- agência individual – ações que o próprio indivíduo realiza que influenciam ele mesmo e o ambiente;
- agência delegada – quando o indivíduo depende da ajuda de outros para atingir os resultados esperados;
- agência coletiva – quando um grupo de pessoas se une para realizar uma ação.

Percebe-se então, uma relação recíproca triádica entre determinantes intrapessoais (estímulos internos), comportamentais e ambientais (estímulos externos) (BANDURA; AZZI, 2017, p. 142; DIAS; SILVA, 2019). Assim sendo, segundo Bandura e Azzi (ibid.), a autoeficácia é um fator chave por influenciar diretamente no comportamento e nos estímulos internos e externos, afetando objetivos e aspirações. Pode-se, portanto, concluir que a autoeficácia impacta nas três agências e, consequentemente, na vida.

Ao traçar um paralelo entre a pesquisa da década de 90 de Mazur e o trabalho que participou em 2015 (MILLER et al., ibid.), é possível inferir que, o que antes era chamado de confiança, obtida através de uma pergunta simples com três alternativas, passa a se chamar autoeficácia, com um referencial teórico sólido por trás, e mensurada a partir de

[24] Considerações que a autora Roberta Azzi tece a respeito da teoria social cognitiva de Bandura.

questionário de autoeficácia, o PISE (*Peer Instruction Self-Efficacy Instrument*). Esse questionário foi desenvolvido por dois dos autores desse artigo, tendo como base o questionário SOSESC-P[25] e o referencial teórico de Bandura. Pode-se dizer, portanto, que nesse trabalho, os pesquisadores fazem uso da autoeficácia, aspecto chave da teoria social cognitiva de Bandura, para explicar as mudanças nas respostas após a etapa de discussão entre pares, que é o *core* do PI. E mais, utilizando a autoeficácia para predizer comportamentos dos estudantes, os autores defendem que aumentar a autoeficácia no início das aulas pode aumentar ainda mais a eficiência do método.

Antes de prosseguir com mais detalhes sobre o trabalho de Miller et al., é interessante entender a origem do questionário SOSCESC-P, de cuja criação é de responsabilidade dos professores Hendi Fencl e Karen Scheel. Os autores começam a sua pesquisa (FENCL; SCHEEL, 2004) embebidos pelo fato de a autoeficácia ser muito efetiva para explicar perseverança e sucesso educacional e, portanto, decidem verificar o impacto de algumas estratégias de ensino não tradicionais (expressão utilizada pelos autores) no desenvolvimento da autoeficácia dos estudantes. Para isso, desenvolveram o SOSCESC-P, contendo 33 itens com escore de 1 a 5 na escala Likert. O PISE segue o mesmo padrão de escala e conta com 21 itens (SCHELL; LUKOFF, 2010, apud. MILLER et al., 2015).

Nesse trabalho, Fencl e Scheel puderam constatar que o *mix* de estratégias de ensino não tradicionais aumentou a aprendizagem dos estudantes e foi efetivo na construção de autoeficácia em física. Verificaram também que os conhecimentos prévios dos estudantes (ACT[26] escore e desempenho escolar em matemática e ciências) não foram determinantes na variação da autoeficácia. Mas não foi adotado uma metodologia em específico, mas sim aulas com debates, com aprendizagem colaborativa, aulas de laboratório com método *inquiry-based* e mais. Desse modo, os autores entendem que a necessidade de estudos futuros para observar a conexão entre autoeficácia, alguma metodologia em específico e a retenção (manutenção no curso). Sugerem investigações futuras acerca da diferença nas autoeficácias prévias entre homens e mulheres, uma vez que houve uma diferença significativa na retenção. E, por fim, propõem que seja feita

[25] Sources of Self-Efficacy in Science Course – Physics. https://www.physport.org/assessments/assessment.cfm?A=SOSESCP . Último acesso em 12/01/2022.

[26] ACT é um exame nacional que diversas universidades americanas utilizam como um critério de admissão. Equivale ao nosso Enem. https://www.act.org . Último acesso: 12/01/2022.

uma comparação entre estudantes que cursam a disciplina de física introdutória baseada em cálculo (*calculus-based*) com os que cursam a disciplina baseada em álgebra (*algebra-based*), ou seja, sem o uso de cálculo. Nesse trabalho, participaram da pesquisa somente alunos que faziam física com cálculo.

Conforme descrito anteriormente, Miller et al. (ibid.) também se interessaram pelos fatores gênero, conhecimento prévio e autoeficácia, mas com intuito de analisar suas influências nas mudanças de respostas após a etapa de interação pelos pares, promovida pelo PI. Para isso, foi feito o mapeamento das respostas de cada estudante ao longo do semestre, verificando a fração das questões cujas respostas foram alteradas após a interação, bem como a distribuição percentual dessas mudanças (errada para certa, errada para outra errada e certa para errada). Os pesquisadores mostraram que os estudantes mudaram as suas respostas em 44% das questões e que 73% das mudanças fora da errada para certa, contra 10% da certa para errada, uma diferença significativamente maior que registraram as pesquisas de Crouch e Mazur (2001), e Giuliodori, Lujan e DiCarlo (2006).

A mudanças nas respostas, segundo Miller et al. (ibid.), têm correlação com a autoeficácia prévia do estudante:

> Estudantes com baixa autoeficácia apresentam tanto maior probabilidade de alterar suas respostas quanto maior probabilidade de alterar no sentido negativo (da errada para certa e de uma errada para outra errada), quando comparados a estudantes com maior autoeficácia. Estudantes com alta autoeficácia tem uma tendência muito maior de trocar da errada para certa que os que possuem baixa autoeficácia. (MILLER et al., 2015, p. 3).

Miller et al. (ibid.) concluem ainda que a autoeficácia é um fator preditivo maior que o conhecimento prévio na disciplina[27], assim como Bandura traz a autoeficácia como fator preditor de comportamento. Observaram ainda que as mulheres tendem a trocar as respostas com uma frequência 15% acima da dos homens e 45% a mais, em se tratando especificamente da certa para uma errada. Os autores justificam essa diferença entre gêneros devido ao fato de as mulheres apresentarem um escore no PISE 10% abaixo que

[27] O conhecimento prévio foi obtido a partir de uma aplicação prévia do CSEM (*Conceptual Survey of Eletricity and Magnetism*, Questionário Conceitual de Eletricidade e Magnetismo – tradução do autor). https://www.physport.org/assessments/assessment.cfm?I=21&A=CSEM. Último acesso: 11/11/2020.

o dos homens, apresentando, portanto, uma menor autoeficácia prévia. Bandura (BANDURA; AZZI, 2017, p. 61-65) aborda a relação entre gênero e sucesso acadêmico, trazendo pesquisas que apontam nos EUA e no Japão, as mulheres apresentam baixa autoeficácia em determinadas atividades embutidas em carreiras científicas, corroborando com as diferenças de resultados no PISE entre gêneros obtidas por Miller et al. (ibid.).

Os autores revelaram ainda que os estudantes tendem a mudar de errada para outra errada ou da certa para uma errada com maior frequência conforme o nível de dificuldade da questão cresce. Diante desse resultado, Miller et al. (ibid.) sugerem que os professores escalonem os exercícios, indo do mais fácil ao mais difícil. Segundo Bandura (1977), conforme as pessoas superam obstáculos, a expectativa de sucesso aumenta e, consequentemente, há um aumento na autoeficácia. Dessa maneira, Bandura conecta autoeficácia à performance: "Após forte expectativa de autoeficácia, o impacto negativo de falhas eventuais tende a ser reduzido". E ainda, "falhas eventuais que são superadas fortalecem a motivação e, através da experiência, a pessoa vai descobrir que até o obstáculo mais difícil pode ser superado pelo esforço contínuo" (BANDURA, 1977, p. 195).

Além da performance nas atividades, o sucesso em uma determinada ação depende da persuasão verbal. Para Bandura (ibid.), a persuasão verbal é um fator externo capaz de influenciar no comportamento humano, no sentido que "pessoas que são persuadidas socialmente, sendo convencidas de que possuem a capacidade de superar situações difíceis, e são ajudadas temporariamente na realização de uma ação, tendem a realizar mais esforço que aqueles que recebem ajuda somente durante a realização da tarefa" (BANDURA, 1977, p. 198). Pode-se perceber essa referência quando Miller et al. propõem que durante a discussão, haja nos grupos, pelo menos um estudante que acertou, que terá maior impacto na persuasão, além de aumentar o tempo de discussão e dar pistas durante a leitura, nos itens mais difíceis.

Além de o escalonamento dos itens e as medidas de auxílio supracitadas durante a execução das questões, Miller et al. (ibid.) apontam a importância de professor motivar os estudantes, dizendo que são capazes de realizar as atividades, fazendo com que criem um sentimento de que irão superar os desafios, assim como reduzir situações de estresse e ansiedade provocadas por avaliações de alto valor.

O quadro 7 a seguir apresenta, de maneira sintética, as relações entre alguns aspectos da teoria social cognitiva de Bandura e as sugestões de intervenções no PI propostas por Miller et al. (ibid.).

Quadro 7 - Intervenções visando aumentar a autoeficácia dos estudantes e, consequentemente, aprimorar a metodologia PI.

Bandura	Intervenções para melhorar o PI
A boa performance nas atividades realizadas tende a aumentar a autoeficácia das pessoas, fazendo com que superem obstáculos mais difíceis.	Escalonamento dos exercícios como uma estratégia para reduzir as mudanças negativas nas respostas das questões com maior nível de dificuldade.
Quando a pessoa é persuadida verbalmente de que é capaz e recebe ajuda durante uma ação, irá se esforçar mais para superar desafios – motivação promove ativação e manutenção de comportamento.	Professor motivando os estudantes. Colocar no grupo pelo menos um aluno que acertou o item (maior poder de persuasão) para discutir com os outros.
Estado psicológico possui relação com expectativa de eficácia – em se tratando de ambientes de trabalho, Bandura informa que "o stress ocupacional surge quando a tarefa percebida demanda demais ou excede a eficácia percebida para gerenciá-la" (Bandura, Azzi, 2017, p. 62)	Evitar avaliações com altos valores, (redução de estresse e ansiedade)

Fonte: Elaborado pelo autor.

1.6.3. Teoria de Conflito Sociocognitivo de Mugny

Morice et al. (2015) apresentam a teoria de Mugny como uma possibilidade de se explicar a aprendizagem proporcionada pelo PI. Sob a ótica de Mugny, "Os ganhos de

aprendizagem do método podem ser oriundos da etapa de discussão entre pares, momento no qual os estudantes estariam solucionando conflitos cognitivos, testando e debatendo ideias entre si, a fim de encontrar uma melhor solução" (MORICE et al, 2015, p. 724, tradução do autor). Morice et al. (ibid.) explicam que o conflito cognitivo surge quando os estudantes percebem que as ideias de seus colegas diferem das deles. É justamente a busca pela resolução dessas diferenças é que traz o desenvolvimento cognitivo do aluno, gerando uma compreensão mais profunda do assunto trabalhado.

Segundo Ferreira e Fernandes (2012), o trabalho de Doise e Mugny do final da década de 70 e início da década de 80, além de outros trabalhos na mesma linha, influenciados por Bandura, trouxeram a interação social como causa para o progresso cognitivo, rompendo com a ideia de que o desenvolvimento cognitivo é interno à pessoa, mas sim resultante de fatores externos.

> A aprendizagem por conflito sociocognitivo pressupõe então, como determinante, a interação social que se estabelece entre os diferentes sujeitos envolvidos na resolução de um mesmo problema. Passa-se, deste modo, da perspectiva construtivista, que interpreta o desenvolvimento da inteligência como resultante basicamente da coordenação das estruturas e esquemas operatórios, para a perspectiva psicossocial do desenvolvimento cognitivo, que considera a inteligência como resultante de coordenações de natureza social (FERREIRA; FERNANDES, 2012, p. 45).

Os trabalhos de Mugny revelam não somente que a interação social, sob determinadas condições, promove desenvolvimento cognitivo no indivíduo, que tende a ser duradouro, mas também expõem detalhes que ocorrem nas interações para que haja aprendizagem. Essa série de resultados das pesquisas de Mugny, em especial quanto aos aspectos que fazem a interação ocorrer de maneira mais efetiva para gerar aprendizagem, são importantes para todos os professores que desejam aplicar metodologias ativas que envolvam etapas de discussão entre pares. Sendo assim, serão explorados três trabalhos de Mugny que compõem a sua teoria de interação social de desenvolvimento cognitivo, que podem ser usados para explicar o sucesso do PI, e também para melhorá-lo, tornando mais efetiva a interação entre os pares.

O primeiro trabalho a ser abordado é Doise, Mugny e Perret – Clermont (1975), cuja conclusão dos autores é, através de dois experimentos, que "ações coordenadas entre indivíduos promovem aquisição de coordenações cognitivas". Sob tal conclusão, os autores estabelecem uma relação causal entre interação social e desenvolvimento

cognitivo, contrariando Piaget, que defendia que o progresso da lógica social e o progresso cognitivo individual caminham em paralelo (PIAGET, 1965, p. 158, apud DOISE; MUGNY; PERRET - CLERMONT, ibid.).

Com o objetivo de verificar possíveis diferenças entre performances individuais e coletivas, Mugny conduziu um experimento com 60 crianças de 4 turmas em uma escola em Genebra. Em duas turmas, a idade média dos alunos era de 5,9 anos e, nas outras duas, 6,8 anos, equivalente ao último ano da pré-escola e primeiro ano do ensino fundamental, respectivamente, aqui no Brasil. Nesse experimento, os alunos tinham que complementar uma tarefa que consistia, basicamente, em montar uma vila, colocando 3 casas de lego (dadas aos alunos) no local exato em um cartão, apoiado na mesa, com um papel milimetrado transparente em cima. Foram construídos 4 modelos que os alunos deveriam seguir, 2 considerados simples (modelos 1 e 4) e 2 mais complexos (modelos 2 e 3). Esse material foi desenvolvido a partir da montagem experimental de Piaget e Inhelder (1956, apud DOISE; MUGNY; PERRET - CLERMONT, ibid.) e envolve atenção em tarefas de representação espacial.

Dez alunos da pré-escola participaram desse experimento individualmente, ao passo que os outros vinte fizeram a mesma tarefa em duplas (dez duplas no total). A mesma divisão ocorreu com os alunos do fundamental. Mugny mediu, a partir do papel milimetrado, o índice de desvio de cada elemento em relação à posição original (ver tabela 7), e obteve as seguintes conclusões: i) os índices medidos a partir dos modelos mais simples (1 e 4) foram menores que os obtidos dos modelos mais complexos (2 e 3); ii) a idade não foi um fator diferencial; iii) a interação social não trouxe benefícios para as tarefas fáceis, mas melhorou significativamente a performance nas tarefas mais difíceis.

Tabela 7 - As duas primeiras linhas são os índices de desvio medidos a partir das tarefas individuais realizadas por crianças da pré-escola (IP) e do fundamental (IF). As duas últimas mostram os mesmos índices obtidos pelos grupos da pré-escola (GP) e do fundamental (GF).

Situação experimental	Índice para tarefas simples	Índice para tarefas complexas
IP	10,00	30,45
IF	9,62	29,77
GP	9,77	20,40
GF	8,92	15,75

Fonte: Doise, Mugny, Perret – Clermont, 1975, adaptado pelo autor.

Porém seria possível inferir que o sucesso das atividades em dupla pode estar ligado ao fato de haver um integrante com condições suficientes de resolver a tarefa complexa sem a ajuda do outro? A fim de verificar a probabilidade de sucesso individual em uma atividade coletiva, Mugny aplicou a fórmula de Solomon, $p_g = 1 - (1 - p_i)^n$, onde p_g é a probabilidade de sucesso do grupo, p_i é a probabilidade de sucesso individual e n é número de membros do grupo, e pode verificar que performance das duplas foi estatisticamente superior ao resultado esperado através da equação, mostrando que o resultado do sucesso em grupo não foi devido à capacidade de um dos integrantes, apenas. Mugny finaliza suas conclusões relativas ao experimento afirmando que, em determinadas circunstâncias sociais, grupos são capazes de desenvolver estruturas mais complexas de pensamento, e se questiona quanto à internalização do conhecimento adquirido após a interação no indivíduo. A partir desse questionamento, Perret – Clermont tratou de executar um segundo experimento.

Perret – Clermont se utilizou de uma versão adaptada e aplicada por Sinclair (1967, apud DOISE; MUGNY; PERRET - CLERMONT, ibid.) do experimento de decantação de líquidos de Piaget e Szeminska (PIAGET; SZEMINSKA, 1952, apud DOISE; MUGNY; PERRET - CLERMONT, ibid.). Sinclair concluiu que, após duas aulas expositivas sobre conservação de quantidade para crianças em estágio pré-operatório, os alunos não melhoraram a compreensão da operação de conservação. Sabendo desse resultado, Perret – Clermont se perguntou qual seria o resultado se o experimento de Sinclair fosse aplicado coletivamente com crianças que já possuem o conhecimento de conservação de quantidade e com aquelas que ainda não o tem.

As etapas do experimento foram as mesmas de Sinclair, um pré-teste e dois pós-testes, sendo o primeiro pós-teste uma semana após a intervenção proposta por Perret – Clermont (que não foram duas aulas expositivas, de treinamento verbal, como Sinclair o fez) e o outro, um mês após o primeiro pós-teste. O público-alvo foram 37 crianças de 6 e 7 anos do equivalente ao 1º ano do fundamental, no sistema educacional brasileiro, em uma escola de Genebra. O conjunto de materiais envolvidos ao longo das etapas foi:

- 3 copos transparentes, graduados e idênticos A, A`e A``, com capacidade máxima de 250 ml;
- 1 copo C, mais largo e achatado que A, porém mesma capacidade;
- 1 copo D, mais estreito e comprido que A, porém mesma capacidade;
- 1 garrafa opaca com suco de fruta e uns canudos.

Na etapa pré-teste, a criança se senta em uma mesinha com o professor[28], que a convida para jogar um jogo com o suco, informando que a criança poderia beber o suco ao final, caso desejasse. O professor realizou o procedimento padrão da experiência clássica de vazamento de líquidos de Piaget, trabalhando a conservação de quantidade contínua (MENESTRINA et al., 2014). Em seguida, o professor fornece um canudo para a criança e pergunta em qual copo ela prefere beber o suco, no A ou no C, e qual seria o motivo dessa escolha. Dependendo da resposta, a criança estaria na categoria:

- C – *Conserver*, *i.e.*, apresenta conhecimento de conservação de quantidade. A criança prontamente compreende que, independentemente do número de vezes que o líquido é trocado de recipientes, de mesmo formato ou não, a quantidade de líquido se mantém constante;
- I – Intermediário. A criança diz, de tempos em tempos, que a quantidade de líquido continua a mesma, mas sem base para a sua afirmação, e mostra hesitação ao tentar relacionar as diferenças físicas dos copos e a

[28] Tanto no experimento conduzido por Mugny quanto no segundo, por Perret – Clermont, os profissionais responsáveis pela dinâmica das tarefas, que se relacionaram diretamente com as crianças, foram chamados de *experimenter* pelos autores. O autor desta tese adaptou o termo para professor.

quantidade de líquido, e também se mostram receosas no momento de explicar as suas impressões;

- NC, *Non-conserver*, *i.e.*, acredita que a quantidade de líquido pode aumentar ou diminuir dependendo do formato do copo.

Quinze dias após essa primeira etapa, Perret – Clermont propôs um momento de interação social. Três crianças por vez foram levadas para uma sala. Duas crianças, C1 e C2, classificadas como *conservers,* ficavam sentadas uma de frente para a outra, enquanto C3, I ou NC, ficava na cabeceira da mesa. O professor informa às crianças que elas participarão de um outro jogo com o suco, diferente do que jogaram anteriormente. O copo A é dado à C1, o copo D, à C2, e a garrafa opaca foi entregue à criança C3. O professor pede, então, que C3 despeje de sua garrafa a mesma quantidade de suco para C1 e C2, para que ambos fiquem igualmente felizes. Após fazê-lo, C3 deve perguntar à C1 e à C2 se concordam com as quantidades que foram fornecidas a cada um. Essa situação de interação social durou entre 10 e 15 minutos por trio, em que o papel do professor era deixar as crianças dialogarem entre si. Quando necessário, refazia a frase de uma criança mais tímida ou de uma criança C3 que não estava sendo escutada pelas outras.

Uma semana depois na interação social, foi aplicado o primeiro pós-teste, com o mesmo *modus operandi* do pré-teste, porém como todos os cinco copos. Um mês depois, os alunos realizaram o segundo e último pós-teste, idêntico ao anterior. O grupo controle contou com 12 alunos de mesma idade e série que seus colegas que participaram de todas as etapas do experimento. Os estudantes desse grupo fizeram somente o pré-teste e o primeiro pós-teste, individualmente. A tabela 8 apresenta a quantidade de alunos que progrediram de categoria, quando comparados os resultados nas etapas pré-teste e no pós-teste 1.

Tabela 8 - 24 dos 37 alunos progrediram de categoria após a etapa de interação social, em contraste com apenas duas progressões do grupo controle.

Progressão de categoria	Grupo experimental	Grupo controle
NC → I	9	1
NC → C	8	0
I → C	7	1
Progessões totais	**24**	**2**

Fonte: Doise, Mugny, Perret – Clermont, 1975, adaptado pelo autor.

A aplicação dos pós-teste 2 revelou que 15 alunos mantiveram a sua progressão de categoria, 4 regrediram e 8 apresentaram até mesmo um progresso do pós-teste 1 para o 2. 13 dos 23 alunos que mantiveram ou progrediram de categoria apresentaram um ou mais argumentos para justificar a conservação de quantidades que não haviam elencados no primeiro pós-teste. Segundo os autores, "estruturas cognitivas formadas em uma situação social são internalizadas e reativadas em situações caracterizadas por um diferente tipo de interação social" (DOISE; MUGNY; PERRET-CLERMONT, 1975, p.16, tradução feita pelo autor).

Esses resultados foram basilares para a conclusão dos autores de que a interação social favorece a elaboração de estruturas operacionais em um indivíduo. Observaram também que 73% do progresso verificado no pós-teste 1 foram de crianças cujas conversas foram mais efetivas, em que as crianças C (C1 e C2) defendiam seus pontos de vista de maneira coerente e consistente. "Em contraste, se uma dessas duas crianças apresentassem comportamento compatível com NC ou I, mesmo que momentaneamente, a situação social se tornava menos efetiva (progresso de 50%)" (DOISE; MUGNY; PERRET-CLERMONT, 1975, p.16, tradução feita pelo autor). Assim, para melhores resultados, as crianças NC não devem interagir somente com iguais, mas sim devem ser confrontadas por colegas que defendem coerentemente um outro raciocínio.

Três anos depois, embebidos por essa constatação, Doise e Mugny (1978) realizaram novamente o experimento 1, com outras etapas, a fim de verificar o mecanismo por trás da interação que afeta a estrutura cognitiva.

Primeiramente, Doise e Mugny (ibid.) classificaram as crianças em função do seu desempenho no pré-teste:

- TC – Totalmente compensado. Nesse caso, a criança conseguiu executar as quatro tarefas corretamente, compensando as diferenças de orientações espaciais;
- PC – Parcialmente compensado. Perceberam as diferenças de orientações, mas erraram em algumas situações;
- NC – Não houve compensação. As crianças não perceberam que o seu papel não estava com a mesma orientação espacial que os modelos a serem reproduzidos.

Na semana seguinte, as crianças foram agrupadas em duplas, para executar as mesmas tarefas. Porém o mediador do experimento informou aos grupos que deveriam chegar a um resultado que ambos concordassem. Participaram dessa etapa 37 duplas com 4 formações diferentes: 9 duplas NC-NC, 11 duplas NC-PC, 11 duplas NC-TC e 6 duplas PC-PC. Observou-se que os desempenhos das duplas NC-NC foram estatisticamente semelhantes aos seus individuais, na etapa pré-teste. Quanto às duplas NC-TC, o resultado durante a etapa de interação reproduziu o desempenho das crianças TC no pré-teste. Já no pós-teste, uma semana após a atividade em dupla, o desempenho individual das crianças NC que estavam com as TC foi estatisticamente igual ao obtido por elas no pré-teste. As crianças NC que obtiveram maior desenvolvimento cognitivo, mesmo que pouco, foram as que interagiram com os colegas PC. Em se tratando das crianças PC que interagiram com NC, 9 de 11 participaram do pós-teste, sendo que 8 destas apresentaram progresso em relação ao pré-teste. O desempenho individual das 12 crianças PC que fizeram as tarefas com outras PC também se mostrou superior em relação à primeira etapa e, em adição, 6 destas mostraram progresso. Esses resultados estão expostos na tabela 9 a seguir.

Tabela 9 - *Estudantes cujos índices de desvio são apresentados. A última coluna mostra o número de crianças que progrediram de categoria, ou seja, NC para PC/TC ou PC para TC.

Duplas	Pré-teste	Fase de Interação	Pós-teste	Progresso
NC* - NC	20,07	19,00	19,27	2 em 15
NC* - PC	20,64	12,23	15,95	7 em 11
NC* - TC	20,68	5,73	18,59	1 em 11
PC* - NC	18,44	12,23	5,44	8 em 9
PC* - PC	18,59	7,17	11,68	6 em 12

Fonte: Doise e Mugny, 1978, adaptado pelo autor.

As estratégias de resoluções das tarefas nas duplas NC-NC são basicamente as mesmas, não havendo conflitos. Nas duplas NC-TC, análises de vídeos das conversas mostraram que as crianças TC lideraram praticamente todas as interações. "As crianças mais avançadas tendem a solucionar as tarefas sozinhas, ignorando as sugestões das NC" (DOISE; MUGNY, 1978, p. 190, tradução feita pelo autor). Nesses casos, pode-se perceber pelos índices obtidos que as crianças NC não progrediram, ou seja, o resultado na etapa de interação não condiz com o conhecimento individual de cada integrante da dupla. O maior progresso dos estudantes NC ocorreram com PC, devido ao fato de as crianças PC, nas palavras dos autores, serem "menos dominantes". Seguem ainda "Seu *status* intermediário caracterizado por compensações (de coordenadas) parciais, pelas hesitações e falta de segurança, quando comparado ao TC, faz com que tornem explícitos aspectos que achem problemáticos" (DOISE; MUGNY, 1978, p. 189, tradução feita pelo autor). Essas características possibilitam maior participação das NC na resolução do problema. Analisando as performances das crianças PC, pode-se observar que foram beneficiadas em ambas as situações, porém dupla com NC foi onde houve maior conflito cognitivo, resultando em maior progresso. As oscilações nas ideias das crianças PC favorecem o surgimento de conflitos cognitivos, até mesmo com outra PC, apresentando evolução também nesse cenário.

Na sequência desse trabalho, Doise e Mugny (1979) reutilizaram os materiais envolvidos no primeiro experimento conduzido por Perret – Clermont, em 1975, e depois, conforme supracitado, em 1978. 72 crianças entre 5 e 8 anos participaram do experimento em que, dessa vez, somente o desempenho nas duas tarefas mais difíceis foi levado em consideração. Uma semana após o pré-teste e uma antes do pós-teste, 39 crianças

realizaram a atividade uma primeira vez e, imediatamente, foram colocadas em outro ponto da mesa, para que observassem o modelo e a reprodução que fizeram sob outro referencial espacial. Desse modo, as crianças foram submetidas a um conflito intraindividual. As outras 33 crianças fizeram as atividades em dupla[29], ambas de mesma categoria de conhecimento (NC-NC e PC-PC), uma em cada posição da mesa.

A pesquisa mostra (ver tabela 10) que as crianças que trabalharam em dupla com outra de mesmo nível de conhecimento progrediram mais que as crianças que trabalharam sozinhas. Doise e Mugny (ibid.) concluem, a partir desses resultados, que o conflito interindividual é mais efetivo no sentido de alcançar uma organização cognitiva mais complexa que um conflito intraindividual. Para além, os indivíduos com menos avançados são os mais impactados por essa diferença de conflitos.

Tabela 10 - Progresso individual (NC para PC ou TC; PC para TC) das 39 crianças que realizaram a atividade experimental sozinhas x progresso individual das crianças que fizeram o experimento com outro colega da mesma categoria.

Progresso	Conflito intraindividual	Conflito interindividual
NC	6 em 19	13 em 21
PC	12 em 20	10 em 12

Fonte: Doise e Mugny (1979), adaptado pelo autor.

Os trabalhos de Mugny, Doise e Perret – Clermont aqui abordados revelam diversos aspectos que estruturam a teoria de Mugny que vão além de afirmar que ela é baseada no fato de a interação social promover desenvolvimento cognitivo ou que o conflito cognitivo gera esse desenvolvimento. A partir dessas pesquisas, pode-se concluir que a teoria de conflito sociocognitivo de Mugny é centrada no conflito social cognitivo como precursor do desenvolvimento, que apresenta os seguintes aspectos: i) a performance coletiva na realização de tarefas complexas é significativamente superior se comparadas às performances individuais; ii) as interações sociais favorecem a elaboração de estruturas operacionais em um indivíduo; iii) a aquisição de estruturas cognitivas é um processo ativo e relativamente demorado; iv) o progresso individual não necessariamente

[29] Inicialmente eram 17 duplas, porém uma criança faltou na data do pós-teste. Fonte: conversa privada com o professor dr. Gabriel Mugny.

é representado pelo resultado coletivo; v) situações sociais com conflitos cognitivos, quando solucionados, promovem progresso cognitivo; vi) pessoas com nível intermediário de conhecimento progridem quando sofrem conflito cognitivo gerado por outra, de nível não superior; vii) conflito individual é menos efetivo que conflito coletivo para gerar desenvolvimento cognitivo.

Todos esses aspectos aqui abordados acerca da teoria de aprendizagem de Mugny se mostram bastante alinhados com o core do PI, que é justamente a interação entre pares e, por esse motivo, essa teoria pode ser usada como referencial teórico para a metodologia.

1.7. A metodologia *Just-in-Time Teaching* (JiTT) como complemento ao PI

Nas aulas ativas, os estudantes desempenham um papel muito maior que em aulas expositivas e monológicas, onde o grande responsável pelo processo é o professor, que comanda todas as ações. Uma implicação direta do protagonismo do aluno é que ele passa a ser mais responsável pela sua própria aprendizagem. Em casos de aplicações pontuais de alguma metodologia ativa (uma sequência de duas ou três aulas, por exemplo), o *feedback* tende a ser positivo, por ser uma aula diferente do usual. Porém, em se tratando de propostas pedagógicas mais longas, como as de Crouch, Mazur (2001) e Quibao et al. (2019), é fundamental que o professor explique, logo na primeira aula, qual a metodologia usará, seu funcionamento e, principalmente, explicar o papel dos estudantes. Sem o engajamento dos estudantes, o JiTT, o PI e qualquer outra metodologia ativa não alcançará seus objetivos[30].

Com o JiTT auxiliando o PI, a responsabilidade dos estudantes aumenta, por terem mais uma tarefa a fazer. Além de se comprometerem a seguir o rito do PI, *i.e.*, responder individualmente às questões e, depois, discutir o tópico com seus colegas, os estudantes

[30] Em um dos colégios que o autor trabalhou, uma professora aplicou a metodologia *Jigsaw* em duas turmas da mesma série, com retornos bem diferentes. Enquanto em uma turma os estudantes cumpriram suas funções, na outra, alguns não fizeram o mesmo e, assim, as aulas não funcionaram como deveriam.

terão que executar atividades em casa. Se o estudante não realizar essas tarefas, o professor não terá o *feedback* dos alunos antes da próxima aula e, assim, o JiTT não funcionará. Duas metodologias ativas combinadas implicam em maior empenho por parte dos estudantes que, se for cumprido, além de potencializar seus ganhos de Hake, possibilitará abraçar mais habilidades educacionais.

O *Just-in-Time Teaching* (JiTT) foi criado com o intuito de estender a sala de aula via internet (*Web*). Seu desenvolvimento se deu na Universidade de Indiana (IUPUI) e na Academia da Força Aérea dos Estados Unidos, pelos educadores Gregor Novak, Evellyn Patterson, Andrew Gavrin, Wolfgang Christian e Kyle Forinash, com o objetivo de ajudar seus estudantes em física. Sua definição, segundo os próprios criadores, é:

Just-in-Time Teaching (JiTT) é uma estratégia de ensino e aprendizagem comprometida com dois elementos: atividades realizadas em sala que promovam aprendizagem ativa e os recursos da internet *(World Wide Web resources*) que são usados para alavancar a sala de aula. (NOVAK et al., 1999, p.3).

A ideia original era que os professores elaborassem algumas atividades para os alunos responderem individualmente algumas horas antes da aula, e enviassem as respostas eletronicamente, via *Web*. O professor então prepara as atividades que fará na aula baseado nas respostas dos estudantes. Daí o nome *Just-in-Time Teaching* ou, traduzindo, Ensino sob Medida (EsM), tradução mais utilizada em trabalhos feitos aqui no Brasil. A figura 14 mostra o algoritmo JiTT e como ambas as metodologias, JiTT e PI funcionam juntas.

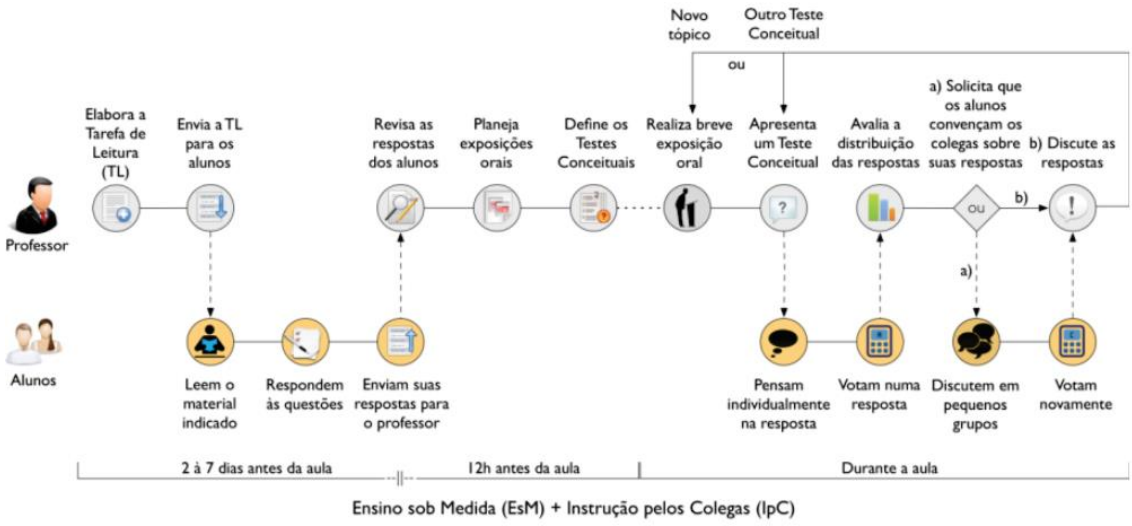


Figura 14 - Sequência de tarefas que o professor e que os alunos devem realizar para que, de fato, ocorra a implementação do JiTT (EsM) com o PI (IpC). Percebe-se que a aula só irá fluir de maneira correta se ambos executarem suas funções. Fonte: Araújo e Mazur (2013).

Ao observar os passos expostos na figura 14, fica nítido que as duas metodologias unidas agregam mais ao aluno que o PI atuando de maneira isolada. Ao revisar as respostas dos estudantes, o professor consegue criar ou escolher as questões conceituais mais adequadas para a aula, de modo a trabalhar as *misconceptions* ocorridas durante a tarefa, realizada de 2 a 7 dias antes da aula em si. Apesar de Novak ter concebido a metodologia para ser aplicada horas antes da aula, faz mais sentido que o professor tenha alguns dias para preparar a sua aula da melhor forma possível. E, sob o olhar do aluno, cujas aulas começam muitas vezes às 7 horas da manhã e muitos residem afastados de onde estudam, seria uma tarefa muito árdua.

Outro ponto de observação é quanto às tarefas de leitura (TL). Não necessariamente precisa ser uma atividade de leitura, mas sim tarefas eletrônicas que os estudantes devem realizar fora da classe. São questões conceituais que os estudantes devem responder previamente, conectadas ou não a textos interativos, artigos, análises de vídeos e/ou simulações computacionais. Por esse motivo, no capítulo 3 desta tese, de relatos de experiência, as tarefas são chamadas de Atividades Pré-Aula (APA). É recomendado, inclusive, que essas tarefas prévias sejam curtas, para não desestimular os estudantes (PASTORIO et. al, 2020) e ainda, que o professor incentive a execução das

mesmas com alguma pontuação (NOVAK et. al, 1999, p. 11-12). Essas questões conceituais, atreladas ou não às possibilidades digitais supracitadas, são o ponto chave do JiTT (NOVAK et. al, 1999, p. 21). Hoje, além das questões elaboradas por Novak, voltadas para o ensino de física, existem diversas outras para mais disciplinas[31]. Para além, um grupo de pesquisa da Universidade do Colorado desenvolveu uma gama de simulações computacionais voltadas para o ensino básico, PhET[32] (Physics *Education Technology)*, que atualmente envolve não somente a física, mas também biologia, química e matemática. O próprio grupo de pesquisa recomenda o uso das simulações na metodologia JiTT. Na década de 90, Novak et. al (1999, p. 23) recomendavam o uso de *Physlet Physics*[33] para resolver problemas de física através de simulações computacionais, porém atualmente é visível que o projeto PhET conta com mais recursos tecnológicos, além de ser mais abrangente, por abraçar mais disciplinas, e apresentar um visual mais moderno e agradável.

Dessa maneira, o JiTT foi desenvolvido para engajar os estudantes, usando o feedback das TL para que o professor possa adequar a sua aula de modo que as *misconceptions* possam ser trabalhadas em sala logo em seguida (em inglês, *just in time*), ao invés de uma aula com exposição genérica de um conteúdo, que não necessariamente vai ao encontro das necessidades do aluno. Novak et. al (1999, p. 9) seguem ainda afirmando que a metodologia JiTT permite que os estudantes desenvolvam pensamento crítico, além de habilidades relacionadas a trabalho cooperativo e comunicação (NOVAK et. al, 1999, p.4).

Durante a interação entre pares, os estudantes trabalham variadas habilidades de colaboração, comunicação, criatividade, pensamento crítico e caráter. Com o JiTT, além de trabalhar algumas dessas, irá desenvolver habilidades de coleta de informação. Essa abrangência está muito mais ligada à metodologia que a característica do professor em si.

Como fazer para que a grande maioria dos estudantes de uma classe se comprometa com a metodologia e faça as atividades em casa? Essa preocupação é importante porque, sem essa parte, o PI fica empobrecido. Claro que o professor deve, ao caminhar pela sala, perceber se, durante a interação, os alunos estão tentando resolver as

[31] http://jittdl.science.iupui.edu/JiTT_RESOURCES/ . Último acesso: 12/01/2022.
[32] https://phet.colorado.edu/pt_BR/ . Último acesso: 12/01/2022.
[33] https://www.compadre.org/Physlets/preface.cfm . Último acesso: 12/01/2022.

questões ou se estão tendo outro tipo de conversa que não tem a ver com o proposto. Mas, neste momento do texto, a preocupação se volta para a pergunta feita no início deste parágrafo.

Mazur (2015, p. 24) recomenda fortemente o uso de JiTT com o PI. Mazur transparece essa recomendação desde seu trabalho publicado em 2001, mostrando como a leitura prévia dos estudantes encorpa o PI. Em seu livro, traz a sua preocupação quanto à motivação dos estudantes, informando que a colaboração plena é fundamental para o sucesso do PI. Ao final de sua primeira aula, destinada à explicação da metodologia, Mazur solicitava que seus alunos respondessem um questionário, com cinco perguntas abertas. Perguntas como "O que você espera aprender nesta disciplina?" e "O que você espera que as aulas expositivas façam por você?". Em suas palavras, "é muito importante assegurar que as expectativas dos alunos estejam de acordo com o que realmente acontecerá em aula." Na aula seguinte, utiliza os primeiros 10, 15 minutos, para discutir o questionário. Após um mês de aulas ativas, aplica outros questionário, com quatro questões abertas, para saber a opinião dos estudantes com relação à disciplina. O que mais gostam e o que menos gostam, por exemplo. Assim, caso necessário, o professor pode fazer alguns ajustes, mantendo o clima de cooperação. Mazur chama isso de dar o tom certo ao PI.

Outro fator importante é que as avaliações dos alunos sejam coerentes com o trabalho desenvolvido, *i.e.*, que contenham questões conceituais. Não faz sentido que o professor cobre somente aplicação de fórmulas, sendo que uma das motivações do PI é justamente entender a física como um todo, e não como uma disciplina cujo objetivo seja decorar e aplicar equações.

Mazur complementa também informando que todas as tarefas feitas fora de sala valem 20% da nota final. Em suas palavras, "isso assegura que os estudantes levem a sério essas tarefas." (MAZUR, 2015, p. 44), indo ao encontro do escrito por Novak et al. (1999, p. 11-12), anteriormente mencionado nesta seção.

Atualmente, o professor Mazur ainda carrega dois pilares ao longo de todo semestre: i) os estudantes devem se preparar previamente para as aulas; ii) as aulas devem promover participação ativa dos estudantes, priorizando as atividades em grupo. Todo o escopo do semestre, metodologias usadas, objetivos de aprendizagem pretendidos,

recursos tecnológicos e avaliações estão documentados no endereço eletrônico de Harvard destinado aos movimentos instrucionais do professor Eric Mazur[34].

Na etapa que antecede a aula, ao contrário do que recomendava até 2013 (Araújo; Mazur, 2013), o professor Mazur não faz mais o uso da metodologia JiTT, no sentido que não envia mais questões conceituais aos seus estudantes. Desde 2015, tem utilizado o Perusall[35] para as atividades prévias, por acreditar ser muito mais eficiente que o JiTT[36]. O Perusall é uma ferramenta gratuita (desenvolvida por quatro professores e pesquisadores, entre eles, o professor Mazur) onde o professor disponibiliza um texto para que seus alunos possam ler. A vantagem é que funciona como uma espécie de leitura compartilhada e dinâmica. Um estudante pode, por exemplo, marcar um trecho que não entendeu e seu colega pode adicionar um comentário nesse trecho, com a sua explicação. De forma resumida, o *Perusall* possibilita uma leitura de um texto com interação (à distância) entre pares.

As aulas são voltadas para reforçar a compreensão de princípios importantes que os estudantes se debruçaram previamente e que serão aplicados nos seus projetos (*Project-based*: os estudantes, divididos em times de trabalho (grupos), participam de três projetos, cada um com duração de um mês). Para esse objetivo, o professor Mazur faz uso de seis metodologias ativas, onde todas possuem o fator comum de promover interação com os pares de seu grupo. Uma delas é o PI: durante as aulas, visando testar e aprofundar o conhecimento dos estudantes, o professor propõe questões, que devem ser respondidas através do sistema eletrônico (não gratuito) de respostas *Learning Catalytics*[37]. Primeiramente, os estudantes respondem individualmente às questões e, em seguida, devem discutir as respostas com os membros de seu grupo. Por fim, voltam a responder individualmente a pergunta. Se a dúvida permanecer, o estudante pode revisar a atividade posteriormente no sistema e/ou pedir ajuda aos professores. A mudança maior no método não é em relação à metodologia usada (que por si só não altera o algoritmo do

[34] https://instructionalmoves.gse.harvard.edu/files/instructionalmoves/files/ap50bs20_syllabus.pdf . Último acesso: 12/01/2022.

[35] https://perusall.com. Último acesso: 12/01/2022.

[36] Comunicação pessoal do professor Eric Mazur, em 23 de junho de 2020, recebida por *tweet.*

[37] https://www.pearson.com/us/higher-education/products-services-teaching/learning-engagement-tools/learning-catalytics.html. Último acesso: 12/01/2022.

PI), mas sim o fato de o professor Mazur utilizar, atualmente, mais questões abertas (*open-ended questions*) que questões de múltipla escolha.

Os trabalhos descritos aqui neste capítulo possibilitam a compreensão das metodologias, apresentam detalhes e possibilidades quanto às suas aplicações, e também expõe algumas de suas limitações. Essas limitações, felizmente, são acompanhadas de diversas sugestões, que têm o intuito de aprimorar a eficiência do PI. Atitudes do professor perante a turma nas diferentes etapas do PI, elaboração das questões e suas aplicações, organização dos grupos e o uso do JiTT são pontos de atenção e que podem ser otimizados. Esse processo de leitura e consequente imersão no método, aliado ao fato de o autor já o ter experimentado em sala, possibilitou a sua aplicação para essa pesquisa. Detalhes relacionados à aplicação do PI e à coleta de dados estão no próximo capítulo desta tese, dedicado à metodologia da pesquisa.

2. METODOLOGIA DA PESQUISA

Pretende-se, a partir dessa pesquisa, observar determinados aspectos relacionados ao uso da metodologia ativa PI somada ao JiTT. Os pontos de observação perpassam por análises quantitativas e qualitativas. O público-alvo da pesquisa são estudantes da 2ª série do ensino médio de um colégio público federal do estado do Rio de Janeiro. As atividades em sala foram realizadas durante todo o primeiro trimestre dos anos de 2018 e 2019 (nesse período do calendário escolar, o conteúdo trabalhado é cinemática). Em 2020[38] não houve ano letivo e, em 2021, foram sete semanas de atividades remotas com os estudantes (grupo focal).

Em se tratando da análise quantitativa, um teste validado (para o contexto) de interpretação de gráficos em cinemática foi aplicado em dois momentos, o início das aulas e após o conteúdo ter sido trabalhado em sala, ao final do primeiro trimestre. A partir dos resultados dos testes, foi possível extrair os resultados de ganhos absolutos e normalizados. O próprio trabalho de validação do teste, que está presente na tese, também e é um resultado da análise quantitativa. Participaram das duas etapas do teste, 127 estudantes em 2018, que tiveram aulas tradicionais, e 118 estudantes em 2019, cujas aulas foram ativas.

O objetivo dessa etapa do trabalho é responder a primeira questão de pesquisa, comparando os ganhos de Hake das turmas com aulas expositivas e monológicas com as turmas com aulas ativas. Essa comparação é apenas para verificar se os resultados obtidos estão dentro do escopo dos revelados pela literatura, cujo contexto de aplicação é, em sua grande maioria, no ensino superior.

Conforme mencionado previamente, o ganho de Hake é uma medida grosseira de verificar a efetividade do curso em promover compreensão conceitual de um determinado assunto e, somado à diversas outras variáveis do processo, é possível afirmar que apenas a comparação de ganhos de Hake não permite concluir qual metodologia proporciona maior aprendizagem de conteúdo, e nem é o intuito deste trabalho. Para melhor

[38] O colégio ficou fechado em 2020 e 2021, devido à pandemia de COVID-19. No final de 2020, houve apenas atividades online assíncronas. Já em 2021, ocorreram atividades síncronas e assíncronas.

compreender a aprendizagem proporcionada pelo PI, faz-se necessário investigar o método com maiores detalhes. As análises qualitativas objetivam cumprir esse papel.

Já para responder às questões de cunho qualitativo, a pesquisa dá luz à fala dos estudantes nas etapas de interações entre pares, tendo como base as pesquisas apresentadas na seção de análises qualitativas do capítulo anterior, além de o uso da metodologia de análise de conteúdo de Moraes (1999) e dos trabalhos desenvolvidos pelos finlandeses Kaartinen e Kumpulainen (2002) e Lämsä et al. (2018). A partir dos áudios dos estudantes durante as discussões com seus colegas, é possível compreender, como maiores detalhes, o funcionamento do PI. Os referenciais supracitados serão abordados ainda neste capítulo, na seção destinada à análise qualitativa de aprendizagem desenvolvida nesta presente pesquisa.

2.1. Análise Quantitativa de Aprendizagem

A primeira parte do trabalho consiste em verificar se os ganhos normalizados médios de Hake com aulas ativas são superiores aos ganhos com aulas tradicionais, como indica a literatura. Esse ponto de observação faz-se necessário devido à diferença de contexto. Conforme exposto no capítulo de revisão bibliográfica, muito se sabe sobre os ganhos em alunos universitários, mas não há muitas pesquisas com olhar para o ensino médio, ainda mais no Brasil. No trabalho de revisão bibliográfica, Muller et al. (2017) apontam que aproximadamente 90% do contexto dos trabalhos de PI é universitário e observaram ainda que somente cerca de 8% dos trabalhos que trouxeram em sua pesquisa foram realizados na América do Sul.

Os alunos que participaram da pesquisa em 2018 tiveram somente aulas expositivas e monológicas, e para obter os resultados de ganhos de Hake, foram convidados a fazer o *Test of Understanding Graphs in Kinematics* (TUG-K), um teste com 26 questões conceituais e numéricas, envolvendo interpretação gráfica em cinemática. O teste foi aplicado em dois momentos, na segunda semana de aula (pré-teste) e duas semanas após o término das provas trimestrais (pós-teste). Contudo, a versão do TUG-K utilizada só tinha sido validada em estudantes universitários e, para os resultados

extraídos das aplicações do teste serem consistentes, o teste tinha que passar por um processo de validação com o público-alvo desta pesquisa. Com um instrumento validado, os dados obtidos apresentam maior sintonia com a realidade.

O processo de validação do TUG-K está presente no Anexo A desta tese, e a versão traduzida do teste encontra-se no Anexo B.

2.1.2. Ganhos normalizados médios com Aulas Expositivas e Monológicas

Os estudantes que participaram da pesquisa em 2018 se dividiam em cinco turmas. Cada tempo de aula na instituição equivale a 45 minutos e a disciplina de física era, até esse ano, dividida em duas frentes: física 1 e física 2, lecionadas obrigatoriamente por dois professores distintos. As turmas de ensino médio regular (A, B, C e D) contavam com 4 tempos semanais, enquanto a turma de ensino médio integrado - técnico em instrumento musical (turma M) tinha 3 tempos apenas, 2 de física 1 e 1 de física 2. O ganho de Hake medido foi em interpretação gráfica em cinemática, conteúdo inserido na física 1.

A figura 15 a seguir mostra o calendário escolar de 2018. A aula inaugural ocorreu no dia 10 de abril e a semana de provas do 1º trimestre iniciou-se no dia 11 de junho.

Meses	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31
MAR			S	D						S	D						S	D						S	D					F	S
ABR	D	COL	COL	PLA	PLA	AI	PLA	D						S	D						F	D	F					S	D		
MAI	F				S	D						S	D						S	D						S	D				F
JUN		s	D						S	D						S	D						S	D					S	
JUL	D						S	D							D	FE	FE	FE	FE	FE	FE	D	FE	FE	FE	FE	FE	FE	D	FE	COL
AGO	COL			S	D						S	D						S	D						S	D					
SET	S	D					F	S	D						S	D						S	D						S	D	
OUT						S	D					F	R	D	F					S	D						S	D			
NOV		F	R	D						S	D				F		S	D		F				S	D						
DEZ	S	D						S	D						S	D						S	D	NA	NA	R	R	R	R	D	

Figura 15 - Calendário escolar de 2018, adaptado pelo autor.

O quadro 8 mostra os horários das aulas de física 1 de cada turma.

Quadro 8 - Horários das aulas de física 1 das cinco turmas de 2ª série do Ensino Médio que o autor deste trabalho lecionou em 2018. 5 T (manhã) significa que a aula ocorria no 5º tempo da manhã, por exemplo. As aulas aos sábados eram quinzenais e, portanto, cada 2 tempos contam como 1 tempo semanal. Assim, todas as turmas tinham 2 tempos de física 1 por semana.

Turma	Terça	Quinta	Sábado
A		6 T (manhã)	5T e 6T (manhã)
B	5 T (manhã)		1 T e 2 T (manhã)
C		1T e 2T (manhã)	
D		1T e 2T (tarde)	
M		3T e 4T (manhã)	

Fonte: Elaborado pelo autor.

Nas turmas C, D e M, a primeira aplicação do TUG-K ocorreu no dia 19 de abril e nas turmas A e B, no sábado de 28 de abril, por não ser viável aplicar em uma aula de 45 minutos. Já o pós-teste aconteceu durante a 1ª semana de julho, em todas as turmas, após o período de provas regulares e 2ª chamadas.

A pesquisa não teve como objetivo verificar a aprendizagem por turma, mas sim obter um panorama mais global da série. As turmas tinham o mesmo professor de física 1 e todos fizeram pelo menos a série anterior no colégio.

A tabela 11 mostra o quantitativo de alunos que participaram de cada etapa do TUG-K.

Tabela 11 - Número (N) de alunos em cada turma que participaram de cada momento da aplicação do teste, assim como o total de alunos matriculados nas turmas.

Turma	N (pré-teste)	N (pós - teste)	N (total)
A	28	26	32
B	27	20	34
C	28	31	37
D	24	18	26
M	20	23	30
Total	**127**	**118**	**159**

Fonte: Dados da pesquisa.

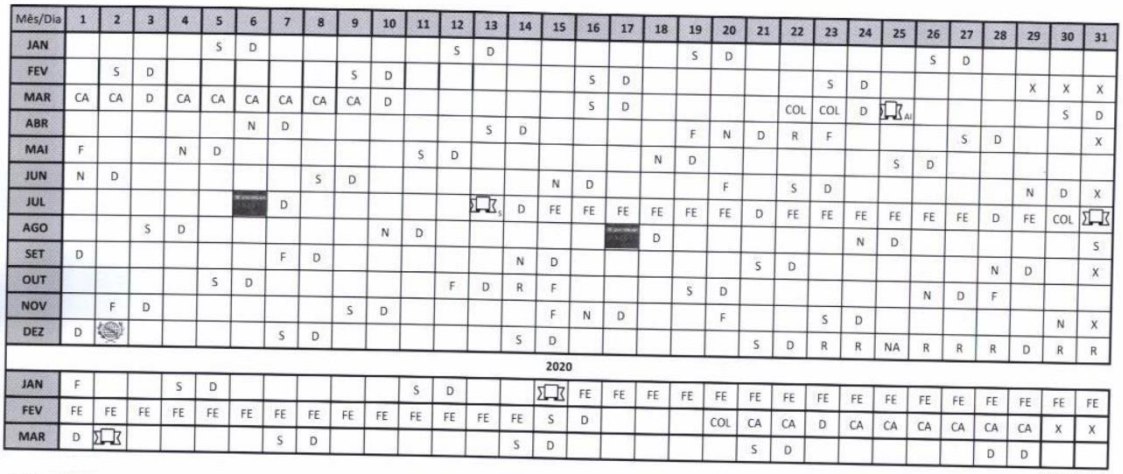
Excluindo a turma de música, as aplicações dos testes ocorreram ou nos dois primeiros tempos de aula ou no sábado. Na turma B, os testes foram aplicados nos primeiros tempos de sábado, justificando a turma de maior ausência, especialmente após o período de provas. O quantitativo de faltas no 1º tempo e, principalmente, aos sábados, era um problema sistemático entre os estudantes do ensino médio desse colégio. Essa situação foi caso de discussão em reuniões entre professores e demais funcionários. Após esse ano, as aulas na instituição apresentaram outra configuração, conforme será relatado nas atividades realizadas em 2019.

As nove semanas de aula desse primeiro trimestre foram expositivas, ou seja, o professor explicou o conteúdo programático e resolveu exercícios no quadro. Entre os exercícios, havia questões conceituais (de interpretação de gráficos, por exemplo) e exercícios de aplicações de fórmulas (oriundos de diversos vestibulares).

O resultado da primeira parte da pesquisa, com os percentuais de acertos nas etapas, o ganho absoluto e o ganho normalizados médio de Hake desse curso com aulas expositivas encontra-se no capítulo 4 da tese, destinado aos resultados da pesquisa.

2.1.3. Ganhos normalizados médios com Aulas Ativas

A partir do ano letivo de 2019, a disciplina de física passou por algumas mudanças: não há mais a divisão entre física 1 e física 2; somente um professor por turma; ao invés de 4 tempos semanais de 45 minutos, agora são 3 tempos de 40 minutos de aula em sala somados a 2 tempos de laboratório, ministrados quinzenalmente. Mesmo sendo frente única, o conteúdo programático do 1º trimestre para a 2ª série manteve-se em cinemática. O calendário escolar referente ao ano de 2019 está na figura 16.



Mês/Dia	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31
JAN					S	D						S	D						S	D						S	D				
FEV		S	D						S	D						S	D						S	D				X	X	X
MAR	CA	CA	D	CA	CA	CA	CA	CA	CA	D						S	D					COL	COL	D	AI				S	D	
ABR						N	D						S	D					F	N	D	R	F				S	D		X	
MAI	F			N	D						S	D						N	D						S	D					
JUN	N	D						S	D						N	D				F		S	D						N	D	X
JUL							D							D	FE	FE	FE	FE	FE	FE	D	FE	FE	FE	FE	FE	FE	D	FE	COL	
AGO			S	D						N	D							D						N	D					S	
SET	D						F	D						N	D						S	D					N	D		X	
OUT					S	D						F	D	R	F				S	D						N	D	F			
NOV		F	D						S	D					F	N	D			F			S	D					N	X	
DEZ	D						S	D						S	D						S	D	R	R	NA	R	R	R	D	R	R

2020																															
JAN	F			S	D						S	D				FE	FE	FE	FE	FE	FE	FE	FE	FE	FE	FE	FE	FE	FE	FE	FE
FEV	FE	FE	FE	FE	FE	FE	FE	FE	FE	FE	FE	FE	FE	FE	S	D				COL	CA	CA	D	CA	CA	CA	CA	CA	CA	X	X
MAR	D						S	D						S	D						S	D						D	D		

Figura 16 - Calendário escolar de 2019. A aula inaugural foi no dia 25 de março, adaptado pelo autor.

Nesse ano, o autor deste trabalho foi professor de duas turmas de 2ª série do Ensino Médio regular, turmas A e B, no período da manhã. O quadro 9 exibe os dias e horários das aulas nessas turmas.

Quadro 9 - Ambas as turmas tinham aulas às terças e sábados (quinzenais) pela manhã, com um média de 3 tempos de 40 minutos cada.

Turma	Terça	Sábado
A	1T e 2T	3T e 4T
B	3T e 4T	1T e 2T

Fonte: Elaborado pelo autor.

Assim como no ano anterior, o TUG-K foi administrado em dois momentos, no início do 1º trimestre e após o período de provas, para medir o ganho de Hake e compará-lo com o obtido em 2018. Essas aplicações ocorreram nos dias 30 de março (pré-teste) e 11 de junho. A tabela 12 mostra o quantitativo de alunos que participaram do teste.

Tabela 12: Número (N) de alunos em cada turma que participaram de cada momento da aplicação do teste, assim como o total de alunos nas turmas.

Turma	N (pré)	N (pós)	N (total)
A	32	32	36
B	34	31	36
Total	66	63	72

Fonte: Dados da pesquisa.

Assim como em 2018, foram 9 semanas de aulas, porém como as metodologias PI e JiTT. Os resultados dos ganhos de Hake com aulas ativas em comparação aos ganhos em aulas expositivas estão expostos no capítulo 4. Os detalhes por trás dessas aulas apresentam-se evidenciados no próximo capítulo, que diz respeito ao relato de experiência.

2.2. Análise Qualitativa de Aprendizagem

Em 2018, a pesquisa esteve voltada para o estudo do PI, desde a sua origem até diversos resultados, conforme abordado no capítulo 1, para que o método pudesse ser aplicado da melhor maneira possível no ano subsequente. 2019, portanto, foi destinado às aulas e as tarefas prévias, além das aplicações do TUG-K. O objetivo era fazer a análise quantitativa, comparando os ganhos normalizados médios de 2018 e 2019. E assim foi feito.

Seguindo o planejamento, o ano de 2020 teria como objetivo a parte mais importante do trabalho, que é entender como o método funciona, a partir da extração de áudios das interações entre os pares nas etapas de interação. São as análises qualitativas que permitirão compreender o porquê o percentual de acerto de uma determinada questão aumenta após o diálogo com os colegas.

Devido à pandemia de COVID-19, o colégio em que se passou essa pesquisa ficou fechado desde a segunda metade de março de 2020 até o dia 22 de novembro de 2021. Diante dessa realidade foi aplicada a mesma variante do PI implementada nos trabalhos Turpen e Finkelstein (2009), Turpen e Finkelstein (2010) e de James e Willoughby

(2010), discutidos no capítulo anterior, a um grupo focal com seis alunos inscritos voluntariamente em um projeto de extensão do colégio, de maneira 100 % remota, durante dez semanas. Os detalhes das aplicações à distância do PI com o grupo focal, desde a estrutura das aulas, a plataforma de videoconferência utilizada, questões trabalhadas, coleta e transcrição dos áudios, estão descritos no próximo capítulo.

A técnica utilizada para analisar com maior nível de detalhe as falas dos estudantes está presente na publicação dos finlandeses Kaartinen e Kumpulainen (2002), que segue o protocolo de análise de conteúdo de Moraes (1999). Para além, os trabalhos de Mark C. James abordados na seção 1.5 desta tese e os também finlandeses Lämsä et al. (2018) fundamentam as demais análises qualitativas.

Os trabalhos finlandeses supracitados, apesar de se utilizarem de outra metodologia ativa, o *Inquiry-Based Learning* (IBL)[39], trazem discussões com riquezas de detalhes quanto às falas dos alunos quando estão debatendo em grupos, revelando resultados interessantes. Por esse motivo, foram usados como referência pelo autor dessa tese durante as atividades realizadas em sala de aula, assim como no tratamento de dados.

A metodologia aplicada em James e Willoughby (2010), que expõe três categorias de conversas fora do padrão durante a interação entre pares, foi aplicada nesta tese, para responder a segunda pergunta de pesquisa. Sendo assim, após a transcrição dos áudios, serão identificados a quantidade de conversas dentro e fora do padrão. Uma vez separadas as conversas fora do padrão, elas foram classificadas, de acordo com o tipo de diálogo apresentado (A1 até C4).

Já a terceira pergunta de pesquisa, traz dois aspectos a serem estudados: as diferentes fases do discurso, que vão surgindo e se movimentando, durante a etapa de interação; e o viés de conversação, que é capaz de exprimir a participação de cada membro do grupo durante o debate.

Para identificar as fases do discurso, será reproduzida a metodologia aplicada em Lämsä et al. (2018). Nesse estudo, um total de 70 alunos universitários fizeram parte

[39] http://www.inquirybasedlearning.org/. Último acesso em: 12/01/2022.

desse estudo, separados em 24 grupos (5 alunos por grupo). Desses grupos, quatro tiveram suas telas dos computadores usados nas atividades gravadas, e seus áudios, capturados. Ao todo, foram 21 problemas resolvidos. Porém, devido à enorme quantidade de dados gerados, somente dois desses quatro grupos tiveram seus dados tratados durante uma única atividade, cuja duração média foi de aproximadamente 19 minutos.

Os autores identificaram 5 fases dos discursos dos alunos durante as interações entre os colegas, com a metodologia IBL:

- orientação – quando a fala estimula interesse e curiosidade em relação ao problema;
- conceituação – quando a fala determina conceitos necessários para a resolução do problema;
- investigação – quando a fala mostra caminho a seguir para a resolução do problema (coleta, análise e interpretação de dados);
- conclusão – quando a fala oferece ou avalia uma solução para a pergunta;
- discussão – quando uma fala traz um elemento que ratifica ou retifica a conclusão ou alguma outra fala em outra fase do discurso.

Os autores mediram o tempo de duração de cada uma dessas cinco fases do discurso nos dois grupos analisados. Contaram também o número de falas de cada integrante (número de interações) desses grupos, e aplicaram a essas interações, valores (-1, 0 ou +1) de acordo com impacto das intervenções realizadas pelos estudantes na resolução do problema. Se a observação feita está correta e ajuda a equipe a resolver o problema, +1. Se não ajudar ou atrapalhar, 0. Porém, se a explicação for incorreta e levar o grupo ao caminho errado, -1. Foi medido também o percentual das falas em cada fase da resolução do problema, assim como o movimento dessas falas, *i.e.*, as transições de categorias em ordem cronológica, conforme mostra a figura 17.

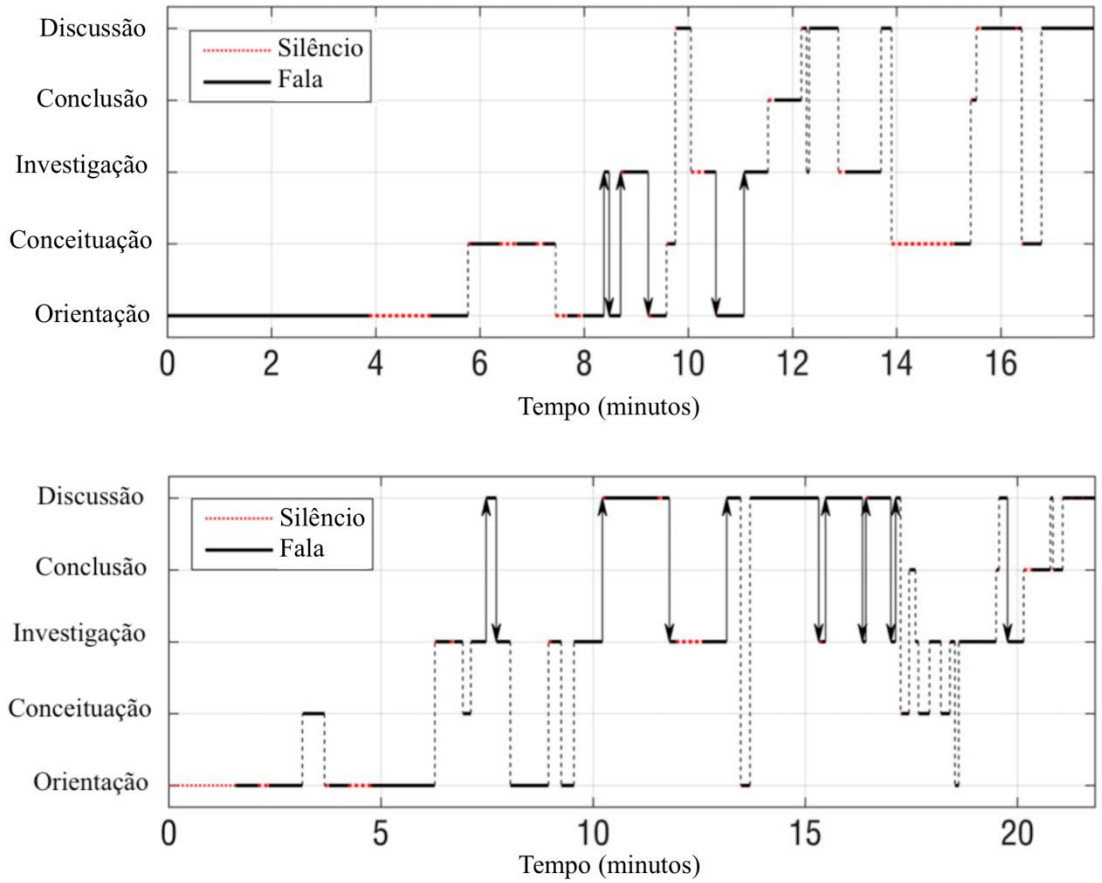


Figura 17: Transições das falas dos estudantes durante a atividade. O 1º grupo realizou a tarefa em 17,8 minutos e, o 2º, em 21,8 minutos. Metade do tempo de fala do 1º grupo ficou na fase da discussão, ao passo que no outro grupo, observa-se mais transições entre as etapas de investigação e discussão (LÄMSÄ et al., 2018). Adaptação feita pelo autor.

Uma vez medido o percentual de fala dos grupos em cada etapa, foi realizada essa medição para cada integrante. Enquanto no primeiro grupo, um dos cinco integrantes dominou 41% da discussão, no segundo, a discussão se deu de maneira mais harmônica, com dois estudantes responsáveis por aproximadamente 30% das intervenções cada, e outro com um pouco mais de 20%. Essa medição de percentual de fala de cada integrante do grupo se relaciona com o trabalho de James (2006), que aborda o viés de conversação, obtido através da contagem de palavras, como um caminho para compreender as interações entre os estudantes. Nesse sentido, ambas as referências serão a base para a obtenção da resposta para a terceira questão de pesquisa.

Com o mesmo intuito de examinar as falas dos alunos e o processo de construção da explicação durante a discussão entre os colegas, Kaartinen e Kumpulainen (2002) realizaram uma detalhada análise de conteúdo dos áudios transcritos de 18 estudantes

universitários, em um curso de Química. A análise de conteúdo é capaz de fornecer ao pesquisador um nível mais profundo de entendimento de um texto, fala ou mensagem. Segundo Moraes (1999, p. 2), "A análise de conteúdo constitui uma metodologia de pesquisa usada para descrever e interpretar o conteúdo de toda classe de documentos e textos".

Essas falas foram analisadas sob quatro aspectos, cada qual com as suas categorias, buscando o máximo de detalhamento possível, conforme presente no quadro 10.

Quadro 10 - Mapa analítico para analisar interação social, formado por quatro fases o discurso: movimentos do discurso, processos lógicos, natureza da explicação e estratégias cognitivas.

Movimentos do discurso	Processos lógicos	Natureza da explanação	Estratégias cognitivas
inicialização	propõe um causa	explanação formal	elabora uma nova proposição
continuação	propõe um resultado	explanação causal	levanta uma dúvida
extensão	evidencia	explanação descritiva	utiliza evidências
retroação	sugere um método	explanação do cotidiano	aplica um princípio a um caso
concordância/discordância	avalia		utiliza conhecimento do cotidiano
resposta	contradiz		
comentário			
conclusão			

Fonte: Kaartinen e Kumpulainen (2002), adaptado pelo autor.

Cada categoria é acompanhada de uma descrição, como preconizado por Moraes (ibid.), em um processo de análise de conteúdo. O quadro 11 a seguir mostra um exemplo de como os autores categorizaram uma frase dita por um estudante.

Quadro 11 - Exemplo de categorização de duas falas entre dois colegas.

Aluno	Transcrição do discurso	Movimento do discurso	Processo lógico	Natureza da explicação	Estratégia cognitiva
A	Acho que é assim...antes tinha açúcar ou sua cadeia de carbono e sua água, separadamente, e agora estão todos ligados.	inicialização	propõe uma causa	descreve uma explicação	costrói uma questão
B	Então aconteceu uma reação química	continuidade	propõe um resultado	explicação casual	cria uma nova questão

Fonte: (KAARTINEN; KUMPULAINEN, 2002). Adaptação feita pelo autor.

E assim seguem, categorizando as falas dos quatro integrantes de um grupo, em 6 momentos distintos, de uma aula de química. Os autores mostram também a contagem das falas de cada um separadas por categorias, obtendo o percentual de participação dos integrantes. Os estudos sugerem que as diversas perspectivas que surgem nas interações provêm do fato de cada integrante ter abordagem e visões únicas. Concluem que essa heterogeneidade parece criar condições ideais para a resolução de problemas.

O estudo da interação social e a sua relação com a construção do conhecimento desenvolvido por Kaartinen e Kumpulainen (ibid.) fornecem a fundamentação metodológica da quarta questão de pesquisa. Estudo esse que é um exemplo de análise de conteúdo de Moraes (1999) e o fato de as duas referências dialogarem fornece ainda mais solidez ao método. Sendo assim, com base nos trabalhos citados, o objetivo dessa parte da pesquisa é realizar a análise de conteúdo, categorizando as falas dos estudantes que participaram desta tese, de acordo com o mapa analítico proposto por Kaartinen e Kumpulainen.

O trabalho de Moraes apresenta o passo-a-passo para a realização de uma análise de conteúdo e, por esse motivo, sua compreensão se faz necessária. Segundo Moraes (ibid.), para a análise de conteúdo, faz-se necessário seguir cinco etapas:

- Preparação das informações;
- unitarização ou transformação do conteúdo em unidades;
- categorização ou classificação das unidades em categorias;
- descrição;
- interpretação.

A etapa inicial de preparação das informações é referente à gravação dos áudios. Os próprios alunos têm a liberdade de escolher com quem querem trabalhar, formando grupos de 4 a 5 membros. Esses grupos permanecem os mesmos para as três questões trabalhadas nessa aula. A gravação é feita pelo *smartphone* de um dos integrantes de cada grupo e, logo após a aula, enviada ao professor. Além disso, a aula é filmada, para garantia dos dados.

A unitarização do conteúdo significa isolar cada uma das centenas de falas recolhidas na primeira etapa. Cada frase deve ser analisada separadamente. Uma vez

separadas, serão categorizadas, uma a uma. Nesse processo de criação de categorias, observa-se que:

> A amplitude e precisão das categorias estão diretamente ligadas ao número de categorias: em geral, quanto mais subdivididos os dados e quanto maior o número de categorias, maior a precisão da classificação. Entretanto é preciso ter em consideração que um número grande de categorias pode introduzir dificuldades de compreensão. O objetivo básico da análise de conteúdo é produzir uma redução dos dados de uma comunicação, o que, em geral, exigirá um número reduzido de categorias. (MORAES, 1999, p. 6-7).

Moraes afirma que a criação das categorias e, principalmente, conseguir associar com clareza as falas às categorias, é a parte mais delicada do processo. Poucas categorias podem empobrecer a análise, fazendo com que frases com discursos diferentes fiquem na mesma categoria. Porém o excesso de categorias dificulta e muito a associação da frase à sua classificação, uma vez que todos os dados devem ser classificados. A chave é identificar o número correto de categorias para trazer precisão à pesquisa. Ainda de acordo com Moraes, as categorias podem ser criadas a priori ou a partir dos dados extraídos e devem obedecer a cinco critérios:

- validade - as categorias devem ser adequadas ou pertinentes. Significa que as categorias criadas devem representar todos os aspectos do conteúdo a serem analisados, de modo que não haja carência ou excesso de categorias. “é preciso atingir um equilíbrio em que o número de categorias seja mantido no mínimo necessário” (MORAES, 1999, p. 7);
- exaustividade – o conjunto de categorias deve ser abrangente, ou seja, não deve haver um conteúdo a ser analisado que não possa ser categorizado. Esse critério é decorrência da validade das categorias;
- homogeneidade - as categorias devem atender a um princípio ou aspecto do conteúdo. Caso haja mais de um aspecto a ser analisado, deve haver mais de um conjunto de categorias. O mapa analítico de Kaartinen e Kumpulainen (2002), por exemplo, possui quatro dimensões de análise, cada qual com o seu conjunto de categorias (ver quadro 10);
- exclusão mútua – cada sentença a ser analisada deve ser classificada somente em uma categoria, ou seja, um mesmo dado não pode estar

representado em mais de uma categoria pertencente à mesma dimensão de análise;

- objetividade – não deve haver dúvidas quanto a identificação de um conteúdo à uma categoria, evitando-se assim, o fator da subjetividade.

Pode-se perceber, a partir da leitura de Kaartinen e Kumpulainen (ibid.), que os diálogos dos estudantes se adequam a apenas uma categoria em cada aspecto observado, e que não há fala sem categorização. As categorias criadas pelos autores são pertinentes, abrangentes (exaustivas), homogêneas, mutuamente exclusivas e objetivas (consistentes), atendendo, portanto, aos cinco critérios de categorização de Moraes.

Para auxiliar na identificação, cada categoria deve conter um texto síntese, que expresse os significados das frases nela inserida. Faz-se então, uma descrição das categorias. A partir da descrição dos dados, é possível interpretá-los e, assim, obter informações sobre aspectos da conversação e da aprendizagem dos estudantes.

O quadro 12, a seguir, apresenta o paralelo entre a análise de conteúdo de Moraes e a metodologia empregada no trabalho dos pesquisadores Kaartinen e Kumpulainen.

Quadro 12 - Paralelo entre a análise de conteúdo de Moraes (1999) e o trabalho de Kaartinen e Kumpulainen (2002).

Moraes (1999)	Kaartinen e Kumpulainen (2002)
Preparação das informações	gravação e transcrição dos áudios dos alunos
unitariação do conteúdo	separação de cada fala transcrita
categorização	para cada sentença, foi atribuidída uma categoria, dentro de 4 diferentes aspectos analisados: movimento do discurso, processo lógico, natureza da explicação e estratégia cognitiva; as categorias atendem aos critérios estabelecidos por Moraes
interpretação	após a categorização, os autores intrepetam os dados, relacionando a interação com a aprendizagem dos estudantes

Fonte: Elaborado pelo autor.

Como o trabalho de Kaartinen e Kumpulainen segue o rito da análise de conteúdo de Moraes, foram utilizadas as categorias já elencadas pelos finlandeses para analisar as conversas entre os estudantes durante a etapa de interação.

Uma vez realizadas as análises quantitativas e qualitativas quistas, é possível compreender com maiores detalhes determinados mecanismos do PI.

3. RELATOS DE EXPERIÊNCIAS

Essa parte do trabalho destina-se a relatar os procedimentos adotados pelo professor durante o primeiro semestre de 2019 e de 2021, com o máximo de detalhamento possível, de modo que possa ser usado como base por colegas professores que desejam aplicar o PI em suas aulas.

Em 2019, o objetivo era aplicar o método da melhor maneira possível e coletar os resultados das aplicações do TUG-K, necessários para a análise quantitativa da pesquisa. Em 2021, com toda a sua particularidade, o objetivo foi extrair os áudios das interações dos estudantes, para responder às perguntas de cunho qualitativo, possibilitando entender como o PI funciona.

3.1. A aplicação do PI em 2019

Nesse ano, o PI foi aplicado em duas turmas de 2ª série do ensino médio, A e B, com 36 e 31 alunos, respectivamente. Mais para frente, serão apresentados os perfis de cada turma. Para facilitar a visualização geral do trabalho realizado, o quadro 13 revela os momentos de cada atividade realizada nesse período.

Quadro 13 - Planejamento geral das atividades com os estudantes em 2019. Tanto as realizadas em sala, terças e sábados, quanto as desenvolvidas fora de sala. Domingo às 23:59 h é o horário limite para o término das Atividades Pré-Aula (APA). Às segundas-feiras, o professor elabora/seleciona as questões conceituais (QC) da aula seguinte.

Dia da semana	Semana 1	Semana 2	Semana 3	Semana 4	Semana 5	Semana 6
Domingo (23:59h)			encerramento da APA 1	encerramento da APA 2		encerramento da APA 3
Segunda			elaboração das QC 2	elaboração das QC 3		elaboração das QC 4
Terça	Apresentação ("dando o tom")	PI 1	PI 2	PI 3	feriado	PI 4
Sábado	TUG-K (pré)		resoluções de exercícios em grupo		resoluções de exercícios em grupo	
Dia da semana	**Semana 7**	**Semana 8**	**Semana 9**	**Semana 10**	**Semana 11**	**Semana 12**
Domingo (23:59h)	encerramento da APA 4	encerramento da APA 5	encerramento da APA 6	semanas de provas		
Segunda	elaboração das QC 5	elaboração das QC 6	elaboração das QC 7			
Terça	PI 5	PI 6	PI 7			TUG-K (pós)
Sábado	resoluções de exercícios em grupo		revisão geral			

Fonte: Elaborado pelo autor.

No que segue, o texto explora os detalhes envolvidos nessas 12 semanas, de modo que, após a leitura, um professor interessado poderá reproduzir essa sequência de atividades, adaptando-a de acordo com seu contexto e recorte temporal desejado.

3.1.1. Dando o Tom

O primeiro dia de aula é um momento para conversar com os estudantes. O professor se apresenta para a turma e explica como a disciplina será trabalhada ao longo do 1º trimestre. Conteúdo programático, datas das avaliações e como serão avaliados

durante o processo. Na sequência, o professor realiza a apresentação e o *modus operandi* das metodologias JiTT e PI. No primeiro encontro é importante ditar o tom (MAZUR, 2015). Como é muito diferente das aulas que estão acostumados, ainda mais em física, o professor deve deixar claro a importância de cada aluno para a metodologia funcionar. Esse discurso se faz ainda mais necessário quando o público-alvo é formado por adolescentes de 16, 17 anos, em sua maioria.

Mazur (ibid.), em seu livro, informa que 20% da nota de seus alunos é de atividades extraclasse, para incentivar os estudantes. Esse procedimento de pontuação também foi explicitado na referência trabalhada na seção 1.5., James, Barbieri e Garcia (2008). O departamento de física do colégio determinou que a composição das notas dos estudantes deve ser, obrigatoriamente, 60% oriunda da prova trimestral e 40% de outras atividades, de livre escolha do docente. No caso da disciplina de física, 20% da nota é destinada a duas atividades realizadas no laboratório. Desse modo, os outros 20% foram atribuídos à participação dos estudantes nas APAs e nas aulas com PI.

Apenas para reforçar, a pontuação é dada pela participação (presença durante as aulas e quantidade de APAs realizadas) e, portanto, não tem relação com percentual de acertos. É importante frisar aos alunos que eles devem responder o que verdadeiramente entendem ser correto. A composição da nota do 1º trimestre está exposta na tabela 13.

Tabela 13 - Distribuição das notas dos estudantes no 1º trimestre de 2019.

	QC e APA	Laboratório	Prova
Pontuação	2,0	2,0	6,0

Fonte: Elaborado pelo autor.

Na explicação da metodologia, o professor informou aos estudantes os recursos tecnológicos a serem usados. Nesse caminho, os estudantes são apresentados ao Edpuzzle[40], que são convidados a baixar o aplicativo do Edpuzzle no celular. Nesse *site*, o professor pode colocar e editar vídeos do Youtube, da Khan Academy, do National Geographic, e outros repositórios de vídeos. Com essa ferramenta, o professor pode

[40] https://edpuzzle.com. Último acesso em: 13/01/2022.

importar os vídeos e, na edição, são vários os recursos possíveis, como: retirar o áudio do vídeo e falar por cima, cortar partes do vídeo e inserir questões/observações em instantes específicos. As respostas dos estudantes ficam expostas para o professor analisar. O professor pode colocar até 20 vídeos com uma única conta de *e-mail*, gratuitamente. Já aos estudantes, o acesso é sempre gratuito, seja via *site* ou *app*. As figuras 18, 19, 20 e 21 mostram a ferramenta e alguns de seus recursos. Seu uso é bem simples e intuitivo.

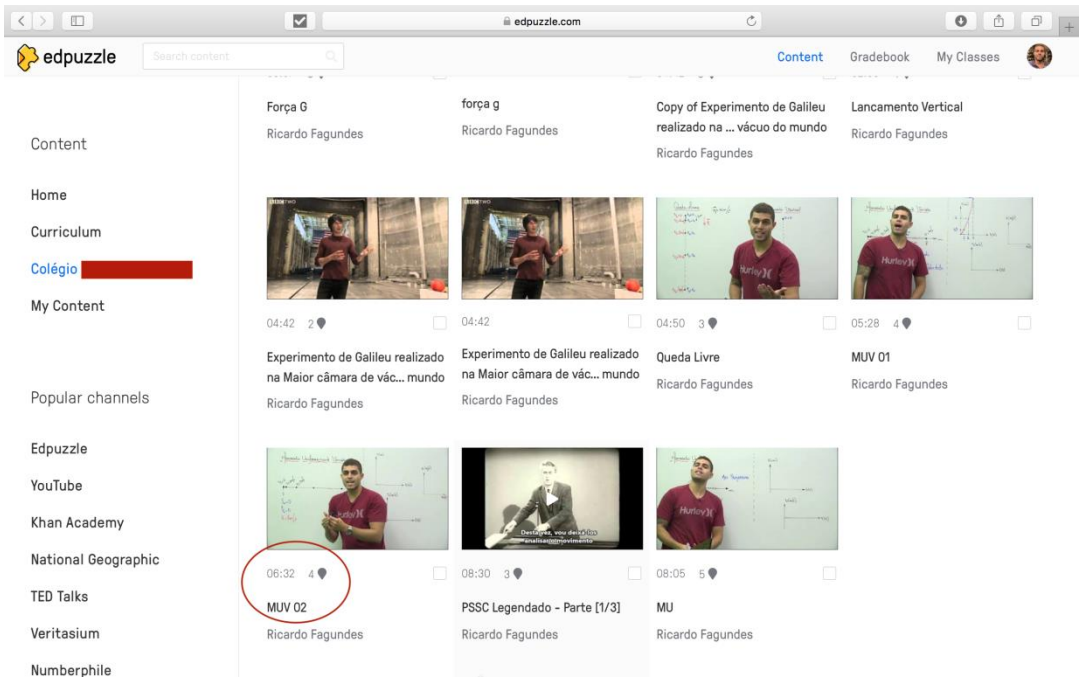


Figura 18 - Alguns vídeos utilizados nas APAs. Dentro do círculo vermelho é possível ver o título do vídeo, sua duração e o número de inserções. Essas inserções podem ser comentários, questões abertas ou objetivas. Fonte: o autor.

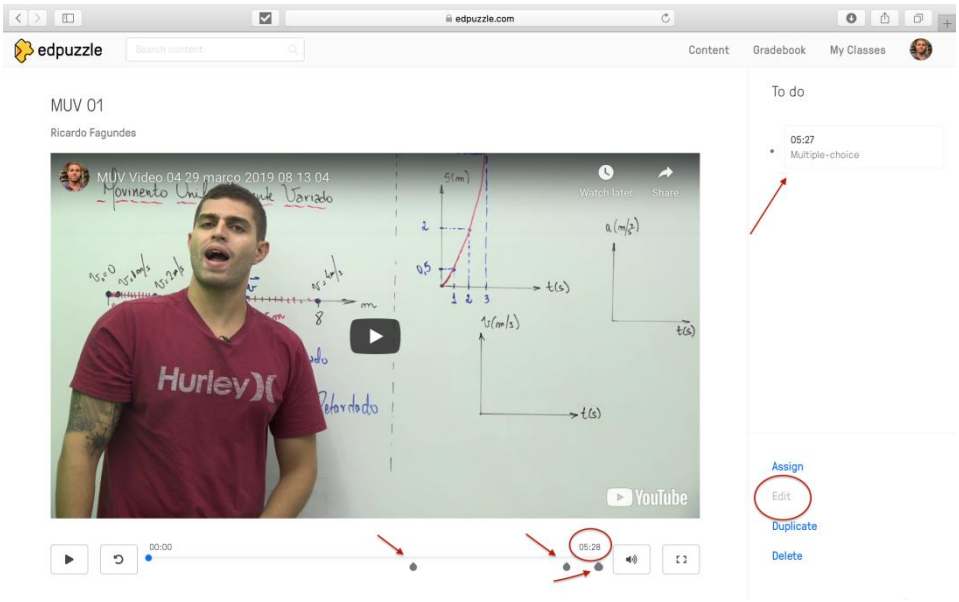


Figura 19 - Exemplo de tarefa para ser realizada antes da aula. Nessa figura, observa-se que o tempo de duração do vídeo é de 5 minutos 28 segundos. É possível notar também a presença de três inserções, sendo uma delas em destaque no canto superior direito. Trata-se de uma questão objetiva. Fonte: o autor.

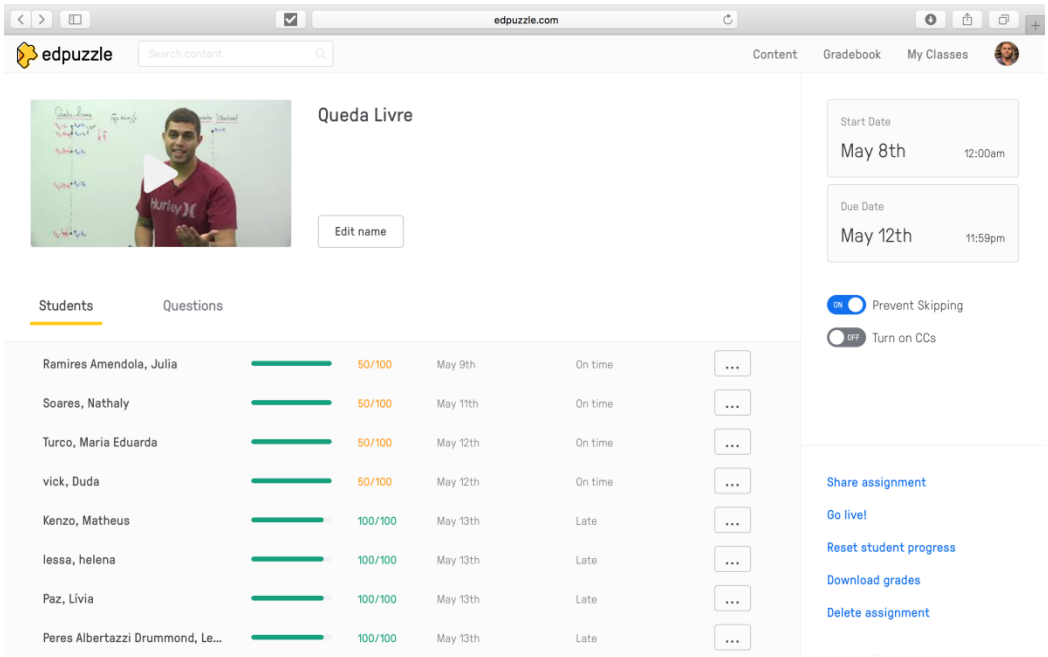


Figura 20 - O professor tem acesso às respostas de cada estudante. A partir dessas respostas, pode preparar a próxima aula. Essa atividade é a 4ª APA. Fonte: o autor.

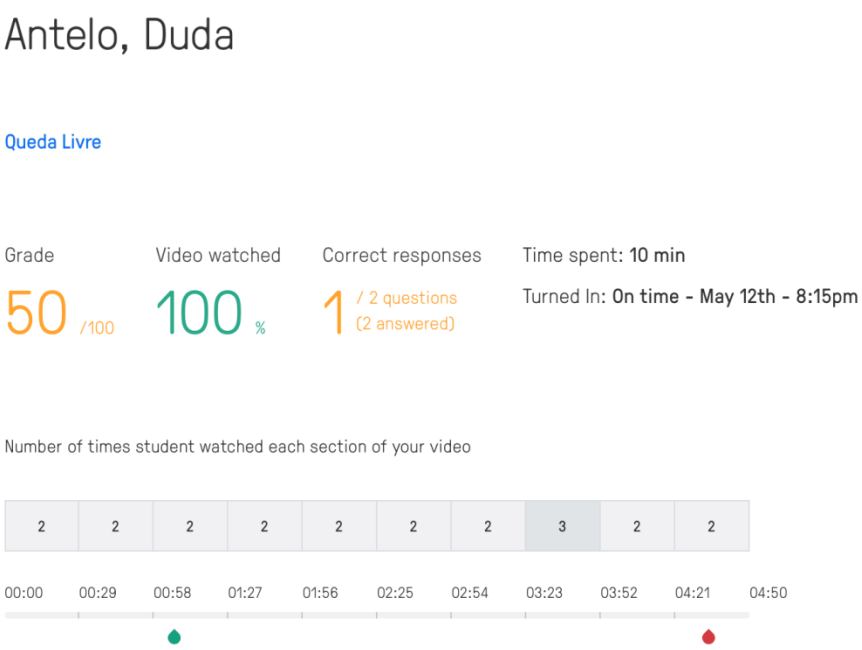


Figura 21 - Além de mostrar o percentual de acertos, o *Edpuzzle* exibe também os detalhes das tarefas executadas por cada estudante. Tempo gasto na atividade, qual pergunta acertou (marcação em verde) e qual errou (em vermelho). É possível visualizar quantas vezes o aluno assistiu a cada parte do vídeo. Fonte: O autor.

Conforme mostra a figura 22, o professor tem acesso às respostas dos estudantes, podendo assim, identificar com mais clareza seus erros e acertos, para preparar a aula subsequente.

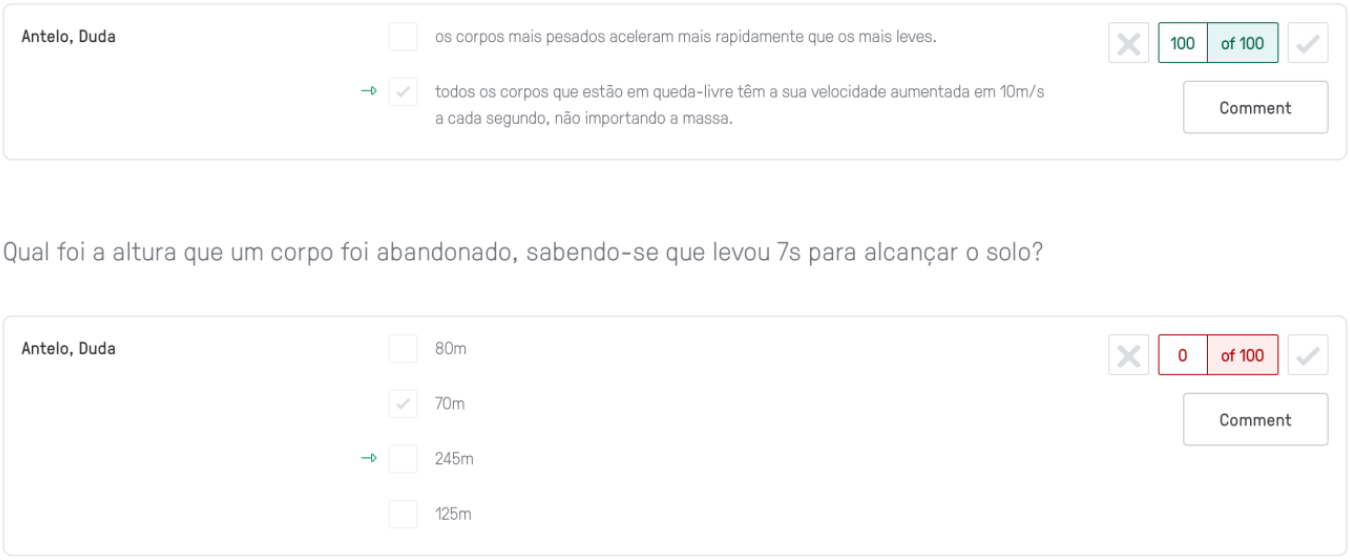


Figura 22 - Respostas de um estudante em uma APA. Fonte: o autor.

Além de ser uma plataforma de fácil uso, o espaço ocupado no *smartphone*, ponto de grande preocupação dos alunos, é relativamente pequeno, cerca de 35 MB. Uma vez liberada a atividade pelo professor, os alunos recebem um código. Basta entrar com o código e resolver a tarefa.

Outro ponto forte dessa ferramenta é que o estudante não consegue pular ou avançar o vídeo e responder somente às perguntas. Para ter acesso às perguntas, o vídeo deve transcorrer na velocidade normal. É possível apenas pausar e voltar.

Para finalizar o primeiro encontro, após uma explicação sobre o JiTT e o Edpuzzle, o professor deve falar sobre cada etapa do PI e mostrar como serão realizadas as votações. Enfatizar que acertar ou errar não influencia na nota. Primeiramente, os alunos devem fazer uma votação individual e, posteriormente, irão discutir em grupos, sobre a questão. Após essa parte, devem votar individualmente novamente.

Terminada explicação do algoritmo do PI, o professor mostrou os cartões do Plickers[41] aos alunos, apresentando um exemplo rápido de como usar. Uma dica para quem desejar reproduzir as aulas: plastificar os cartões individualmente. Assim, irão durar anos, e não atrapalha a captação dos códigos pela câmera do *smartphone*.

O Plickers[42] é uma ferramenta que permite ao professor elaborar questões objetivas para serem respondidas em sala, formato ideal para o PI. O professor recebe o *feedback* das votações em tempo real, basta apontar o celular para os cartões levantados, que serão escaneados rapidamente. A figura 23 mostra os relatórios de algumas atividades demonstrativas.

[41] O link https://assets.plickers.com/plickers-cards/PlickersCards_2up.pdf leva diretamente aos cartões. Basta imprimi-los. Último acesso em: 13/01/2022.
[42] https://www.plickers.com/login. Último acesso em: 13/01/2022.

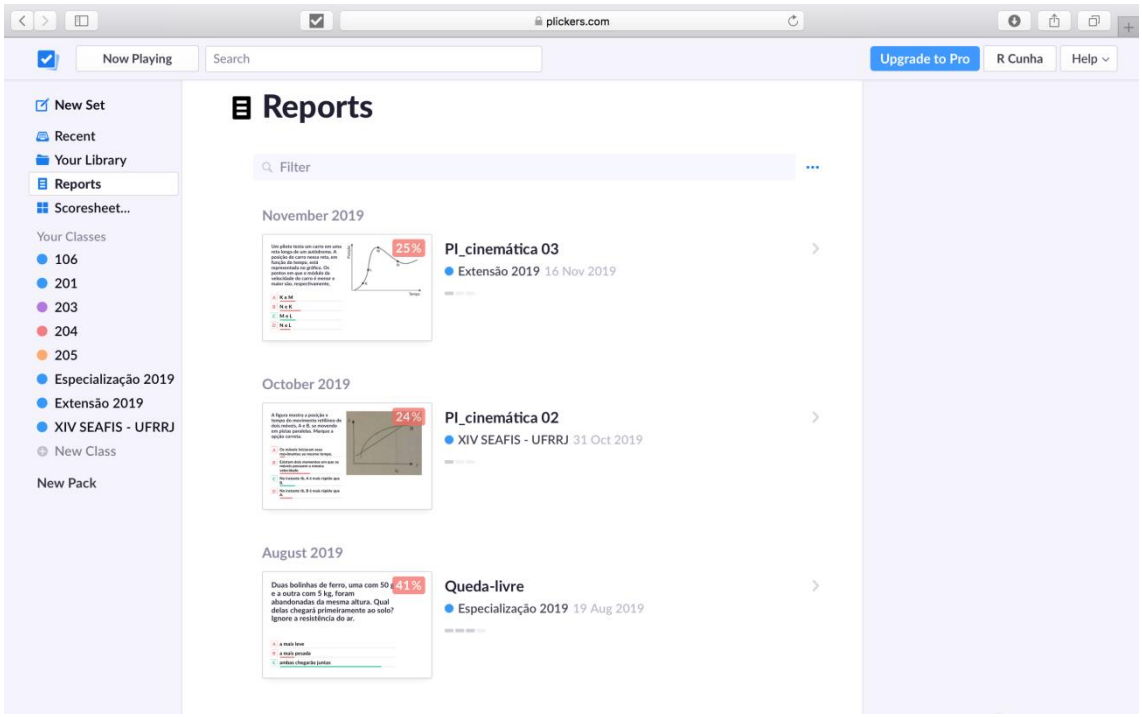


Figura 23 - Ao clicar no "*New Set*", no canto superior esquerdo, o professor cria seu set de questões objetivas com até 4 opções. Os relatórios chegam ao smartphone do professor no momento da aplicação e ficam armazenados nessa opção no site. Fonte: o autor.

Durante as aulas, os alunos não precisam ter acesso à *Internet* ou portar *smartphones*. Eles recebem os cartões físicos e os levantam nos momentos das votações, para que o professor, com o seu *smartphone*, possa ver pelo aplicativo como cada um votou, assim como o percentual de marcação em cada alternativa.

A versão gratuita do Plickers apresenta algumas limitações, que não foram impeditivos para a realização das aulas: i) limite de 40 cartões por conta; ii) limite de 5 questões por *set*. Porém o professor pode criar quantos *sets* desejar.

Então, na primeira aula, conforme dito anteriormente, é recomendado que o professor dê o tom das próximas aulas, *i.e.*:

- Explique a metodologia, explicitando o papel dos alunos para que o processo como todo seja positivo;
- exiba o conteúdo programático do trimestre;
- mostre como funciona o *Edpuzzle* e o sistema de votação usando os cartões do *Plickers*;
- estabeleça regras quanto a prazos e pontuações.

3.1.2. Aplicações do TUG-K

O TUG-K foi aplicado na primeira e na última semana do primeiro trimestre. Durante a semana 13 acontece o conselho de classe e, assim, não há aulas em alguns dias. Por esse motivo, o trabalho em sala foi desenvolvido em 12 semanas ao todo.

Os estudantes precisaram de 45 a 50 minutos para finalizarem o teste no primeiro sábado letivo. Muitos deles entregaram em 30, 35 minutos. Já na segunda aplicação, na fase pós-teste, a maioria entregou entre 40 e 45 minutos, sendo que alguns alunos, nas duas turmas, pediram mais tempo. O tempo limite nessa etapa foi, então, de 60 minutos.

Antes de iniciar as aplicações, a turma foi orientada em dois aspectos. O primeiro deles é que não era para escrever no nome no teste, ou seja, não vale nota. Os alunos deveriam responder o que verdadeiramente entendem ser a opção correta. Outro ponto é que os estudantes foram informados da importância do teste, que seria usado para verificar a aprendizagem da turma e, nesse sentido, orientar o trabalho do professor.

O professor deve permanecer atento durante as aplicações do teste, para evitar que os estudantes usem a *Internet* para procurar respostas, interferindo no resultado do teste. Pelo mesmo motivo, todos os testes entregues devem ser devolvidos. Ainda no intuito de preservar o teste, o professor, em hipótese alguma, deve falar o nome do teste para a turma.

Ademais, ambas as aplicações ocorreram dentro do esperado, sem problemas. Assim como têm alunos que fazem com afinco, se utilizando de todo o tempo para responder o melhor possível, existem alunos, poucos, que entregam um teste com questões qualitativas e quantitativas, em menos de 20 minutos.

Os resultados das aplicações do TUG-K estão descritos no capítulo seguinte.

3.1.3. JiTT e PI

O cerne do trabalho em sala é a integração entre as tarefas a serem realizadas fora de sala e o andamento das aulas em si. Esse trabalho só funciona se o professor e os estudantes desempenharem bem seus papéis. Como os alunos têm muitas atividades extraclasses, como laboratórios, grupos de pesquisa, turmas olímpicas, projetos diversos e tarefas domiciliares de outras disciplinas, as APAs devem ser simples e objetivas.

Os alunos recebiam o código na quarta ou, no mais tardar, na quinta de manhã, para realizar as tarefas no *Edpuzzle*. O prazo para os envios das respostas era aos domingos, às 23 horas e 59 minutos. Nessas tarefas, conforme apresentado anteriormente, os alunos assistiam a um vídeo de 5 a 7 minutos (somente o primeiro tinha um pouco mais de 8 minutos) sobre o tema a ser abordado na aula seguinte. Nesses vídeos, pode ou não haver comentários do professor e, em média, tinham duas questões para os alunos responderem.

Às segundas-feiras, o professor, ao analisar as respostas das atividades, trabalhava no planejamento da aula de terça-feira. A abordagem inicial do tema, expositiva, e as questões criadas de acordo com as respostas das APAs.

Deve-se enfatizar que os alunos envolvidos nesse trabalho não são universitários em um curso de Física I. São adolescentes que, na imensa maioria, não possuem afinidade com a disciplina e, em adição, passaram praticamente toda a sua trajetória escolar com aulas expositivas, onde não tinham funções específicas. Com o PI aliado ao JiTT, os estudantes interagem com as tarefas, respondendo às questões nos vídeos, enviando dúvidas e, nas aulas, embora haja momentos de exposição de conteúdo, as respostas individuais, com o uso dos cartões, e as etapas de interação promovem uma maior participação do estudante nas aulas e na construção do conhecimento.

Antes de relatar alguns pontos relativos às aplicações do PI, será apresentado um breve relatório elaborado pelo setor de orientação educacional e pedagógico da instituição. Uma das funções desse documento é orientar o professor quanto às especificidades de alguns estudantes. A próxima subseção destina-se a apresentar o perfil dessas turmas.

3.1.4. Conhecendo um pouco mais sobre as turmas A e B e o andamento das aulas com PI nessas turmas

Diferentemente de 2018, onde não havia nenhum aluno com laudo médico nas turmas desta pesquisa, as turmas A e B tinham 12 estudantes, ao todo, assistidos pelo Núcleo de Atenção a Pessoas com Necessidades Específicas (NAPNE). São estudantes que portavam laudos com diferentes diagnósticos, apresentando graus de dificuldade de aprendizagem, o que não foi um impeditivo para a aplicação das metodologias ativas. Os relatórios deste setor chegaram ao professor no dia 25 de Abril, ou seja, na quinta semana de aula, após três aplicações do PI. Os relatórios mostravam as especificidades de cada estudante assistido pelo NAPNE, assim como o perfil resumido de cada turma.

Esses relatórios completos, com as informações das especificidades de cada estudantes (que foram suprimidas aqui, para preservar os dados pessoais sensíveis dos estudantes), ajudam o professor a ter um olhar mais detalhado sobre o público-alvo. A turma A realizou todas as atividades. Os alunos compreenderam bem seus papéis e assumiram as responsabilidades. Os alunos gostavam de discutir as questões com os colegas. Foi a turma que apresentou melhor desempenho acadêmico em 2019, entre todas as cinco turmas de 2ª série do colégio. Não somente em física. Vários alunos dessa turma são medalhistas de olimpíadas. Foi uma turma fácil de trabalhar, onde as atividades fluíram bem, do início ao fim.

A turma B, por outro lado, apresentou diversidades e especificidades que o autor desse trabalho nunca havia vivenciado. Dos 36 estudantes da turma[43], 10 apresentavam necessidades específicas, sendo 5 relacionadas diretamente à dificuldade de aprendizagem. A turma também era bem dividida, com problemas de relacionamento. Essa situação foi ponto de pauta em todos os conselhos de classe. Esse panorama influencia na aplicação do PI.

Em ambas as turmas, no começo, por se tratar de aulas de física diferente das que já tiveram, os alunos estavam bastante empolgados. Os cartões com *QR code* foram um

[43] O relatório informa que são 31, mas eram 36 presentes não somente na chamada, como também no carógrafo.

sucesso. Os alunos se surpreenderam positivamente com a facilidade e rapidez com que o professor recebe suas votações. Em relação à fase de grupos, de modo geral, os estudantes gostam de fazer atividades com seus colegas. O professor deixou os estudantes escolherem com quem desejavam interagir, limitando a 5 integrantes por grupo, e um mínimo de 3.

Conforme relatado, na turma A, as aulas fluíram conforme planejado. Já na B, apesar de os alunos realizarem as tarefas relativas ao JiTT, estavam perdendo o interesse em participar das aulas ativas. Nas primeiras 3, 4 aulas, os alunos estavam discutindo entre si, acolhendo os que tinham maiores dificuldades de relacionamento e de aprendizagem.

Porém, no segundo mês, alguns alunos se mostraram menos empolgados. Uma aluna chegou a perguntar "Professor, o senhor não vai dar aula normal, não?". No momento, foi feita uma troca de ideias com os estudantes. A turma estava desmotivada não somente com as aulas de física, mas de modo geral, pelo perfil dos estudantes e pelo clima de conflitos entre eles. Mas o bom relacionamento professor – turma imperou e, apesar da desanimação observada em duas aulas, os estudantes voltaram a participar mais. Possivelmente o fato de as participações nas atividades serem pontuadas, somada à proximidade do período de provas, pode ter contribuído para o andamento das aulas.

Em se tratando especificamente do PI em sala, vale a pena lembrar que as aulas contêm dois tempos seguidos de 40 minutos cada, totalizando 1 hora e 20 minutos. Foram trabalhadas uma média de 3 a 4 questões conceituais por aula, cerca de 20 a 25 minutos por tópico trabalhado. Em várias instituições de ensino, dois tempos seguidos têm cerca de 1 hora e meia, 1 hora de 40 minutos, sendo possível abraçar de 4 a 5 tópicos em uma aula, dependendo da turma e de sua experiência com PI. O quadro 14 mostra a média de tempo em cada etapa utilizando com referência às aplicações do PI do autor desta tese, em situação padrão, similar ao quadro 1, apresentado na seção 1.2.

Quadro 14 - Tempo médio de cada etapa de aplicação do PI pelo autor, na 2ª série do ensino médio de um colégio público federal, em 2019.

Etapas	Tempo (minutos)
Exposição oral	10
Exposição da questão + Leitura e votação individual	3
discussão entre pares	5
explanação	5

Fonte: Elaborado pelo autor.

Um dos objetivos quando o professor planeja as aulas usando PI deve ser elaborar questões que, em grande maioria, apresentem percentuais de acertos das respostas individuais entre 30% e 70%, para seguir com a etapa de interação entre os estudantes. São incomuns aquelas cuja votação da turma recebe menos de 30% de acertos. Inclusive, o número de questões aplicadas pelo autor que receberam votações com acertos próximos ou maiores que 70% são superiores às questões que estão no outro espectro.

Como o planejamento inicial era de coletar os áudios dos alunos em 2020, foi feito um estudo piloto em 2019. Um grupo com 4 alunas da turma A deixou um celular (de alguma integrante) gravando as conversas durante as etapas de interação, em uma aula. Depois, as gravações foram enviadas ao professor via *WhatsApp*.

Esse método não mostrou ser o melhor para extrair os áudios dos alunos por dois motivos principais. Primeiramente, durante essa etapa, a turma inteira está conversando. Ao lado dos grupos que tiveram seus áudios gravados, havia outros grupos falando. Em vários momentos, fica difícil compreender o que cada estudante do grupo está falando. Outro ponto é que, dependendo do grupo, as vozes de duas pessoas podem ser parecidas, dificultando a identificação de quem está falando o quê.

A partir desse estudo piloto, foi observado a necessidade do uso de câmeras, para filmar os estudantes durante as interações, além de gravadores de voz. A filmagem faz com que o professor saiba exatamente quem é o autor de determinada fala, além de captar expressões, gestos e pausas, que são fatores que podem contribuir com mais informações relativas às interações entre pares. O gravador de voz funcionaria como um "*double*

check”, caso a captação de áudio feita pela câmera não seja nítida em alguns pontos (muitos alunos da turma falando ao mesmo tempo, por exemplo). Como nos anos seguintes a essa primeira gravação não houve aulas no colégio (somente à distância, em 2021), não foram testadas essa opção de gravação usando câmeras e gravadores de voz.

3.1.5. Resoluções de Exercícios em Grupo

O primeiro trimestre de 2019 contou com cinco sábados letivos, anteriores à semana de provas. O primeiro deles foi usado para a aplicação do TUG-K e, o último, a uma revisão geral, que foi a única aula expositiva nesse período. Os três sábados que sobraram foram reservados para essas aulas de resoluções de problemas.

Aos sábados, a presença dos estudantes é menor que durante a semana. Em 2018, os alunos tinham aulas todos os sábados. Nos sábados ímpares, aulas de três disciplinas e, nos pares, aulas de outras três disciplinas. Esse sistema funcionou dessa maneira por décadas. A partir de 2019, entretanto, somente haveria aulas aos sábados ímpares, contando com quatro disciplinas. Assim, o número de aulas aos sábados foi reduzido pela metade, na expectativa de aumentar a frequência dos estudantes nesse dia. O autor deste trabalho desconhece se foi feito um trabalho estatístico por parte do colégio para verificar se o impacto dessa mudança foi positivo. Se foi, nenhum relatório com esse viés chegou aos professores.

Sendo assim, como a frequência aos sábados é menor, optou-se por não trabalhar conteúdos novos nesses dias. E, duas aplicações de PI em uma mesma semana implicaria em duas tarefas pré – aulas, o que poderia gerar mais desgaste nos estudantes e no professor, que teria que analisar mais respostas dos alunos e preparar mais questões conceituais. Essa conjuntura de fatores levou aos sábados de exercícios em grupos.

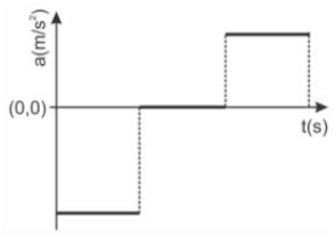
Nesses três encontros, o professor levou uma lista contendo algumas questões objetivas e discursivas, conceituais e analíticas, para os alunos resolverem em grupos de 3 a 5 membros cada. Nessa interação entre colegas, os alunos trabalhavam de modo similar às aulas durante as semanas. O professor se comportava como um mediador, indo de mesa em mesa, para sanar eventuais dúvidas dos grupos. Mesmo sendo aos sábados, a

presença em sala era satisfatória (superior a 70% do total de alunos, em média), porque os alunos entendiam que esse momento de resolução de exercícios com os colegas também era importante para a sua aprendizagem. Se 3 ou mais grupos apresentassem a mesma dúvida, além de ajudar na discussão, a questão era resolvida no quadro, com a participação dos estudantes. A turma e os monitores[44] das turmas recebiam por *e-mail* as resoluções de cada questão. A figura 24 apresenta um exemplo de questão dessas listas.

[44] Há um estudante monitor por série no colégio, que é orientado por um professor. O monitor disponibiliza dois horários por semana para tirar dúvidas dos colegas.

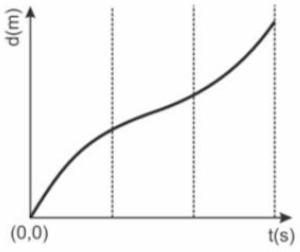
Lista 03 - cinemática

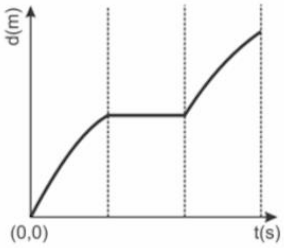
1. (Ufrgs 2019) Um automóvel viaja por uma estrada retilínea com velocidade constante. A partir de dado instante, considerado como $t = 0$, o automóvel sofre acelerações distintas em três intervalos consecutivos de tempo, conforme representado no gráfico abaixo.

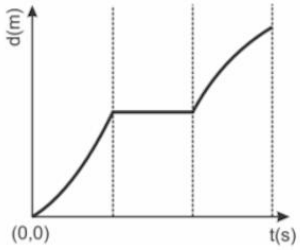


Assinale a alternativa que contém o gráfico que melhor representa o deslocamento do automóvel, nos mesmos intervalos de tempo.

Informação: nos gráficos, $(0, 0)$ representa a origem do sistema de coordenadas.

a)


b)


c)


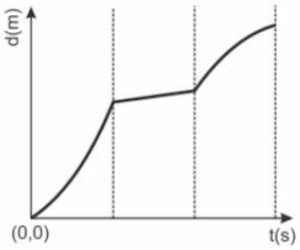
d)


Figura 24 - Exemplo de questão trabalhada pelos estudantes em grupos, aos sábados letivos. Fonte: o autor.

3.1.6. A Prova Trimestral

Em seu livro, Mazur enfatiza que o professor deve preparar as provas de acordo com as suas aulas. Se o professor incentivou o debate de questões conceituais, mostrando que compreender os fenômenos físicos vai além de aplicações de fórmulas prontas, não faz sentido que as provas trimestrais apresentem somente questões analíticas. Nas palavras de Mazur (2015, p. 43), "Uma das melhores maneiras para fazer os estudantes aceitarem um novo método de ensino é preparar exames que reflitam a filosofia e os objetivos da disciplina. Nos exames que eu dou, cerca de metade dos problemas é conceitual".

Com esse objetivo de manter a coerência no trabalho, as provas trimestrais foram elaboradas de modo que refletissem o conteúdo trabalhado em sala. No colégio, a prova é única por série e por turno. Assim, os alunos da 2ª série da manhã fazem a mesma prova, independentemente do professor. Essa é uma decisão dos professores de física, mas não é uma regra departamental ou imposta pela instituição. Por essa regra, é natural que a avaliação receba contribuições de diferentes professores, com visões e entendimentos de ensino diversos.

Ficou estabelecido pela equipe de física que as provas de todas as séries teriam a mesma estrutura, 4 questões conceituais objetivas e 4 questões discursivas, ou duas questões com duas perguntas cada. Nas questões discursivas, pelo menos uma deve ter um viés puramente conceitual. Cada questão objetiva vale 0,5 ponto e, as discursivas, 1,0 ponto cada, totalizando os 6,0 pontos destinados à prova trimestral. Desse modo, metade da prova (3,0 pontos) são provenientes de questões conceituais, enquanto a outra metade, são questões discursivas analíticas, tais quais as que faziam aos sábados, em grupos.

Após a prova e a segunda aplicação do TUG-K, os alunos receberam as suas médias trimestrais e, assim, encerrou-se o primeiro trimestre. Os resultados das análises qualitativas e quantitativas, com as aulas aqui relatadas, fazendo uso das metodologias de pesquisa descritas no capítulo anterior, estão apresentados no próximo e último capítulo da tese, voltado para discussão de resultados.

3.2. Aplicação do PI em 2021

Devido à pandemia de COVID-19, as instituições de ensino encerraram as aulas presenciais a partir da segunda semana de março de 2020. Em particular, no colégio onde se passou esta pesquisa, não houve qualquer atividade à distância para os estudantes da 2a série do EM ao longo de todo o ano de 2020[45].

Em janeiro de 2021, diante da imprevisibilidade de quando as condições sanitárias permitiriam uma volta saudável às salas, os professores membros da banca de Qualificação sugeriram um plano B, a aplicação remota do método, com um grupo reduzido de estudantes, para que fosse possível coletar os áudios e assim, realizar as análises dos extratos.

O ano letivo de 2021 se iniciou em março e teve seu término em julho, com as atividades síncronas e assíncronas, 100 % remotas. Durante esse período, as atividades síncronas eram quinzenais e tivemos que trabalhar todo o conteúdo de um ano, e não era permitido gravar as aulas. Tais condições impediram que fosse possível prosseguir com a pesquisa nas turmas regulares.

Em meados de abril, a reitoria do colégio lançou uma chamada interna para projetos de pesquisa e de extensão. Este edital permitia a gravação de áudio e vídeo dos participantes, desde que seus responsáveis assinassem o termo de autorização. Assim, com seis alunos inscritos voluntariamente, todos com os termos assinados pelos responsáveis, se iniciou uma nova etapa do trabalho.

Dado essa realidade, a variante do PI sem a etapa de respostas individuais foi aplicada remotamente em um grupo focal de inicialmente seis estudantes voluntários de uma turma da 2a série do EM, de idade aproximada de 17 anos. Algumas aulas depois, uma estudante pediu para sair, por motivos pessoais. Essas aulas ocorreram às sextas-feiras, de 10:30h até 11:30h, desde a primeira semana de maio até a segunda semana de julho, com um total de dez aulas.

[45] Somente houve atividades assíncronas para a 3a série do EM e, mesmo assim, não era obrigatório aos estudantes.

As primeiras aulas foram através da plataforma gratuita de videoconferência Zoom[46], mas a qualidade do áudio gravado ficou ruim, dificultando bastante a transcrição. A segunda aula, por exemplo, vários trechos são inaudíveis, inviabilizando a análise de algumas questões. Além desse problema, o computador usado para as aulas simplesmente parou de funcionar no dia 25 de maio, e algumas aulas que estavam salvas nesse computador se perderam.

As aulas de junho e julho foram em um outro computador, na plataforma *TeamLink*[47], por possibilitar gravar os áudios e vídeos das aulas (no Zoom, só era possível gravar os áudios), sem restrição de tempo e com uma ótima qualidade, com a conta gratuita. Uma integrante decidiu sair do grupo, que seguiu desde o início de junho com cinco participantes. Foram gravadas e armazenadas as interações dos alunos em 20 questões, gerando mais de mil diálogos transcritos.

Após a árdua e demorada etapa de transcrição, 8 dessas questões passaram pela análise de conteúdo de Moraes, pormenorizada na seção 2.2, fazendo uso das categorias utilizadas por Kaartinen e Kumpulainen (2002), expostas na mesma seção. As outras questões, ou não trouxeram interações com características diferentes das 8 selecionadas ou simplesmente não apresentaram conflito algum entre os estudantes, que concordaram logo no início com a resposta.

[46] https://zoom.us/download. Último acesso: 19/11/2021.
[47] https://www.teamlink.co/download.html. Último acesso: 19/11/2021.

4. RESULTADOS OBTIDOS

Neste capítulo estão apresentados os resultados oriundos das análises quantitativas, obtidos a partir das aplicações do TUG-K em 2018 e 2019, assim como os resultados adquiridos após a coleta dos áudios de um grupo de 4 alunas em uma aula de 2019 (estudo piloto) e do grupo focal em 2021. A partir dos resultados das análises, é possível responder as perguntas da pesquisa.

4.1. Resultados da Análise Quantitativa

O ganho normalizado médio de Hake do curso de 2019, com aplicações do PI associado ao JiTT é superior ao ganho do curso de cinemática realizado em 2018, baseado em aulas expositivas e monológicas? Esta é a primeira pergunta de pesquisa e, para respondê-la, foi realizada uma análise quantitativa nos moldes dos trabalhos de cunho quantitativos apresentados no primeiro capítulo desta tese.

Em 2018, 127 estudantes responderam o TUG-K no início do primeiro trimestre (pré-teste) e 118 participaram da segunda aplicação do mesmo teste, ao final do trimestre (pós-teste). No ano seguinte, este procedimento foi replicado, contando com a participação de 66 estudantes no pré-teste e 63 no pós-teste. Todos os estudantes que participaram da pesquisa estavam cursando a 2ª série do ensino médio no mesmo colégio, e os percentuais de acertos das primeiras aplicações do TUG-K em 2018 e em 2019 foram idênticos. A diferença principal entre os dois grupos esteve nas metodologias empregadas nas aulas: em 2018, não houve aulas com metodologias ativas, ao passo que em 2019, as aulas foram ativas, com o uso das metodologias JiTT e PI. Ademais, foi trabalhado o mesmo conteúdo programático em ambos os anos, e as questões discutidas em 2019 estiveram presentes nas aulas em 2018, com o intuito de manter o máximo de semelhanças possíveis nesses dois momentos.

A tabela 15, a seguir, apresenta os escores nas etapas pré-teste e pós-teste em 2018 e 2019, e os ganhos de Hake em cada caso.

Tabela 15 - Percentual de acertos dos estudantes nas aplicações do TUG-K, assim como os ganhos de Hake envolvidos nesse processo. Nas últimas duas colunas, o quantitativo de estudantes que fizeram os testes.

Metodologias	Acertos (pré)	Acertos (pós)	Ganho absoluto (pós - pré)	Ganho de Hake < g >	N (pré)
Aulas expositivas	17%	31%	14%	0,17	127
PI com JiTT	17%	45%	28%	0,34	66

Fonte: Dados da pesquisa.

Conforme mencionado anteriormente, em ambas as aplicações do pré-teste, o percentual de acertos foi o mesmo, 17%, indicando que o conhecimento prévio dos estudantes de 2018 e de 2019 em relação à cinemática é equivalente. Esse resultado pode estar relacionado ao fato de que são estudantes da mesma instituição e, por estarem na 2ª série do ensino médio, todos fizeram pelo menos a série anterior no colégio[48].

Ao observar a coluna relativa ao pós-teste, é possível verificar uma diferença significativa no percentual de acertos se comparadas as duas metodologias. O ganho normalizado médio com JiTT e PI, apesar de estar estatisticamente na fronteira inferior do ganho moderado (ver quadro 2), foi o dobro do obtido em aulas expositivas e monológicas, resultado que se encontra dentro do preconizado pela literatura.

Contudo, é importante ressaltar que a diferença apresentada nos ganhos normalizados médios de Hake, por si só, não é o suficiente para sustentar uma conclusão de que uma metodologia é melhor que a outra. Primeiramente porque o ganho de Hake não é um parâmetro estatístico, com uma teoria que o embase, mas sim, conforme dito anteriormente na seção 1.4, uma medida grosseira de verificar a efetividade de um curso em promover compreensão conceitual de um determinado conteúdo. Em adição, ainda que o conteúdo programático tendo sido o mesmo, assim como as questões apresentadas

[48] A última possibilidade de ingressar na instituição como aluno da educação básica é através de processo seletivo na 1ª série do Ensino Médio.

aos estudantes, há fatores externos que podem interferir nos resultados, como por exemplo, a mudança da carga horária da disciplina, conforme descrito na seção 2.1.3..

Nos Estados Unidos, os resultados do *Mechanics Baseline Test* (MBT) são cerca de 15% abaixo dos obtidos no *Force Concept Inventory* (FCI). Essa maior dificuldade apresentada pelos estudantes ao fazer o MBT está relacionada ao fato de este teste requisitar compreensão conceitual em adição à habilidade matemática e pensamento crítico, enquanto as questões do FCI não envolvem cálculos (Hake, 1998). Os escores médios dos estudantes estadunidenses no pré-teste do FCI fica entre 25% e 70%, já no pós-teste, entre 40% e 85% (MAZUR, 2015, p. 48). Essa margem é oriunda de resultados de diversos trabalhos, em contextos diversos (diferentes locais e níveis educacionais, desde o ensino médio até universitários). Ainda segundo Mazur (ibid.), em classes com ensino tradicional, o ganho normalizado médio é de 0,25, e em aulas ativas, os ganhos obtidos estão entre 0,36 e 0,68.

Em se tratando especificamente dos estudantes de ensino médio que participaram dessa pesquisa de Hake (ibid.), os escores de 1113 estudantes de 14 colégios diferentes no FCI no pré-teste foram entre 10% e 45%. Sendo assim, o score de 17% no pré-teste no TUG-K que, assim como o MBT, também apresenta questões conceituais e questões analíticas, está de acordo com os resultados obtidos por Hake. Hake mostra ainda que o MBT foi aplicado em estudantes de ensino médio de 3 colégios do estado de Arizona, com resultados no pós-teste entre 30% e 50%. Nos dois colégios em que as aulas foram tradicionais, os resultados foram abaixo de 40%. Já os estudantes cujas aulas foram ativas, tiveram um desempenho médio no pós-teste próximo a 50%. Portanto, é possível inferir que os resultados dos pós-testes apresentados na tabela 15 também dialogam com os resultados de Hake (ibid.).

Ademais, os resultados das análises quantitativas, que são a validação do TUG-K e os ganhos de Hake, são apenas uma pequena parte desta pesquisa, concentrada principalmente nos resultados da análise qualitativa a seguir, que revelam maiores informações sobre a aprendizagem proporcionada pelo PI, devido à interação entre os pares.

4.2. Resultados da Análise Qualitativa

Após o trabalho de validação do TUG-K e os resultados dos ganhos de Hake, a pesquisa seguiu com o olhar para a etapa de interação, cerne do PI. Escutar o que os alunos discutem durante essa etapa e observar a dinâmica dessas interações possibilitam uma melhor compreensão do funcionamento do método. Dessa maneira, em uma aula em 2019, foi realizada uma gravação teste com um grupo de estudantes. Esta gravação teve o objetivo de verificar se a qualidade do áudio gravado com o *smartphone* seria o suficiente ou se seria necessário o recurso de filmagem. Este teste mostrou que, somente com o gravador de voz do *smartphone*, fica difícil identificar quem está falando em cada interação (em muitos momentos, as vozes são parecidas). O gravador de voz, somado à filmagem, eliminaria este problema, além de trazer mais detalhes das interações.

Em 2020, pretendia-se fazer as gravações de áudios e vídeos de alguns grupos de estudantes no decorrer do primeiro trimestre, o que não foi possível, devido à pandemia de COVID-19. No ano seguinte, esta gravação ocorreu de maneira remota, com um grupo focal de, inicialmente, 6 estudantes, conforme relatado na seção 3.2.

Após as coletas e transcrições dos áudios, iniciou-se a primeira etapa da análise de conteúdo, que consiste na preparação dos dados a serem analisados. Uma vez encerrada toda a transcrição, pôde-se verificar que em 2 questões aplicadas em uma aula em 2019 e em 8 questões aplicadas em 2021 surgiram pontos críticos durante as etapas de interação, como debates de ideias, questionamentos, discordâncias, argumentos incorretos do ponto de vista científico e mudanças nas respostas fornecidas por um membro do grupo após ouvir seus colegas. Ao todo, são 10 conversas entre pares em 9 questões trazidas para análise, uma vez que uma mesma questão foi aplicada em ambas as ocasiões.

Os dados selecionados foram, então, unitarizados e categorizados. As categorias, conforme informado no capítulo de metodologia, foram extraídas do trabalho de Kaartinen e Kumpulainen (2002), com algumas pequenas adaptações para esta tese. Essas categorias são pertencentes a quatro dimensões paralelas de análise de interação social: movimentos do discurso, processos lógicos, natureza da explanação e estratégias cognitivas (ver quadro 10). As duas primeiras foram baseadas em referenciais citados no

artigo de Kaartinen e Kumpulainen (ibid.), enquanto os dois últimos foram criados pelos autores no decorrer da pesquisa.

Neste estudo, foram utilizadas apenas as três primeiras dimensões, pois foi possível concluir, após o uso inicial das categorias pertencentes às estratégias cognitivas, que estas não agregavam à análise aqui realizada. Ademais, as estratégias cognitivas de Kaartinen e Kumpulainen (ibid.) são uma parcela pequena das diversas possibilidades de estratégias cognitivas, segundo Góes e Boruchovitch (2020). As pesquisadoras definem estratégias cognitivas como "ações realizadas no momento em que se precisa aprender um determinado conteúdo ou realizar uma dada tarefa" (GÓES, BORUCHOVITCH, 2020, p. 7).

As estratégias cognitivas, assim como as estratégias metacognitivas, são estratégias de aprendizagem. As autoras seguem ainda apresentando as três categorias ou subdivisões das estratégias cognitivas, que são as estratégias de ensaio, de elaboração e de organização, explicando e exemplificando cada uma dessas subdivisões das estratégias cognitivas:

> Caracterizam-se por estratégias de ensaio: repetir um conceito ou definição várias vezes, gravar ou ouvi-lo continuamente e sublinhar um texto marcando suas partes mais importantes. […] As estratégias de elaboração envolvem adicionar ou modificar o material a ser aprendido de alguma forma, na tentativa de torná-lo mais significativo e passível de ser lembrado. Tomar notas, parafrasear, resumir, criar analogias, comparar e contrastar ideias, ensinar o conteúdo para outra pessoa e criar e responder perguntas são exemplos de estratégias de elaboração. [...] Por fim, as estratégias de organização têm seu foco em conferir uma nova organização gráfica ao material e em criar relações entre os conceitos, de modo que o conteúdo a ser aprendido se torne mais significativo. Diagramas de causa e efeito e mapas conceituais são exemplos de estratégias de organização. (GÓES; BORUCHOVITCH, 2020, p. 18-19).

Um estudo de estratégias cognitivas para promoção de aprendizagem requer analisar mais que somente alguns exemplos de estratégias de elaboração, o que não está no escopo deste trabalho. Para o contexto desta pesquisa, as outras três dimensões do mapa analítico de interação social desenvolvido por Kaartinen e Kumpulainen (ibid.) se completam e são o suficiente para fornecer os resultados necessários para compreender os aspectos da metodologia PI que respondem as perguntas de pesquisa.

Na sequência, é apresentada a descrição de cada uma dessas categorias, tornando possível a compreensão das classificações das unidades e, posteriormente, é construída a interpretação desse resultado.

4.2.1. Descrição das Categorias

Segundo Kaartinen e Kumpulainen (2002), as quatro dimensões empregadas e suas categorias constituem um método analítico para análise de interação social. Em outras palavras, as categorias desse estudo possibilitam investigar o processo de construção das explanações na promoção de aprendizagem, a partir da interação entre pares. Todas as categorias a serem descritas estão presentes no quadro 10.

A primeira dimensão, movimentos do discurso, foi adaptado pelos finlandeses do livro *Towards an analysis of discourse* (SINCLAIR, COULTHARD, 1975, apud KAARTINEN, KUMPULAINEN, ibid.). Os movimentos do discurso expõem como a natureza da conversa muda ao longo das interações sociais, evidenciando o papel de cada integrante na aprendizagem. Nas palavras dos finlandeses, "os movimentos do discurso fundamentam a análise de conteúdo, revelando padrões que emergem durante a resolução do problema".

São oito categorias pertencentes à dimensão movimentos do discurso: inicialização, continuação, extensão, retroação, concordância/discordância, resposta, comentário e conclusão. O quadro 15 traz a descrição de cada uma dessas categorias.

Quadro 15 - A descrição de cada uma das oito categorias que compõem a dimensão movimentos do discurso.

Movimentos do discurso	Descrição
inicialização	Este movimento traz uma nova temática à discussão. Uma nova abordagem ou ideia para resolver o problema.

continuação	o estudante continua a sua linha de raciocínio ou a de um colega.
extensão	o estudante traz um novo argumento ou uma nova perspectiva ao problema, porém dentro do mesmo método de resolução.
retroação	são falas cujas ideias já foram previamente ditas.
concordância/discordância	aponta concordância ou discordância em relação às ideias presentes na fala anterior.
resposta	são respostas diretas a perguntas explícitas.
comentário	são falas no meio da discussão que trazem observações pessoais ou expõem uma avaliação de cenário.
conclusão	reúne o processo de construção da explicação, chegando a uma conclusão capaz de resolver a questão trabalhada.

Fonte: Kaartinen e Kumpulainen (2002), adaptado pelo autor.

Em se tratando do segundo grupo de categorias, a dimensão processos lógicos refere-se à relação lógica entre os movimentos do discurso e como essas interações conduzem o processo de construção das explicações pelo grupo. Para essa dimensão, o referencial em que os finlandeses se apoiaram foi o livro *Communication and Learning Revisited: Making Meaning Through Talk* (BARNES, TODD, 1995, apud. KAARTINEN, KUMPULAINEN, ibid.).

As categorias presentes na dimensão processos lógicos do discurso, descritas no quadro 16 a seguir, denotam significado aos movimentos do discurso, fornecendo indícios sobre a natureza das participações dos alunos na aprendizagem em pequenos grupos.

Quadro 16 - As descrições das categorias que representam as possibilidades de processos lógicos presentes nos discursos dos estudantes.

Processos lógicos	Descrição
propõe uma causa	essa categoria representa dois tipos de raciocínios: descrever causas como processo (trazendo relações do que se pretende explicar) ou como fatores (definindo uma razão para explicar algo).
propõe um resultado	a fala expressa um resultado para um questionamento proposto por um colega ou expõe uma conclusão para o problema.
evidencia	o discurso apresenta evidências aprofundadas, embasadas por argumentos de natureza formal ou informal.
sugere um método	o estudante propõe um método para a resolução do problema. Essa categoria revela estratégias adotadas pelos alunos na resolução de problemas.
avalia	a fala traz uma avaliação crítica da resolução do problema. São ponderações, críticas ou opiniões sobre o andamento e procedimentos adotados para a resolução do problema.
contradiz	o discurso apresenta discrepância no raciocínio e na resolução de problemas entre os estudantes.

Fonte: Kaartinen e Kumpulainen (2002), adaptado pelo autor.

O processo de categorização desse trabalho realizado pelos finlandeses se deu a priori nos dois primeiros eixos paralelos do mapa analítico, com referenciais na literatura, e a posteriori, nos dois últimos. Isso significa que, em relação a estes, as categorias foram desenvolvidas durante a pesquisa, a partir das interações.

O quadro 17 exibe as categorias pertencentes à dimensão natureza da explanação e as suas descrições. Como a dimensão estratégias cognitivas não será uma ferramenta empregada nesta análise, as descrições de suas categorias não serão expostas, porém o leitor pode recorrer à referência, caso queira.

Quadro 17 - Descrição das cinco categorias inseridas na dimensão natureza da explanação. A categoria explanação simples foi criada para esta análise.

Natureza da explanação	Descrição
explanação formal	reflete a linguagem formal e procedimentos pertencentes ao domínio científico.
explanação causal	essa categoria inclui explicar causas ou resultados com argumentos de natureza informal. Pode apresentar erros ou inconsistências do ponto de vista do conhecimento científico.
explanação descritiva	a fala descreve uma situação, mas sem necessariamente conectar causa e conclusão.
explanação do cotidiano	cria-se uma situação análoga, com elementos do cotidiano, como argumentação.

Fonte: Kaartinen e Kumpulainen (2002), adaptado pelo autor.

A natureza da explanação busca evidenciar a forma como a explicação é dada por um integrante aos seus colegas, auxiliando na leitura do desenvolvimento dos raciocínios apresentados nas falas, ao longo da etapa de interação entre pares.

Uma vez apresentadas as categorias do método analítico de análise de interação social entre pares, seguem as questões selecionadas para análise, a transcrição dos áudios das interações dos estudantes, na íntegra, e a subsequente unitarização das falas e suas classificações, de acordo com as categorias aqui definidas.

4.2.2. Unitarização e Classificação dos Áudios

Nesta seção, serão exibidas as unitarizações dos áudios dos estudantes em dez etapas de interação entre pares, acompanhada de suas classificações, de acordo com as categorias descritas anteriormente. Os nomes dos estudantes foram alterados, a fim de preservar as suas identidades.

Após essa sequência, para concluir a análise qualitativa, desenvolve-se a interpretação de todos esses dados aqui trabalhados, possibilitando uma compreensão, com maior profundidade, de como o PI funciona. Dessa maneira, a etapa final da análise, a interpretação, pode revelar detalhes da construção da aprendizagem proporcionada pelo PI.

- Questão 01

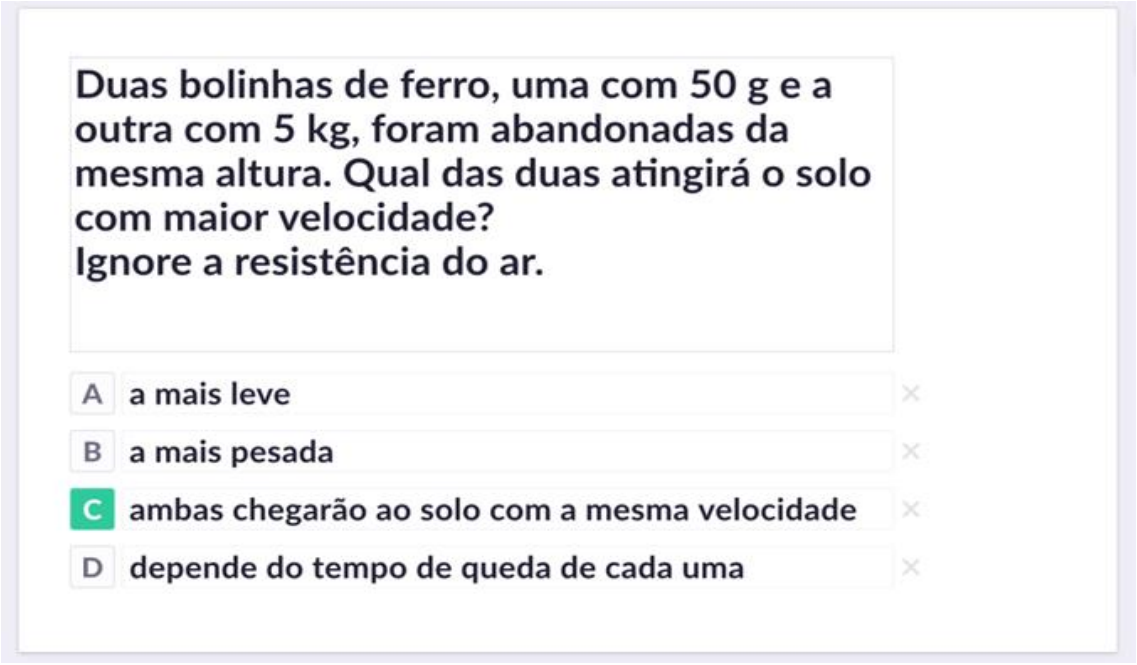


Figura 25 - Questão trabalhada durante uma aula presencial em 2019. Fonte: o autor.

Quadro 18 - Unitarização e classificação dos áudios transcritos da questão apresentada na figura 25.

Estudante	Unitarização	Movimentos do discurso	Processos lógicos	Natureza da explanação
Paula	Gente, chega junto. Eu acho que é a mesma velocidade.	inicialização	propõe um resultado	explanação causal
Ana	É, eu também acho.	concordância		
Paula	Porque a aceleração é a mesma que é 10... 10 metros por segundo ao quadrado.	continuação	propõe uma causa	explanação formal

Ana	O peso não interfere.	extensão	propõe uma causa	explanação formal
Paula	É, não faz diferença.	concordância		
Letícia	Mas e o ar, não atrapalha?	extensão	contradiz	explanação do cotidiano
Paula	A gente não aprende a fazer com resistência do ar, então vai desprezar.	resposta	avalia	explanação causal
Letícia	Mas e se considerar a resistência do ar?	continuação	contradiz	
Ana	Aí a gente não aprende...	resposta		
Paula	É tipo o vídeo da pena.	extensão	propõe uma causa	explanação do cotidiano
Ana	A gente não tem que saber. No momento não importa. Não sei se daqui a pouco vai, entendeu?	continuação	avalia	
Paula	Ai gente, eu acho que é a mesma velocidade.	continuação	propõe um resultado	
Paula	Porque se cai ao mesmo tempo e a aceleração é a mesma, a velocidade é a mesma.	continuação	evidencia	explanação formal
Paula	É como se os dois tivessem a mesma massa, porque a massa não interfere em nada.	continuação	propõe uma causa	explanação causal
Renata	No vídeo, a bola de boliche meio que quebrou no chão. A pena, obviamente, não.	extensão	propõe uma causa	explanação do cotidiano
Letícia	É.	concordância		
Paula	Aí o peso interfere.	continuação	propõe uma causa	explanação causal
Ana	Exato.	concordância		
Paula	É tipo, quem quebrará no chão? Não tá perguntando quem quebrará no chão.	continuação	avalia	
Todas	Aham.	concordância		

Paula	A velocidade, eu acho que é a mesma. Se a velocidade fosse diferente, os tempos seriam diferentes.	conclusão	propõe um resultado	explanação formal
Renata	É, pois é.	concordância		
Letícia	A velocidade é a mesma.	concordância	propõe um resultado	
Ana	Então já acabou já.	comentário		

Fonte: Dados da pesquisa.

- Questão 02

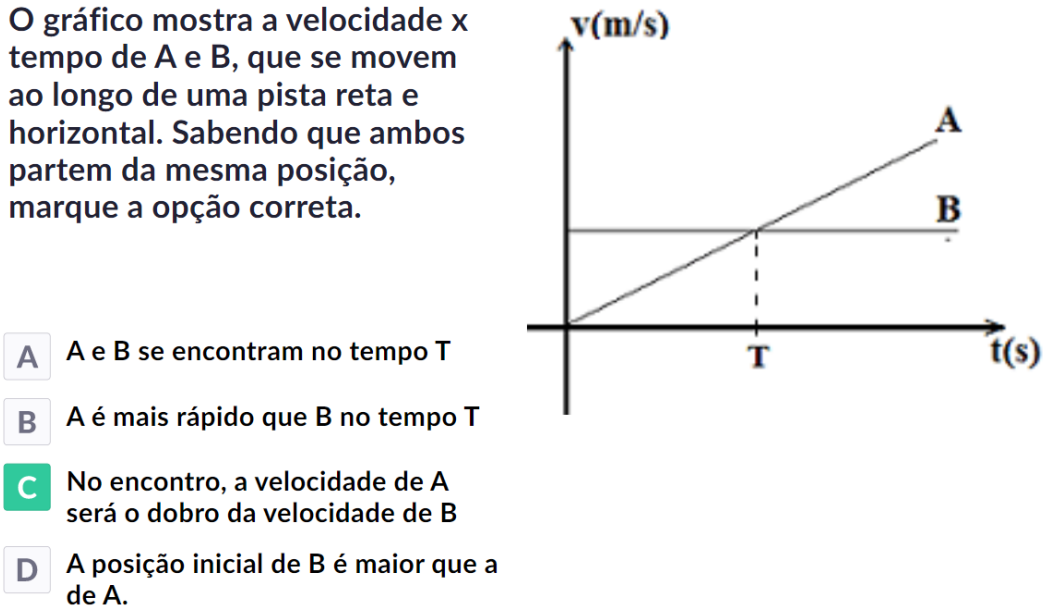


Figura 26 - Questão trabalhada durante uma aula presencial em 2019. Fonte: o autor.

Quadro 19 - Unitarização e classificação dos áudios transcritos da questão apresentada na figura 26.

Estudante	Unitarização	Movimentos do discurso	Processos lógicos	Natureza da explanação
Letícia	Então, eu não entendi nem a C nem a D.	inicialização		
Paula	A D está dizendo que a posição inicial de B é maior que a da A.	continuação		

Letícia	Ah não, essa eu já sei. Já sei. Se eles saem do mesmo ponto...	continuação	propõe uma causa	explanação causal
Paula	Aham, aham.	concordância		
Ana	Lembra aquele negócio... Essa reta aqui é velocidade constante.	inicialização	propõe um causa	explanação descritiva
Paula	Sim.	concordância		
Ana	Logo então é paralela a reta aqui de baixo.	continuação	propõe uma causa	explanação descritiva
Letícia	Aham.	concordância		
Ana	Se são paralelas, qualquer reta que corte reta paralela, os ângulos opostos são iguais.	continuação	sugere um método	explanação formal
Letícia	Certo.	concordância		
Ana	Teorema de Tales. Então se a gente sabe que se a gente faz uma paralela aqui a essa daqui, o ângulo não é 90 graus e 90 graus?	continuação	evidencia	explanação descritiva
Letícia	Aham.	concordância		
Ana	E esses dois aqui não são iguais?	continuação	propõe uma causa	explanação descritiva
Paula	Eles são opostos.	continuação	propõe um resultado	explanação causal
Ana	Logo aquele lá é igual, então os triângulos são iguais. Então a gente sabe que esse pedaço aqui é T e o outro é T também.	continuação	evidencia	explanação descritiva
Renata	É como se eles fossem espelhados.	continuação	propõe uma causa	explanação do cotidiano
Paula	Exato.	concordância		
Ana	É. Exatamente.	concordância		
Paula	Então, aqui a gente já sabe que a área do v x t é igual ao deslocamento.	extensão	sugere um método	explanação formal

Letícia	Certo.	concordância		
Paula	Então aqui é a área do A.	continuação	propõe um resultado	explanação descritiva
Letícia	Aham.	concordância		
Paula	Esse daqui é o deslocamento de A. Esse triângulo é igual. A área do B é duas vezes a área do A.	conclusão	propõe um resultado	explanação descritiva
Letícia	Por que?	continuação		
Paula	Porque essa é a área do... Essa é a área do B inteira.	resposta	propõe uma causa	explanação descritiva
Letícia	Aham. Pera, o quadrado ou o triângulo?	continuação		
Paula	O quadrado é a área do B. O triângulo é a área do A.	resposta	propõe um resultado	explanação descritiva
Letícia	Aham.	concordância		
Renata	Porque ele só passa pela reta.	continuação	propõe uma causa	explanação causal
Paula	Isso. Separa os gráficos. Oh, aqui é a área do A e aqui é a área do B. Então, só que a área do B... Isso daqui seria a área do A. E tem outra área do A aqui dentro. Têm dois triângulos. Então isso daqui tudo é duas vezes a área do triângulo.	continuação	evidencia	explanação descritiva
Letícia	Mas por que o B tem duas vezes A?	continuação		
Ana	Porque têm dois triângulos desse.	resposta	propõe uma causa	explanação causal

Renata	Porque o quadrado é dois triângulos. O quadrado tem dois triângulos iguaizinhos, certinho. Lembra?	continuação	propõe uma causa	explanação causal
Ana	Olha pra lá. Aqueles dois triângulos são iguais, tá vendo?	continuação	propõe uma causa	explanação descritiva
Letícia	Ah, é porque... Ah, aham.	concordância		
Ana	Entendeu?	continuação		
Letícia	Aham.	concordância		
Paula	Então aqui, se pegar esse daqui, que é a mesma coisa que T e medir e parte em dois triângulos, a gente tem 1, 2, 3, 4 triângulos em B.	continuação	propõe uma causa	explanação descritiva
Letícia	Aham.	concordância		
Paula	E aqui em A também tem 1, 2, 3, 4 triângulos, certo?	continuação	propõe uma causa	explanação descritiva
Renata	Isso na posição final. Na posição final aqui.	continuação		
Paula	Isso. Eu estou fazendo o gráfico inteiro.	continuação	avalia	
Renata	Tá, tá.	concordância		
Paula	A gente tem 1, 2, 3, 4 triângulos em B e 1, 2, 3, 4 triângulos em A. Logo o deslocamento deles é o mesmo.	conclusão	propõe uma causa	explanação formal
Letícia	Sim.	concordância		
Paula	Então, se eles saíram do mesmo ponto, eles se encontraram aqui, entendeu?	continuação	propõe uma causa	explanação descritiva
Paula	Mas, é, vamos botar T2. Eles se encontraram no T2. Então, se eles se encontraram no T2, o que que a gente consegue ver aqui? Que essa distância é igual a essa, certo?	continuação	propõe uma causa	explanação descritiva

Letícia	Sim.	concordância		
Paula	Então a velocidade de A...	continuação		
Letícia	...ela é o dobro! Entendi. Esse é o ponto da velocidade de A. Aham!	conclusão	propõe um resultado	
Paula	Prolonga. Vai dar aqui.	continuação	propõe um resultado	explanação causal
Letícia	Sim.	concordância		
Paula	Essa distância é duas vezes essa.	conclusão	propõe um resultado	explanação causal
Letícia	Uhum... Tá, tá. Aham, aham. Agora entendi. É porque a altura do triângulo é duas vezes. Tá. É.	concordância	propõe uma causa	explanação descritiva

Fonte: Dados da pesquisa.

- Questão 03

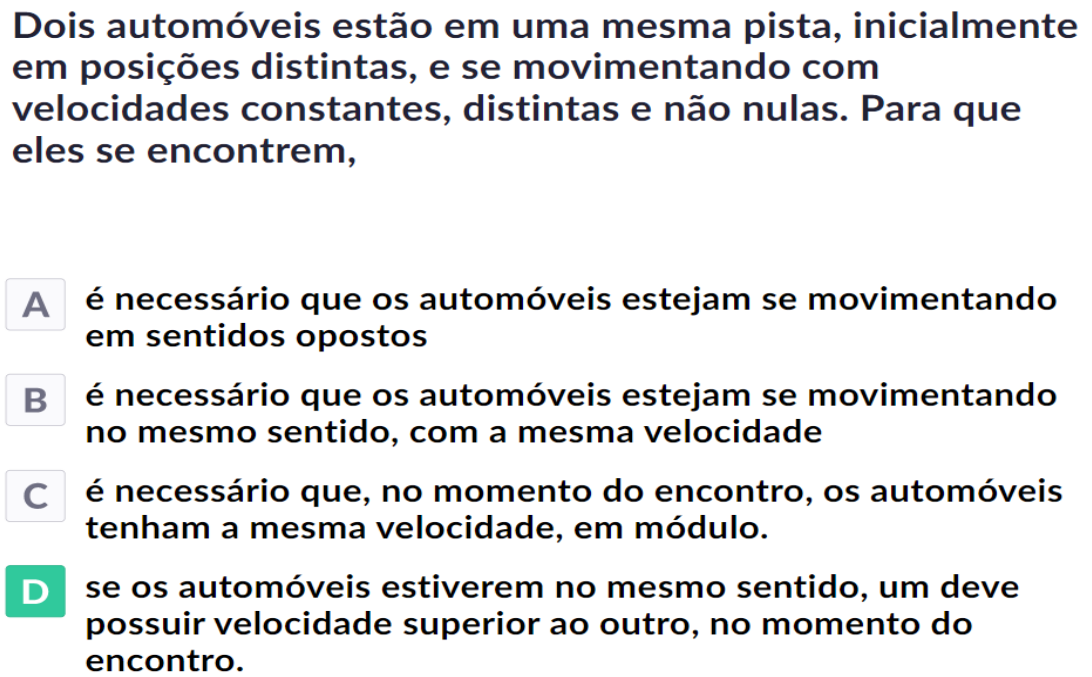


Figura 27 - Primeira questão trabalhada na primeira aula remota com o grupo focal. Essa aula contou com a participação de todos os seis estudantes inscritos no projeto. Fonte: o autor.

Quadro 20 - Unitarização e classificação dos áudios transcritos da questão apresentada na figura 27.

Estudante	Unitarização	Movimentos do discurso	Processos lógicos	Natureza da explanação
Clara	Letra D, professor.	inicialização	propõe um resultado	
Professor	Letra? Letra D de dado?			
Clara	Sim, porque é o tu acabou de falar. Tipo, se eles se movimentam em sentidos opostos, eles iam se encontrar, certo? Não necessariamente precisaria estar na mesma velocidade, sabe?	continuação	propõe uma causa	explanação causal
Clara	Letra B: um automóvel esteja se movimentando no mesmo sentido com a mesma velocidade. Não necessariamente eles vão se encontrar no tempo menor … aí eu olhei a letra D... enfim eu não sei explicar como eu cheguei na letra D, porque se os automóveis estiverem no mesmo sentido, eles vão possuir a mesma velocidade superior no momento do encontro.	continuação	propõe uma causa	explanação causal
Lucas	Eu concordo com a sua conclusão.	concordância		
Lucas	Então, é... eu concordo contigo que é letra D, porque se eles estiverem no mesmo sentido como o professor falou, é… um deles tem que ter a velocidade superior ao outro, e como a questão tá dizendo que eles têm velocidades distintas, isso é possível.	extensão	propõe uma causa	explanação formal
Clara	Distintas, não nulas e constantes também.	continuação		
Lucas	Aham! Então, se o de trás - o que estiver na posição inferior -, no sentido de… de posicionamento mesmo, tiver uma velocidade maior do que o da frente… é… tem uma possibilidade de eles se encontrarem, é diferente das outras opções.	continuação	propõe um resultado	explanação formal

Clara	Sim. Eu tava querendo entender o que que acontece. Tipo, se eles estão se movimentando de encontro ao outro ou em direções opostas.	inicialização	avalia	
Bárbara	A questão, ela não fala a direção da, tipo, em que direção os carros estão. Mas na letra D ele fala "se os automóveis estiverem no mesmo sentido, um deve possuir velocidade superior ao outro". Agora, tipo, se falasse, se desse essa informação pra gente na questão, a gente poderia desconsiderar a A também porque diz que os automóveis estão se movimentando em sentidos opostos.	continuação	avalia	explanação causal
Clara	É.	concordância		
Lucas	Concordo.	concordância		
Bárbara	Se eles estão se movimentando em sentidos opostos, uma hora ou outra eles vão se encontrar.	retroação	propõe uma causa	explanação formal
Clara	Sim, eles podem, mas se eles estiverem se movimentando no mesmo sentido eles também iriam se encontrar em algum momento, entendeu?	extensão	propõe uma causa	explanação causal
Bárbara	É. Mas desde que um tenha velocidade superior ao outro.	resposta	propõe uma causa	explanação causal
Sofia	É, mas… gente, essa questão de um deve possuir velocidade superior ao outro no momento do encontro, não interfere um pouco não?	extensão	propõe uma causa	explanação causal
Lucas	É que tipo, como a velocidade dele é constante, ele tem que estar com a velocidade superior quando eles se encontrarem. Sacou? tipo, ele não vai mudar a velocidade conforme ele chega perto, na verdade ele vai continuar.	resposta	propõe um resultado	explanação formal
Bárbara	É.	concordância		
Clara	É.	concordância		

Sofia	Mas a gente tem que escolher só uma.	comentário	avalia	
Clara	Eles vão se encontrar. Eles não vão parar, porque está dizendo que não vão anular a velocidade deles, entendeu?	continuação	propõe um resultado	explanação causal
Sofia	Não, eu não falei de parar, eu falei porque tá ali bem claro, tipo no momento do encontro.	continuação		
Lucas	Exato! É que ele vai continuar com a velocidade constante.	continuação	propõe uma causa	explanação formal
Bárbara	É porque a velocidade dele, tipo, no momento do encontro vai tá superior. Vai tá superior desde o começo, porque ela não vai mudar em momento nenhum, que nem o Lucas falou.	retroação	propõe uma causa	explanação causal
Lucas	Exato.	concordância		
Bárbara	Eu só não sei se tipo, vale a D porque fala "um tem velocidade superior ao outro", só que ele não fala se, qual é, tipo, não sabe se é o de trás ou o da frente.	extensão	propõe uma causa	explanação causal
Lucas	Exato. O ponto é que… é então talvez a A talvez seja muito mais considerável.	extensão	propõe um resultado	
Clara	É tô entra a A e a D, eu fiquei um pouco mais na D...	comentário		
Lucas	Mas é… é porque a D é muito condicional.	continuação	contradiz	explanação causal
Sarah	Acho que a A é muito exclusiva.	continuação	contradiz	explanação causal
Clara	B não pode ser.	retroação		
Lucas	A "D" é muito condicional. Tipo,"se "isso acontecer, sabe? Isso não quer dizer que o primeiro carro vai tá necessariamente com velocidade inferior.	continuação	propõe uma causa	explanação causal
Clara	E tipo ele tá numa situação bem dedutiva mesmo.	continuação	propõe uma causa	explanação causal

Lucas	Agora, a A… Com certeza.	continuação	propõe um resultado	
Clara	Partindo de um geral para um particular.	continuação	propõe uma causa	explanação causal
Sofia	Sim...	concordância		
Bárbara	Ele especifica que vai tá no mesmo sentido e que um vai tá superior ao outro, mas...	continuação		
Lucas	A D tá muito condicional ainda na minha opinião.	retroação		
Sofia	Sim, ainda essa parte de um deve possuir velocidade superior ao outro a gente não sabe qual possui velocidade superior né, se for o da frente, por exemplo...	retroação	propõe uma causa	explanação causal
Bárbara	É. Por isso que a A é melhor.	continuação	propõe um resultado	
Lucas	Exato, a A se enquadra mais, de fato.	concordância		
Bárbara	Se eles estiverem em sentidos opostos, eles vão se encontrar em qualquer condição desde que eles não estejam parados, então vai servir. Tipo, o enunciado serve pra A, em qualquer condição, desde que as velocidades não sejam nulas.	conclusão	propõe um resultado	explanação causal
Lucas	Exato.	concordância		
Bárbara	E desde que eles estejam em sentidos opostos.	continuação		
Clara	Não, mas cara, sentidos opostos é um tá pra direita e outro pra esquerda, certo?	continuação	propõe uma causa	explanação causal
Bárbara	Mas eles vão se encontrar. Não? Tipo, se eles estiverem em sentidos opostos, eles vão se encontrar.	continuação	propõe um resultado	
Sarah	O problema da A é que ele fala que só pode ser em sentidos opostos, entendeu?	extensão	contradiz	explanação causal
Clara	Exatamente ….	concordância		

Sarah	Ele exclui completamente eles de estarem no mesmo sentido.	continuação	propõe uma causa	
Sofia	Nossa é verdade, faz sentido também, se a gente… é, não tem como falar que o da esquerda...	concordância		
Clara	...se um vai pra esquerda e outro pra direita, eles só vão se encontrar se for numa pista circular. Ele não tá dizendo que é uma pista circular.	extensão	propõe uma causa	explanação causal
Sofia	Só vai se encontrar se um estiver na frente do outro também né, tem isso.	extensão	propõe uma causa	explanação causal
Lucas	Mas tipo… não faz muito sentido. É que tipo, para eles estarem em sentidos opostos, é… na mesma pista, essa pista tem que necessariamente ser de mão dupla...	extensão	contradiz	explanação do cotidiano
Sarah	Gente, não complica a questão. Esse negócio de pista curva… é uma pista reta!	comentário	contradiz	explanação causal
Sarah	Eu acho que o problema da A é que ele exclui muito, ele fala que:" é necessário que eles estejam se movimentando em sentidos opostos." - ele não pensa em nenhum momento deles estarem no mesmo sentido, entendeu… Acho que esse é o ponto que exclui a A.	retroação	propõe uma causa	explanação causal
Bárbara	Sim sim...	concordância		
Sofia	Ah e também, tipo assim, se o carro da frente tiver indo pra direita e o carro de trás tiver indo pra esquerda, eles não vão se encontrar. A gente excluiria a A.	extensão	propõe uma causa	explanação causal
Clara	Exatamente.	concordância		
Bárbara	Sim… é…, mas a B também fala isso! A B também dá esse sentido de como é que a gente vai saber se é o da frente que tá com velocidade maior ou o de trás...	inicialização	avalia	

Clara	Não. Prestem atenção. Os automóveis, eles estão se movimentando no mesmo sentido, ok? Eles estão indo pra direita com velocidades distintas e não nulas, ou seja, um tá com a velocidade maior que do outro. Eu não sei quem tá com a velocidade maior, mas em algum momento eles vão se encontrar. Se a velocidade dele é distinta constante e não nula, eles vão estar andando um do lado do outro.	continuação	contradiz	explanação descritiva
Bárbara	Sim.	concordância		
Clara	Eles vão estar andando juntos até o final.	continuação	propõe um resultado	explanação causal
Sofia	Tem isso, ali tá dizendo não nula. Posições distintas né, posições distintas, então vai estar um do lado do outro.	concordância	propõe um resultado	explanação causal
Clara	Não. Olha o que ele tá falando no enunciado. Que a velocidade dele é constante, distinta e não nula. Aí na letra B, no mesmo sentido, indo pra direita. Exemplo, todo mundo indo para Cabo Frio. Se ele tá falando que estão indo na mesma velocidade não nula, vai ser igual … se um tá 10 km/h, outro tá a 10 km/h. Vai tá um do lado do outro.	discordância	contradiz	explanação do cotidiano
Sofia	Não, sim, só que no enunciado tá falando que eles estão em posições distintas.	extensão	contradiz	explanação causal
Lucas	Eles estão em posições diferentes.	concordância		
Sofia	Então, por exemplo, se um estiver na posição A e o outro estiver na posição B e ambos com a mesma velocidade, eles não vão se encontrar.	extensão	propõe um resultado	explanação formal
Clara	Não. Eles podem se encontrar sim cara...	discordância	contradiz	
Sofia	Mas… com a mesma velocidade?	continuação	propõe uma causa	

Rafael	Clara, não podem! Foi o que o professor falou cara.	continuação	contradiz	
Sofia	Clara, pensa assim, se eu tô, por exemplo, no ponto A, quilômetro sei lá, tô no quilômetro zero e você tá no … no ponto B, que tá dez quilômetros depois de mim. A gente estando com a mesma velocidade, como que a gente vai se encontrar?	continuação	propõe uma causa	explanação do cotidiano
Sofia	Eles não tão… não tão começando em posições iguais, não tá um do lado do outro.	retroação		
Clara	É tipo realmente um pode tá atrás e outro na frente... verdade.	continuação		
Lucas	Mas a questão tá explicitando que eles não estão um do lado do outro de fato, então…	continuação		
Clara	Concordo.	concordância		
Clara	É gente, a letra C, acho que também não poderia ser, porque no momento do encontro os automóveis têm a mesma velocidade.	inicialização	propõe uma causa	explanação causal
Bárbara	Acho que "com a mesma velocidade" eles vão estar na mesma velocidade desde sempre.	continuação	propõe uma causa	explanação causal
Clara	Eles estando em posições distintas, só pode ser letra D mesmo.	conclusão	propõe um resultado	explanação causal
Bárbara	Eu tô entre a A e a D ainda. Eu não sei se entendi o que vocês falaram, mas eu tô entre a A e a D ainda.	inicialização	avalia	
Clara	O que? A A não pode ser minha filha. A A não pode ser. Achei que já tínhamos excluído essa opção...	continuação	contradiz	
Sofia	No momento do encontro, um deve possuir velocidade superior ao outro, ou seja, pra se encontrar, um tem que possuir velocidade superior. O que tá mais longe né, que vai tá atrás...	retroação	propõe uma causa	explanação causal

Clara	Não. A A é sem noção.	continuação		
Sofia	Sim, sim, então a gente excluiu a A né? E a C também.	concordância	avalia	
Lucas	Gente, se vocês excluíram a A, a B e a C é impossível de ser, então só teria a D.	conclusão	propõe um resultado	explanação causal
Clara	Exatamente. Só pode ser a letra D.	concordância	propõe um resultado	
Lucas	É que se você tá numa pista, pra eles estarem em sentidos opostos, necessariamente precisa ter 2 mãos: uma indo e outra voltando. Isso ainda seria sentidos opostos. E eles iam se encontrar eventualmente, então… não tem como descartar… eu não entendi, porquê descartaram na verdade, não faz sentido pra mim.	retroação	contradiz	explanação do cotidiano
Bárbara	Eu também não entendi.	concordância		
Sofia	Então a gente excluiu a A porque diz que os automóveis estão em.. é, se movimentando em sentidos opostos, porém não diz que, por exemplo, o automóvel que tá na esquerda se ele tiver indo pra esquerda ele não vai se encontrar com o automóvel da direita que tá indo pra direita.	retroação	propõe uma causa	explanação descritiva
Bárbara	Aaah tá tá.	concordância		
Sofia	Eles estariam se encontrando se tivesse um indo pra frente do outro, um de encontro com o outro mesmo, mas não tá… nessa opção não tá falando que tá indo um de encontro com o outro. Eles podem estar se afastando também.	continuação	propõe uma causa	explanação causal
Clara	Não, mas ele tá dizendo também que para que eles se encontrem é necessário estarem em sentidos opostos … Eles só vão se encontrar se estiverem em sentidos opostos? Não é nessa condição, entendeu? Porque ele tá especificando que é necessário que estejam em sentidos	retroação	propõe uma causa	explanação causal

	opostos, mas eles podem estar no mesmo sentido.			
Bárbara	Sim...Eles podem se encontrar nessas condições, mas essa condição, essas outras condições, estão nas questões, nas alternativas? Eles podem se encontrar, entendeu? Mas essas condições estão aí?	continuação	propõe uma causa	explanação causal
Clara	Na letra D ele não especifica o sentido. Tipo, eles estão no mesmo sentido, um superior ao outro. Ele tá pegando uma situação que eles podem se encontrar e dizendo como eles podem se encontrar.. Exemplo: eu e Bárbara estamos andando, eu to andando rápido e ela quer me alcançar, depois de um tempo ela vai conseguir me alcançar, certo? Pra ela me alcançar, ela vai ter que sobrepor a minha velocidade, aí eu paro e a Bárbara está 10 m distante de mim, ela continua andando, entendeu? Eu tinha colocado a letra D porque ele pegou uma situação e especificou. A letra A só pode ser assim tipo. Na letra D ele colocou uma condição e explicou a condição, por isso eu coloquei a letra D.	conclusão	evidencia	explanação do cotidiano
Sofia	Então, eu acredito que seja a letra D mesmo, porque pelo que eu entendi da questão, a gente já entendeu que tem que tá velocidade superior um ao outro, mas seria o de trás, só que na D tá especificando bem uma condição de estar no momento do encontro um com a velocidade maior que o outro, então eles vão ter que se encontrar e um vai tá com a velocidade maior que o outro. É isso que tá falando ali, por isso eu iria nela, entendeu?	concordância	propõe um resultado	explanação formal
Bárbara	Uhum.	concordância		
Clara	sim sim....	concordância		

Professor	Coloca no chat o que vocês acham. Coloca a letrinha pra ver se vocês tem um acordo ou não. Coloca pra mim.	
Clara	Todo mundo colocou a letra D.	comentário
Professor	Então, tá bom, todo mundo de acordo com a D.	

Fonte: Dados da pesquisa.

- Questão 04 (idem questão 02):

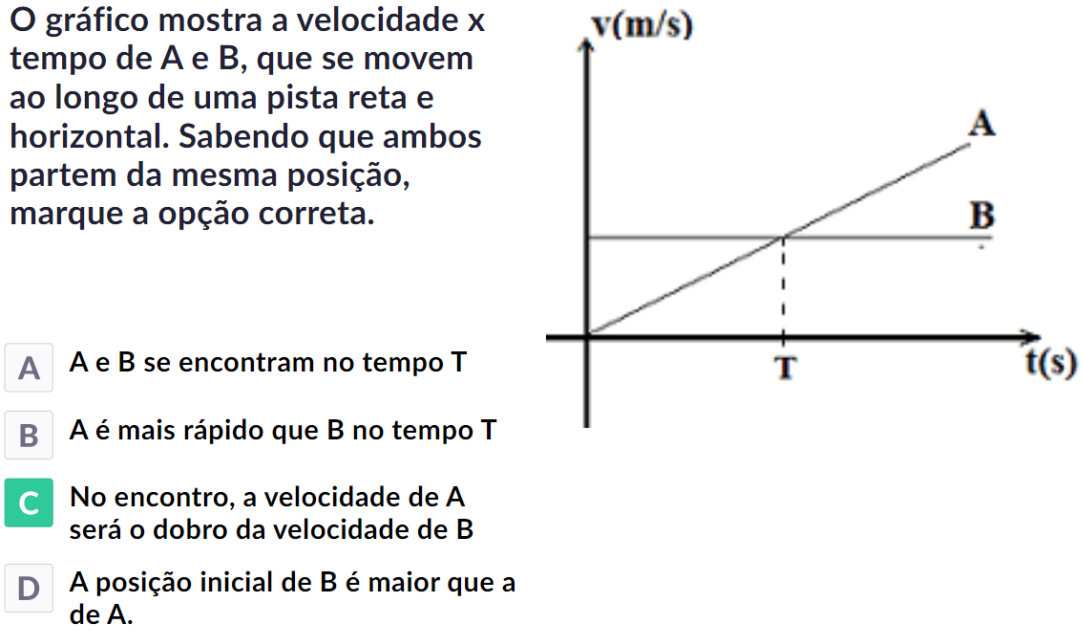


Figura 28 - Terceira questão trabalhada na primeira aula remota com o grupo focal, e é igual à questão 02, aplicada em 2019. Fonte: o autor.

Quadro 21 - Unitarização e classificação dos áudios transcritos da questão apresentada na figura 28, na aplicação de 2021.

Estudante	Unitarização	Movimentos do discurso	Processos lógicos	Natureza da explanação
Lucas	Gente, acho que dá para desconsiderar a C e D, né?	inicialização		

Clara	Letra C não dá, nem D.	concordância		
Clara	Eles partem da mesma posição, então a letra D não pode ser.	continuação	propõe uma causa	explanação causal
Clara	A letra C não pode ser porque a velocidade de A é igual a de B.	continuação	propõe uma causa	explanação causal
Lucas	Exato.	concordância		
Clara	Não tem como falar que A é mais rápido que B e nem que B é mais rápido que A, porque eles estão se encontrando. O tempo que B continua com a velocidade constante desde que saiu da posição inicial, o A acelerou. Se o A estava atrás e o B na frente, encontrou B no tempo T e ultrapassou. Ué, A e B se encontram no tempo T. Letra A	conclusão	propõe um resultado	explanação descritiva
Rafael	Acho que não.	discordância	contradiz	
Clara	Ah, então eles não vão se encontrar no tempo T então?	continuação		
Rafael	Porque eles começam numa posição x, só que o A sai da posição x a 0m/s e o B já sai dessa posição x a 10m/s, porque você pode ver que ele é constante.	resposta	propõe uma causa	explanação descritiva
Clara	Ah sim, a variação de velocidade. O B tem velocidade constante e A sofre aceleração.	concordância	evidencia	explanação formal
Rafael	Isso, eles não se encontrariam.	continuação	propõe um resultado	
Clara	Eles saem do mesmo ponto.	continuação		
Sofia	Eu acho que eles se alcançariam depois que o A alcançasse a velocidade do B.	extensão	propõe um resultado	

Clara	Letra D não é, né ?	retroação		
Sofia	Não. O B sairia na frente. Já tá numa velocidade constante, já sairia com uma velocidade maior do que o A. O A ficaria um pouco mais pra trás, pelo fato da velocidade dele tá subindo. Eles se encontrariam em algum momento sim.	resposta	propõe uma causa	explanação causal
Lucas	Até porque ele não fala a posição de nenhum dos dois, então o A pode estar em uma posição mais à frente.	continuação	propõe uma causa	explanação causal
Rafael	Fala. Eles estão na mesma posição.	discordância	contradiz	
Clara	Ambos partem na mesma posição, ou seja, o S_0 deles é igual, entendeu?	continuação	propõe uma causa	explanação formal
Rafael	Considerando, por eliminação, a A, B e a D tão erradas, então só sobra a C.	conclusão	propõe um resultado	explanação causal
Clara	Mas você tem como afirmar que a velocidade seria o dobro? Não poderia ser triplo? Não tem como afirmar que seria o dobro exatamente. Ele não está te dando número nenhum.	extensão	propõe uma causa	explanação causal
Sofia	O que o gráfico está dizendo pra gente?	inicialização	avalia	
Clara	A velocidade de A será maior que a velocidade de B aí sim.	resposta		
Sofia	A velocidade de A e B no tempo T são iguais. Antes disso, a velocidade de A era menor que a de B, e a de B era constante maior que a de A.	continuação	evidencia	explanação descritiva
Clara	Aham.	concordância		
Bárbara	Pera, desculpa, é… A velocidade de A e B são iguais...	continuação		

Sofia	Isso, no tempo T, mas eles não necessariamente se encontram no tempo T.	extensão	evidencia	explanação formal
Clara	Eles vão ser iguais, não necessariamente eles podem se encontrar.	concordância		
Sofia	Não, sim, sim, ali tá dizendo que a velocidade é igual no ponto de encontro entre os 2.	continuação		
Clara	O T poderia ser um ponto de encontro, certo? Eu não posso colocar letra C e afirmar que vai ser o dobro da velocidade, não tem como eu afirmar que vai ser o dobro.	retroação	propõe uma causa	explanação causal
Sofia	Tá, olha, eu acho que a gente vai ter que pensar com um pouquinho mais de calma nessa questão.	comentário	avalia	
Clara	A gente poderia fazer um cálculo, vamos colocar números pra gente visualizar melhor.	inicialização	sugere um método	
Rafael	Peraí, eu não sei se o professor pode responder, mas "no encontro" quer dizer quando eles se encontram em T ou quando eles tão lá no final?	continuação		
Professor	Eu não falo que eles se encontram ou não no tempo T. Isso é uma coisa que vocês têm que saber.			
Rafael	Ah sim, então eu creio que é a C.	continuação	propõe um resultado	
Clara	Por eliminação, é C.	concordância	propõe um resultado	
Rafael	Pode fazer por eliminação, ou, se quiser provar... o B, ele não tem aceleração, ele tá andando 10 m/s por exemplo, então em 1 segundo ele tá na posição 10 e em 2 segundos ele tá na posição 20, por exemplo. Já o A, ele tem aceleração, então ele começou na 0 e digamos que ele tá acelerando 10 m/s.	extensão	sugere um método	explanação descritiva

Bárbara	Sim, sim.	concordância		
Clara	Jogar valores. Só que a aceleração dele é constante.	continuação		
Lucas	10 m/s^2.	continuação		
Clara	O que me incomoda é que a letra C tá falando que será o dobro.	comentário		
Sofia	Então, mas deve ter alguma coisa que a gente tá esquecendo. Tá, Rafael, continua a sua linha de pensamento aí porque tava rolando aqui.	comentário	avalia	
Rafael	Uh... É porque eu pensei que se tá acelerando, no futuro, o A vai tá numa velocidade muito maior do que B, porque o B tá constante e o A continua aumentando constantemente.	continuação	propõe uma causa	explanação formal
Sofia	É, isso aí, eu acho… o gráfico… isso.	concordância		
Rafael	Então quando eles se encontrassem, provavelmente A teria uma velocidade que é o dobro da de B. É só uma lógica...	conclusão	propõe um resultado	explanação causal
Lucas	Ah, de fato faz sentido.	concordância		
Clara	É, você falando assim realmente faz sentido.	concordância		
Sofia	Tá...	concordância		
Lucas	O T não necessariamente é o encontro deles 2. Até porque o gráfico é sobre a velocidade em função do tempo deles.	extensão	evidencia	explanação formal
Sofia	Isso, o T não é o encontro.	concordância		

Lucas	Ali pode ser só quando B encontrou a velocidade de A.	continuação	propõe uma causa	explanação causal
Sofia	Exatamente, é quando a velocidade se iguala.	concordância	propõe uma causa	explanação causal
Sofia	Daria pra gente fazer, por exemplo, realmente tentando substituir por número, vendo se ia dar o dobro.	retroação	sugere um método	
Lucas	Mas a gente não sabe quando eles irão se encontrar. Como vamos substituir isso por números?	continuação	avalia	
Clara	Não concordo com a C. Depois que o Rafael falou aquilo, realmente, mas eu não posso afirmar que é o dobro, poderia ser o triplo, poderia ser o quádruplo. Ele tá acelerando.	retroação	contradiz	explanação causal
Sofia	Sim, por isso o jeito da gente conseguir saber se o (inaudível) se a gente conseguisse substituir por número, porque só olhando o gráfico não daria pra tirar essa conclusão.	retroação		
Rafael	A lógica é essa Clara: não é pra ser uma certeza, é pra ser uma possibilidade, tanto que a gente tá querendo trabalhar a C porque a gente sabe que a A, B e D são erradas.	extensão	propõe uma causa	explanação causal
Clara	Por que a A seria errada?	continuação		
Sofia	Eu acho que a A é só uma pegadinha mesmo porque tem um encontro ali entre A e B no gráfico, só que não é, tipo, de posição, é de velocidade.	resposta	propõe uma causa	explanação causal
Rafael	É de velocidade, exatamente.	concordância		
Clara	Mas eles possuem a mesma velocidade.	continuação	contradiz	

Sofia	Vamos, só pra seguir essa linha de pensamento, o B, por exemplo, se ele estivesse em uma velocidade de 10m/s e o A tivesse uma aceleração de…	continuação	propõe uma causa	explanação descritiva
Bárbara	Assim, Clara, pensa naqueles negócios de marcar velocidade da rua, das estradas. Um já passa voado ali no marcador, e o outro começa a andar ali.	continuação	propõe uma causa	explanação do cotidiano
Sofia	O melhor seria a gente substituir por valor mesmo.	retroação	sugere um método	
Clara	Vamos inventar valores, vamos usar umas fórmulas, um cálculo, sei lá.	continuação	avalia	
Sofia	Tá, vamos lá, vocês vão querer substituir por número mesmo? Vamos colocar o tempo como 10 segundos, né?	continuação	avalia	
Clara	Vamos colocar o T como 10, pode ser? Pra ficar bem fácil. E deixar o B como 100 m direto, pode ser ?	continuação		
Sarah	Vocês estão tentando excluir a A?	continuação	avalia	
Sofia	Não, não é nem tentando excluir a A, a gente só tá tentando ver se na C realmente vai dar o dobro.	resposta	avalia	
Sarah	Eu acho que nessa questão seria mais fácil ir por eliminação.	retroação	sugere um método	
Clara	Não, não pode ser letra C cara.	continuação	contradiz	
Clara	É como na outra questão. No encontro, eles teriam que ter velocidade igual.	continuação		
Lucas	Eles se encontrariam no tempo T, de fato, Porque eles tão correndo meio que na mesma velocidade. Entende? Fez sentido?	continuação	propõe uma causa	explanação causal

Sofia	A velocidade inicial de B seria 10… 10 metros? A velocidade inicial de A seria 0, então na velocidade 1, B igual a 10, A igual a zero. E na velocidade 2, outro tempo, tempo 2 lá, a velocidade de B continuaria sendo 10 porque tá constante. A velocidade de A, no caso, seria 10 porque acelerou 10 segundos, mas acelerou 10 metros. Mais 1 segundo, B continuaria com 10 e A passaria a ser 20 que seria, por exemplo.	continuação	propõe uma causa	explanação descritiva
Clara	Tá dando um raciocínio legal, Sofia.	comentário		
Clara	De cara a gente já elimina B e D né? Fica entre A e C .	continuação	avalia	
Lucas	No primeiro segundo, como a aceleração de A é 10 metros por segundo, se no primeiro segundo ele vai correr 10 metros por segundo, e teoricamente o B também...	continuação	contradiz	explanação descritiva
Lucas	Ele vai acelerar, em um segundo, 10 metros, né? Se sim, eu acho que eles vão se encontrar nesse ponto um. Porque o outro estava em 10 metros também! A diferença é que o A vai continuar subindo a velocidade e o B não... E aí o A vai ultrapassar ele. Fez sentido?	continuação	propõe uma causa	explanação descritiva
Clara	É que tipo, no ponto T, em 1s, ambos vão estar com a mesma velocidade... Verdade, não necessariamente eles vão se encontrar. Com a mesma velocidade, o B pode estar na frente.	extensão	contradiz	explanação causal
Sarah	Na verdade, em T, ele já passou o B. Então...	extensão	contradiz	
Clara	Como assim ele já passou? Eles se encontram.	discordância	contradiz	

Lucas	É que tem um ponto, no T, que eles têm a mesma velocidade e aparentemente a mesma posição… Porque eles começam no ponto zero e um acelera 10 metros por segundo, a cada segundo; E o outro vai continuar em 10 metros… Ah, 10 metros, 10 metros, 10 metros. Entendeu?	resposta	propõe uma causa	explanação descritiva
Lucas	Onde tá o A e o B, por exemplo, na parte da questão, A estaria teoricamente com 20 metros por segundo e B continuaria em 10 metros por segundo; E aí o A teria ultrapassado, mas no ponto T, faz mais sentido pensar que ambos estão em 10 metros por segundo, por conta da aceleração que vai variar e a outra que a aceleração é constante, então além de eles estarem com a mesma velocidade, eles vão estar na mesma posição; E aí depois o A vai ultrapassar… Fez sentido? Eu não sei se fez sentido…	continuação	propõe uma causa	explanação descritiva
Bárbara	Fez.	concordância		
Sarah	Tipo… Faz sentido, só que tipo assim, eu tô vendo esse gráfico como um triângulo! Tipo assim, a base dele, é o tempo T, e a hipotenusa, é o A! Então tipo, seria um pouquinho maior, ou o A teria passado o B, entendeu? Tipo, foi isso que eu… Vi.	inicialização	sugere um método	explanação descritiva
Lucas	É que amor, teria um ponto que eles teriam que se encontrar, necessariamente, sabe?	continuação		
Sofia	É, eu acho que o tempo, assim, que eles se encontrariam seria... Cara, muito difícil pensar nisso.	comentário		
Sarah	Um pouco antes do T.	continuação	propõe um resultado	
Clara	Lembrando: vamos considerar que não tá com aqueles números certinhos, né?	continuação	avalia	

Lucas	É que você poderia colocar qualquer número, que daria na mesma.	continuação	avalia	
Bárbara	Exatamente.	concordância		
Sofia	No tempo 1, o B tem andado 10m/s, né? Seria isso: no tempo 1, o B anda 10 metros. Tá certo?	retroação		
Lucas	É isso mesmo!	concordância		
Sofia	No tempo 1, o A teria andado quanto?	continuação		
Lucas	Ele teria andado 10 metros também, porque a aceleração dele é 10 metros por segundo. Então esse carro anda 10 metros a cada segundo.	resposta	propõe uma causa	explanação causal
Sofia	Teria andado 10 metros também, então é o único momento que eu acredito que eles estariam na mesma velocidade.	continuação	propõe um resultado	explanação causal
Lucas	Se eles estavam na mesma velocidade e começaram na mesma posição, eles se encontrariam no ponto T. Então seria um encontro de velocidade e de posição, e aí depois vai ultrapassar.	conclusão	propõe um resultado	explanação causal
Sofia	Sim, porque depois disso o A ia aumentando, né? O B ia continuar em 10 e o A ia pra 20m/s².	continuação		explanação causal
Lucas	Sim, exato.	concordância		
Sofia	Então eu acho que a sua coisa faz sentido mesmo, Lucas.	concordância		
Lucas	Eu iria na A.	conclusão	propõe um resultado	

Lucas	Antes de responder, Rafael, por que você não concordou com meu raciocínio? Eu queria saber seu ponto de vista.	comentário		
Rafael	Eu acho que assim, é.... Se eles partiram do mesmo ponto, a velocidade inicial do B era 10, então… digamos que… eu não sei se você consegue ir na mesma lógica que eu, mas tipo, eu tentei fazer isso com o meu dedo: se você pegar dois dedos e falar que um é A e um é B. O B começou rápido já, a 10m/s, então ele já sai disparado. O A levou um tempinho pra acelerar, então ele começa devagarzinho e vai acelerando. Considerando essa lógica, como o B já saiu disparado, em 1 segundo creio eu que ele vai tá na frente. Por isso eu acho que eles não se encontram, porque o A ainda leva um tempinho pra chegar a tal velocidade.	retroação	propõe uma causa	explanação do cotidiano
Lucas	Essa era a minha dúvida.	comentário		
Sofia	Não. Então, eu tinha pensado nisso inicialmente. Não vai, Lucas.	continuação		
Lucas	Se ele andou 10/ms a cada segundo, por mais que ele demore pra acelerar, uma hora ele vai estar na mesma velocidade e na mesma posição de B, não? Não sei, porque de fato faz sentido o que você falou. Faz muito sentido. Mais que o meu raciocínio, pra falar a verdade.	continuação	propõe uma causa	explanação causal
Bárbara	Concordo com o Rafael, só que no caso do carro... Era isso que eu estava tentando falar. Tipo, dois carros andando e aí um começa num momento que o B já tá voado. Só que eu não entendi se tipo, é, por isso que eu tô entre a A e a C né, porque se o B tivesse andando numa velocidade e o A demorasse um certo tempo pra chegar nessa velocidade, se nessa velocidade, a	continuação	propõe uma causa	explanação do cotidiano

	velocidade for igual, realmente, eles vão estar no mesmo espaço ou o B vai estar lá "voado" e o A vai estar tentando chegar no mesmo espaço, sabe?			
Lucas	Mas segundo essa lógica, onde o B estaria no tempo 2?	continuação		
Bárbara	É, eu tô tentando achar uma fórmula...	resposta	sugere um método	
Lucas	Quando seria o ponto de encontro deles? Porque eles podem se encontrar quando a velocidade dele fosse 15, por exemplo, aí não seria necessariamente o dobro. Entendeu?	continuação	propõe uma causa	explanação causal
Bárbara	Aham.	concordância		
Rafael	Mas não é porque a velocidade deles tá igual que isso significa necessariamente que eles se encontraram. Por isso que, por exemplo, é… é a mesma lógica que o professor falou no bagulho lá de antes.	retroação	propõe uma causa	explanação causal
Bárbara	Sim, com certeza.	concordância		
Rafael	É… tipo, foi aquele exemplo que o professor deu: se tem dois carros andando no mesmo sentido e eles tiverem a mesma velocidade, eles nunca vão se encontrar, e o B já tá tecnicamente na frente porque ele já começou com essa velocidade, então… eles só vão se encontrar lá no segundo 2, e o A tem que estar com uma velocidade muito maior, por isso que eu creio que seja o dobro.	conclusão	propõe um resultado	explanação do cotidiano

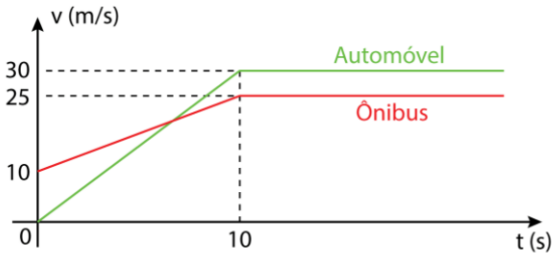
Clara	Ah sim sim entendi, só não concordo que seria o dobro.	continuação		
Rafael	É… mas mesmo que não seja necessariamente o dobro, é por eliminação.	continuação	avalia	
Sofia	Rafael, eu entendi o seu ponto de vista. Assim, faz um pouco de sentido sim, mas o que você não está levando em consideração é que o A, ele tá em zero, em velocidade zero, só que quando passar 1 segundo, ele vai chegar na velocidade 10, assim como o B, que quando tiver em 1 segundo ele vai tá na velocidade 10 também.	extensão	propõe uma causa	explanação descritiva
Clara	Sim, eu acho que o problema da letra C é "o dobro".	retroação		
Sofia	Depois de 1 segundo, o B vai ter andado 10 metros e o A vai ter andado 10 metros também, isso faz sentido pra você?	retroação		
Rafael	Faz sentido, mas eu sinto que não é isso.	discordância		
Lucas	Eu também.	concordância		
Clara	A gente tá deixando passar alguma coisa, cara.	comentário	avalia	
Sofia	Pior que faz sentido porque tá muito, assim, muito pegadinha mesmo esse encontro de velocidade e tempo em T. E a gente falando que também vai se encontrar no T. Parece pegadinha, mas a gente, não sei, a gente, ou tira essa de vista ou prova que a outra tá certa.	continuação	avalia	
Clara	Então vamos colocar o que cada um achar e ver o gabarito, fazer o que né?	comentário		
Rafael	É, eu prefiro arriscar a C e escutar a explicação do professor, já que a	comentário	propõe um resultado	

	gente não está conseguindo chegar a um raciocínio.		
Bárbara	Eu não consigo pensar com todo mundo falando ao mesmo tempo...	comentário	
Clara	Já coloquei minha resposta lá. Pra mim é letra A.	conclusão	propõe um resultado
Professor	É, o Rafael continua achando que é a letra C. A Sarah também. O Lucas e a Clara estão na A. Então tá bem dividido, né? A Bárbara foi na C também. Temos três a dois? Cadê a Sofia?		
Professor	Ah, a Sofia foi na A, tava na C. É, tá três a três. Nossa que interessante, três a três. É. Então tá bom, vamos lá.		

Fonte: Dados da pesquisa.

- Questão 05

Em uma estrada, no instante em que um automóvel partiu do repouso de uma cabine de pedágio com cobrança manual, um ônibus passou pela cabine eletrônica com velocidade inicial de 10 m/s. O gráfico mostra a velocidade de ambos a cada instante:



A a aceleração do ônibus no instante 5s foi de 3,5 m/s2.

B o deslocamento no automóvel até o instante 10s foi de 300 m.

C os veículos se encontram antes do instante 10 s.

D a aceleração do automóvel no instante 5s foi de 3 m/s2.

Figura 29 - Segunda questão da terceira aula com o grupo focal. Fonte: o autor.

Quadro 22 - Unitarização e classificação dos áudios transcritos da questão apresentada na figura 29.

Estudante	Unitarização	Movimentos do discurso	Processos lógicos	Natureza da explanação
Lucas	Cara, como é um gráfico velocidade/tempo, acho que a C não faz sentido, né? Não tem como a gente supor a posição dele sem ter um gráfico de posição, de fato. Enfim, não faz sentido isso, então… É uma boa opção para a gente desconsiderar.	inicialização	propõe uma causa	explanação causal
Bárbara	Dá para saber onde ele tá, né? Se a gente tem a velocidade e o tempo, dá para saber onde ele tá...	discordância		
Lucas	Não, sim, mas a gente sabe que tipo, o quanto ele andou, mas não onde eles começaram, então não tem como supor se eles se encontraram ou não.	extensão	propõe uma causa	explanação causal
Bárbara	Hmm… Entendi.	concordância		
Lucas	E… a A e a D são opostas uma à outra, então… Ou as duas estão corretas ou uma delas está certa. Quer dizer, ou as duas estão erradas ou apenas uma delas está certa, porque ela fala da aceleração no mesmo instante de tempo.	inicialização	propõe uma causa	explanação causal
Lucas	A gente tem uma aceleração constante do ônibus é… aqui nessa velocidade 10 aqui e até aquele instante 10. A velocidade dele está subindo, né, conforme o tempo passa, então ele de fato tem uma aceleração. Ahm… ele começa no 10, e depois ele sobe até o 25, então a variação de velocidade deles é de a final menos a inicial, sobre o tempo que ele percorreu… aí seria o 15 sobre 10 (15/10), ou o 25 de fato sobre 10 (25/10)?	continuação	sugere um método	explanação descritiva
Bárbara	Então, acho que no caso, tipo, se você for pegar o ponto entre o 25 e o 10, ali em cima já… têm o 25 sobre 10 (25/10).	resposta	sugere um método	explanação descritiva

Lucas	É verdade, é verdade.	concordância		
Bárbara	É...	concordância		
Lucas	Ah, então tem como porque você anda uma casa com a vírgula e fica 2,5, então a A e a D estão incorretas… aí...	continuação	propõe um resultado	explanação causal
Bárbara	Não, mas no caso da A, a gente tá pegando no instante 10, a gente não tá pegando no instante 5… E no instante 5, é metade, porque ele já começa na velocidade 10.	extensão	contradiz	explanação descritiva
Lucas	Então, mas tipo assim… Me perdi aqui. A velocidade dele tá subindo, né?	continuação		
Bárbara	Aham, entendi, entendi. É 2,5, e para ser 3,5, ele teria que tá mais né, teria que tá mais inclinado que...	continuação	propõe uma causa	explanação causal
Lucas	Exato… exato!	concordância		
Lucas	E a D também tá errada, se a gente seguir essa lógica. E a gente pode ir ou só ir por eliminação e marcar a B, ou só calcular a área desse trapézio, para ter certeza. Desse trapézio não, né? Desse triângulo, é o automóvel que está na base e altura dividido por dois.	inicialização	sugere um método	explanação causal
Lucas	A base é 10, a altura é… 30? É isso? É isso. Base, altura, 10, 30, 300, sobre 2. 150?	continuação	propõe um resultado	explanação descritiva
Bárbara	Peraí, mas a outra questão que a gente fez era aceleração ou era velocidade tempo também?	continuação		
Lucas	Era velocidade/tempo. Todos eram velocidade/tempo.	resposta		
Bárbara	É, eu acho que tipo, por eliminação, assim, a gente iria na B, porque... a gente não sabe onde eles começaram, então não necessariamente eles vão se encontrar, né?	retroação	propõe um resultado	explanação causal

Lucas	Não, sim! Mas eu acho que a D pode fazer sentido, já que a B deu errado.	resposta	contradiz	explanação causal
Bárbara	A D?	continuação		
Lucas	É… Sobre a aceleração no instante 5. Oh, pega o instante 5, é a metade entre o instante 0 e 10, e se você traçar essa retinha aqui...aí você pode fazer o coiso de aceleração.	resposta	sugere um método	explanação descritiva
Professor	E aí Rafael, que que tu acha também? contribui aí com a discussão do pessoal.			
Lucas	Eu continuo com a B.	continuação	propõe um resultado	
Rafael	Eu acho que é a D.	discordância	contradiz	
Lucas	Por que?	continuação		
Rafael	Porque a aceleração do automóvel é constante, certo, porque é uma linha reta. Então, independente de qual segundo, a aceleração vai ser a mesma.	resposta	propõe uma causa	explanação formal
Lucas	Ahhh verdade.	concordância		
Rafael	Se tá dizendo que a aceleração é 3 metros por segundo ao quadrado, ele demorou 10 segundos para chegar a 30 metros por segundo, entendeu?	conclusão	evidencia	explanação formal
Lucas	Verdade, verdade.	concordância		
Rafael	É só você fazer 3 vezes 10, que dá 30, então tá certo na minha opinião.	continuação	sugere um método	explanação formal
Lucas	Aham! Faz sentido, faz sentido.	concordância		
Bárbara	E tipo… 15 por 5, se fosse pegar a metade.	continuação	propõe um resultado	explanação causal
Lucas	A B também não tem como porque é a que deu errado.	continuação	propõe uma causa	explanação causal

Lucas	Professor, o nosso gabarito é a D!	conclusão	propõe um resultado

Fonte: Dados da pesquisa.

- Questão 06

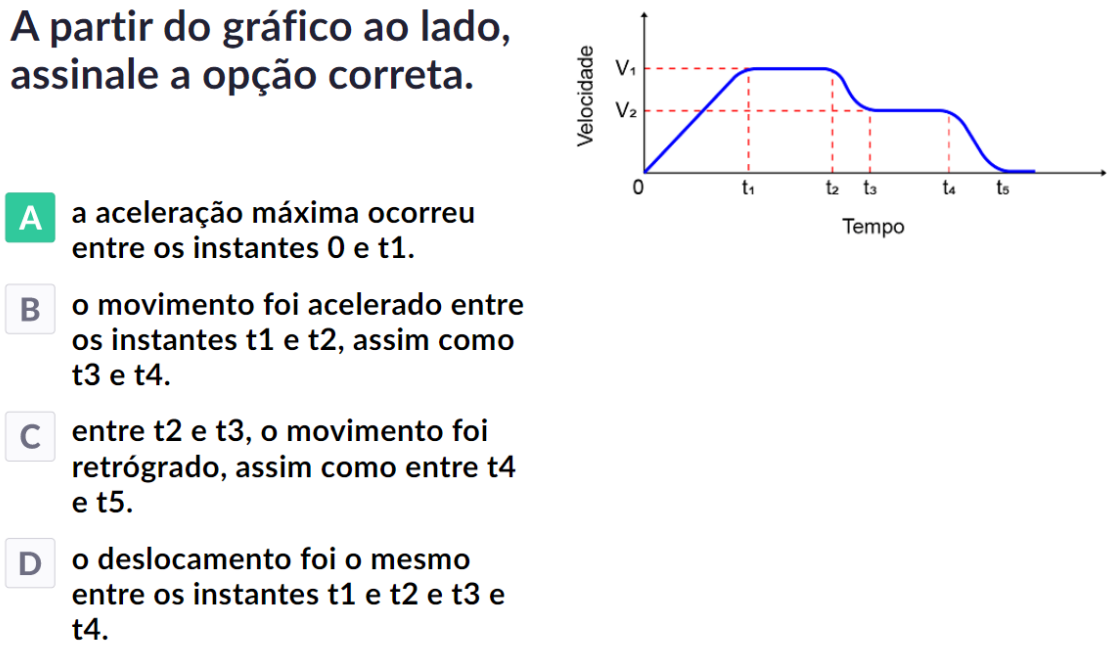


Figura 30 - Terceira questão da terceira aula com o grupo focal. Fonte: o autor.

Quadro 23 - Unitarização e classificação dos áudios transcritos da questão apresentada na figura 30.

Estudante	Unitarização	Movimentos do discurso	Processos lógicos	Natureza da explanação
Lucas	Oh gente, a alternativa que fala do deslocamento deles, acho que está claramente errada, né? O que ele andou aqui, o que a gente vê entre o t1 e o t2, parece ser muito maior que a do t3 e t4.	inicialização	propõe uma causa	explanação descritiva
Lucas	Ahm… o movimento entre t2 e t3 e o movimento entre t4 e t5 foram retrógrados… E a aceleração máxima aparentemente realmente ocorreu entre 0 e t1. E o movimento não foi	continuação	propõe uma causa	explanação causal

	acelerado entre t1 e t2. Ele não tem aceleração e a velocidade é constante, aí acho que dá para a gente desconsiderar a A, B e D. Alguém discorda?			
Bárbara	Você tá em qual então?	continuação		
Lucas	É… eu pensei aqui da gente desconsiderar a A, a B e a D.	resposta	avalia	
Bárbara	A D?	continuação		
Lucas	A D! Porque o deslocamento foi claramente diferente, sabe? Entre t1 e t2 ele andou mais...	resposta	propõe uma causa	explanação causal
Lucas	E a B fala que ele foi acelerado entre t1 e t2, e ele não foi acelerado, ele está com uma velocidade constante. O ponto é a A e a C… Que esquisito, parece que as duas parecem corretas. A aceleração máxima ocorreu entre os instantes 0 e t1...	continuação	propõe uma causa	explanação causal
Bárbara	Retrógrado… Eu nem lembro o que que é… No caso, tipo, não é retrógrado a palavra que estava na minha mente, era aquela do… A velocidade ela só caiu com o tempo, né? Não é retrógrado… Eu não lembro se retrógrado é o mesmo que… Não é o mesmo que retardado, né?	extensão	evidencia	explanação formal
Lucas	Peraí. Uhm...	comentário		
Bárbara	Na A, a aceleração máxima ocorreu entre os instantes 0 e t1.	retroação		
Lucas	A aceleração ocorre entre 0 e t1 porque a velocidade tá… tá variando para mais, entendeu?	continuação	propõe uma causa	explanação causal
Lucas	Eu acho que não pode ser retrógrado, porque a velocidade é positiva, né?	extensão	evidencia	explanação formal
Bárbara	Uhum!!	concordância		

Lucas	Acho que é sobre isso, né? A velocidade ser maior ou menor do que zero. Aí a gente tem se o movimento é retrógrado ou não.	continuação	evidencia	explanação formal
Lucas	E a A faz muito mais sentido.	continuação	propõe um resultado	
Professor	E aí Rafael, tu que é o homem de poucas palavras aí, dá a tua opinião aí!			
Rafael	Aham, é a A! Concordo!! Porque… Entre t2 e t3 o movimento não foi retrógrado, o que foi retrógrado foi a aceleração, a velocidade só diminuiu, mas ele continuou com o movimento progressivo, continuou indo para frente. E para t4 e t5 é a mesma coisa.	conclusão	propõe um resultado	explanação causal
Professor	Isso mesmo, isso mesmo.			

Fonte: Dados da pesquisa.

- Questão 07

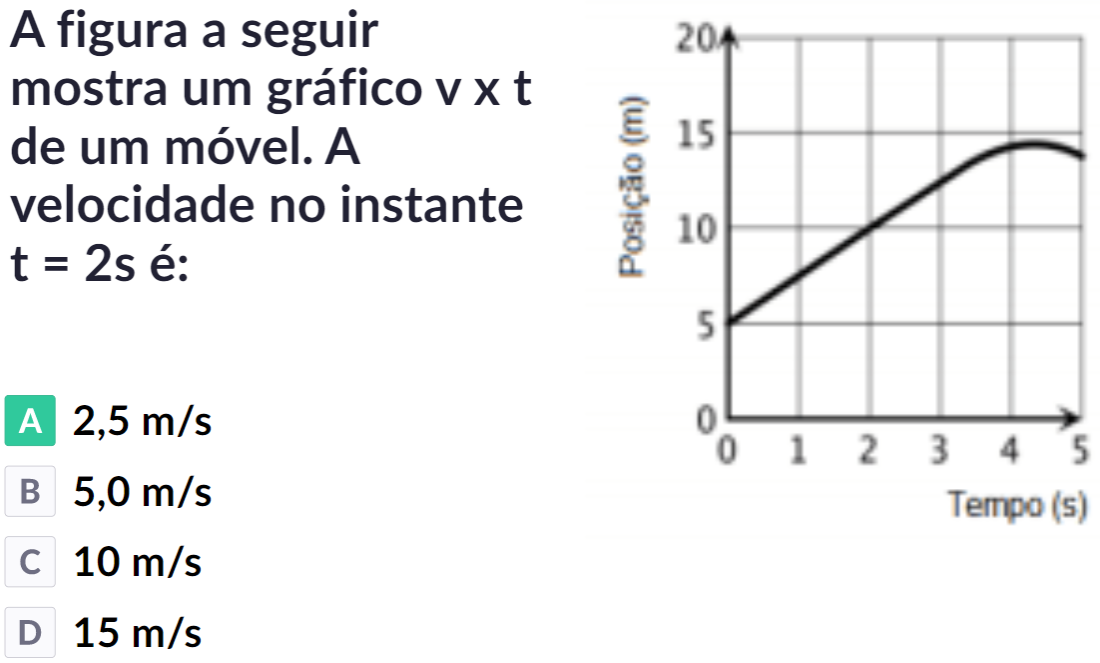


Figura 31 - Segunda questão da quarta aula com o grupo focal. Fonte: o autor.

Quadro 24 - Unitarização e classificação dos áudios transcritos da questão apresentada na figura 31.

Estudante	Unitarização	Movimentos do discurso	Processos lógicos	Natureza da explanação
Clara	É letra B.	inicialização	propõe um resultado	
Lucas	No caso a gente só precisava fazer a fórmula, aí é só colocar a posição em tempo 2 que é 10 sobre tempo que é 2 e, enfim, vai ter a velocidade que ele estava andando naquele momento.	continuação	sugere um método	explanação descritiva
Clara	Ali no instante 2, a altura dele vai dar 5, e embaixo aí vai dar 2, entendeu? Aí eu peguei 5 vezes 2 e dividi por 2, que dá 5. Foi isso que eu fiz.	extensão	sugere um método	explanação descritiva
Lucas	Ah, ele tá subindo cinco posições a cada segundo, então teoricamente a velocidade dele seria dois e meio, na verdade, não?	extensão	propõe uma resposta	explanação causal
Clara	É porque a altura sobe 5 posições, então a altura dele aqui vai ser 5, certo? E embaixo cada quadradinho equivale a um, até chegar lá no ponto da 5, então eu não posso dizer que a altura dele seria 10 no instante 2. Seria 5, porque é só aquele pedacinho ali. E embaixo vai ser 2, que é o instante que está parando, certo? Então eu peguei 5 da altura, multipliquei por 2 da base e dividi por 2.	retroação	propõe uma causa	explanação descritiva
Lucas	Mas aí não seria, se você fizesse assim, não seria mais um trapézio, não?	extensão	evidencia	explanação causal
Clara	Não cara, ele só quer saber do instante 2. No instante 2 vai formar um triangulozinho ali.	discordância	contradiz	
Lucas	Que triângulo?	discordância		
Clara	Meu filho, até a ponta do 2.	resposta		

Lucas	Até a ponta dos 2, até lá embaixo, se você descer até lá embaixo, você vai formar um trapézio, não?	continuação	evidencia	explanação descritiva
Clara	Mas meu bem, ele só quer o instante dois.	retroação		
Lucas	Exato.	continuação		
Lucas	Alguém tem mais alguma opinião, gente? Isso ficou meio confuso aqui.	comentário	avalia	
Bárbara	Tipo, eu não entendi a explicação aí.	comentário		
Sofia	Eu também não, pra falar a verdade. Oh Lucas, você tinha falado de uma fórmula no começo, que fórmula você tava falando?	comentário		
Lucas	Ah, não, é que tipo assim, eu coloquei que velocidade seria a posição sobre o tempo, só que parece meio errado pra mim, principalmente por causa da explicação passada. Aí eu tô pensando que tipo assim, ele te dá a posição, mas ele não começa na posição zero, ele começa na posição 5. E aí no segundo 1, ele vai da posição 5 até 7,5, mais ou menos. No segundo 2, ele vai de 7,5 pra 10. Então ele tá aumentando 2,5 metros por segundo a cada segundo. Aí pra mim isso fez mais sentido.	retroação	sugere um método	explanação formal
Bárbara	Sim, no caso então a velocidade seria 2,5, que é a A.	conclusão	propõe um resultado	
Lucas	Exato.	concordância		
Bárbara	É, eu também iria de A. Porque tipo, a gente já viu várias questões que nem essa, mas a gente sempre fica travado nessas porque é exatamente a mesma pegadinha que a gente cai de ele não estar começando no zero, ele tá começando no 5.	concordância	propõe uma causa	explanação do cotidiano

Lucas	Clara, você quer dar sua explicação de novo, pra gente ver se a gente tem um diálogo sobre?	comentário		
Clara	Não, não precisa não. Deixa pra lá.	resposta		
Lucas	Tem certeza? Pra você explicar pra gente direito seu ponto de vista porque eu não entendi direito.	comentário		
Clara	Cara pra mim eu só peguei cinco posições... aí a base dele seria dois, aí eu peguei e fiz isso.	retroação	propõe uma causa	explanação descritiva
Professor	Eu acho que o que a Clara fez foi o seguinte. A Clara está tentando obter, pela explicação dela (é porque ela não pode mexer aqui, mas vou mexer pra ajudar), a área do gráfico, para obter a velocidade. O que ela está explicando (me corrija se eu estiver errado Clara) é, se fizer a área desse triângulo aqui, vai encontrar a velocidade no instante 2.			
Clara	Professor, foi isso mesmo que eu pensei.	comentário		
Clara	Mas usando a fórmula da velocidade pelo tempo também dá certo, não sei se dá o mesmo resultado, vou fazer aqui.	inicialização	sugere um método	
Lucas	Cara, agora eu estou confuso.	comentário		
Clara	Você vai desmembrar a equação da velocidade média, só desmembrar. É cara porque naquela hora que ele (professor) pegou aquela equação do deslocamento pelo tempo que dá velocidade, ele desmembrou. Botou para um lado, delta S = delta v x delta t. Ele só desmembrou a equação.	continuação	evidencia	explanação formal
Lucas	Ah tá. Mas essa equação não é para movimento uniforme?	extensão	contradiz	explanação causal
Clara	Sim cara… ah beleza, espera.	concordância		

Sofia	De qual equação você tá falando?	continuação		
Lucas	A equação da velocidade, po. Velocidade é igual a distância sobre tempo...	resposta	evidencia	explanação formal
Sofia	Ah tá, tá bom, entendi, entendi, entendi.	concordância		
Lucas	Mas eu não acho que é um movimento uniforme, é?	extensão	propõe uma causa	explanação causal
Clara	Não, o movimento não é uniforme, então realmente não posso usar.	concordância	propõe uma causa	explanação causal
Sofia	Hm… não.	concordância		
Lucas	Então. Se a gente tem um movimento uniformemente variado a gente tem que usar aquela outra equação. Enfim, continuo na mesma opção, eu tô na alternativa A.	conclusão	propõe um resultado	explanação causal
Bárbara	Vou na A também.	concordância	propõe um resultado	
Sofia	É, vou na A também.	concordância	propõe um resultado	

Fonte: Dados da pesquisa.

- Questão 08

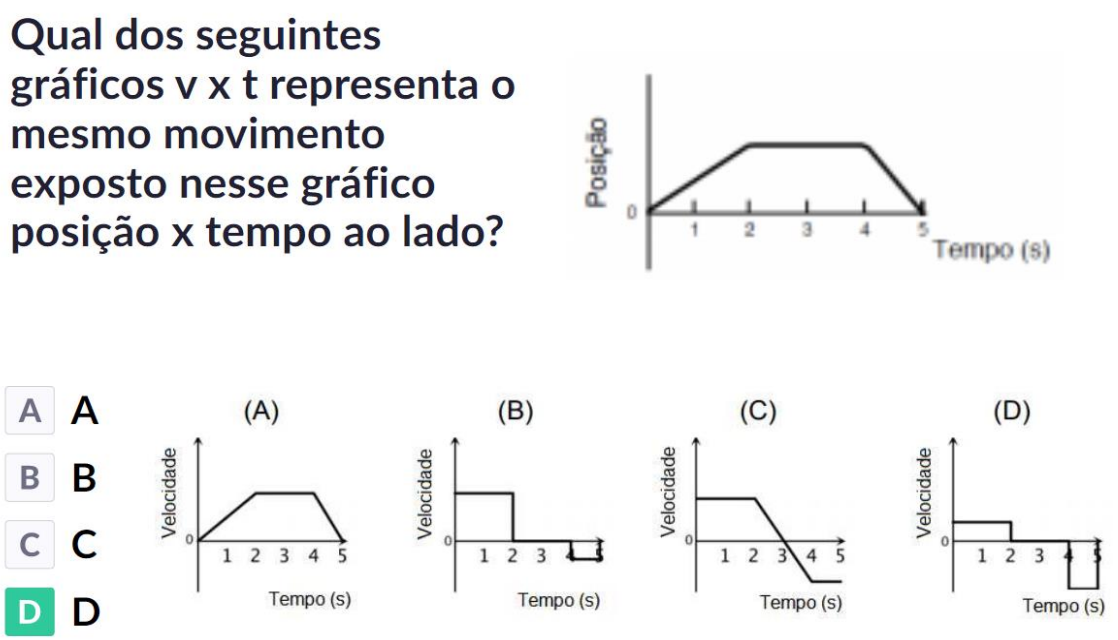


Figura 32 - Quarta questão da quarta aula com o grupo focal. Fonte: o autor.

Quadro 25: Unitarização e classificação dos áudios transcritos da questão apresentada na figura 32.

Estudante	Unitarização	Movimentos do discurso	Processos lógicos	Natureza da explanação
Lucas	Ah, como no gráfico de posição ele simplesmente não sai da posição do segundo 2 até o segundo 4, ele não tem velocidade nenhuma, então a gente anula a A e a C ... a gente só precisa ver se a desaceleração é maior ou não que a aceleração, pra concluir se é a B ou a D.	inicialização	propõe uma causa	explanação descritiva
Sofia	A A a gente já ignora.	continuação		
Clara	Eu não entendi o que você falou, o por que você eliminou a A.	continuação		
Lucas	É que assim, o gráfico de posição, ele tá dizendo pra gente que do tempo 2 até o tempo 4 ele simplesmente não anda. Então a velocidade dele é zero.	resposta	propõe uma causa	explanação formal

Clara	Entre 2 e 4 ele manteve uma posição tipo constante, né?	continuação	propõe uma causa	explanação descritiva
Lucas	Não, não. O tempo continua passando, mas a posição ali continua a mesma. O eixo y é o eixo da posição.	continuação	contradiz	explanação descritiva
Clara	Mas eu não posso dizer que a velocidade dele foi nula.	continuação		
Lucas	Pode sim, ele não pode ter velocidade e não sair do lugar. Como que você tem isso? É impossível.	continuação	contradiz	explanação causal
Sofia	Ele tá na mesma posição entre o 2 e o 4. Ele tá paradinho ali, entendeu?	continuação	propõe uma causa	explanação descritiva
Bárbara	É porque a posição é pra cima e o tempo que é pro lado. Como ele não tá indo pra cima, quer dizer que ele não tá se movimentando, só o tempo tá passando. Entendeu?	continuação	propõe uma causa	explanação descritiva
Lucas	Exatamente	concordância		
Clara	Não, continuo não entendendo.	comentário		
Bárbara	A posição é todo movimento pra cima e o tempo, pro lado. Pra direita, no caso. Como entre o 2 e o 4 a posição só fica horizontal, ou seja, ele não tá indo pra cima, quer dizer que ele não tá se movimentando, não tá saindo do lugar, só o tempo, entendeu?	retroação	propõe uma causa	explanação descritiva
Clara	Uhum.	concordância		
Bárbara	Entendeu mesmo?	comentário		
Clara	Essa da posição eu entendi, eu não estava entendendo a questão da velocidade, entendeu?	resposta		

Lucas	Oh, pensa comigo, pensa que você tá andando, né, e você foi do cp2 até o cefet num determinado tempo. Aí, uma hora você para lá no cefet e o tempo continua passando, mas você simplesmente parou lá, sua posição continua a mesma, então você não tem velocidade. Se você tá parada, a tua velocidade é zero, tua energia cinética é zero, você tá literalmente naquela posição e o tempo continua passando.	continuação	propõe uma causa	explanação do cotidiano
Clara	Ok. Uhum...	concordância		
Bárbara	A gente tem a D, né, porque a velocidade no começo demora mais pra chegar na posição lá em cima e entre 4 e 5 desce muito rápido, então é uma aceleração maior.	conclusão	propõe um resultado	explanação descritiva
Lucas	Papo reto.	concordância		
Clara	Eu concordo com a letra D.	concordância		
Rafael	Concordo.	concordância		
Sofia	Sim sim ... só aquela parte ali da D, não tá um pouco grande demais?	extensão	contradiz	
Lucas	É porque, como a Bárbara disse, essa desaceleração é maior do que essa aceleração. Tipo, o gráfico, essa parte da inclinação dá a aceleração, né? Se ele for muito inclinado em um tempo menor assim...	retroação	propõe uma causa	explanação causal
Sofia	Ah tá.	concordância		
Clara	É como se ele estivesse freando mais rápido, né?	continuação	propõe uma causa	explanação do cotidiano
Sofia	Uhum, tá mais inclinadinho ali, aquela parte que tá descendo né.	continuação	propõe uma causa	explanação descritiva
Clara	É, sim, sim!	concordância		
Sofia	Ah tá ok, eu não percebi isso, desculpa. Então é, vamos de D.	concordância	propõe um resultado	

Lucas	Uhum.	concordância

Fonte: Dados da pesquisa.

- Questão 09

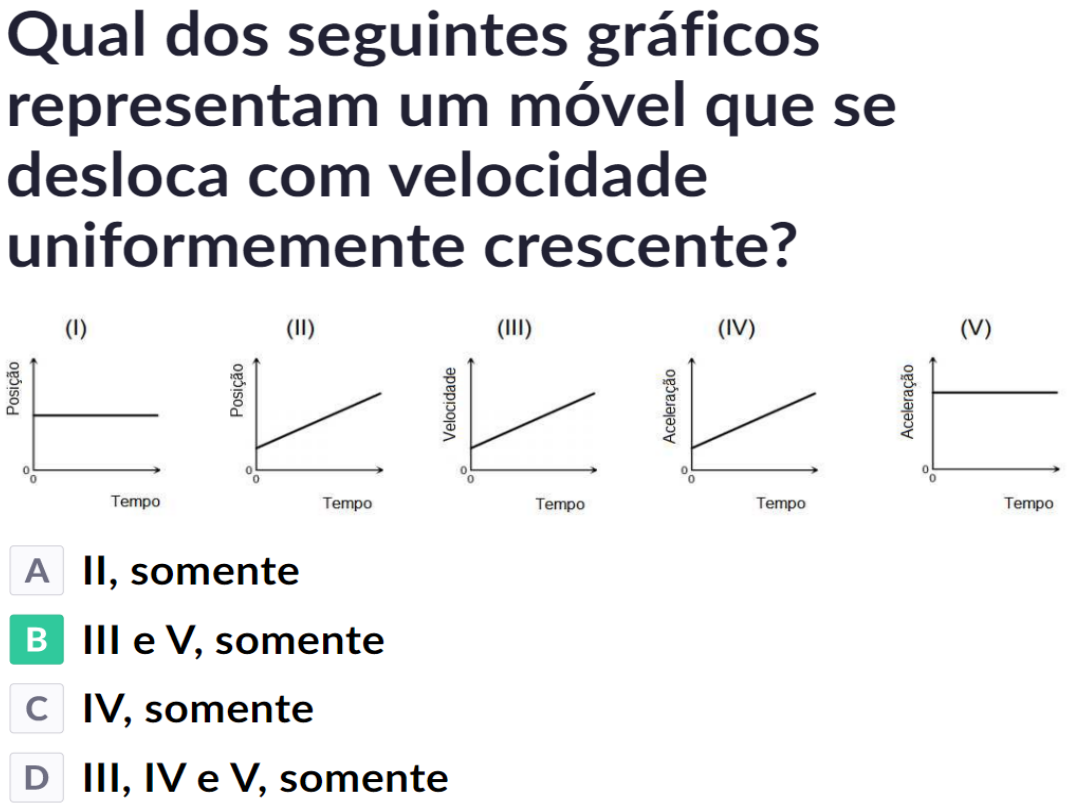


Figura 33 - Quinta questão da quarta aula com o grupo focal. Fonte: o autor.

Quadro 26 - Unitarização e classificação dos áudios transcritos da questão apresentada na figura 33.

Estudante	Unitarização	Movimentos do discurso	Processos lógicos	Natureza da explanação
Lucas	Como é movimentação uniformemente crescente, a aceleração tem que ser constante né, então eu iria de V. Ah, tem mais de uma possibilidade...	inicialização	propõe um resultado	explanação formal

Sofia	Já vamos tirar já a I, porque ele tá paradinho, né?	inicialização	propõe uma causa	explanação descritiva
Clara	Aceleração pelo tempo e está sendo constante, pode acabar sendo letra V também.	retroação	propõe um resultado	explanação descritiva
Lucas	Aham.	concordância		
Clara	A III, velocidade pelo tempo, tá crescendo, crescendo … E tá crescendo, mas tá aumentando, né?	inicialização		explanação descritiva
Lucas	Exato, mas é uma velocidade uniformemente crescente, ela tem que aumentar.	continuação	propõe uma causa	explanação causal
Clara	Beleza, mas a II também.	extensão	propõe um resultado	
Lucas	Acho que não tem essa opção.	continuação		
Sofia	Espera, vamos lá, por partes… a I já está eliminada né? Não tem nem nas respostas.	inicialização	avalia	
Sofia	Lucas, você falou sobre a V, né? Sobre a aceleração estar constante.	retroação		
Lucas	Aham.	resposta		
Sofia	Eu achei… parece mesmo, aceleração constante, crescendo, ok. Então, falta só descobrir os outros agora.	concordância		
Clara	A IV... vamos ver a IV… ah cara, eu acho que vai ser letra D.	continuação	propõe um resultado	
Sofia	Uniformemente crescente significa que ele tá crescendo a mesma quantidade conforme vai passando o tempo? É isso?	inicialização	avalia	
Lucas	É… é… é	resposta		
Sofia	Porque se for isso a gente consegue eliminar a IV, até porque não tem como a IV e a V estarem certas. Se uma tá certa, a outra tá errada.	continuação	propõe uma causa	explanação causal

Clara	É o que você falou tem razão, Sofia, realmente eu acho que a gente for ou a gente coloca a IV ou a cinco V. Ambas não dá.	concordância		
Clara	A aceleração da IV começa um pouquinho mais pra cima. Ela já começa com uma aceleração, não começa no zero. Vamos supor que ela comece no dois, entende?	extensão	sugere um método	explanação descritiva
Sofia	Nenhuma ali tá começando no zero também, acho que isso não tem muito a ver não.	continuação	propõe uma causa	explanação causal
Clara	Beleza.... Mas a aceleração continua, ela passa conforme o tempo. O tempo que está crescendo, a aceleração continuou. Caraca cara, eu estou realmente perdida, deixa eu pensar.	extensão	propõe uma causa	explanação descritiva
Lucas	A aceleração da V ela continua constante, ela é constante, por isso que o gráfico é de um gráfico com uma velocidade uniformemente crescente, só que eu não sei te dizer se um gráfico com com uma velocidade uniformemente crescente é necessariamente um gráfico cuja aceleração é linear, ou se pode ser uma aceleração que cresce também. Porque se a aceleração cresce, a velocidade só tende a crescer também né, então a velocidade continuaria uniformemente crescendo porque a aceleração só tá pra cima.	extensão	evidencia	explanação causal
Sofia	Não, então, por isso que eu fiz a pergunta. Uniformemente crescente, ela tá crescendo a mesma quantidade conforme o tempo vai passando?	retroação		
Lucas	Aham.	resposta		
Sofia	Porque se for, eu acho que a V e a IV podem estar certas.	continuação	propõe um resultado	

Lucas	Mas como a aceleração tá aumentando, se fosse pra ele aumentar as mesmas posições em função do tempo, a aceleração teria que ser constante, né? Se a aceleração não é constante, não tem como ele variar as mesmas posições, e aí isso quer dizer que seria um gráfico que não seria um gráfico uniformemente crescente?	extensão	contradiz	explanação causal
Sofia	Então, mas aí significa o que afinal, o uniformemente crescente?	retroação		
Lucas	Esse é o ponto. Eu acho que ele quis dizer que ele vai - que a velocidade dele vai crescer em níveis iguais com o passar do tempo, né? E aí a gente teria III e V.	conclusão	propõe um resultado	explanação causal
Sofia	É… é.	concordância		
Sofia	Porque realmente o IV tá aumentando só que não tá aumentando a mesma quantidade no tempo né, por isso que a minha dúvida é realmente na interpretação do uniformemente crescente.	continuação	propõe uma causa	explanação causal
Lucas	É que tipo, como é aceleração no IV, se fosse pra ser velocidade uniformemente crescente, a aceleração tinha que ser constante, né?	retroação	propõe uma causa	explanação formal
Sofia	É, sim, sim. Por exemplo, sei lá, botando números, ele tá no 2, depois ele acelera 4, depois ele vai pra 6, aí seria a V, que tá realmente constante certinho.	continuação	sugere um método	explanação descritiva
Lucas	Uhum.	concordância		
Sofia	Então, a gente ficaria com V e eliminaria a IV?	continuação	avalia	
Lucas	Olha, parece seguro. Mas alguém fala alguma opinião além dessa? Fantoni? Rafael? Clara?	continuação		
Bárbara	Oi, tô aqui. Por que que a II não pode?	inicialização		

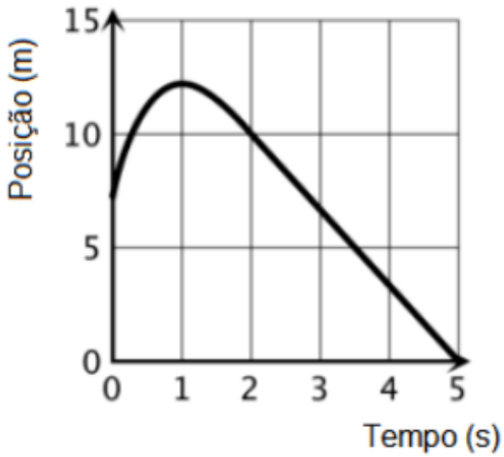
Lucas	É que tipo, se fosse pra considerar a II, a gente teria que eliminar todas as outras. Porque a única opção que consta a II é a opção A. Mas é uma boa pergunta a sua, como que a gente explica exatamente por quê que a II não pode?	resposta	avalia	explanação causal
Bárbara	Ah, é porque no caso a II… Ah, tá. É porque a II é parecida com a III e com a IV. Então a única que tem a II é a "II, somente", então não pode ser essa, porque se a V é, não pode ser essa.	continuação	propõe uma causa	explanação causal
Sofia	Mas, na II a gente … não seria variado né, porque ele tá subindo a mesma quantidade de posição tipo, certinho assim, acho que não seria variado.	extensão	propõe uma causa	explanação causal
Lucas	Ah, verdade, faz sentido.	concordância		
Sofia	Ele parece que tá constante só.	continuação	propõe uma causa	explanação causal
Lucas	Eu só não consigo descartar a IV, por causa do conceito em si mesmo.	retroação		
Sofia	Exatamente, não tô conseguindo descartar a IV justamente pela questão do que é uniformemente crescente.	concordância		
Rafael	Ah… eu acho que o certo seria B. A IV tá errada porque acho que o significado de uniformemente crescente né, a palavra, eu acho que é tipo cresce de uma forma única e na IV você que vê pela variação da aceleração a velocidade não cresce de forma única, ela tem meio que uma, é… como que eu explico, tipo uma variação sabe, uma alteraçãozinha. Ao contrário da III, que você vê que ela realmente cresce de uma forma única, ela tá constante, né tipo, tá… não sei explicar direito, mas...	conclusão	propõe um resultado	explanação causal
Sofia	Não, a gente entendeu, a gente entendeu.	continuação		
Rafael	A III e a V tem a mesma ideia que é realmente uniformemente crescente, que tá crescendo de uma forma única, e a IV não.	continuação	propõe uma causa	explanação causal

Sofia	Sim, sim, sim, faz muito sentido.	concordância	
Rafael	Eu acho que é a “B”.	continuação	propõe um resultado
Sofia	Eu vou nessa, sabe, eu vou na B também, vou descartar a IV. E aí, o que vocês acham?	concordância	
Lucas	É, B. Clara, você concorda?	concordância	
Sofia	Acho que a dificuldade nossa nessa nem foi nem tanto interpretar os gráficos, foi interpretar a pergunta em si.	comentário	avalia
Bárbara	Uhum, eu vou na B também.	concordância	

Fonte: Dados da pesquisa.

- Questão 10

A figura à direita mostra a posição em função do tempo do movimento de um móvel. A velocidade do objeto em t = 3s é aproximadamente:



A -3,3 m/s

B -2,0 m/s

C -0,7 m/s

D -2,3 m/s

Figura 34 - Quarta questão da quinta aula com o grupo focal. Fonte: o autor.

Quadro 27 - Unitarização e classificação dos áudios transcritos da questão apresentada na figura 34.

Estudante	Unitarização	Movimentos do discurso	Processos lógicos	Natureza da explanação
Bárbara	A?	inicialização	propõe um resultado	
Sofia	Como que você chegou na A?	continuação	avalia	
Bárbara	Foi pegando… a… a não, desculpa, desculpa, vi errado.	continuação		
Lucas	Ai, pera aí, mas por que você tinha achado que era a A, Bárbara?	continuação		
Bárbara	Eu fiz velocidade, a conta da velocidade dividindo 10 por 3, eu peguei um valor errado.	resposta	sugere um método	explanação causal
Lucas	Ué, por que um valor errado? Ele realmente não foi do… da posição 10 até a posição zero em 3 segundos?	continuação	propõe uma causa	explanação descritiva
Bárbara	Não, é porque eu peguei ali, tipo, na posição dele… tipo… eu peguei a posição aproximada, é aproximada … eu peguei 10, só que no 3 ele tá em algo entre 5 e 10. Não tá no 10.	continuação	propõe uma causa	explanação descritiva
Lucas	Ele perde posição constantemente, então você pode pegar do instante 2 até o 5 que vai ser a mesma variação de velocidade porque ele tá perdendo a mesma posição em tempos iguais.	continuação	sugere um método	explanação formal
Bárbara	Uhum. Entendi.	concordância		
Sofia	É, faz sentido porque tá constante ali né, ele tá descendo de posição na mesma… tipo assim, não tá uma curva nem nada do tipo. Então é, faz sentido mesmo.	concordância	propõe uma causa	explanação descritiva
Bárbara	Sim, mas ela… tipo, tem uma desaceleração ali ainda.	extensão	contradiz	explanação descritiva
Lucas	Que?	discordância		

Bárbara	Aqui a velocidade tá descendo, tá diminuindo…	continuação		
Lucas	Não entendi o que você quis dizer.	continuação		
Sofia	É, não peguei...	comentário		
Bárbara	Tá, mas vocês acham que é a A mesmo?	continuação	avalia	
Lucas	Sim. Tipo, é... como ele tá meio que regredindo de posição. A gente só vai falar que a velocidade é negativa mas, é… quando a gente tem tempo 2 ele tá na posição 10, exatamente na posição 10 e aí, no tempo 5, três depois, ele tá na posição zero. Se fosse pegar essa variação de deslocamento e a variação de tempo, você tem a velocidade.	retroação	evidencia	explanação formal
Bárbara	Entendi. Velocidade... eu, na minha cabeça, agora foi velocidade. Ele tá diminuindo de posição.	concordância		
Sofia	É...	concordância		
Lucas	É… pela variação de tempo, que foi 3, e aí dá de fato o que você tinha falado na letra A, - 3,3.	conclusão	propõe um resultado	explanação formal
Sofia	É… tô nessa também.	concordância		
Lucas	Alguém discorda ou pensa alguma coisa diferente?	continuação		
Sofia	Não, não, foi basicamente isso, só que eu tinha perguntado porque eu não tinha terminado meu raciocínio ainda, por isso eu falei “ah, como você chegou nessa?” entendeu?	resposta		
Lucas	E você, Rafael, o que você acha?	continuação		
Rafael	Eu concordo!	concordância		

Fonte: Dados da pesquisa.

Estas 10 aplicações de questões selecionadas para análise apresentam conflitos de ideias entre os pares. São justamente esses conflitos sociocognitivos, revelados nas classificações das unidades de fala que, segundo a teoria de conflito sociocognitivo de Mugny (um dos possíveis referenciais teóricos que sustentam o PI, apresentado na seção

1.6.3), quando solucionados, são capazes de promover progresso cognitivo (aprendizagem).

Sendo assim, faz-se necessário voltar o olhar para os pontos de conflitos e investigar os tipos de discursos que solucionam esses conflitos, baseado nas três dimensões de análise. Não menos importante é observar se há casos em que a solução do conflito não levou à aprendizagem dos integrantes.

O trabalho de James e Willoughby (2010) (quadro 3) traz essa problemática do PI, revelando dez tipos de conversas fora do padrão (*nonstandard conversations*), inseridos em três categorias: A) ideias imprevistas pelo professor; B) respostas corretas que não correspondem à realidade; C) conversas improdutivas. Como a análise trazida aqui foi a partir da interação de um grupo focal, não houve conversas improdutivas do tipo C3 (passividade diante de uma ideia de um colega) e C4 (os estudantes não emitem uma fala sobre o assunto), que ocorrem nas turmas regulares, conforme apontou o estudo, porém James e Willoughby (ibid.) ressaltam que os resultados de uma análise puramente quantitativa são inflados. Nesse sentido, um dos pontos de observação desta análise qualitativa é aferir se as respostas corretas estão antecedidas de conversas dentro do padrão, *i.e.*, conversas que trazem explicações de acordo com o conhecimento estabelecido pela ciência.

Tão importante quanto investigar a fundamentação das respostas fornecidas após as discussões é verificar a contribuição de cada integrante do grupo focal, à luz dos trabalhos de Lämsä et al. (2018) e James, Barbieri e Garcia (2008). A resposta dada pelo grupo pode ser a correta e pode vir acompanhada de um discurso dentro do padrão, porém pode ter sido fornecida por um integrante apenas, que dominou a discussão. À esta fragilidade do PI, Mazur relaciona o nível de confiança dos estudantes, autoeficácia (MAZUR, 2015; ZHANG, DING, MAZUR, 2017), conforme discutido na seção 1.6.2.

A técnica utilizada por Lämsä et al. para medir o percentual de fala de cada estudante é contar o tempo de fala de cada um em relação ao tempo total de discussão. Já James, Barbieri e Garcia medem o viés de conversação, a partir da contagem de palavras de cada integrante, porém a formulação matemática usada pelos autores para a obtenção do viés só faz sentido para duplas. Esse trabalho também revelou que o percentual de palavras ditas por cada integrante equivale ao percentual de tempo de fala. Assim, com base nesses referenciais metodológicos, a análise qualitativa contará com o percentual de

fala de cada estudante nas discussões das questões, a partir da contagem de palavras, na íntegra (transcrição antes da unitarização). O percentual de fala associado ao tipo de conversa e à classificação das falas de acordo com o mapa analítico de interação social, revela a contribuição de cada aluno na discussão, aspecto fundamental para compreensão do funcionamento do PI e, por isso, é uma das perguntas de pesquisa a ser respondida.

Portanto, a interpretação da classificação das unidades de falas de acordo com o mapa analítico formado pelas três dimensões de análise de interação social selecionadas, adicionado aos pontos de observação: resolução de conflitos, tipos de conversas que antecedem as respostas e contribuição de cada integrante na etapa de discussão, respondem as perguntas de cunho qualitativo da pesquisa.

4.2.3. Compreendendo Aspectos das Interações entre Pares

Uma vez realizada a transcrição e a classificação dos extratos dos áudios, é necessário seguir para a última etapa dessa análise, a interpretação das informações obtidas até este ponto, possibilitando assim responder as perguntas de cunho qualitativo deste trabalho. Contudo, para uma melhor interpretação desses dados, é interessante que se conheça o perfil de cada um dos estudantes que participaram desta pesquisa.

As quatro alunas que participaram das atividades em grupo em 2019 possuem personalidades, atitudes e habilidades interpessoais diferentes. Como era um grupo de amigas, sentavam-se próximas umas das outras nas aulas e sempre que todas estavam presentes na aula, se juntavam nas etapas de interações entre pares. A aluna Ana era bastante participativa, costumava perguntar e levantar ideias durante as aulas. Apresentava certa dificuldade na compreensão de determinados pontos dos assuntos discutidos em sala, mas sempre contava com a ajuda de seus pares para aprender, além do professor. A Renata, por sua vez, apresentava maiores dificuldades na disciplina, porém conforme as interações da primeira questão mostram, procurava tirar suas dúvidas

com as suas amigas. A Letícia era uma aluna com quadro de ansiedade e depressão[49], tímida, mas interagia bem com as suas amigas. Essas atividades em grupo, tanto nas aulas com PI quanto nas atividades aos sábados, a ajudava a desenvolver habilidades interpessoais. Por fim, a Paula, uma aluna de desempenho acadêmico ímpar. Participou de olimpíadas científicas, grupos de pesquisa e era, nesse ano, monitora bolsista de física. Ela poderia obter a bolsa por outros projetos, mas gostava bastante de ajudar os colegas. Muito comunicativa e prestativa.

Após conhecer um pouco mais sobre as estudantes, a análise segue com as interações ocorridas na primeira questão (ver figura 25), que foi criada a partir de uma atividade pré-aula cujo assunto abordado foi queda de corpos. É muito comum quando os alunos são questionados pela primeira vez sobre o tempo de queda de corpos, responderem erroneamente que objetos mais pesados chegam antes ao solo, quando abandonados da mesma altura (SANTOS; AGUIAR, 2021). A pergunta proposta tem relação direta com esse tema, só que ao invés de a grandeza quista ser o tempo, foi a velocidade. No vídeo da APA, a temática foi justamente a relação entre massa e tempo de queda, com e sem ar no local. A Paula, inclusive, remete ao vídeo para fazer uma avaliação da situação. A tabela 17 explicita o percentual de fala de cada estudantes, e as tabelas 18, 19 e 20 mostram como foram distribuídas as categorias de cada eixo de análise, de acordo com as falas de cada uma das estudantes na questão 01.

Tabela 17 - Percentual de tempo de fala dos estudantes, a partir da contagem de palavras, na primeira questão.

Estudante	Questão 01
Ana	21,6%
Renata	6,9%
Letícia	17,2%
Paula	54,3%

Fonte: Dados da pesquisa.

[49] A pessoa responsável pelo NAPNE (Núcleo de Atenção a Pessoas com Necessidades Específicas) envia um relatório de cada turma, informando os casos que requerem maior atenção dos docentes.

Tabela 18 - Distribuição das categorias da dimensão movimentos do discurso entre os membros do grupo, na primeira questão.

Estudante	Inicialização	Continuação	Extensão	Retroação	Concordância/ Discordância	Resposta	Comentário	Conclusão	Total
Ana		1	1		3	1	1		7 (26,9%)
Renata			1		2				3 (11,5%)
Letícia		1	1		3				5 (19,2%)
Paula	1	6	1		1	1		1	11 (42,3%)
Total	1 (3,8%)	8 (30,8%)	4 (15,4%)	0	9 (34,6%)	2 (7,7%)	1 (3,8%)	1 (3,8%)	26

Fonte: Dados da pesquisa.

Tabela 19 - Distribuição das categorias da dimensão processos lógicos entre os membros do grupo, na primeira questão.

Estudante	Propõe uma causa	Propõe um resultado	Evidencia	Sugere um método	Avalia	Contradiz	Total
Ana	1				1		2 (12,5%)
Renata	1						1 (6,3%)
Letícia		1				2	3 (18,8%)
Paula	4	3	1		2		10 (62,5%)
Total	6 (37,5%)	4 (25,0%)	1 (6,3%)	0	3 (18,8%)	2 (12,5%)	16

Fonte: Dados da pesquisa.

Tabela 20 - Distribuição das categorias da dimensão natureza da explanação entre os membros do grupo, na primeira questão.

Estudante	Explanação formal	Explanação causal	Explanação descritiva	Explanação do cotidiano	Total
Ana	1				1 (9,1%)
Renata				1	1 (9,1%)
Letícia				1	1 (9,1%)
Paula	3	4		1	8 (72,7%)
Total	4 (36,4%)	4 (36,4%)	0	3 (27,3%)	11

Fonte: Dados da pesquisa.

A última coluna da tabela 18 revela o número de interações de cada estudantes, assim como o número total de interações do grupo que, nesse caso, foi 26. Foram aproximadamente 2 minutos de diálogos entre os pares, até a finalização da etapa de

interação dessa questão. A Paula, com mais da metade de tempo de fala (54,3%), conforme mostra a tabela 17, foi responsável por 42,3% das interações (11 entre as 26), o que indica que suas falas foram um pouco mais alongadas que as de suas colegas. A tabela 20 reforça essa conclusão. As suas falas trouxeram justificativas, embasamentos, de naturezas informais e formais. Foi quem iniciou a discussão e quem apresentou uma conclusão. Importante notar que todos, em algum momento, estenderam a conversa, ou seja, acrescentaram a discussão com um novo argumento, trazendo ideias ao debate.

A Paula inicia a conversa propondo um resultado, com uma explanação causal. A Ana concorda com a explicação e com a resposta de sua colega que, em seguida, complementa a sua fala com uma explanação formal.

Um questionamento muito comum e pertinente quanto ao tema vem da primeira fala da Letícia, que em um movimento de extensão, contradiz o pensamento de suas colegas, trazendo a resistência do ar como um ponto para as suas colegas refletirem. Essa fala reflete suas experiências cotidianas, em que o ar influencia na queda dos corpos, e essa observação faz ainda mais sentido após a APA trabalhada. A resposta dada pela Ana, "aí a gente não aprende", não respondeu, de fato, o que a sua colega gostaria de saber. Não houve falas apontando que o próprio enunciado da questão pedia para ignorar a resistência do ar e, portanto, tratava-se de uma queda livre, *i.e.*, corpo sujeito exclusivamente à ação da gravidade.

A Renata também estendeu a conversa trazendo um momento do vídeo, algo que pudesse indicar que as velocidades seriam diferentes. Essa fala é interessante por ser inesperada, no sentido que o professor não tinha imaginado que algum aluno pudesse relacionar o fato a bola de boliche ter quebrado ao bater no chão, e a pena não, com algum indicativo de que as velocidades pudessem ser diferentes. O quadro 28 mostra esse ponto da conversa até o seu desfecho.

Quadro 28 - Últimas interações do grupo na questão 01.

Renata	No vídeo, a bola de boliche meio que quebrou no chão. A pena, obviamente, não.	extensão	propõe uma causa	explanação do cotidiano
Letícia	É.	concordância		
Paula	Aí o peso interfere.	continuação	propõe uma causa	explanação causal

Ana	Exato.	concordância		
Paula	É tipo, quem quebrará no chão? Não tá perguntando quem quebrará no chão.	continuação	avalia	
Todas	Aham.	concordância		
Paula	A velocidade, eu acho que é a mesma. Se a velocidade fosse diferente, os tempos seriam diferentes.	conclusão	propõe um resultado	explanação formal
Renata	É, pois é.	concordância		
Letícia	A velocidade é a mesma.	concordância	propõe um resultado	
Ana	Então já acabou já.	comentário		

Fonte: Dados da pesquisa.

As sinalizações de concordância e o comentário final da Ana indicam que houve negociação de ideias e que todas compreenderam o porquê a resposta correta é a letra C.

Já a questão 02 (quadro 19) foi aplicada na aula presencial, em 2019, e é igual a questão 04, que também foi aplicada remotamente ao grupo focal, em 2021. Por esse motivo, as duas conversas referentes a essa questão serão analisadas juntas, após a questão 03, cuja análise das interações virá após a apresentação dos perfis dos seis estudantes que participaram da pesquisa em 2021, da questão 03 até a 10.

Apesar de o convite para participar da pesquisa ter sido feito para os estudantes de três turmas da 2ª série do ensino médio integrado do colégio, todos os seis participantes da pesquisa eram da mesma turma, e os dois representantes dessa turma eram o Lucas e a Bárbara. Ambos são alunos com ótimas trajetórias escolares e sempre elogiados nos conselhos de classe e estiveram presentes em todos os encontros, participando ativamente das discussões em todas as questões propostas. Enquanto Lucas é um aluno bastante comunicativo, mostrando iniciativa e receptividade quanto às ideias de seus colegas, a Bárbara é menos participativa e engajada, porém interagiu com seus pares, inicializando tópicos de discussões, continuando e estendendo assuntos, propondo conclusões, se utilizando de todos os processos lógicos e com falas pertencentes à todas as categorias da dimensão natureza da explanação.

Já a Clara, que também arranca bons adjetivos dos professores, não pôde comparecer a alguns encontros porque a sua família estava em período de mudança de moradia e, às vezes, enfrentava problemas de conexão de internet. É uma aluna que mora em comunidade e divide a casa com várias pessoas. Não tinha nem um cômodo para estudar sozinha e, mesmo assim, assistia às aulas regulares e participava de projetos, como este. Foi bastante participativa em diversas questões, contribuindo bastante para a aprendizagem do grupo. Se mostrou bastante disposta a defender as suas ideias, mesmo que tivesse que contradizer seus colegas.

O Rafael, assim como todos outros cinco participantes do projeto em 2021, quis participar do grupo para aprender mais e essa atitude, por si só, é fantástica, ainda mais em um momento completamente adverso de pandemia, com ensino remoto. Rafael, entretanto, foi o único aluno que faltou sem justificar. Apesar de ele ter comparecido às aulas em que as questões aqui trazidas foram trabalhadas, foram 4 faltas em 10 encontros. Ele não proferiu uma palavra na questão 07 e, nas questões 03, 08 e 10, falou apenas uma frase em toda a discussão. Nessas questões, a contribuição do Rafael foi nula ou praticamente nula.

A Sofia é uma aluna que, apesar de não poder estar presente no quinto encontro, contribuiu bastante nas outras aulas. Assim como o Lucas e a Clara, se mostrou participativa e comunicativa, interagindo bastante com seus colegas e com o professor, durante as etapas de exposição de conteúdo e nas resoluções das questões propostas, após a etapa de interação entre pares.

Por fim, a Sarah, que só participou dos quatro primeiros encontros e, mesmo assim, timidamente. Das questões destacadas, a Sarah esteve na interação das duas primeiras, contribuindo para o debate. Infelizmente, após o quarto encontro, a aluna, que poderia contribuir mais com os debates, solicitou desligamento do projeto, sem mesmo dar uma justificativa.

De modo geral, os integrantes desse grupo focal são alunos com interesse e aptidões para as ciências exatas. Não que seja uma condição para aplicar o PI, até porque foi aplicado em 2019 para turmas inteiras, com perfis diferentes, conforme relato no terceiro capítulo desta tese, mas é natural que as vagas para participar de um projeto extracurricular de física sejam preenchidas por alunos com esse perfil acadêmico.

Uma vez traçado o perfil dos participantes, as atenções retornam às interações desse grupo nas questões trazidas para análise. As questões 03 e 04 foram trabalhadas no primeiro encontro com o grupo focal e apresentaram maior tempo de discussão em relação às demais: aproximadamente 15 minutos e 20 minutos, respectivamente. Nessas questões, as alunas Sofia e Clara participaram bastante, com maiores percentuais de fala, seguidas do Lucas, conforme mostra a tabela 21.

Tabela 21 - Percentual de tempo de fala dos estudantes, a partir da contagem de palavras, na terceira questão.

Estudante	Questão 03
Bárbara	17,3%
Rafael	0,4%
Sofia	23,2%
Sarah	4,7%
Lucas	17,7%
Clara	36,8%

Fonte: Dados da pesquisa.

Por se tratar de um projeto extracurricular, não havia a necessidade de limitar a discussão a 3, 4 ou 5 minutos, por exemplo. Porém, esse tempo longo de discussão só ocorreu na primeira aula. Das mais de 30 questões de cinemática trabalhadas com esse grupo, somente em 4 o tempo da etapa de interação entre pares passou de 5 minutos. Na maioria das questões, a discussão ficou entre 2 e 5 minutos, conforme preconizado pela literatura.

O Rafael interagiu apenas uma única vez, contradizendo a Clara, porém não há, em sua fala, qualquer argumentação, criando apenas um conflito, sem possibilitar caminhos para a sua resolução. Quem traz uma explicação para a Clara é a Sofia que ao continuar a fala do Rafael, propõe uma causa pela qual o pensamento da Clara apresenta problemas, se utilizando de exemplos do cotidiano, como mostra o quadro 29 a seguir.

Quadro 29 - Participação do Rafael na etapa de interação entre pares na questão 03.

Sofia	Então, por exemplo, se um estiver na posição A e o outro estiver na posição B e ambos com a mesma velocidade, eles não vão se encontrar.	extensão	propõe um resultado	explanação formal
Clara	Não. Eles podem se encontrar sim cara...	discordância	contradiz	
Sofia	Mas… com a mesma velocidade?	continuação	propõe uma causa	
Rafael	Clara, não podem! Foi o que o professor falou cara.	continuação	contradiz	
Sofia	Clara, pensa assim, se eu tô, por exemplo, no ponto A, quilômetro sei lá, tô no quilômetro zero e você tá no … no ponto B, que tá dez quilômetros depois de mim. A gente estando com a mesma velocidade, como que a gente vai se encontrar?	continuação	propõe uma causa	explanação do cotidiano

Fonte: Dados da pesquisa.

As tabelas 22, 23 e 24 trazem a distribuição percentual das falas dos estudantes na questão 03, em relação às três dimensões do mapa analítico de análise de interação social.

Tabela 22 - Distribuição das categorias da dimensão movimentos do discurso entre os membros do grupo, na questão 03.

Estudante	Inicialização	Continuação	Extensão	Retroação	Concordância/ Discordância	Resposta	Comentário	Conclusão	Total
Bárbara	2	7	1	2	6	1		1	20 (20,8%)
Rafael		1							1 (1,0%)
Sofia		4	5	4	5		1		19 (19,8%)
Sarah		2	1	1			1		5 (5,2%)
Lucas		6	3	2	6	1		1	19 (19,8%)
Clara	3	12	2	2	9		2	2	32 (33,3%)
Total	5 (5,2%)	32 (33,3%)	12 (12,5%)	11 (11,5%)	26 (27,1%)	2 (2,1%)	4 (4,2%)	4 (4,2%)	96

Fonte: Dados da pesquisa.

Tabela 23 - Distribuição das categorias da dimensão processos lógicos entre os membros do grupo, na questão 03.

Estudante	Propõe uma causa	Propõe um resultado	Evidencia	Sugere um método	Avalia	Contradiz	Total
Bárbara	6	3			3		12 (18,8%)
Rafael						1	1 (1,6%)
Sofia	9	3			2	1	15 (23,4%)
Sarah	2					3	5 (7,8%)
Lucas	3	5				3	11 (17,2%)
Clara	9	5	1		1	4	20 (31,3%)
Total	29 (45,3%)	16 (25,0%)	1 (1,6%)	0	6 (9,4%)	12 (18,8%)	64

Fonte: Dados da pesquisa.

Tabela 24 - Distribuição das categorias da dimensão natureza da explanação entre os membros do grupo, na questão 03.

Estudante	Explanação formal	Explanação causal	Explanação descritiva	Explanação do cotidiano	Total
Bárbara	1	7			8 (17,4%)
Rafael					0
Sofia	2	8	1	1	12 (26,1%)
Sarah		3			3 (6,5%)
Lucas	4	3		1	8 (17,4%)
Clara		12	1	2	15 (32,6%)
Total	7 (15,2%)	33 (71,7%)	2 (4,3%)	4 (8,7%)	46

Fonte: Dados da pesquisa.

Os valores da última coluna da tabela 22 dialogam com o percentual de fala de cada integrante, apresentados na tabela 21. Todos, à exceção do Rafael, estenderam algum discurso de um colega, trazendo contrapontos/argumentos, contribuindo com a discussão. Nota-se também que Lucas, Bárbara e Clara trouxeram alguma conclusão sobre a questão, sendo as duas últimas as responsáveis por inicializar os tópicos de discussões.

A tabela 23 mostra que nenhum aluno propôs um método para resolver a questão, fato que só voltou a se repetir na sexta questão, o que não é um problema neste caso, porque os estudantes foram discutindo cada alternativa. A tabela mostra também que houve muitas contradições, 12 ao todo, indicando que houve muitas falas que se opuseram às ditas anteriormente pelos colegas, evidenciando conflitos de ideias.

A leitura dos extratos dos áudios (ver quadro 20) mostra que a Clara inicializou a discussão afirmando que a resposta correta era a letra D, sem apresentar qualquer argumento. Na sequência, ela continua a sua fala propondo, de maneira casual, uma causa para a sua resposta, porém não traz argumentos sólidos e corretos (dentro do padrão). Sua fala "um automóvel esteja se movimentando no mesmo sentido com a mesma velocidade. Não necessariamente eles vão se encontrar no tempo menor" é uma conversa fora do padrão do tipo A3, mostrando falhas no conhecimento básico de cinemática. A aluna deveria saber que automóveis partindo de posições diferentes, no mesmo sentido e com a mesma velocidade, jamais se encontrariam.

Interessante notar que, em seguida, o Lucas concorda com a alternativa apresentada pela colega, fornecendo a explicação correta e formal, relacionando com o conteúdo visto na aula, conforme destacado no quadro 31.

Quadro 30 - Fala do Lucas, justificando o porquê a letra D é a alternativa correta, indo ao encontro da fala anterior da Clara.

Lucas	Então, é... eu concordo contigo que é letra D, porque se eles estiverem no mesmo sentido como o professor falou, é… um deles tem que ter a velocidade superior ao outro, e como a questão tá dizendo que eles têm velocidades distintas, isso é possível.	extensão	propõe uma causa	explanação formal

Fonte: Dados da pesquisa.

A discussão só não se encerra rapidamente porque a Clara inicializa um debate tentando entender se os móveis estão no mesmo sentido ou em sentidos opostos, acompanhada da Bárbara, que entra na discussão fazendo uma avaliação de como as alternativas deveriam ser interpretadas. Após essa explanação causal da Bárbara, Lucas e Clara logo concordam com a sua fala, passando a entender que a letra A possa ser a resposta mais adequada. O quadro 31 destaca esse momento da discussão.

Quadro 31 - Avaliação realizada pela Bárbara, fazendo com que Lucas e Clara passem a considerar a letra A como correta, ao invés da D.

Bárbara	A questão, ela não fala a direção da, tipo, em que direção os carros estão. Mas na letra D ele fala "se os automóveis estiverem no mesmo sentido, um deve possuir velocidade superior ao outro". Agora, tipo, se falasse, se desse essa informação pra gente na questão, a gente poderia desconsiderar a A também porque diz que os automóveis estão se movimentando em sentidos opostos.	continuação	avalia	explanação causal
Clara	É.	concordância		
Lucas	Concordo.	concordância		

Fonte: Dados da pesquisa.

Em seguida, de maneira informal, a Bárbara propõe uma causa para a sua conclusão, a qual a Clara não concorda. A Sarah entra no debate estendendo a discussão, trazendo um novo argumento, sólido e dentro do padrão, conduzindo o debate para o caminho correto, contradizendo a Bárbara e o Lucas e, assim, excluindo a letra A (ver quadro 32).

Quadro 32 - Em um movimento de extensão, Sarah contradiz as falas de seus colegas, com uma explanação causal e correta.

Sarah	O problema da A é que ele fala que só pode ser em sentidos opostos, entendeu?	extensão	contradiz	explanação causal

Fonte: Dados da pesquisa.

Na sequência, a Sofia apresenta uma fala causal, embasada, se movimentando para a conclusão do assunto, acompanhada pelas concordâncias da Bárbara e da Clara. O problema é que imediatamente após concordar, a Clara discorda, se utilizando de um processo lógico contraditório, caindo novamente em uma conversa do tipo A3: "Se a velocidade deles é distinta constante e não nula, eles vão estar andando um do lado do outro". Mesmo após a explanação formal da Sofia, ela segue com outra fala A3, discordando dessa explicação com outros argumentos errados. Percebendo que a explanação formal não solucionou esse conflito cognitivo, a Sofia continuou o debate

trazendo uma explanação do cotidiano, fazendo com que a Clara avaliasse a situação e concordasse com a colega. Esse resultado indica que uma mudança na natureza da explanação pode ser necessária e suficiente para resolver um conflito cognitivo e, assim, proporcionar aprendizagem. Nessa questão, inclusive, a Sofia apresentou falas pertencentes a todas as categorias da dimensão natureza da explanação (ver quadro 24).

Encaminhando para o final da discussão, na 85ª interação, Lucas traz uma fala que mostra, a essa altura, não compreender, discordar ou ignorar o argumento de extensão dito pela Sarah lá atrás, revelando ainda estar em dúvida entre as letras A e D, e é acompanhado da Bárbara, conforme mostra o quadro 33.

Quadro 33 - No final da conversa, Lucas e Bárbara mostram não terem compreendido a ideia enunciada pela Sarah.

Lucas	É que se você tá numa pista, pra eles estarem em sentidos opostos, necessariamente precisa ter 2 mãos: uma indo e outra voltando. Isso ainda seria sentidos opostos. E eles iam se encontrar eventualmente, então… não tem como descartar… eu não entendi porquê descartaram na verdade, não faz sentido pra mim.	retroação	contradiz	explanação do cotidiano
Bárbara	Eu também não entendi.	concordância		

Fonte: Dados da pesquisa.

A sequência final desta discussão segue destacada no quadro 34. A Clara, que anteriormente estava apresentando dificuldades, mostra não somente que compreendeu o assunto, mas também é quem retroage à ideia da Sarah, mas com uma explanação formal, propondo uma justificativa pelo qual a A está errada. Na sequência, traz uma conclusão com uma fala de natureza do cotidiano, fazendo com que a Sofia e a Bárbara, que estava em dúvida, concordasse com o seu argumento. O Lucas, apesar de não ter falado mais nada, também marcou a letra D. Qualquer dúvida que talvez tenha remanescido pôde ser sanada na etapa final do PI, em que o professor resolveu a questão com os alunos.

Quadro 34 - finalização da discussão da questão 03.

Clara	Não, mas ele tá dizendo também que para que eles se encontrem é necessário estarem em sentidos opostos … Eles só vão se encontrar se estiverem em sentidos opostos? Não é nessa condição, entendeu? Porque ele tá especificando que é necessário que estejam em sentidos opostos, mas eles podem estar no mesmo sentido.	retroação	propõe uma causa	explanação causal
Bárbara	Sim...Eles podem se encontrar nessas condições, mas essa condição, essas outras condições, estão nas questões, nas alternativas? Eles podem se encontrar, entendeu? Mas essas condições estão aí?	continuação	propõe uma causa	explanação causal
Clara	Na letra D ele não especifica o sentido. Tipo, eles estão no mesmo sentido, um superior ao outro. Ele tá pegando uma situação que eles podem se encontrar e dizendo como eles podem se encontrar.. Exemplo: eu e Bárbara estamos andando, eu to andando rápido e ela quer me alcançar, depois de um tempo ela vai conseguir me alcançar, certo? Pra ela me alcançar, ela vai ter que sobrepor a minha velocidade, aí eu paro e a Bárbara está 10 m distante de mim, ela continua andando, entendeu? Eu tinha colocado a letra D porque ele pegou uma situação e especificou. A letra A só pode ser assim tipo. Na letra D ele colocou uma condição e explicou a condição, por isso eu coloquei a letra D.	conclusão	evidencia	explanação do cotidiano
Sofia	Então, eu acredito que seja a letra D mesmo, porque pelo que eu entendi da questão, a gente já entendeu que tem que tá velocidade superior um ao outro, mas seria o de trás, só que na D tá especificando bem uma condição de estar no momento do encontro um com a velocidade maior que o outro, então eles vão ter que se encontrar e um vai tá com a velocidade maior que o outro. É isso	concordância	propõe um resultado	explanação formal

	que tá falando ali, por isso eu iria nela, entendeu?	
Bárbara	Uhum.	concordância
Clara	sim sim....	concordância
Professor	Coloca no chat o que vocês acham. Coloca a letrinha pra ver se vocês tem um acordo ou não. Coloca pra mim.	
Clara	Todo mundo colocou a letra D.	comentário

Fonte: Dados da pesquisa.

Sendo assim, no decorrer das interações nessa questão, houve conflitos cognitivos que foram sendo trabalhados em etapas. As conversas fora do padrão do tipo A3 que surgiram deram espaço a discursos fundamentados, que justificam a resposta correta.

Em se tratando da questão 04 (idem a questão 02 - grupo de 2019), as conversas foram completamente diferentes comparando os dois grupos, e é possível detectar dois fatores determinantes para essa diferença, que serão abordados logo a seguir.

A interação durou cerca de 5 minutos para as 4 meninas, em 2019. Já para o grupo de 2021, foi a questão com maior tempo de discussão e a única que não houve consenso entre os pares. Após um pouco mais de 20 minutos de diálogos, três alunos responderam a letra A, enquanto os outros três, a C. As tabelas 25 e 26 trazem o percentual de fala de cada estudantes dos grupos de 2019 e 2021, respectivamente. Já as tabelas 27, 29 e 31 mostram a distribuição das unidades de fala das alunas de 2019 em relação às três dimensões de análise, enquanto as tabelas 28, 30 e 32 exibem a mesma distribuição, porém para o grupo de 2021.

Tabela 25 - Percentual de tempo de fala dos estudantes, a partir da contagem de palavras, na questão 02 (grupo de 2019).

Estudante	Questão 02
Ana	16,5%
Renata	17,9%
Letícia	9,4%
Paula	56,3%

Fonte: Dados da pesquisa.

Tabela 26 - Percentual de tempo de fala dos estudantes, a partir da contagem de palavras, na questão 04 (grupo de 2021).

Estudante	Questão 04
Bárbara	6,1%
Rafael	17,7%
Sofia	27,1%
Sarah	2,6%
Lucas	21,9%
Clara	24,5%

Fonte: Dados da pesquisa.

Tabela 27 - Distribuição das categorias da dimensão movimentos do discurso entre os membros do grupo, na questão 02 (aplicação em 2019).

Estudante	Inicialização	Continuação	Extensão	Retroação	Concordância/ Discordância	Resposta	Comentário	Conclusão	Total
Ana	1	7			1	1			10 (18,5%)
Renata		4			1				5 (9,3%)
Letícia	1	4			13			1	19 (35,2%)
Paula		11	1		3	2		3	20 (37,0%)
Total	2 (3,7%)	26 (48,1%)	1 (1,9%)	0	18 (33,3%)	3 (5,6%)	0	4 (7,4%)	54

Fonte: Dados da pesquisa.

Tabela 28 - Distribuição das categorias da dimensão movimentos do discurso entre os membros do grupo, na questão 04 (aplicação em 2021).

Estudante	Inicialização	Continuação	Extensão	Retroação	Concordância/ Discordância	Resposta	Comentário	Conclusão	Total
Bárbara		3			5	1	1		10 (8,0%)
Rafael		5	2	2	4	1	1	3	18 (14,4%)
Sofia	1	10	3	5	5	3	3		30 (24,0%)
Sarah	1	2	1	1					5 (4,0%)
Lucas	1	13	1		5	2	2	2	26 (20,8%)
Clara	1	15	2	4	7	1	4	2	36 (28,8%)
Total	4 (3,2%)	48 (38,4%)	9 (7,2%)	12 (9,6%)	26 (20,8%)	8 (6,4%)	11 (8,8%)	7 (5,6%)	125

Fonte: Dados da pesquisa.

Tabela 29 - Distribuição das categorias da dimensão processos lógicos entre os membros do grupo, na questão 02 (aplicação em 2019).

Estudante	Propõe uma causa	Propõe um resultado	Evidencia	Sugere um método	Avalia	Contradiz	Total
Ana	4		2	1			7 (25,0%)
Renata	3						3 (10,7%)
Letícia	2	1					3 (10,7%)
Paula	6	6	1	1	1		15 (53,6%)
Total	15 (53,6%)	7 (25,0%)	3 (10,7%)	2 (7,1%)	1 (3,6%)	0	28

Fonte: Dados da pesquisa.

Tabela 30 - Distribuição das categorias da dimensão processos lógicos entre os membros do grupo, na questão 04 (aplicação em 2021).

Estudante	Propõe uma causa	Propõe um resultado	Evidencia	Sugere um método	Avalia	Contradiz	Total
Bárbara	2			1			3 (4,1%)
Rafael	5	6		1	1	2	15 (20,3%)
Sofia	6	2	2	2	6		18 (24,3%)
Sarah		1		2	1	1	5 (6,8%)
Lucas	9	1	1		2	1	14 (18,9%)
Clara	5	3	1	1	4	5	19 (25,7%)
Total	27 (36,5%)	13 (17,6%)	4 (5,4%)	7 (9,5%)	14 (18,9%)	9 (12,2%)	74

Fonte: Dados da pesquisa.

Tabela 31 - Distribuição das categorias da dimensão natureza da explanação entre os membros do grupo, na questão 02 (aplicação em 2019).

Estudante	Explanação formal	Explanação causal	Explanação descritiva	Explanação do cotidiano	Total
Ana	1	1	6		8 (29,6%)
Renata		2		1	3 (11,1%)
Letícia		1	1		2 (7,4%)
Paula	2	3	9		14 (51,9%)
Total	3 (11,1%)	7 (25,9%)	16 (59,3%)	1 (3,7%)	27

Fonte: Dados da pesquisa.

Tabela 32 - Distribuição das categorias da dimensão processos lógicos entre os membros do grupo, na questão 04 (aplicação em 2021).

Estudante	Explanação formal	Explanação causal	Explanação descritiva	Explanação do cotidiano	Total
Bárbara				2	2 (4,8%)
Rafael	1	4	2	2	9 (21,4%)
Sofia	1	5	4		10 (23,8%)
Sarah			1		1 (2,4%)
Lucas	1	6	4		11 (26,2%)
Clara	2	6	1		9 (21,4%)
Total	5 (11,9%)	21 (50,0%)	12 (28,6%)	4 (9,5%)	42

Fonte: Dados da pesquisa.

No grupo de 2021, surgiram 4 tópicos de discussão dentro de toda a conversa, representados pelo movimento de inicialização. Houve também muitas extensões, 9 ao todo, revelando que em diversos momentos, algum aluno acrescentava algo à fala anterior de um colega, além de muitos retornos às ideias já propostas (12 retroações), apontando a insistência de expor determinados pontos previamente trazidos ao debate. Essas falas, por diversas vezes, apresentavam sugestões de métodos para resolução do problema.

Apesar de a Sofia ter proferido mais palavras e, assim, maior tempo de fala, foi a Clara quem mais interagiu, sendo responsável por 36 das 125 interações, seguida da Sofia, com 30, e a Lucas, com 26 falas. A tabela 28 revela também que o Rafael e a Sofia

apresentaram falas classificadas em 7 das 8 categorias da dimensão movimentos do discurso. Enquanto o Rafael não iniciou nenhum tópico de discussão (assim como em nenhuma outra questão), a Sofia não apresentou uma conclusão, mas participaram ativamente durante toda a etapa de interação. Já as falas de Lucas e da Clara se distribuíram em todas as categorias das dimensões movimentos do discurso e processos lógicos, mostrando que muito se empenharam para trocar significados com seus pares.

Sofia, Sarah, Lucas e Clara foram os responsáveis por inicializar os tópicos de discussão. Rafael e Clara foram os que mais estenderam algum assunto e, junto ao Lucas, trouxeram conclusões para a questão. Houve um número bastante expressivo de concordâncias e discordâncias, com muitas sugestões de métodos diferentes, 7 ao todo. A exceção da Bárbara e da Sarah, os outros membros apresentaram entre 9 e 11 explanações de natureza formal, causal e descritiva, tentando mostrar seus pontos de vista aos colegas de formas diferentes. Essa foi de longe a questão que o Rafael mais interagiu, tentando conduzir a discussão para a resposta correta. Das suas 18 interações, 9 apresentaram explicações, distribuídas em todas as quatro categorias da dimensão da natureza da explanação, na tentativa de convencer seus colegas.

Observando os dados relativos ao grupo de 2019, tem-se que tanto a Ana quanto a Paula propuseram métodos de resolução do problema, trouxeram muitas explicações casuais, formais e descritivas (comum em questões de gráficos). A Letícia, com menos de 10% do total das falas, realizou 19 das 54 interações (ver tabelas 25 e 27), indicando que suas falas foram curtas, apresentando apenas duas explanações (ver tabela 31). Na maioria das vezes, concordava ou continuava a explanação da Ana ou da Paula.

Por que o andamento da conversa do grupo de 2019 foi favorável à negociação de significados, e a longa conversa do outro grupo não evoluiu no sentido de resolver os conflitos cognitivos apresentados? Conforme mencionado anteriormente, é possível apontar dois fatores para isso. O primeiro pode ser encontrado observando as tabelas 29 e 30. Os discursos do primeiro grupo não apresentaram falas em que um membro contradiz o outro, enquanto no segundo grupo, 13,4% das falas foram contradizendo falas anteriores de colegas. O outro fator que pode explicar a pergunta do início deste parágrafo está na leitura das unidades de fala.

Essa questão e todas as outras seis faltantes são de interpretação de gráficos, no molde do TUG-K (as quatro últimas questões, inclusive, são do próprio teste) e, assim

sendo, as conversas podem revelar concepções alternativas (*misconception*) já conhecidas. Beichner (1994) mapeou seis *misconceptions* mais frequentes em questões de gráficos, a saber: i) gráficos como imagem do movimento: os estudantes percebem o gráfico não como uma representação matemática do movimento, mas como uma fotografia de uma característica concreta do movimento, por exemplo a sua trajetória; ii) confusão entre inclinação e altura: quando solicitados sobre a inclinação de um gráfico, os estudantes tendem a ler o valor em um dos eixos; iii) confusão de variáveis: confundir os gráfico de posição, velocidade e aceleração, sem perceber que a troca entre essas grandezas no eixo vertical altera a forma funcional do gráfico; iv) erro de inclinação que não passa pela origem: quando solicitados a calcular a inclinação de um segmento de reta, estudantes tendem a calcular como se a reta passasse pela origem, ou seja, dividindo o valor da ordenada pela abscissa; v) desconhecimento da área sob a curva: não saber o significado da área sob uma curva; vi) confusão entre área, inclinação e altura: quando solicitados a calcular áreas, tendem a calcular inclinação ou ler a altura em um dos eixos.

Isso posto, o texto a seguir elenca pontos importantes do andamento da conversa do grupo focal de 2021 e, em seguida, com o grupo de 2019, de modo a compreender o porquê não houve consenso entre os membros do grupo focal de 2021.

Lucas inicia a discussão afirmando que as letras C e D devem ser excluídas, porém não há, em sua fala, nenhuma explicação para sustentar a sua afirmação. Logo em seguida, a Clara concorda com essa afirmativa, trazendo uma evidência de natureza formal e, portanto, dentro do padrão, acompanhada da *misconception* confusão de variáveis. O quadro 35 destaca esse início de discussão, em que a Clara conclui erroneamente que no momento T em que as retas se encontram, os móveis se encontram, propondo a letra A como resultado, como se a ordenada do gráfico fosse posição, ao invés de velocidade.

Quadro 35 - Início da discussão da segunda questão, revelando a *misconception* confusão de variáveis.

Lucas	Gente, acho que dá para desconsiderar a C e D, né?	inicialização		
Clara	Letra C não dá, nem D.	concordância		
Clara	Eles partem da mesma posição, então a letra D não pode ser.	continuação	propõe uma causa	explanação causal

Clara	A letra C não pode ser porque a velocidade de A é igual a de B.	continuação	propõe uma causa	explanação causal
Lucas	Exato.	concordância		
Clara	Não tem como falar que A é mais rápido que B e nem que B é mais rápido que A, porque eles estão se encontrando. O tempo que B continua com a velocidade constante desde que saiu da posição inicial, o A acelerou. Se o A estava atrás e o B na frente, encontrou B no tempo T e ultrapassou. Ué, A e B se encontram no tempo T. Letra A	conclusão	propõe um resultado	explanação descritiva

Fonte: Dados da pesquisa.

O Lucas concorda com esse raciocínio, porém o Rafael interpela, discordando dessa conclusão, descrevendo o que está acontecendo de fato (explanação descritiva), propondo uma causa para a sua discordância. A Sofia, por sua vez, estende o debate, mostrando entender que o gráfico é velocidade x tempo, e indicando que o encontro ocorre após o tempo T, tempo em que os móveis possuem a mesma velocidade. Porém, tanto a Sofia quanto o Rafael não trouxeram uma fala que fizessem com que a Clara e o Lucas abandonassem a letra A. Conforme visto na questão anterior, quando o aluno tem um conhecimento sólido sobre o assunto, é provável que consiga fornecer explanações de diferentes naturezas para convencer seus pares. Neste caso, o Rafael e a Sofia entendem que os móveis só irão se encontrar após o tempo T, mas não sabem justificar o fato de o encontro acontecer no tempo 2T. Por não entender completamente a alternativa, apresentam dificuldades para fazer com que seus pares a compreendam.

O Rafael até tenta provar o porquê o encontro ocorre no tempo 2T, após a Clara inicializar um novo tópico do debate, com foco na tentativa de resolver esse problema da alternativa C. Após trabalhar esse tópico, o Rafael propõe a letra C como resposta, com a concordância de Lucas, Clara e Sofia. A fala do Lucas "O T não necessariamente é o encontro deles dois. Até porque o gráfico é sobre a velocidade em função do tempo deles" mostra ter superado a *misconception* inicial, compreendendo as grandezas envolvidas no gráfico.

Assim, inicialmente, a discussão se encaminhava para uma conclusão errada, com a letra A como resposta. Após um outro direcionamento, o grupo parecia ter resolvido os conflitos, propondo a resposta correta, a letra C. O problema é que o tempo de encontro 2T não foi demonstrado e a Clara, com um movimento de retroação, ressurge o debate "Não concordo com a C. Depois que o Rafael falou aquilo, realmente, mas eu não posso afirmar que é o dobro, poderia ser o triplo, poderia ser o quádruplo. Ele tá acelerando".

Mesmo sem conseguir justificar o 2T, o Rafael estende a discussão com a aplicação do princípio de exclusão. Como as alternativas A, B e D estão erradas, a resposta é a C, mas a Clara, que havia concordado com a letra C instantes atrás, repensou e não consegue entender o porquê a A estaria errada. Com o desenrolar da conversa, o Lucas também retroage ao erro de achar que, no tempo T, os móveis se encontram. Ele entende que o gráfico é de velocidade x tempo, afirmando que no instante T, os móveis possuem a mesma velocidade e estão na mesma posição, apresentando uma contradição entre a premissa e sua conclusão, uma ideia imprevista também do tipo A3. Se a Clara e o Lucas compreendessem os aspectos do movimento uniforme e do movimento uniformemente variado, mesmo que o Rafael e a Sofia não conseguissem demonstrar o porquê o encontro ocorreu no 2T, seria possível chegar à alternativa correta eliminando as outras.

Após Lucas propor uma causa para a resposta correta ser a alternativa A, a Sarah traz uma nova ideia, em que ela acha que o tamanho da reta do gráfico indica a distância percorrida pelos móveis "eu tô vendo esse gráfico como um triângulo! Tipo assim, a base dele, é o tempo T, e a hipotenusa, é o A! Então tipo, seria um pouquinho maior, ou o A teria passado o B, entendeu?" Essa fala representa uma conversa do tipo A1, uma vez que a conclusão obtida não reflete em nenhuma das alternativas, sendo rapidamente descartada pelos seus pares.

Os diálogos apresentados nessa questão evidenciam um ponto crítico do PI, que é o de o aluno trocar a resposta certa pela errada, que esteve sob o radar de Mazur desde a sua publicação de 2001, Crouch e Mazur (2001), e se faz presente em seu livro Mazur (2015). No artigo que foi um dos autores, Miller et. al (2015), relaciona a mudança das alternativas com a autoeficácia dos estudantes (vide seção 1.6). Após as falas da Clara e do Lucas, que são pessoas com habilidades interpessoais, comunicativas (principalmente

o Lucas que aparenta ter alta autoeficácia), a Sofia passa a concordar com eles, trocando a alternativa C, a correta, pela errada.

O Rafael ainda tentou, com duas explanações do cotidiano, mostrar que os móveis não se encontram no tempo T, mas sem a demonstração de que o encontro ocorreu no tempo 2T, o grupo permaneceu dividido. Lucas e Clara, que começaram e permaneceram na A. A interação não mudou a resposta dos dois. Já a Sofia, trocou a C pela A. O Rafael e a Sarah permaneceram na C. Já a Bárbara, que expôs estar em dúvida entre a A e a C, no final, optou pela C, mas sem apresentar uma fala que mostrasse ter compreendido a questão. Assim como a literatura aponta, nem sempre os estudantes irão trocar de resposta após a interação e, quando trocam, nem sempre é da errada para a correta.

A justificativa de assinalar a alternativa correta usando argumentos que excluem as demais, sem conseguir explicar, de fato, o porquê a alternativa está correta, não foi o suficiente para conseguir fazer com que todos concordassem que a letra C era o gabarito, e esse é o segundo fator que pode explicar o motivo pelo qual o grupo de 2019 conseguiu resolver os conflitos cognitivos, com negociação de significados.

No grupo de 2019, duas estudantes, Ana e Paula, sabiam como resolver a questão, propondo métodos e desenvolvendo explanações que demonstraram que o encontro dos móveis acontece no tempo 2T. A justificativa não foi por exclusão das incorretas, mas sim com argumentos sólidos que comprovavam a correta. Para maior sucesso do método, a literatura indica colocar alguém que acertou a questão para dialogar com quem errou. Essa, inclusive, foi o ponto de partida do professor Mazur para criar o PI, colocar quem acabou de aprender (*recent learner*) com quem não entendeu o assunto acordado na questão. O porém é que o *feedback* da etapa individual (antes da interação entre pares) pode não representar a realidade, assim como ocorre na votação após a interação (JAMES; WILLOUGHBY, 2010). Portanto, colocar um estudante que acertou previamente a questão com outros que erraram não significa que ele consiga elaborar argumentos que façam com que seus colegas aprendam o assunto abordado. O estudante pode saber e não conseguir explicar, pode simplesmente ter chutado a resposta correta ou ainda, como nesse caso, pode saber que as outras alternativas estão erradas, mas só isso parece não ser o suficiente para solucionar conflitos cognitivos. Um possível caminho para reduzir essa fragilidade detectada neste estudo é inserir no grupo pelo menos duas pessoas que tenham acertado previamente a questão. Em uma turma com 40 estudantes,

por exemplo (cenário comum em diversas turmas de ensino médio no Brasil), supondo que haja o mínimo de acertos para a interação entre pares, 12 (30%), o ideal é que haja 6 grupos, colocando dois alunos que acertaram em cada um deles. Outro ponto notável no contexto dessa pesquisa foi que, nas discussões com 3 a 4 pessoas, uma única pessoa dominou a discussão, com mais da metade do percentual de fala. Com 5 ou 6 colegas no grupo, as falas são mais distribuídas, provavelmente porque aumentam as chances de terem mais pessoas com perfis semelhantes.

Conforme discutido anteriormente, nessa questão que ambos os grupos fizeram, é muito comum os alunos que erraram votarem na letra A, confundindo as grandezas velocidade com posição. Já os alunos que acertam com fundamentação na física, geralmente utilizam o caminho do algebrismo, utilizando as equações horárias a posição de cada móvel para obter a resposta. A solução proposta pelas meninas foi muito mais elegante. Se utilizaram do conceito de que a área do gráfico velocidade x tempo é numericamente igual ao deslocamento do móvel e, com a construção de figuras geométricas no gráfico da questão durante as falas, conseguiram provar que no encontro, a velocidade de A é o dobro da de B.

A partir da segunda aula com o grupo focal, não houve uma etapa de interação com duração de 10 minutos ou mais. Não por imposição do professor, até porque o objetivo era extrair o máximo de falas possíveis, mas sim porque à medida que as questões foram sendo trabalhadas, os estudantes foram adquirindo mais conhecimentos de cinemática e de interpretação de gráficos. Na maioria das questões, as respostas vieram após 2 a 3 minutos de diálogos, sem conflitos e com rápida concordância de todos, com conversas dentro do padrão e respostas corretas.

O áudio coletado da segunda aula estava com uma qualidade ruim, apresentando diversos trechos inaudíveis, inviabilizando a transcrição. Já as aulas três e quatro foram perdidas, devido ao dano irreversível que ocorreu no laptop em que as aulas estavam gravadas.

A quinta e a sexta questão trazidas para análise foram discutidas na quinta aula, com um pouco mais de 5 minutos de interações na terceira questão e cerca de 4 minutos na outra. Essa aula contou somente com a participação de três dos cinco integrantes (a Sarah já estava fora do projeto). A tabela 33 mostra o percentual de fala dos estudantes

na discussão da quinta questão, e as tabelas 34, 35 e 36 trazem as classificações das falas dos alunos, de acordo com cada dimensão de análise.

Tabela 33 - Percentual de tempo de fala dos estudantes, a partir da contagem de palavras, na questão 05.

Estudante	Questão 05
Bárbara	28,4%
Rafael	10,2%
Lucas	61,3%

Fonte: Dados da pesquisa.

Tabela 34 - Distribuição das categorias da dimensão movimentos do discurso entre os membros do grupo, na quinta questão.

Estudante	Inicialização	Continuação	Extensão	Retroação	Concordância/ Discordância	Resposta	Comentário	Conclusão	Total
Bárbara		4	1	1	3	1			10 (29,4%)
Rafael		1			1	1		1	4 (11,8%)
Lucas	3	7	1		5	3		1	20 (58,8%)
Total	3 (8,8%)	12 (35,3%)	2 (5,9%)	1 (2,9%)	9 (26,5%)	5 (14,7%)	0	2 (5,9%)	34

Fonte: Dados da pesquisa.

Tabela 35 - Distribuição das categorias da dimensão processos lógicos entre os membros do grupo, na quinta questão

Estudante	Propõe uma causa	Propõe um resultado	Evidencia	Sugere um método	Avalia	Contradiz	Total
Bárbara	1	2		1		1	5 (23,8%)
Rafael	1		1	1		1	4 (19,0%)
Lucas	4	4		3		1	12 (57,1%)
Total	6 (28,6%)	6 (28,6%)	1 (4,8%)	5 (23,8%)	0	3 (14,3%)	21

Fonte: Dados da pesquisa.

Tabela 36 - Distribuição das categorias da dimensão natureza da explanação entre os membros do grupo, na quinta questão

Estudante	Explanação formal	Explanação causal	Explanação descritiva	Explanação do cotidiano	Total
Bárbara		3	2		5 (27,8%)
Rafael	3				3 (16,7%)
Lucas		7	3		10 (55,6%)
Total	3 (16,7%)	10 (55,6%)	5 (27,8%)	0	18

Fonte: Dados da pesquisa.

As tabelas retratam as personalidades de cada um, que ficam mais evidentes em um grupo de somente três estudantes. É Lucas quem inicia os tópicos de debate, continua e estende as conversas, responde os colegas e traz uma conclusão. Foi responsável por mais de 60% do percentual de fala. Sugere métodos para solucionar a questão, apresenta resultados, porém, em algumas falas, apresenta problemas conceituais ou de interpretação do item. Essa interpretação ganha reforço ao observar, na tabela 36, que o estudante não apresentou uma explanação formal durante toda a discussão.

O Rafael, diferentemente de seus colegas, não apresentou nenhuma inconsistência ou erro conceitual nas suas falas que, apesar de poucas, se mostram muito sólidas. Três de suas apenas quatro falas foram de natureza formal, trazendo sugestão de método e propondo causas para justificar a sua conclusão. A classificação de suas falas indica que sua contribuição foi importante para essa questão, ao contrário do que a tabela 33 parece, de maneira isolada, inferir.

Nota-se também que cinco das dez falas da Bárbara tinham alguma explicação por trás (ver tabela 36), porém três dessas apresentam erros, o que é possível verificar após a leitura das unidades de áudio.

Lucas inicia a discussão desta quinta questão apresentando um erro na sua explanação causal. Como ambos os veículos partem da mesma posição, é possível, com o gráfico velocidade x tempo, descobrir o momento em que do encontro, diferentemente do dito pelo aluno. Essa fala se enquadra na *misconception* de desconhecimento da área sob a curva. Faltou o estudante saber que a área do gráfico velocidade x tempo é numericamente igual ao deslocamento do móvel. Um pouco depois, o aluno traz uma

ideia imprevista do tipo A3, em que afirma que as letras A e D são opostas. Porém, na sequência, traz uma explanação descritiva, sugerindo um método para calcular a aceleração do ônibus, em que, apesar de chamar a atenção para o fato de o ônibus possuir uma velocidade inicial 10 m/s, apresenta uma dúvida quanto ao cálculo da aceleração. Esse momento da conversa, com a Bárbara, está em destaque no quadro 36 a seguir.

Quadro 36 - Conversa pertencente à etapa de interação da terceira questão.

Lucas	A gente tem uma aceleração constante do ônibus é… aqui nessa velocidade 10 aqui e até aquele instante 10. A velocidade dele está subindo, né, conforme o tempo passa, então ele de fato tem uma aceleração. Ahm… ele começa no 10, e depois ele sobe até o 25, então a variação de velocidade deles é de a final menos a inicial, sobre o tempo que ele percorreu… aí seria o 15 sobre 10 (15/10), ou o 25 de fato sobre 10 (25/10)?	continuação	sugere um método	explanação descritiva
Bárbara	Então, acho que no caso, tipo, se você for pegar o ponto entre o 25 e o 10, ali em cima já… têm o 25 sobre 10 (25/10).	resposta	propõe um resultado	explanação descritiva
Lucas	É verdade, é verdade.	concordância	avaliação	explanação simples
Bárbara	É...	concordância	avaliação	explanação simples
Lucas	Ah, então tem como porque você anda uma casa com a vírgula e fica 2,5, então a A e a D estão incorretas… aí...	continuação	propõe um resultado	explanação causal
Bárbara	Não, mas no caso da A, a gente tá pegando no instante 10, a gente não tá pegando no instante 5… E no instante 5, é metade, porque ele já começa na velocidade 10.	extensão	contradição	explanação causal

Fonte: Dados da pesquisa.

A confusão exposta por Lucas e a resposta da Bárbara, propondo um resultado incorreto, revelam uma *misconception* em que, ao invés de inclinação da reta, simplesmente dividem a ordenada pela abscissa, impactando negativamente a discussão.

A partir dessa linha de raciocínio, o Lucas elimina a letra A e, por algum motivo não explícito, elimina também a D. Na última interação do quadro 36, a Bárbara traz um novo ponto ao assunto, mostrando que outra *misconception*, confundindo inclinação com altura. No gráfico velocidade x tempo, o valor da aceleração é obtido através da inclinação da reta, que é constante até o tempo 10s. O aluno deveria saber que, para qualquer instante de tempo no intervalo (0, 10) s, a inclinação da reta é a mesma e, portanto, a aceleração também. Dizer que a aceleração no instante 5s é a metade no instante, é porque ao invés de calcular a inclinação do gráfico, a aluna está focando na leitura da ordenada, somente.

Até esse momento, Lucas e Bárbara já haviam descartado as alternativas A, C e D, restando somente a letra B, que passou a ser o alvo da discussão. A afirmativa contida nessa letra tem o mesmo fundamento da segunda questão: encontro das retas no gráfico velocidade x tempo e o encontro dos móveis. Dessa vez, o Lucas inicializa esse tópico propondo o cálculo da área do gráfico, para obter o deslocamento dos móveis, calculando corretamente o deslocamento do automóvel. Ele percebe que a área do ônibus é um trapézio, mas não faz as contas e volta a insistir na ideia errada de que não é possível saber quando os móveis se encontram, recorrendo em uma conversa do tipo A1. Uma vez que julgou que todas as alternativas estavam erradas, sem nenhuma justificativa plausível, voltou a considerar a D.

Como o Rafael não havia participado do debate até então, o professor entrou na conversa e pediu a sua contribuição. O Rafael, então, com uma explanação formal, traz uma explicação correta e aponta a resposta, a letra D, conforme mostra o quadro 37. Após o Lucas concordar com a sua fala, o Rafael, no movimento de conclusão, faz com que Bárbara e Lucas compreendam toda a questão, aprendendo com o seu colega. A Bárbara, na sua última fala, mostra ter superado a *misconception*, entendendo que deve medir a inclinação da reta.

Quadro 37 - Contribuição do Rafael no debate da quinta questão.

Lucas	Eu continuo com a B.	continuação	propõe um resultado
Rafael	Eu acho que é a D.	discordância	contradiz
Lucas	Por que?	continuação	

Rafael	Porque a aceleração do automóvel é constante, certo, porque é uma linha reta. Então, independente de qual segundo, a aceleração vai ser a mesma.	resposta	propõe uma causa	explanação formal
Lucas	Ahhh verdade.	concordância		
Rafael	Se tá dizendo que a aceleração é 3 metros por segundo ao quadrado, ele demorou 10 segundos para chegar a 30 metros por segundo, entendeu?	conclusão	evidencia	explanação formal
Lucas	Verdade, verdade.	concordância		
Rafael	É só você fazer 3 vezes 10, que dá 30, então tá certo na minha opinião.	continuação	sugere um método	explanação formal
Lucas	Aham! Faz sentido, faz sentido.	concordância		
Bárbara	E tipo… 15 por 5, se fosse pegar a metade.	continuação	propõe um resultado	explanação causal
Lucas	A B também não tem como porque é a que deu errado.	continuação	propõe uma causa	explanação causal
Lucas	Professor, o nosso gabarito é a D!	conclusão	propõe um resultado	

Fonte: Dados da pesquisa.

Mesmo com somente quatro interações, o Rafael trouxe um impacto positivo para o discurso, fazendo com que seus colegas compreendam o assunto e acertem a questão. Sua contribuição foi fundamental para a aprendizagem de seus colegas. Para isso, foi necessário trazê-lo ao debate. Durante a aplicação do PI em uma turma regular, o método funciona melhor se o professor for nos grupos e observar se todos estão participando, conforme relatado pelos trabalhos de Turpen e Finkelstein apresentados na seção 1.5. Caso a conversa seja improdutiva (tipo C) ou se alguns alunos estiverem em silêncio, o professor pode intervir, solicitando para que todos contribuam e debatam sobre o assunto. Nesta situação em específico, o pedido do professor para que o Rafael participasse influenciou diretamente no andamento da discussão.

A sexta questão também contou somente com a participação dos mesmos três alunos, por ter sido trabalhada na mesma aula que a questão anterior. A tabela 37 expõe o percentual de fala de cada um dos três alunos, enquanto as tabelas 38, 39 e 40 apresentam as classificações das falas dos estudantes em cada uma das dimensões de análise do mapa analítico de interação social.

Tabela 37 - Percentual de tempo de fala dos estudantes, a partir da contagem de palavras, na questão 06.

Estudante	Questão 06
Bárbara	9,8%
Rafael	14,7%
Lucas	75,5%

Fonte: Dados da pesquisa.

Tabela 38 - Distribuição das categorias da dimensão movimentos do discurso entre os membros do grupo, na sexta questão.

Estudante	Inicialização	Continuação	Extensão	Retroação	Concordância/ Discordância	Resposta	Comentário	Conclusão	Total
Bárbara		2	1	1	1				5 (31,3%)
Rafael								1	1 (6,3%)
Lucas	1	5	1			2	1		10 (62,5%)
Total	1 (6,3%)	7 (43,8%)	2 (12,5%)	1 (6,3%)	1 (6,3%)	2 (12,5%)	1 (6,3%)	1 (6,3%)	16

Fonte: Dados da pesquisa.

Tabela 39 - Distribuição das categorias da dimensão processos lógicos entre os membros do grupo, na sexta questão.

Estudante	Propõe uma causa	Propõe um resultado	Evidencia	Sugere um método	Avalia	Contradiz	Total
Bárbara			1				1 (10,0%)
Rafael		1					1 (10,0%)
Lucas	4	1	2		1		8 (80,0%)
Total	4 (40,0%)	2 (20,0%)	2 (20,0%)	0 (0,0%)	2 (20,0%)	0	10

Fonte: Dados da pesquisa.

Tabela 40 - Distribuição das categorias da dimensão natureza da explanação entre os membros do grupo, na sexta questão.

Estudante	Explanação formal	Explanação causal	Explanação descritiva	Explanação do cotidiano	Total
Bárbara	1				1 (11,1%)
Rafael		1			1 (11,1%)
Lucas	2	4	1		7 (77,8%)
Total	3 (33,3%)	5 (55,6%)	1 (11,1%)	0	9

Fonte: Dados da pesquisa.

A sexta questão apresentou somente 16 interações, a questão com menos diálogos de todas trazidas para análise. Lucas novamente é quem faz o movimento de inicializar a discussão. Uma fala sua apresentou uma desconexão entre premissa e conclusão, gerando um conflito cognitivo, após o Lucas perceber que a sua fala apresentava algum erro (primeiro trecho sublinhado no quadro 38). Em seguida, Bárbara estendeu a fala de seu colega, trazendo um questionamento quanto ao significado do termo retrógrado, ponto chave para solucionar o conflito criado por Lucas (segundo trecho sublinhado no quadro 38).

Quadro 38 - Conflito cognitivo gerado por Lucas e a subsequente explanação formal da Bárbara, abordando o termo retrógrado.

Lucas	Ahm… o movimento entre t2 e t3 e o movimento entre t4 e t5 foram retrógrados… E a aceleração máxima aparentemente realmente ocorreu entre 0 e t1. E o movimento não foi acelerado entre t1 e t2. Ele não tem aceleração e a velocidade é constante, aí acho que dá para a gente desconsiderar a A, B e D. Alguém discorda?	continuação	propõe uma causa	explanação causal
	. . .			

Lucas	E a B fala que ele foi acelerado entre t1 e t2, e ele não foi acelerado, ele está com uma velocidade constante. **O ponto é a A e a C… Que esquisito, parece que as duas parecem corretas. A aceleração máxima ocorreu entre os instantes 0 e t1...**	continuação	propõe uma causa	explanação causal
Bárbara	**Retrógrado… Eu nem lembro o que que é…** No caso, tipo, não é retrógrado a palavra que estava na minha mente, era aquela do… **A velocidade ela só caiu com o tempo, né? Não é retrógrado… Eu não lembro se retrógrado é o mesmo que… Não é o mesmo que retardado, né?**	extensão	evidencia	explanação formal
Lucas	Peraí. Uhm...	comentário		

Fonte: Dados da pesquisa.

A Bárbara trouxe o questionamento quanto ao termo retrógrado, apontando um caminho para resolver corretamente a questão.

O erro conceitual cometido pelo estudante não é uma ideia imprevista ou tampouco uma *misconception* associada à interpretação de gráficos, mas sim uma confusão entre os termos retrógrado e retardado. Posteriormente, o aluno lembrou e enunciou a definição formal de retrógrado: "A velocidade ser maior ou menor do que zero. Aí a gente tem se o movimento é retrógrado ou não". A Bárbara concorda com o raciocínio do colega e, após o professor pedir a participação do Rafael, ele propõe uma causa para excluir a letra D, acrescentando que o movimento é progressivo e apresenta uma redução de velocidade. Desse modo, após essa explanação causal do Rafael, os estudantes trocam a marcação da incorreta (a conclusão inicial era a letra D) para correta, a letra A, e o fazem com argumentos sólidos, dentro do padrão. Lucas conclui com uma fala formal e o Rafael finaliza a discussão na mesma linha do Lucas, após o professor solicitar a sua participação, com uma explanação causal, conforme destaca o quadro 39.

Quadro 39 - Últimas interações do grupo na sexta questão.

Lucas	Eu acho que não pode ser retrógrado, porque a velocidade é positiva, né?	extensão	evidencia	explanação formal

Bárbara	Uhum!!	concordância		
Lucas	Acho que é sobre isso, né? A velocidade ser maior ou menor do que zero. Aí a gente tem se o movimento é retrógrado ou não.	continuação	evidencia	explanação formal
Lucas	E a A faz muito mais sentido.	continuação	propõe um resultado	
Professor	E aí Rafael, tu que é o homem de poucas palavras aí, dá a tua opinião aí!			
Rafael	Aham, é a A! Concordo!! Porque… Entre t2 e t3 o movimento não foi retrógrado, o que foi retrógrado foi a aceleração, a velocidade só diminuiu, mas ele continuou com o movimento progressivo, continuou indo para frente. E para t4 e t5 é a mesma coisa.	conclusão	propõe um resultado	explanação causal

Fonte: Dados da pesquisa.

O Rafael foi o responsável pelo movimento de conclusão. Esses resultados sugerem que mesmo Lucas tendo dominado a conversa, em termos de percentual de fala, foi a interação com seus colegas que possibilitou a sua aprendizagem. A aprendizagem de cada um foi construída coletivamente.

As próximas três questões foram apresentadas na aula seguinte, junto a mais outras duas de rápida conclusão, sem conflitos ou mudanças de marcações. Nessa aula, todos os cinco estudantes estiveram presentes, enriquecendo os debates.

A tabela 41 mostra o percentual de fala de cada estudantes, e as tabelas 42, 43 e 44 informam a distribuição dos extratos dos áudios na sétima questão, cuja etapa de interação se estendeu por 7 minutos, aproximadamente.

Tabela 41 - Percentual de tempo de fala dos estudantes, a partir da contagem de palavras, na questão 07.

Estudante	Questão 07
Bárbara	9,6%
Rafael	0,0%
Sofia	7,0%
Lucas	46,7%
Clara	36,6%

Fonte: Dados da pesquisa.

Tabela 42 - Distribuição das categorias da dimensão movimentos do discurso entre os membros do grupo, na sétima questão.

Estudante	Inicialização	Continuação	Extensão	Retroação	Concordância/ Discordância	Resposta	Comentário	Conclusão	Total
Bárbara					2		1	1	4 (10,5%)
Sofia		1			3		1		5 (13,2%)
Lucas		3	4	1	2	1	4	1	16 (42,1%)
Clara	2	1	1	3	3	2	1		13 (34,2%)
Total	2 (5,3%)	5 (13,2%)	5 (13,2%)	4 (10,5%)	10 (26,3%)	3 (7,9%)	7 (18,4%)	3 (7,9%)	38

Fonte: Dados da pesquisa.

Tabela 43 - Distribuição das categorias da dimensão processos lógicos entre os membros do grupo, na sétima questão.

Estudante	Propõe uma causa	Propõe um resultado	Evidencia	Sugere um método	Avalia	Contradiz	Total
Bárbara	1	2					3 (13,0%)
Sofia		1					1 (4,3%)
Lucas	1	2	3	2	1	1	10 (43,5%)
Clara	3	2	1	2		1	9 (39,1%)
Total	5 (21,7%)	7 (30,4%)	4 (17,4%)	4 (17,4%)	1 (4,3%)	2 (8,7%)	23

Fonte: Dados da pesquisa.

Tabela 44 - Distribuição das categorias da dimensão natureza da explanação entre os membros do grupo, na sétima questão.

Estudante	Explanação formal	Explanação causal	Explanação descritiva	Explanação do cotidiano	Total
Bárbara				1	1 (6,7%)
Sofia					0
Lucas	2	5	2		9 (60,0%)
Clara	1	1	3		5 (33,3%)
Total	3 (20,0%)	6 (40,0%)	5 (33,3%)	1 (6,7%)	15

Fonte: Dados da pesquisa.

A Clara foi responsável pelos movimentos de inicialização, enquanto a Bárbara e o Lucas apresentaram uma conclusão para a questão. Lucas e Clara foram responsáveis por sugerir métodos de resolução da questão e, apesar de todos sugerirem resultados, exceto o Rafael, que esteve presente, mas não participou da discussão, houve concordância de ideias, como é possível ver lendo as unidades de áudio.

Logo no início, Clara apresentou, na dimensão processos lógicos, uma proposta de resultado, seguida de uma sugestão de método permeada por duas *misconceptions*, desconhecimento sobre a área sob a curva e confusão de variáveis. Ela confunde o que seria um trapézio por um triângulo, e ainda acha que o valor numérico da área informa a velocidade. Houve, portanto, uma confusão total, de aplicação da área (que não tem sentido físico em um gráfico posição x tempo) e de visualização da figura geométrica correspondente à área.

Já Lucas, na sua sugestão de método, apresentou uma confusão de inclinação quando a reta não passa pela origem, dividindo o valor da ordenada pelo da abscissa. Em seguida, trouxe uma extensão do assunto, com uma explanação causal, propondo uma resposta para a questão. Seu método de resolução e a resposta obtida se enquadram em uma conversa fora do padrão do tipo B1, por se utilizar de uma premissa incorreta e, mesmo assim, obter a resposta correta (ver trecho sublinhado no quadro 40), diferentemente da Clara, que sugeriu um método incorreto, obtendo uma resposta

incorreta. Essa etapa inicial da discussão, revelando três erros diferentes, segue destacado no quadro 40 a seguir.

Quadro 40 - Conversa inicial durante a etapa de interação da questão 07.

Clara	É letra B.	inicialização	propõe um resultado	
Lucas	No caso a gente só precisava fazer a fórmula, aí é só colocar a posição em tempo 2 que é 10 sobre tempo que é 2 e, enfim, vai ter a velocidade que ele estava andando naquele momento.	continuação	sugere um método	explanação descritiva
Clara	Ali no instante 2, a altura dele vai dar 5, e embaixo aí vai dar 2, entendeu? Aí eu peguei 5 vezes 2 e dividi por 2, que dá 5. Foi isso que eu fiz.	extensão	sugere um método	explanação descritiva
Lucas	Ah, ele tá subindo cinco posições a cada segundo, então teoricamente a velocidade dele seria dois e meio, na verdade, não?	extensão	propõe uma resposta	explanação causal

Fonte: Dados da pesquisa.

Após uma discussão sobre áreas com a Clara, Lucas retroagiu ao método que havia proposto, porém, dessa vez, percebeu o erro em sua concepção anterior, com uma explanação de natureza formal, com argumentos corretos, conforme exposto no quadro 41. A Bárbara concordou com seu colega, porém a Clara seguiu apegada ao seu método de resolução usando a área.

Quadro 41 - Lucas retroage ao método que havia proposto inicialmente, corrigindo a falha anterior.

Lucas	Ah, não, é que tipo assim, eu coloquei que velocidade seria a posição sobre o tempo, só que parece meio errado pra mim, principalmente por causa da explicação passada. Aí eu tô pensando que tipo assim, ele te dá a posição, mas ele não começa na posição zero, ele começa na posição 5. E aí no segundo 1, ele vai da posição 5 até 7,5, mais ou menos. No segundo 2, ele vai de 7,5 pra 10. Então ele tá aumentando 2,5 metros por segundo a cada segundo. Aí pra mim isso fez mais sentido.	retroação	sugere um método	explanação formal

Bárbara	Sim, no caso então a velocidade seria 2,5, que é a A.	conclusão	propõe um resultado	explanação simples
Lucas	Exato.	concordância	avaliação	explanação simples
Bárbara	É, eu também iria de A. Porque tipo, a gente já viu várias questões que nem essa, mas a gente sempre fica travado nessas porque é exatamente a mesma pegadinha que a gente cai de ele não estar começando no zero, ele tá começando no 5.	concordância	avaliação	explanação causal

Fonte: Dados da pesquisa.

A Clara sugeriu o método de calcular a área para obter o deslocamento e, assim, usar na equação $v = \Delta S/\Delta t$, que afirmou ter visto o professor fazer durante uma explicação, entrando em uma conversa fora do padrão do tipo A4. Lucas fez uma avaliação do argumento de sua colega, estendendo o assunto com um questionamento incorreto. O estudante falou que o gráfico retrata um movimento uniformemente variado e que, portanto, essa equação não pode ser usada, invalidando o método sugerido pela Clara. O problema é que no trecho em questão (0, 2s), o movimento é uniforme e, assim, a equação citada pela Clara pode ser aplicada. Foi essa equação, inclusive, usada por Lucas e que o fez chegar à resposta correta. O que invalida esse método foi a premissa inicial de obtenção do deslocamento a partir da área está incorreta. Então, nessa questão, os alunos chegam à resposta correta a partir do raciocínio correto do Lucas, exposto no quadro 41, porém o que levou a Clara a trocar a resposta incorreta B para a correta A foi um argumento errado, argumento esse que todos os colegas concordaram.

Essa marcação da Clara se enquadra na categoria B dos tipos de conversas fora do padrão, em que a quantidade de respostas corretas não representa verdadeiramente o quantitativo de alunos que compreendem verdadeiramente o assunto abordado. Nesse sentido, essa questão revela uma das fragilidades do PI apontadas em outros trabalhos de cunho qualitativo, como James e Willoughby (2010), em que o percentual de mudança de marcações incorretas para corretas não corresponde ao percentual de alunos que aprenderam verdadeiramente o conteúdo abordado na questão. Durante a explicação (última etapa do PI), o professor trabalhou as ideias e concepções erradas que surgiram nas falas do grupo.

Em uma turma regular, com vários grupos, o professor pode caminhar pela sala, de grupo em grupo, solicitando a participação dos integrantes que estejam em uma conversa improdutiva (conversa fora do padrão inserida na categoria C). Escutando 30, 40 segundos de conversa em cada grupo, o professor consegue também ouvir as ideias imprevistas e as *misconceptions*, levando-as em consideração na explicação do item. Essa é uma maneira, recomendada pela literatura (TURPEN, FINKELSTEIN; 2010), de melhorar o PI, reduzindo essa fragilidade do método. No caso desta pesquisa, como o professor estava ouvindo a conversa do grupo focal o tempo todo, foi mais fácil de detectar as ideias erradas ditas pelos estudantes.

Em se tratando da oitava questão, os percentuais de falas de cada estudante estão expostos na tabela 45, e as tabelas 46, 47 e 48 mostram as classificações das interações dos estudantes em cada uma das três dimensões de análise.

Tabela 45 - Percentual de tempo de fala dos estudantes, a partir da contagem de palavras, na questão 08.

Estudante	Questão 08
Bárbara	21,2%
Rafael	0,2%
Sofia	12,5%
Lucas	46,7%
Clara	19,5%

Fonte: Dados da pesquisa.

Tabela 46 -Distribuição das categorias da dimensão movimentos do discurso entre os membros do grupo, na oitava questão.

Estudante	Inicialização	Continuação	Extensão	Retroação	Concordância/ Discordância	Resposta	Comentário	Conclusão	Total
Bárbara		1		1			1	1	4 (13,3%)
Rafael					1				1 (3,3%)
Sofia		3	1			2			6 (20,0%)
Lucas	1	3		1	3	1			9 (30,0%)
Clara		4			4	1	1		10 (33,3%)
Total	1 (3,3%)	11 (36,7%)	1 (3,3%)	2 (6,7%)	8 (26,7%)	4 (13,3%)	2 (6,7%)	1 (3,3%)	30

Fonte: Dados da pesquisa.

Tabela 47 - Distribuição das categorias da dimensão processos lógicos entre os membros do grupo, na oitava questão.

Estudante	Propõe uma causa	Propõe um resultado	Evidencia	Sugere um método	Avalia	Contradiz	Total
Bárbara	2	1					3 (20,0%)
Rafael							0
Sofia	2	1				1	4 (26,7%)
Lucas	4					2	6 (40,0%)
Clara	2						2 (13,3%)
Total	10 (66,7%)	2 (13,3%)	0	0	0	3 (20,0%)	15

Fonte: Dados da pesquisa.

Tabela 48 - Distribuição das categorias da dimensão natureza do discurso entre os membros do grupo, na oitava questão.

Estudante	Explanação formal	Explanação causal	Explanação descritiva	Explanação do cotidiano	Total
Bárbara			3		3 (23,1%)
Rafael					0
Sofia			2		2 (15,4%)
Lucas	1	2	2	1	6 (46,2%)
Clara			1	1	2 (15,4%)
Total	1 (7,7%)	2 (15,4%)	8 (61,5%)	2 (15,4%)	13

Fonte: Dados da pesquisa.

A última coluna da tabela 46 parece, à primeira vista, contrastar com o tempo de fala de cada estudante, indicados na tabela 45. Quase metade do tempo de fala ficou a cargo do Lucas, sendo responsável por 9 das 30 interações. A Clara, que apresentou um tempo de fala inferior a metade do tempo de Lucas, realizou 10 interações, uma a mais que seu colega, indicando que as falas do Lucas foram maiores, com mais informações. Essa conclusão se confirma quando observado a tabela 48, em que 6 das 9 falas de Lucas são pertencentes a todas as categorias da dimensão natureza da explanação, mostrando versatilidade e empenho para se fazer entender. Já a Clara apresentou falas mais curtas,

continuando um assunto ou concordando com falas anteriores de seus colegas, com apenas 2 interações contendo explicações. O Rafael pouco contribuiu com o grupo, emitindo apenas uma palavra em toda a discussão, “concordo”, concordando com a conclusão da Bárbara.

A duração da etapa de interação entre os estudantes nessa oitava questão durou cerca de 4 minutos, Lucas, em sua primeira fala, propõe uma causa para a exclusão das letras A e C, e o faz com uma explanação de natureza formal, mostrando não somente ter compreendido o gráfico posição x tempo, mas também como transpô-lo para um gráfico velocidade x tempo (ver quadro 25). A Sofia e, posteriormente, a Bárbara, também mostram conhecimento sobre o conteúdo da questão, concordando com Lucas. Clara, por sua vez, não consegue interpretar corretamente o gráfico e não concorda que o móvel esteja em repouso entre os instantes 2s e 4s. As explanações formais, casuais e descritivas ditas por Lucas, Sofia e Bárbara não conseguem convencer a colega. Assim como ocorrido na primeira questão, foi somente após a explanação do cotidiano (dita por Lucas) que a Clara passou a concordar com seus colegas. Em seguida, Bárbara propõe um resultado, a alternativa D, como resposta, sustentando a sua proposta com uma ideia correta por trás, porém confunde velocidade com aceleração. Na sequência, Lucas propaga o mesmo erro, fazendo com que a tentativa de explicar o movimento da Clara apresente falhas. As ideias ditas pelos estudantes e a maneira como foram desenvolvendo as suas argumentações, até concluir corretamente que a letra D é o gabarito, sugere ter sido uma simples confusão entre as grandezas, comum em estudantes que aprenderam recentemente os conceitos de velocidade e aceleração. É mais provável ter ocorrido essa confusão que interpretar como os estudantes não terem compreendido o gráfico e, consequentemente, o movimento do móvel, uma vez que, no início da conversa, Lucas, Sofia e Bárbara demonstraram ter interpretado corretamente o gráfico da questão. De qualquer forma, essas últimas falas dos estudantes mostram a necessidade de o professor, durante a resolução do item, chamar a atenção para o fato de não haver aceleração no movimento representado no gráfico, até mesmo para verificar

O quadro 42 mostra o momento em que a Clara concorda com a explanação do cotidiano do Lucas, e destaca ainda a confusão de variáveis na reta final da discussão da questão, e a interpretação incorreta da Clara ao trazer um fator para explicar a alternativa

D que não é verdadeiro, mas coerente com as falas anteriores de seus colegas, devido à essa confusão de variáveis.

Esse resultado sugere que se o *recent learner* apresentar algumas lacunas no entendimento do assunto, pode ensinar erroneamente o seu colega (*new learner*). Nesse caso, ou outro colega que compreende melhor o assunto intervém, ou caberá ao professor, durante a etapa de explicação do item, desenvolver os conceitos com seus alunos.

Quadro 42 - Interações chaves da questão 8. As confusões de variáveis estão sublinhadas.

Lucas	Oh, pensa comigo, pensa que você tá andando, né, e você foi do cp2 até o cefet num determinado tempo. Aí, uma hora você para lá no cefet e o tempo continua passando, mas você simplesmente parou lá, sua posição continua a mesma, então você não tem velocidade. Se você tá parada, a tua velocidade é zero, tua energia cinética é zero, você tá literalmente naquela posição e o tempo continua passando.	continuação	propõe uma causa	explanação do cotidiano
Clara	Ok. Uhum...	concordância		
Bárbara	A gente tem a D, né, porque a velocidade no começo demora mais pra chegar na posição lá em cima e entre 4 e 5 desce muito rápido, <u>então é uma aceleração maior.</u>	conclusão	propõe um resultado	explanação descritiva
Lucas	Papo reto.	concordância		
Clara	Eu concordo com a letra D.	concordância		
Rafael	Concordo.	concordância		
Sofia	Sim sim ... só aquela parte ali da D, não tá um pouco grande demais?	extensão	contradiz	
Lucas	<u>É porque, como a Bárbara disse, essa desaceleração é maior do que essa aceleração. Tipo, o gráfico, essa parte da inclinação dá a aceleração</u>, né? Se ele for muito inclinado em um tempo menor assim...	retroação	propõe uma causa	explanação causal
Sofia	Ah tá.	concordância		

Clara	É como se ele estivesse freando mais rápido, né?	continuação	propõe uma causa	explanação do cotidiano

Fonte: Dados da pesquisa.

A nona questão é o último item do TUG-K e faz parte da 7ª categoria de questões do teste: dada a descrição textual de um movimento, selecionar o gráfico correspondente (ver artigo da validação do TUG-K, na seção 2.1.1). Essa categoria apresentou, junto com a 4ª, menor percentual de acertos no pré-teste (13%), quando aplicado em 2018. Foi a categoria com menos acertos no pós-teste (26%).

A tabela 49 apresenta o percentual de falas de cada estudante durante a etapa de interação nessa questão, e as tabelas 50, 51 e 52 contêm os resultados das distribuições das categorias de cada uma das três dimensões de análise.

Tabela 49 - Percentual de tempo de fala dos estudantes, a partir da contagem de palavras, na questão 09.

Estudante	Questão 09
Bárbara	6,3%
Rafael	11,7%
Sofia	34,6%
Lucas	33,2%
Clara	14,2%

Fonte: Dados da pesquisa.

Tabela 50 - Distribuição das categorias da dimensão movimentos do discurso entre os membros do grupo, na nona questão.

Estudante	Inicialização	Continuação	Extensão	Retroação	Concordância/ Discordância	Resposta	Comentário	Conclusão	Total
Bárbara	1	1			1				3 (5,9%)
Rafael		2						1	3 (5,9%)
Sofia	3	8	1	3	5		1		21 (41,2%)
Lucas	1	3	2	2	4	4		1	17 (33,3%)
Clara	1	1	3	1	1				7 (13,7%)
Total	6 (11,8%)	15 (29,4%)	6 (11,8%)	6 (11,8%)	11 (21,6%)	4 (7,8%)	1 (2,0%)	2 (3,9%)	51

Fonte: Dados da pesquisa.

Tabela 51 - Distribuição das categorias da dimensão processos lógicos entre os membros do grupo, na nona questão.

Estudante	Propõe uma causa	Propõe um resultado	Evidencia	Sugere um método	Avalia	Contradiz	Total
Bárbara	1						1 (3,7%)
Rafael	1	2					3 (11,1%)
Sofia	6	1		1	4		12 (44,4%)
Lucas	2	2	1		1	1	7 (25,9%)
Clara		3		1			4 (14,8%)
Total	10 (37,0%)	8 (29,6%)	1 (3,7%)	2 (7,4%)	5 (18,5%)	1 (3,7%)	27

Fonte: Dados da pesquisa.

Tabela 52 - Distribuição das categorias da dimensão natureza da explanação entre os membros do grupo, na nona questão.

Estudante	Explanação formal	Explanação causal	Explanação descritiva	Explanação do cotidiano	Total
Bárbara		1			1 (5,0%)
Rafael		2			2 (10,0%)
Sofia		5	2		7 (35,0%)
Lucas	2	5			7 (35,0%)
Clara			3		3 (15,0%)
Total	6 (10,0%)	13 (65,0%)	5 (25,0%)	0	20

Fonte: Dados da pesquisa.

Há, nas 51 interações deste diálogo de 9 minutos, a presença de todas as categorias de movimentos de discurso. Quatro dos cinco estudantes iniciaram ao menos um tópico de discussão (exceto o Rafael), sendo a Sofia responsável por 3 das 6 inicializações. O Rafael e o Lucas trouxeram as conclusões. Todos os processos lógicos apareceram também, com muitas justificativas (proposições de causas) e chama a atenção o fato de quase todos os estudantes apresentarem um resultado, a exceção da Bárbara. Somam 18 as interações que apresentaram justificativas e/ou resultados. A Sofia e a Clara sugeriram métodos para a resolução da questão e a tabela 52 mostra que 20 das 51 interações apresentaram argumentações, sendo que não houve explanação do cotidiano.

A Sofia e o Lucas contribuíram com 7 explanações cada, e o Lucas também trouxe 2 explanações formais, mostrando conhecimento no assunto, e também contradisse alguma fala de um colega. Essas interações serão mais bem compreendidas após a leitura das unidades de áudio.

Na conversa inicial (ver quadro 26), é possível perceber que os alunos entendem que o gráfico V representa um movimento com velocidade uniformemente crescente e que a I não representa. As explanações formais e descritivas de Lucas e Sofia trazem essas explicações. O conflito se inicia quando a Clara, em um movimento de extensão, traz a possibilidade do gráfico II representar o movimento, o que é uma *misconception* de confusão de variáveis. O gráfico II pode parecer ser igual ao III se o estudante não diferenciar as variáveis envolvidas. A Sofia concorda com a Clara, que continua a conversa, propondo a letra D como resposta.

Em seguida, a Sofia faz inicia um tópico, trazendo uma nova reflexão, explorando o termo “uniformemente crescente”, cerne da questão. A discussão segue entre os três alunos, que apresentam dúvidas e erros conceituais nas falas, até que a Sofia retroage à discussão do significado de “uniformemente crescente”. Essa retroação foi fruto de um movimento de extensão do Lucas, contradizendo a colega. Em seguida, Lucas, com uma explanação causal, conclui corretamente, propondo um resultado para a questão. Esse trecho está destacado no quadro 43 a seguir.

A Sofia concorda com a conclusão do colega, mas a sua resposta e a avaliação que fez momentos depois, indicam que ela não compreendeu, de fato, o porquê a IV está errada, conforme mostra o quadro 44. Até mesmo Lucas, que traz a conclusão, também mostra dúvidas quanto ao gráfico IV.

Quadro 43 - Lucas contradiz a fala da Sofia e, após diálogo, desenvolve a resposta correta.

Sofia	Porque se for, eu acho que a V e a IV podem estar certas.	continuação	propõe um resultado	
Lucas	Mas como a aceleração tá aumentando, se fosse pra ele aumentar as mesmas posições em função do tempo, a aceleração teria que ser constante, né? Se a aceleração não é constante, não tem como ele variar as mesmas posições, e aí isso quer dizer que seria um gráfico que não seria um gráfico uniformemente crescente?	extensão	contradiz	explanação causal
Sofia	Então, mas aí significa o que afinal, o uniformemente crescente?	retroação		
Lucas	Esse é o ponto. Eu acho que ele quis dizer que ele vai - que a velocidade dele vai crescer em níveis iguais com o passar do tempo, né? E aí a gente teria III e V.	conclusão	propõe um resultado	explanação causal
Sofia	É… é.	concordância		

Fonte: Dados da pesquisa.

Quadro 44 - Falas de Lucas e Sofia após a conclusão anterior do Lucas.

Sofia	Mas, na II a gente … não seria variado né, porque ele tá subindo a mesma quantidade de posição tipo, certinho assim, acho que não seria variado.	extensão	propõe uma causa	explanação causal
	. . .			
Lucas	Eu só não consigo descartar a IV, por causa do conceito em si mesmo.	retroação		
Sofia	Exatamente, não tô conseguindo descartar a IV justamente pela questão do que é uniformemente crescente.	concordância		

Fonte: Dados da pesquisa.

Interessante perceber que a Sofia, em seu movimento de extensão, revela compreender o porquê o gráfico II não se representa um movimento com velocidade

crescente, mas a sua resposta à retroação de Lucas não deixa claro se está falando de velocidade 2m/s, 4m/s e 6m/s e, portanto, descrevendo corretamente o que poderia acontecer nessa situação, ou se se refere à aceleração $2m/s^2$, $4m/s^2$ e $6m/s^2$, apresentando uma confusão de variáveis, similar ao ocorrido na questão anterior. No final desse trecho da conversa, Lucas retroage ao questionamento do gráfico IV, acompanhado de sua colega.

Mais uma vez, o Rafael que, apesar de pouco interagir, mostra ser um membro do grupo que pode contribuir bastante na discussão, levando o debate para o rumo correto. Na sua primeira fala, em um movimento de conclusão, com uma explanação causal, propõe um resultado para a questão, explicando, de maneira informal e correta o porquê a IV não se enquadra no tipo de movimento requisitado no enunciado. Com a sua explicação, seus colegas não somente marcaram a resposta correta, como mostraram ter aprendido, com o Rafael, o significado de uniformemente crescente. A conversa final está destacada no quadro 45.

Quadro 45 - Momento em que o Rafael entra na conversa e soluciona o conflito cognitivo gerado anteriormente.

Rafael	Ah… eu acho que o certo seria B. A IV tá errada porque acho que o significado de uniformemente crescente né, a palavra, eu acho que é tipo cresce de uma forma única e na IV você que vê pela variação da aceleração a velocidade não cresce de forma única, ela tem meio que uma, é… como que eu explico, tipo uma variação sabe, uma alteraçãozinha. Ao contrário da III, que você vê que ela realmente cresce de uma forma única, ela tá constante, né tipo, tá… não sei explicar direito, mas...	conclusão	propõe um resultado	explanação causal
Sofia	Não, a gente entendeu, a gente entendeu.	continuação		
Rafael	A III e a V tem a mesma ideia que é realmente uniformemente crescente, que tá crescendo de uma forma única, e a IV não.	continuação	propõe uma causa	explanação causal
Sofia	Sim, sim, sim, faz muito sentido.	concordância		

Rafael	Eu acho que é a “B”.	continuação	propõe um resultado
Sofia	Eu vou nessa, sabe, eu vou na B também, vou descartar a IV. E aí, o que vocês acham?	concordância	
Lucas	É, B. Clara, você concorda?	concordância	
Sofia	Acho que a dificuldade nossa nessa nem foi nem tanto interpretar os gráficos, foi interpretar a pergunta em si.	comentário	avalia
Bárbara	Uhum, eu vou na B também.	concordância	

Fonte: Dados da pesquisa.

A décima e última questão desta análise foi aplicada na sétima e última aula de cinemática com o grupo e o tempo de discussão entre os pares foi de um pouco inferior a 5 minutos. As outras aulas foram sobre dinâmica e não foram gravadas. O grupo seguiu ainda após as férias de julho, com quatro aulas de cinemática relativística e outros tópicos de física moderna, a pedido dos estudantes.

De todas as questões analisadas, somente nesta, a discussão não foi iniciada pelo Lucas ou a Clara, mas sim pela Bárbara que, assim como a Sofia, iniciaram outras questões que não foram trazidas para análise.

Antes de prosseguir com a interpretação das interações, seguem as tabelas 53, 54, 55 e 56, com o percentual da fala dos estudantes e as distribuições das interações de acordo com as categorias das três dimensões do mapa analítico de interação social, respectivamente.

Tabela 53 - Percentual de tempo de fala dos estudantes, a partir da contagem de palavras, na questão 10.

Estudante	Questão 10
Bárbara	24,5%
Rafael	0,6%
Sofia	15,7%
Lucas	59,3%

Fonte: Dados da pesquisa.

Tabela 54 - Distribuição das categorias da dimensão movimentos do discurso entre os membros do grupo, na décima questão.

Estudante	Inicialização	Continuação	Extensão	Retroação	Concordância/ Discordância	Resposta	Comentário	Conclusão	Total
Bárbara	1	4	1		2	1			9 (36,0%)
Rafael					1				1 (4,0%)
Sofia		1			3	1	1		6 (24,0%)
Lucas		6		1	1			1	9 (36,0%)
Total	1 (4,0%)	11 (44,0%)	1 (4,0%)	1 (4,0%)	7 (28,0%)	2 (8,0%)	1 (4,0%)	1 (4,0%)	25

Fonte: Dados da pesquisa.

Tabela 56 - Distribuição das categorias processos lógicos entre os membros do grupo, na décima questão.

Estudante	Propõe uma causa	Propõe um resultado	Evidencia	Sugere um método	Avalia	Contradiz	Total
Bárbara	1	1		1	1	1	5 (45,5%)
Rafael							0
Sofia	1				1		2 (18,2%)
Lucas	1	1	1	1			4 (36,4%)
Total	3 (27,3%)	2 (18,2%)	1 (9,1%)	2 (18,2%)	2 (18,2%)	1 (9,1%)	11

Fonte: Dados da pesquisa.

Tabela 57 - Distribuição das categorias da dimensão natureza da explanação entre os membros do grupo, na décima questão.

Estudante	Explanação formal	Explanação causal	Explanação descritiva	Explanação do cotidiano	Total
Bárbara		1	2		3 (37,5%)
Rafael					0
Sofia			1		1 (12,5%)
Lucas	3		1		4 (50,0%)
Total	3 (37,5%)	1 (12,5%)	4 (50,0%)	0	8

Fonte: Dados da pesquisa.

Assim como na oitava questão, o percentual de interações aparece distante do percentual de tempo de fala. Lucas, que falou por quase 60% da discussão, proferiu 9 discursos, o mesmo que Bárbara. Enquanto a Bárbara foi responsável pela inicialização, Lucas foi quem trouxe a conclusão. Ambos propuseram resultados e causas para explicar uma ideia, e sugeriram métodos para resolução do item. Das 8 explanações com argumentação, 7 foram dos dois alunos, porém é Lucas quem apresentou três explanações de natureza formal.

A lembrar, a discussão da questão 07 transpareceu falhas nos conhecimentos dos estudantes. A análise dessa questão mostrou que Lucas apresentou o método correto para solucionar a questão, obtendo a resposta certa, porém não soube interpretar o tipo de movimento, acompanhado por seus pares. No encontro seguinte, com o objetivo de verificar se houve aprendizagem de todos os integrantes após a discussão e explicação do professor, os alunos revisitaram o mesmo assunto, interpretação de movimento a partir de gráfico posição x tempo, presente nessa décima questão.

Bárbara inicia a discussão propondo o resultado correto, porém apresentando a concepção alternativa dividindo o valor da ordenada pelo da abscissa, ao invés de medir a inclinação da reta nos últimos três segundos. É curioso que, mesmo após a inclinação do gráfico ter sido um tema recorrente ao longo das aulas, trabalhado em diversos momentos anteriores, a Bárbara ainda continua trazendo essa *misconception*. Por outro lado, os outros colegas mostram que, a essa altura, compreendem bem o gráfico da questão. A Bárbara apresenta ainda outra *misconception*, a de confusão de variáveis,

semelhante ao seu erro na questão 07, na aula anterior. Como é um gráfico posição x tempo, nos últimos três segundos representam um móvel cuja velocidade é negativa e constante, mas Bárbara faz uma avaliação errada, dizendo "Aqui a velocidade tá descendo, tá diminuindo…". Lucas explica, formalmente, o porquê a resposta é, de fato, a letra A, evidenciando aspectos do movimento. A Bárbara concordou com a fala do Lucas, mostrando ter compreendido o movimento representado no gráfico da questão. A contradição da Bárbara, com erros de interpretação, a explanação do Lucas e a concordância da Bárbara seguem sublinhadas no quadro 46.

Quadro 46 - Trecho da etapa de interação da questão 10, em que a Bárbara surge com uma ideia errada e, após interações de seus pares, passa a compreender o movimento representado no gráfico da questão.

Bárbara	Sim, mas ela… tipo, tem uma desaceleração ali ainda.	extensão	contradiz	explanação descritiva
Lucas	Que?	discordância		
Bárbara	Aqui a velocidade tá descendo, tá diminuindo…	continuação		
Lucas	Não entendi o que você quis dizer.	continuação		
Sofia	É, não peguei...	comentário		
Bárbara	Tá, mas vocês acham que é a A mesmo?	continuação	avalia	
Lucas	Sim. Tipo, é... como ele tá meio que regredindo de posição. A gente só vai falar que a velocidade é negativa mas, é… quando a gente tem tempo 2 ele tá na posição 10, exatamente na posição 10 e aí, no tempo 5, três depois, ele tá na posição zero. Se fosse pegar essa variação de deslocamento e a variação de tempo, você tem a velocidade.	retroação	evidencia	explanação formal
Bárbara	Entendi. Velocidade... eu, na minha cabeça, agora foi velocidade. Ele tá diminuindo de posição.	concordância		

Fonte: Dados da pesquisa.

A presença da Clara a esse debate seria enriquecedora, pois além de ser uma aluna bastante participativa, foi quem estava relutando contra a marcação da resposta correta

na questão 07 e quem proporcionou mais debates, fazendo com que o Lucas revelasse seu erro de interpretação, que recebeu a concordância de todos.

Enquanto os quadros 18 ao 27 respondem a segunda pergunta de pesquisa, esta seção se dedicou a responder a terceira e a quarta perguntas, apresentando as contribuições de cada estudantes nas etapas de interação e os tipos de conversas que surgiram nessas interações. A análise aqui desenvolvida também possibilitou verificar o funcionamento do PI, expondo também algumas de suas fragilidades.

5. CONCLUSÕES E CONSIDERAÇÕES FINAIS

Os resultados obtidos nesta pesquisa trazem aspectos das interações entre os estudantes em aulas ativas, mostrando o funcionamento e as fragilidades apresentadas da metodologia *Peer Instruction* no contexto em que foi aplicada, assim como possibilidades de seu aprimoramento.

O resultado obtido na análise quantitativa mostrou que os ganhos normalizados médios do curso de cinemática com as metodologias ativas PI e JiTT foi 0,34, o dobro do ganho do curso de cinemática com aulas expositivas e monológicas, que foi 0,17.

Os resultados da análise qualitativa, por sua vez, permitem traçar um mapa analítico que contempla, simultaneamente, as formas de comunicação e os processos de construção das explicações pelos estudantes durante as suas interações colaborativas, revelando aspectos importantes para a compreensão do método PI.

De fato, em sete das dez conversas analisadas, o PI funcionou conforme foi preconizado, ou seja, os estudantes resolveram os conflitos que surgiram e, no final, as marcações foram justificadas por conversas dentro do padrão, indicando que houve aprendizagem a partir da interação entre os pares. São essas as questões 01, 02, 03, 05, 06, 08 e 10:

- Questão 01: A Paula apresentou discursos pertencentes a todas as categorias da dimensão da natureza da explanação, propondo a resposta correta para o grupo. Em se tratando da dimensão movimentos do discurso, a discussão seguiu uma trajetória linear, da inicialização até a conclusão, com continuações, concordâncias, respostas e extensões no meio. O conflito sociocognitivo surgiu na fala da Letícia que, em um movimento de extensão, contradiz suas colegas com uma fala de natureza do cotidiano, questionando se o ar não teria nenhuma influência na questão. Esse conflito foi superado, uma vez que a Letícia e suas colegas concordaram com a Paula que, em um movimento de conclusão, propôs o resultado, apresentando uma fala de natureza formal;

- Questão 02: A aluna Letícia apresentou bastante dificuldade nessa questão, que foi superada com a ajuda de suas amigas. A negociação de significados se deu com argumentos enunciados por suas colegas, inseridos nas quatro categorias da dimensão da natureza da explanação. Foram inicializados dois tópicos de discussões, sendo o primeiro bem curto, com apenas quatro interações. No segundo movimento de inicialização, a fala da Ana propõe uma causa, uma explicação, de natureza descritiva. A conversa segue com movimentos de continuação, concordância e extensão, com falas inseridas em quatro das cinco categorias da dimensão processos lógicos e pertencentes as quatro categorias da dimensão natureza da explanação, até o momento em que a Paula, em um movimento de conclusão, propõe um resultado, se utilizando de uma explanação descritiva. Após essa primeira conclusão, a Letícia não deixou a etapa de interação acabar, continuando a conversa, expondo não ter compreendido a argumentação de suas colegas. Se iniciou assim um novo ciclo dentro da dimensão movimentos do discurso. Após a segunda conclusão dita pela Paula, a aluna Letícia conseguiu solucionar seu conflito cognitivo, sendo ela mesma a responsável por apresentar a terceira conclusão, propondo um resultado. A quarta e última conclusão vem em seguida à concordância da Letícia, em que a Paula propõe o resultado da questão, com a explanação de natureza causal.

- Questão 03: surgiu um conflito entre as alternativas A e D, que somente foi solucionado após uma longa negociação de significados, totalizando 96 interações, com cinco tópicos de discussões diferentes, identificados pelas falas enquadradas, dentro da dimensão movimentos do discurso, na categoria inicialização. No primeiro movimento de inicialização, Clara propõe um resultado para a questão, porém sem explicação. Quanto às dimensões processos lógicos e natureza da explanação, as falas seguintes da Clara propõem uma causa para justificar o resultado que ela propôs, apresentando explanações de natureza causal. Lucas entra da discussão, concordando com a sua colega, também propondo uma causa, e encerra esse primeiro tópico propondo o mesmo resultado que a Clara havia proposto quando iniciou a discussão. Essas duas falas do Lucas continham explanações da natureza formal, porém não foram o suficiente para

encerrar a discussão. A Clara inicializa o segundo ciclo de movimentos do discurso, que apresentou alguns pontos de destaque: i) a Bárbara, em um processo lógico de avaliação, continua a discussão, sugerindo não ser possível descartar a alternativa A, sendo acompanhada pelos movimentos de concordância de Clara e de Lucas; ii) em um ponto desse tópico, Lucas continua a conversa contradizendo a Clara, e a Sarah sucede a Lucas, contradizendo-o. Esses dois processos lógicos em sequência em que um estudante contradiz o outro mostra que os conflitos cognitivos que surgiram ainda não foram solucionados. A grande maioria das explanações nessa etapa foram de natureza causal. No quinto tópico de discussão, a Bárbara, que havia concordado com a fala da Sarah anteriormente, inicializa uma discussão, mostrando que ainda apresenta dúvidas quanto às alternativas A e D. Lucas retroage, contradizendo a Sofia e a Clara e, com uma explanação do cotidiano, tenta explicar o motivo pelo qual não se deve excluir a alternativa A, retornando ao centro da discussão do segundo tópico. A fala que soluciona o conflito sociocognitivo gerado nessa etapa de interação vem da Clara. Em um movimento do discurso de conclusão, se utiliza do processo lógico em que a estudante evidencia uma série de argumentos, com uma explanação do cotidiano. Sua fala é reforçada pela concordância da Sofia, que propõe uma resposta, através de uma explanação de natureza formal. Seus colegas concordam com a sua fala e a discussão se encerra, com todos assinalando a resposta correta;

- Questão 05: A discussão entre os estudantes nessa questão apresentou três ciclos de inicialização. Nos dois primeiros ciclos somente houve explanações de natureza causal e descritiva. Em se tratando especificamente do segundo ciclo, Lucas e Bárbara propuseram métodos para resolução da questão, explicando descritivamente a sua aplicação, e assim eliminando as letras A e D. No terceiro tópico de discussão, ao perceber que a alternativa B estava errada, Lucas volta a considerar a alternativa D, porém, carecendo de ideias, falou que marcaria a letra B. O Rafael entra na discussão e contradiz seu colega e, em seguida, apresenta a primeira explanação formal, propondo uma causa para justificar a alternativa D como a correta. Foram as três explanações formais do Rafael em sequência que possibilitaram seus colegas compreenderem a questão. Os processos lógicos

envolvidos nessas três explanações formais do Rafael foram diferentes: primeiramente o estudante propõe uma causa, depois evidencia um aspecto físico;

- Questão 06: analisando a dimensão movimentos do discurso, as interações ocorreram de modo linear, *i.e.*, houve apenas uma inicialização de tópico de conversa, e as discussões se encerram após o movimento de conclusão. Foi Lucas quem inicializou a etapa de interação e, após uma sequência de processos lógicos em que o estudante propõe causas para excluir algumas alternativas, Bárbara, em um movimento de extensão, evidencia certos fatos, elencando novas informações, com uma explanação de natureza formal. Essa fala foi a chave dessa questão, direcionando o grupo à resposta correta.

- Questão 08: Clara apresentou problema na interpretação do gráfico, conflito esse que foi solucionado após a explanação de natureza do cotidiano do Lucas, seguida da explanação descritiva da Bárbara. Lucas inicializou o único tópico de discussão e, após a sequência da inicialização até a conclusão, enunciada pela Bárbara, a Sofia estendeu o debate, trazendo um detalhe que envolve a alternativa proposta como resultado pela colega. Em seguida, Lucas retroagiu a uma ideia, propondo uma causa para justificar o porquê deste detalhe presente na resposta. Essa fala do Lucas, de natureza causal, somada à continuação dada por Thauny, de natureza do cotidiano, foram o suficiente para que a Sofia concordasse com os argumentos e encerrar a conversa. Observando a dimensão processos lógicos, é possível ver um predomínio da categoria "propõe uma causa", até que, na conclusão da Bárbara, aparece, pela primeira vez, a categoria "propõe um resultado". Na dimensão natureza da explanação, 8 das 13 explanações foram descritivas, indicando que, nessa questão, os estudantes tentaram negociar significados propondo causas, descrevendo situações/detalhes presentes na questão.

- Questão 10: foram 25 interações dentro de um único tópico de discussão, inicializado pela Bárbara e concluído por Lucas. Bárbara, que inicialmente, apresentou uma concepção alternativa na sua sugestão de método, o que levou

Lucas a propor causa, descrevendo o porquê esse método estaria errado. Ele mesmo, em sequência, propõe outro método de resolução, se utilizando de uma explanação formal, aparentando ter solucionado o conflito cognitivo gerado pela sua colega. Mas a Bárbara estende a discussão, contradizendo seus colegas. O conflito cognitivo foi solucionado após Lucas retroagir a suas ideias e, novamente apresentou uma explanação formal, evidenciando, de maneira aprofundada, aspectos da questão. Essa fala categorizada na dimensão processos lógicos como "evidencia" e na dimensão natureza da explanação como "natureza formal" fez com que seus colegas compreendessem a questão, que se encerrou com a conclusão do Lucas, propondo um resultado, com uma explanação também formal.

A questão 04 foi a única das mais de 30 questões de cinemáticas aplicadas ao longo de sete encontros em que não houve consenso entre os pares, porém o resultado parece estar de acordo com as ideias defendidas no debate. O que aconteceu foi que houve conflitos cognitivos não resolvidos. Quem estava certo não conseguiu convencer seus pares, indicando que a argumentação baseada na exclusão das alternativas incorretas, sem conseguir explicar diretamente o porquê determinada alternativa é a correta, pode não ser o suficiente para a negociação de significados. Houve quatro ciclos de inicialização. No primeiro, a Clara propôs causas, com explanações causais, para justificar a exclusão das alternativas C e D e, após a concordância de Lucas, concluiu, propondo a letra A como resposta, justificando-a por meio de uma explanação de natureza descritiva. Quando parecia que a questão estava encerrada, o Rafael apresentou um movimento de discordância, trazendo conflito de ideias para a discussão e, após algumas interações, o estudante apresentou a 2ª conclusão dessa questão, propondo o resultado correto para a questão, porém a sua explanação causal não convenceu a Clara que, na sequência, estende o debate e, se utilizando do processo lógico "propõe uma causa" para invalidar a conclusão do colega. O 2º ciclo de conversas girou em torno da necessidade de se avaliar melhor a questão e caminhos para resolvê-la. Foram três as falas com explanações, uma descritiva, uma formal e a outra, causal, mas sem um movimento de conclusão. No 3º ciclo, após a continuação do Rafael à fala do professor, Clara passou a concordar com o método de eliminação de alternativas, mas novamente o ciclo da dimensão movimentos

do discurso foi incompleto, sem nenhum membro expressar uma conclusão. Isso aconteceu porque a Sofia retroagiu à ideia de tentar achar outro método para justificar a letra C como a alternativa correta, retomando o conflito cognitivo e voltando a considerar a letra A como possibilidade de resposta. Após diversos processos lógicos "propõe uma causa" e "contradiz", como novas tentativas de negociação, Sarah iniciou o 4° e último tópico, sugerindo outro método (incorreto, por ter base em concepções alternativas relacionada à interpretação de gráficos), sem adesão de seus colegas. Lucas concluiu, com uma explanação causal, propondo a letra A como resposta. Rafael retroagiu, propondo uma causa para justificar a alternativa C, trazendo uma explanação do cotidiano, gerando conflito em Lucas, verbalizado em um comentário. Contudo, mesmo com esse conflito, Lucas decide manter a letra A como resposta, assim como Sofia e Clara. Rafael, Sarah e Bárbara, em contrapartida, propuseram a letra C. 125 interações não foram o suficiente para a resolução dos conflitos cognitivos, evidenciados pelos movimentos de discordância e nas falas em que um estudante contradiz o que foi dito por um colega. Nenhuma das 7 sugestões de métodos foi bem-sucedida no sentido de satisfazer os questionamentos levantados, e as 42 explanações distribuídas entre as 4 categorias da dimensão natureza da explanação (ver tabelas 30 e 32) foram o suficiente para a negociação de significados.

Na questão 07, os estudantes discutiram sobre dois tópicos. A Clara iniciou o primeiro ciclo de movimentos do discurso propondo uma resposta para a questão e, em seguida, sugeriu um método, descrevendo como chegar à resposta. O conflito sociocognitivo surgiu quando Lucas estendeu a conversa, propondo outro método para resolver a questão e, consequentemente, obtendo outra resposta. A discussão segue com explanações das naturezas causais e descritivas, até que Lucas retroagiu ao método que havia proposto, fazendo uso de uma explanação formal, acompanhado de Bárbara, que trouxe o movimento de conclusão, propondo o resultado correto. Lucas, percebendo que a sua colega Clara não interagiu após a conclusão do item, realizou um comentário, na tentativa de fazer com que ela se manifestasse, o que desencadeou no 2° ciclo de movimentos do discurso, também inicializado pela Clara que, em seguida, sugeriu outro método para resolver a questão, com uma explanação formal. O ponto chave dessa segunda etapa da conversa foi que Lucas contradisse essa explanação correta da Clara com uma argumentação falha, mas que foi aceita por todos os colegas, inclusive pela

Clara. Todos acertaram a questão, porém continuaram com falhas conceituais, em menor ou maior grau, após a etapa de interação. O Lucas e a Bárbara levantaram ideias corretas durante o primeiro tópico da discussão, e obtiveram a resposta certa, porém mostraram falhas na interpretação do gráfico na segunda parte da conversa. A Sofia não emitiu uma fala com alguma explanação de natureza qualquer, não demostrando ter compreendido o assunto abordado na questão. A Clara não solucionou o conflito cognitivo criado na primeira parte da discussão e, na segunda etapa, concordou com uma explanação causal incorreta do Lucas.

Na questão 09 houve 6 movimentos de inicialização. Os 2 primeiros apresentaram processos lógicos contendo causas e respostas, com explanações de natureza formal e descritiva, respectivamente. No 3° tópico, a explanação descritiva da Clara foi continuada por Lucas, que agregou uma explanação causal ao debate. A causa enunciada por Lucas nessa continuação gerou um conflito, verbalizado no movimento de extensão da Clara. Esse conflito não foi solucionado, mas foi superado (momentaneamente, porque a Bárbara retoma esse conflito no 6° tópico), uma vez as alternativas não contemplavam essa possibilidade (ideia imprevista A2 – ver quadro 04). No 4° tópico, Clara propôs um resultado, porém sem explanação, o que fez a Sofia inicializar o 5º tópico, avaliando o significado do termo chave da questão. Nessa etapa da discussão, após 12 interações, sendo 6 com explanações causais e descritivas e 4 movimentos de extensão, a Sofia retroagiu ao questionamento quanto ao significado do termo descrito no enunciado do item. Em seguida, Lucas verbalizou o primeiro movimento de conclusão, propondo o resultado correto, embasado por uma explanação causal. Instantes depois, após conversa com seus colegas, Lucas retroagiu à sua conclusão, com uma explanação formal. Nesse momento, a Bárbara iniciou o 6° e último tópico da conversa, retomando o questionamento gerado pela Clara no 3º tópico. A explanação causal produzida pela Sofia recebeu a concordância do Lucas, mas a Bárbara não se pronunciou. Na sequência, Lucas retroagiu a uma ideia incorreta, conflitante com a sua própria explanação formal dita momentos antes, e a Sofia, com seu movimento de concordância, mostrando que o conflito cognitivo não foi solucionado no 5° tópico de discussão, conforme havia aparentado. O Rafael interagiu com a última conclusão, propondo a resposta correta, e o fez com uma explanação causal. Seus colegas concordaram, exceto a Clara, que não interagiu na última metade da conversa, porém, sem emitir nenhuma explanação ou

processo lógico para sinalizar que, de fato, compreenderam o assunto e solucionaram os conflitos. Sendo assim, a análise das interações nessa questão sugere ter ocorrido uma conversa fora do padrão B2, em que a Clara, Sofia e Bárbara teriam assinalado a resposta correta por ter sido a resposta adotada pelo Lucas na conclusão do 5° tópico da discussão e pelo Rafael, na reta final. O movimento de retroação do Lucas e a sua falta de interação após a conclusão do seu colega também indicam que, mesmo tendo concluído corretamente anteriormente, permaneceu com conflitos cognitivos não resolvidos.

O fato de o PI não ter funcionado conforme previsto nessas três questões (04, 07 e 09), no sentido de os estudantes não terem solucionado os conflitos cognitivos e apresentarem conversas fora do padrão, não diminui a contribuição do método no que tange oportunizar nos estudantes a troca de ideias entre eles, e a construção da própria aprendizagem, mesmo permanecendo falhas conceituais após as discussões. Não é esperado que o método faça com que os estudantes consigam negociar significados sempre e que solucionem todos os conflitos, até porque a etapa de discussão entre pares não é a última do PI, mas sim a explicação da questão fornecida pelo professor, com a participação dos estudantes. E, mesmo após a conclusão do algoritmo do PI, é improvável que todos os estudantes tenham aprendido todos os detalhes da questão trabalhada.

Em se tratando especificamente da questão 04, ela é uma questão difícil, sendo recorrente os erros devido a concepções alternativas dos estudantes na interpretação do gráfico. Essa questão foi aplicada pelo autor deste trabalho em diversas turmas, ao longo de vários anos, e são poucos os acertos. Não surpreende que a metade do grupo tenha assinalado uma alternativa incorreta. Uma possibilidade para que mais grupos consigam resolver corretamente essa questão é que o professor trabalhe previamente questões mais simples envolvendo a relação área de gráficos velocidade x tempo e o deslocamento do móvel.

A questão 07 é a quinta questão do TUG-K (ver apêndice) e, quando aplicada em estudantes com aulas sem PI, foi uma das questões com menor percentual de acerto (20%) na etapa pós-teste (ver tabela 1 do trabalho de validação do TUG-K, apresentado na seção 2.1.1), o que justifica a dificuldade encontrada pelo grupo focal. A fim de verificar a aprendizagem dos estudantes após a etapa de explicação do item, uma outra questão (questão 10) envolvendo o mesmo tema foi aplicada na semana seguinte, e o PI funcionou dentro do previsto, com conversas dentro do padrão.

A análise da questão 09 sugere que os estudantes encontraram dificuldades quanto ao conceito por trás da expressão “uniformemente crescente” e relacioná-la aos gráficos apresentados na questão, ainda mais por explorar aspectos dos três gráficos (posição x tempo, velocidade x tempo e aceleração x tempo), por mais que o assunto tenha sido trabalhado na etapa inicial do PI, em que o professor faz uma breve explanação do conteúdo. Um possível caminho para prevenir essas falhas conceituais é explorar, na abordagem inicial do assunto, gráficos aceleração x tempo diferentes de uma reta constante, como o gráfico IV da questão, o que não foi feito pelo professor. A interpretação desse gráfico gerou conflitos cognitivos aparentemente não solucionados.

Os trabalhos iniciais do professor Mazur, assim como outros trazidos nesta pesquisa, aplicavam o PI em duplas ou trios. No contexto desta pesquisa, em todos os grupos compostos por três ou quatro membros, uma pessoa dominou a conversa, apresentando mais de 50% do tempo de fala, conforme mostram as tabelas 58, 59 e 60.

Tabela 58 - Percentual de fala de cada estudante do grupo de 2019 nas questões 01 e 02, com destaque para os percentuais de fala da Paula.

Estudante	Questão 01	Questão 02
Ana	21,6%	16,5%
Renata	6,9%	17,9%
Letícia	17,2%	9,4%
Paula	**54,3%**	**56,3%**

Fonte: Dados da pesquisa.

Tabela 59 - Percentual de fala de cada estudante do grupo de 2021 nas questões em que o grupo foi composto por três ou quatro integrantes, com destaque para os percentuais de fala do Lucas.

Estudante	Questão 05	Questão 06	Questão 10
Bárbara	28,4%	9,8%	24,5%
Rafael	10,2%	14,7%	0,6%
Lucas	**61,3%**	**75,5%**	**59,3%**
Sofia			15,7%

Fonte: Dados da pesquisa.

Tabela 60 - Percentual de fala de cada estudante do grupo de 2021 nas questões em que o grupo foi composto por mais de quatro integrantes.

Estudante	Questão 03	Questão 04	Questão 07	Questão 08	Questão 09
Bárbara	17,3%	6,1%	9,6%	21,2%	6,3%
Rafael	0,4%	17,7%	0,0%	0,2%	11,7%
Sofia	23,2%	27,1%	7,0%	12,5%	34,6%
Sarah	4,7%	2,6%			
Lucas	17,7%	21,9%	46,7%	46,7%	33,2%
Clara	36,8%	24,5%	36,6%	19,5%	14,2%

Fonte: Dados da pesquisa.

Como a Paula e o Lucas são estudantes com habilidades interpessoais, comunicativos, principalmente a Paula, que era monitora de física do 1° ano do Ensino Médio e adorava ajudar seus colegas de sala, eles acabaram dominando boa parte das discussões com colegas mais introspectivos. Se, por exemplo, o grupo fosse uma dupla com o Rafael e a Bárbara, muito provavelmente, pela personalidade dos dois, haveria pouquíssima interação, com longos períodos de silêncio quebrados, por algumas frases curtas.

Em grupos com 5 ou 6 integrantes, existe uma maior probabilidade de ter outro colega que também gosta de debater e que trabalha bem em grupo, possibilitando o surgimento de mais ideias, mais conflitos e, assim, tornando o PI mais efetivo, com maior interação. Conforme discutido na seção 1.2, os trabalhos com PI, em sua maioria, utilizam grupos com 2 a 5 integrantes. No contexto desta pesquisa, o percentual de participação de cada estudante foi mais bem distribuído, com mais alunos participando mais ativamente das discussões, nos grupos com 5 e 6 integrantes.

Os resultados desta pesquisa dialogam com aqueles publicados pela dupla Turpen e Finkelstein, descritos na seção 1.5, apontando que o PI pode funcionar melhor quando o professor ouve seus alunos durante a etapa de discussão, pedindo a participação daqueles mais quietos e trabalhando, na etapa de explicação, as ideias imprevistas que ouviu, assim como as concepções alternativas. Nas questões 05 e 06, por exemplo, o Rafael só participou porque o professor solicitou a opinião do estudante, cujas falas

contribuíram para o andamento da discussão. Escutar as discussões faz com que o professor detecte ideias incorretas e possa trabalhar questões que abordam o mesmo assunto na aula seguinte, para que os alunos que ainda apresentam falhas possam corrigi-las, assim como aconteceu com a Bárbara durante as interações nas questões 08 e 10.

A análise qualitativa mostrou também que o *recent learner* que ainda apresenta falhas na aprendizagem do conteúdo abordado na questão pode interagir com explanações incorretas, fazendo com que seus colegas (*new learners*) concordem e/ou elaborem conclusões erradas, conforme ocorrido na questão 07. Nesse caso, o *new learner* terá a possibilidade de desconstruir o que aprendeu erroneamente e aprender com o professor, durante etapa de explicação do item.

As classificações dos extratos de áudio mostraram também que a maioria dos embates de ideias ocorreram nas falas classificadas dentro da dimensão processos lógicos como "contradiz". Outras situações de conflitos de ideias foram marcadas por movimentos de discordância e de extensão, associados a propostas de causas, resultados e métodos diferentes dos enunciados por outro(s) colega(s). Somente as questões 02 e 06 não apresentaram a categoria contradiz. Na questão 02 não houve conflito cognitivo. Foi uma questão em que uma aluna estava explicando e outra, concordando e acompanhando a explicação. Na questão 06, o conflito cognitivo apresentado por Lucas surgiu quando o aluno percebeu a contradição presente no seu raciocínio. Ele não contradisse uma fala de um colega. O movimento de extensão da Bárbara encaminhou a discussão para solucionar esse conflito.

As tabelas das distribuições das falas dos estudantes de acordo com as categorias da dimensão da natureza da explanação mostraram que não houve discussão sem ao menos uma explanação formal e que todas as falas indicando aprendizagem foram manifestadas após explanações formais, associadas a outros tipos de explanações. Nas questões 01, 03 e 08, é possível observar também um impacto positivo das explanações do cotidiano na negociação de significados entre os estudantes. Importante perceber também que uma única explanação formal sozinha não se mostrou ser o suficiente para promover aprendizagem nos colegas, mas sim um somatório de explanações, de troca de ideias, mas há a presença de ao menos uma explicação formal para a promoção da aprendizagem. A questão 04 mostrou também que o uso de explanações de várias

categorias não é garantia de sucesso na negociação de significados entre os pares, porém observando todas as outras, indica ser um bom caminho.

De modo geral, os resultados das análises quantitativa e qualitativa realizadas se mostraram de acordo com as publicações da área, sendo possível concluir que o PI é um método auspicioso no que se propõe inclusive para o contexto em que essa pesquisa foi aplicada, com estudantes de ensino médio de um colégio público federal brasileiro, possibilitando maior participação dos estudantes no processo de construção do conhecimento, trabalhando também atitudes e habilidades interpessoais.

Espera-se que os professores da educação básica que queiram aplicar o PI em suas aulas encontrem, na leitura deste trabalho, contribuições para as suas práticas, e que sejam realizadas mais pesquisas envolvendo aplicações do método na educação básica brasileira, revelando mais informações e aspectos das interações entre pares e de outras etapas, evidenciando pontos críticos e caminhos para a sua aprimoração.

REFERÊNCIAS

ANDREW, S. Self-efficacy as a predictor of academic performance in science, **J. Adv. Nurs.** v. 27, n. 3, 596-603, 1998.

ARAÚJO, A. V. R. de et al. Uma associação do método Peer Instruction com circuitos elétricos em contextos de aprendizagem ativa. **Rev. Bras. Ensino Fís.** v. 39, n. 2, 2017.

ARAÚJO, I. S.; MAZUR, E. Instrução pelos colegas e ensino sob medida: uma proposta para o engajamento dos alunos no processo de ensino-aprendizagem de Física. **Caderno Brasileiro de Ensino de Física**, Florianópolis, v. 30, n. 2, p. 362-384, abr. 2013.

BANDURA, A. Self-efficacy: Toward a Unifying Theory of Behavioral Change, **Psychol. Rev.** v. 84, n. 2, p. 191-215, 1977.

BANDURA, A.; AZZI, R. G. **Teoria Social Cognitiva: Diversos Enfoques**. Campinas, SP: Mercado de Letras, 2017. 200p.

BARROS, J. A. et al. Engajamento interativo no curso de Física I da UFJF. **Rev. Bras. Ens. Fís.**, v. 26, n. 1, pp. (63-69), 2004.

BEICHNER, R. J. Testing student interpretation of kinematics graphs. **Am. J. Phys.** v. 62, n. 8, pp. (750 - 762), Agosto, 1994.

BONWELL, C. C.; EISON, J. A. **Active learning: creating excitement in the classroom**. Washington, DC: Eric Digests, 1991. 121 p.

BRAGAW, D. H.; HARTOONIAN, H. M., **Content of the Curriculum**. Alexandria, Va: ASCD Yearbook, p. 9-30, 1988.

BRASIL. Ministério de Educação e Cultura. **LDB - Lei no 12796/13, de 4 de Abril de 2013.** Altera a Lei nº 9.394, de 20 de dezembro de 1996, que estabelece as diretrizes e bases da educação nacional, para dispor sobre a formação dos profissionais da educação e dar outras providências. Brasília: MEC, 2013.

BORUCHOVITCH, E.; GÓES, N. M., **Estratégias de aprendizagem: como promovê-las**. Petrópolis, RJ: Vozes, 2020. 126 p.

CHAPMAN, B. S. Emphasizing concepts and reasoning skills in introductory college molecular cell biology. **International Journal of Science Education**, v. 23, n. 11, p. 1157-1176, 2011.

CLEMENT, J. Student´s preconceptions in introductory mechanics. **Am. J. Phys.**, v. 50, n. 1, pp. (66-70), Janeiro, 1982.

CROUCH, C; MAZUR, E. Peer Instruction: Ten years of experience and results. **Am. J. Phys.**, v. 69, n. 9, pp. (970-977), Setembro, 2001.

CUNHA, R. F. F.; SASAKI, D. G. G. Validação da nova versão do Test of Understanding Graphs in Kinematics (TUG-K) com estudantes de ensino médio. **Rev. Bras. Ensino Fís**., v.42, 2020.

DAVIDSON, N.; MAJOR, C. H. Boundary Crossings: Cooperative Learning, Collaborative Learning, and Problem-Based Learning. **Journal on Excellence in College Teaching**, v. 25, n.3, pp. 7-55, 2014.

DOISE, W.; MUGNY, G. Individual and collective conflicts of centrations in cognitive development, **Eur. J. Soc. Psychol**., v. 9, n. 1, pp. 105-108, 1979.

DOISE, W.; MUGNY, G. Socio-cognitive conflict and structure of individual and collective performances. **Eur. J. Soc. Psychol**., v. 8, n. 2, pp.181-192, 1978.

DOISE, W.; MUGNY, G., PERRET - CLERMONT, A.-N., Social interaction and the development of cognitive operations, **Eur. J. Soc. Psychol**., v. 5, n. 3, pp. 367–383, 1975.

FENCL, H.; SCHEEL, K. Pedagogical approaches, contextual variables, and the development of student self- efficacy in undergraduate physics courses, **AIP Conference Proceedings**, v. 720, n. 1, p. 173-176, 2004.

FERREIRA, M.; FERNANDES, S. Desenvolvimento e aprendizagem: da perspectiva construtivista à socioconstrutivista, **Psic. da Ed**., v. 34, n.1, pp. 37-62, 2012.

FREIRE, Paulo. **Pedagogia do oprimido**. 71ª edição. Rio de Janeiro/São Paulo: Paz e Terra, 2019.

GIULIODORI, M. J.; LUJAN, H. L.; DICARLO, S. E. Peer instruction enhanced student performance on qualitative problem-solving questions. **Adv Physiol Educ**., v. 30, n. 4, pp. (168-173), Junho 2006.

GOWIN, D. B.; ALVARAZ, M. C. **The Art of Educating with V Diagrams**. Cambridge University Press – The Edinburgh Building. 2005. 231 p.

GOYA, A; LABURÚ, C. E. Uma atividade experimental de física por meio de uma investigação multimodal representacional. **Experiências em Ensino de Física**, v. 9, n. 2, pp. (32-44), 2014.

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

HALLOUN, I.; HESTENES, D. Common sense concepts about motion. **Am. J. Phys**., v. 53, n. 11, pp. (1056-1065), Janeiro, 1985.

HALLOUN, I.; HESTENES, D. Modeling instruction in mechanics. **Am. J. Phys**., v. 55, n. 5, pp. (455-462), Janeiro, 1987.

HALLOUN, I.; HESTENES, D. The initial knowledge state of college physics students. **Am. J. Phys**., v. 53, n. 11, pp. (1043-1055), Janeiro, 1985.

HESTENES, D.; MALCOLM, W.; SWACKHAMER, G. Force Concept Inventory. **The Physics Teacher**, v. 30, n. 3, pp. (141-158), Março, 1992.

HESTENES, D.; WELLS, M. A Mechanics Baseline Test. **The Physics Teacher**, v. 30, n.3, pp. (159-166), Março, 1992.

JAMES, M. C. The effect of grading incentive on student discourse in Peer Instruction. **Am. J. Phys**., v. 74, n. 8, pp. (689–691), Março 2006.

JAMES, M.; FEDERICA, B., GARCIA, P., What Are They Talking About? Lessons Learned from a Study of Peer Instruction. **Astronomy Education Review**, v. 7, n. 1, pp. (37-43), Fevereiro, 2008.

JAMES, M.; WILLOUGHBY, S. Listening to student conversations during clicker questions: What you have not heard might surprise you! **Am. J. Phys**., v. 79, n. 1, pp. (123-132), Agosto, 2010.

KAARTINEN, S.; KUMPULAINEN, K., Collaborative inquiry and the construction of explanations in the learning of science. **Learning and Instruction**, v. 12, n. 2, pp. (189-212), Abril, 2002.

KIM, K. et al. Effects of Active Learning on Enhancing Student Critical Thinking in an Undergraduate General Science Course. **Innovative Higher Education**, v. 38, n. 3, p. 223–235, 2012.

KNOLL, M. The Project Method: Its Vocational Education Origin and International Development. **Journal of Industrial Teacher Education**, v. 34, n. 3, 1997.

LÄMSÄ, J. et al. Visualizing the temporal aspects of collaborative inquiry-based learning processes in technology-enhanced physics learning. **International Journal of Science Education**, v. 40, n. 14, pp. (1697-1717), Setembro, 2018.

LASRY, J. Clickers or Flashcards: Is There Really a Difference? **The Physics Teacher**, v. 46, n. 4, pp. (242-244), Abril, 2008.

LASRY, M.; MAZUR, E.; WATKINS, J. Peer Instruction: From Harvard to the two-year college. **Am. J. Phys**., v. 76, n. 11, pp. (1066-1069), Novembro, 2008.

LEVY, G.; SOBRINHO, F.; SOUZA, C. Burnout Syndrome in public elementary school teachers. **Produção**, v. 13, n. 9, pp. (458-465), 2009.

LOPES, B. Grupo Focal na Pesquisa em Ciências Sociais e Humanas. Revista Educação e Políticas em Debate, v. 3, n. 2, pp. (482-492), Agosto, 2014.

MARQUES, L. William Kilpatrick e o Método de Projeto. **Cadernos de Educação de Infância**, n. 107, pp. 4-5, 2016.

MAZUR, Eric. **Peer Instruction: A Revolução da Aprendizagem Ativa**. Tradução: Anatólio Laschuk. Porto Alegre: Penso, 2015. 252 p.

MELO - DIAS, C.; SILVA, C. Teoria da Aprendizagem Social de Bandura na Formação de Habilidades de Conversação. **Psicologia, Saúde & Doença**, v. 20, n. 1, p. 101-113, 2019.

MENESTRINA, T. et al., Análise piagetiana do desenvolvimento cognitivo: experiências com crianças do ensino fundamental, **Revista Dynamis**, v. 20, n. 1, pp. 54-73, 2014.

MILLER, K. et al. Response switching and self-efficacy in Peer Instruction classrooms. **Phys. Rev. ST Phys. Educ. Res**., v. 11, n. 1, 8 pp., fev. 2015.

MIZUKAMI, M. G. N. Ensino: As Abordagens do Processo. São Paulo: EPU, 1986.

MORAES, R. Análise de conteúdo. **Revista Educação**, Porto Alegre, v. 22, n. 37, pp. (7-32), 1999.

MORÁN, J. Mudando a educação com metodologias ativas. **Coleção Mídias Contemporâneas. Convergências Midiáticas, Educação e Cidadania: aproximações jovens**, v. 2, p. 15-33, 2015.

MOREIRA, M. A. Negociação de Significados e Aprendizagem Significativa. **Ensino, Saúde e Ambiente**, v.1, n.2, p 2-13, Dezembro 2008.

MOREIRA, M. A. **Teorias de Aprendizagem**. São Paulo: Editora Pedagógica e Universitária, 2011. 248 p.

MOREIRA, M. A. Aprendizagem Significativa: da visão clássica à visão crítica. **I Encontro Nacional de Aprendizagem Significativa**, Campo Grande, MS, Brasil, Abril, 2005.

MORICE, J. et al., Comparing the effectiveness of peer instruction to individual learning during a chromatography course, **Journal of Computer Assisted Learning**, v. 31, n. 6, pp. 722-733, 2015.

MÜLLER, M. et al. Implementação do método de ensino Peer Instruction com o auxílio dos computadores do projeto "UCA" em aulas de Física do Ensino Médio. **Caderno Brasileiro de Ensino de Física**, Florianópolis, p. 491-524, Agosto. 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, n. 3, 2017.

MÜLLER, M. G. **Metodologias Interativas de Ensino na Formação de Professores de Física: Um Estudo de Caso com Peer Instruction**. 2013. 226 p. Dissertação (Mestrado Acadêmico em Ensino de Física) – Instituto de Física, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Rio Grande do Sul, 2013.

NOVAK, G. M. et al. **Just-in-time teaching: blending active learning with web technology**. Upper Saddle River, N.J. Prentice-Hall, 1999. 188 p.

OLIVEIRA, P.A. **Métodos e Técnicas de Ensino na Disciplina de História: Superando o Ensino Tradicional. 2013. 55 p.** Monografia (Especialização em Educação: Métodos e Técnicas de Ensino) – Universidade Tecnológica Federal do Paraná – UTFPR, Campus Medianeira, 2013.

PASTORIO, D. P. et al . Elaboração e implementação de uma unidade didática baseada no Just-in-Time Teaching: um estudo sobre as percepções dos estudantes. **Rev. Bras. Ensino Fís**., São Paulo, v. 42, nov. 2020.

QUIBAO, Matheus Pinheiro et al. Investigando a compreensão conceitual em física de alunos de graduação em cursos de ciências, engenharias e matemática. **Rev. Bras. Ensino Fís**., v. 41, n. 2, 2019.

REVANS, R. **ABC of Action Learning**. Surrey: Gower Publishing Limited, 2001.

REVANS, R. Action Learning – A Management Development Programme. **Personnel Review**, v. 1, n. 4, pp. (36-44), 1972.

REVANS, R. Na Action Learning Trust. **Journal of European Industrial Training**, v. 1, n. 1, pp. (2-5), 1977.

RIBEIRO, L. C. F.; MIZUKAMI, M. G. N. Uma Implementação da Aprendizagem Baseada em Problemas (PBL) na Pós-Graduação em Engenharia sob a Ótica dos Alunos. **Semina: Ciências Sociais e Humanas**, v. 25, pp. (89-102), set. 2004.

RYAN, M.P.; MARTENS, G.G. **Planning a College Course: A Guidebook for the Graduate Teaching Assistant**. Ann Arbor, MI: University of Michigan Press, 1989.

SANTOS, D.; AGUIAR, J. A formação de conceitos sobre queda livre de corpos: uma análise epistemológica à luz de Gaston Bachelard. **Revista Valore**, v. 6 (edição especial), pp. (449-459), 2021.

SANTOS, D.; ALLIPRANDINI, P. A promoção do uso de estratégias cognitivas em alunos do Ensino Médio. **Psicologia Escolar e Educacional [online]**, v. 22, n. 3, pp. (535-543). Disponível em: <https://doi.org/10.1590/2175-35392018033143>. Epub Sep-Dec 2018. ISSN 2175-3539. https://doi.org/10.1590/2175-35392018033143.

SCHELL, J.; LUKOFF, B. **Peer instruction self-efficacy instrument** [Developed at Harvard University]. Unpublished Instrument (2010).

SILBERMAN, M.; AUERBAC, C.A. **Active training: A handbook of techniques, designs case examples, and tips**. San Francisco, CA: Jossey-Bass /Pffeiffer, 2006.

SILVA, B.; NETO, V.; GRITTI, N. SOFT SKILLS: rumo ao sucesso no mundo profissional. Interface Tecnológica, v. 17, n. 1, pp. (829-842), 2020.

SILVA, D.; SALES, G.; CASTRO, J. A utilização do aplicativo plickers como ferramenta na implementação da metodologia Peer Instruction. **Revista Eletrônica Científica Ensino Interdisciplinar Mossoró**, v. 4, n. 12, pp. (502-516), Novembro, 2018.

SOUZA, J. M. Os Jesuítas e a RATIO STUDIORUM: As raízes da formação de professores na Madeira. **Revista Islenha**, n. 32, p. 26 – 46, 2003.

TENREIRO-VIEIRA, C. Produção e avaliação de atividades de aprendizagem de ciências para promover o pensamento crítico dos alunos. **Revista Iberoamericana de Educación**, v. 33, n. 6, 2004.

TURPEN, C.; FINKELSTEIN, N. Not all interactive engagement is the same: Variations in physics professors' implementation of Peer Instruction. **Phys. Rev. ST Phys. Educ. Res**., v. 5, n. 2, 18 pp., Agosto, 2009.

TURPEN, C.; FINKELSTEIN, N. The construction of different classroom norms during Peer Instruction: Students perceive differences. **Phys. Rev. ST Phys. Educ. Res**., v. 6, n. 2, 2 pp., Novembro, 2010.

VIEIRA, A. S. **Uma alternativa didática às aulas tradicionais: o engajamento interativo obtido por meio do uso do método peer instruction (instrução por pares)**. 2014. 235 p. Dissertação (Mestrado Acadêmico em Ensino de Física) – Instituto de Física, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Rio Grande do Sul, 2014.

WALTERS, R.; SIROTIAK, T. Assessing the effect of project based learning on leadership abilities and communication skills. **47th ASC Annual International Conference Proceeding,** (2011).

ZHANG, P.; DING, L.; MAZUR, E. Peer Instruction in introductory physics: A method to bring about positive changes in students' attitudes and beliefs. **Phys. Rev. Phys. Educ. Res**., v. 113, n. 1, 4 pp., Janeiro, 2017.

ANEXO A - O Processo de validação do TUG-K

O processo de validação do TUG-K segue detalhado no artigo publicado na Revista Brasileira de Ensino de Física (RBEF), pelo autor desta tese e pelo seu orientador, professor Daniel Sasaki.

Validação da nova versão do Test of Understanding Graphs in Kinematics (TUG-K) com estudantes de ensino médio

Evaluating the validity of the new version of Test of Understanding Graphs in Kinematics (TUG-K) with high school students

R. F. F. da Cunha*, D. G. G. Sasaki

Centro Federal de Educação Tecnológica Celso Suckow da Fonseca, Rio de Janeiro, RJ, Brasil

Resumo

Com o intuito de verificar a compreensão de gráficos cinemática de um grupo de estudantes de ensino médio, é recomendável utilizar um instrumento que possua tanto uma validade de conteúdo por parte de especialistas, quanto uma validação estatística. Nesse sentido, foi escolhida a nova versão do Test of Understanding Graphs in Kinematics (TUG-K), proposta em 2017 por Zavala e originalmente criado por Beichner, em 1994. O TUG-K foi elaborado para medir o conhecimento de gráficos em cinemática de alunos universitários, majoritariamente. Logo, para que possa ser usado na educação básica, é preciso saber se possui validade estatística nesse contexto. Portanto, foi realizada uma análise estatística do teste, após ser aplicado em dois momentos distintos, em estudantes de ensino médio de uma escola federal do Rio de Janeiro. Os parâmetros medidos foram os mesmos utilizados por Zavala. O principal resultado deste artigo foi demonstrar a validação do TUG-K nesse grupo. Como complemento, mostrou-se que o ganho de aprendizagem normalizado de Hake desses estudantes submetidos a aulas expositivas de cinemática foi de 17%, valor esperado para o ensino tradicional. A perspectiva subjacente é difundir e incentivar o uso do TUG-K no ensino médio.

Palavras-chave: Peer Instruction, gráficos de cinemática, validação do TUG-K.

In order to verify the kinematics graphs comprehension for a group of high school students, it is recommended to use an instrument that has a content valid by experts and a statistical validation. In this sense, was chosen the updated version of Test of Understanding Graphs in Kinematics (TUG-K), proposed in 2017 by Zavala and originally created by Beichner, in 1994. The TUG-K was elaborated to measure the understanding of graphs in kinematics of university students, mostly. Therefore, for this test to be used in basic education, it is necessary to know if it has statistical validity in this context. Consequently, a statistical analysis of the test was performed, after being applied at two different moments, with upper secondary level students of a federal school in Rio de Janeiro. The measured parameters were the same used by Zavala. The main result of this article was to demonstrate that TUG-K validity in this group. As a complement, it was shown that Hake's normalized learning gain from this group of students exposed to kinematics lectures was 17%, a value that is expected to be in traditional teaching. The underlying perspective is to disseminate and encourage the use of TUG-K in high school.

Keywords: Peer Instruction, kinematics graphs, TUG-K validity.

*ricardofagundes@cp2.g12.br

Introdução

O *Test of Understanding Graphs in Kinematics* (TUG-K) [1] é o teste mais utilizado no mundo para verificar os conhecimentos de estudantes, predominantemente de nível superior, sobre gráficos em cinemática e sua interpretação.

A primeira versão deste teste foi elaborada e publicada por Robert J. Beichner, professor de Física da Universidade Estadual da Carolina do Norte, em 1994 [2]. Seu objetivo principal ao desenvolver o teste era que os resultados ajudariam a expor as dificuldades dos estudantes quanto à interpretação de gráficos em cinemática. Beichner defendia que conhecer as concepções alternativas dos estudantes sobre o tema seria de grande valia para os professores antes, durante e após as aulas. Já o objetivo secundário

desse seu trabalho era propor um modelo de criação de teste de múltipla escolha fruto de uma pesquisa em ensino e que possa ser utilizado como avaliação diagnóstica, formativa e/ou somativa.

É muito frequente professores de física fazerem uso de gráficos durante as aulas, de maneira natural, como se fosse uma linguagem comum a todos. Porém os resultados das aplicações do TUG-K indicam que os estudantes, de maneira geral, possuem dificuldades em compreender essa linguagem. Ou seja, há uma distância entre o que os gráficos apresentam de informação e o que os estudantes conseguem interpretar.

Essa dificuldade de interpretação de gráficos foi alvo de diversas pesquisas na década de 80 revelando as concepções alternativas (*misconceptions*) mais comuns dos estudantes [3,4]. Esses trabalhos motivaram Beichner a desenvolver um teste de múltipla escolha que fosse capaz de expor e mapear essas dificuldades, a fim de melhorar o ensino de Física. Beichner classificou seis tipos mais frequentes de dificuldades que os estudantes apresentam ao interpretar os referidos gráficos: (i) Gráficos como imagem do movimento: os estudantes percebem o gráfico não como uma representação matemática do movimento, mas como uma fotografia de uma característica concreta do movimento, por exemplo a sua trajetória. (ii) Confusão entre inclinação e altura: quando solicitados sobre a inclinação de um gráfico, os estudantes tendem a ler o valor em um dos eixos (iii) Confusão de variáveis: confundir os gráfico de posição, velocidade e aceleração, sem perceber que a troca entre essas grandezas no eixo vertical altera a forma funcional do gráfico. (iv) Erro de inclinação que não passa pela origem: quando solicitados a calcular a inclinação de um segmento de reta, estudantes tendem a calcular como se a reta passasse pela origem, ou seja, dividindo o valor da ordenada pela abscissa. (v) Desconhecimento da área sob a curva: não saber o significado da área sob uma curva. (vi) Confusão entre área, inclinação e altura: quando solicitados a calcular áreas, tendem a calcular inclinação ou ler a altura em um dos eixos.

Até chegar à versão publicada em 1994 (versão 2.6), Beichner apresentou um teste para quinze professores de ensino médio e de ensino superior, que contribuíram com críticas e sugestões. Após esse crivo, o teste sofreu algumas pequenas alterações em alguns itens (questões), e foi aplicado em 895 estudantes de ensino médio e majoritariamente de ensino superior. Todos eles já haviam assistido a aulas tradicionais de cinemática.

Nessa primeira versão, o TUG-K era composto por 21 itens e apresentava 7 objetivos gerais. Vinte e três anos mais tarde, em 2017, após dois anos de pesquisa, Zavala e Beichner apresentaram uma nova versão do TUG-K [5], com 26 itens ao todo (versão 4.0). Nessa mesma publicação, os autores discutiram todas as modificações realizadas, como alteração nos distratores, nos gráficos, no enunciado ou substituições e acréscimos de itens. Já os 7 objetivos gerais basilares originais (quadro 1) permaneceram inalterados.

Objetivos gerais do TUG-K
1. Dado o gráfico de posição em função do tempo, determinar a velocidade
2. Dado o gráfico de velocidade em função do tempo, determinar a aceleração
3. Dado o gráfico de velocidade em função do tempo, determinar o deslocamento
4. Dado o gráfico de aceleração em função do tempo, determinar a variação de velocidade
5. Dado um gráfico de cinemática, selecionar outro gráfico correspondente
6. Dado um gráfico de cinemática, ser capaz de descrever textualmente um movimento
7. Dada a descrição textual de um movimento, selecionar o gráfico correspondente

Quadro 1 - Cada um dos 26 itens do TUG-K trabalha um desses 7 objetivos gerais expostos nesta tabela. Na versão mais recente do TUG-K são pelo menos três itens por objetivo e, cada um tem uma abordagem específica, podendo expor diferentes dificuldades dos estudantes.

Antes da publicação final, essa versão 4.0 foi testada em 471 estudantes de um curso introdutório de Física em uma universidade privada no México.

No Brasil, raríssimos foram os trabalhos publicados aplicando o TUG-K versão 2.6. Em destaque, Agrello e Garg [6], que traduziram para o português e aplicaram em 228 estudantes calouros de diversos cursos da Universidade de Brasília, obtendo resultados semelhantes aos de Beichner.

Tratando-se da recente versão 4.0, ainda não há trabalhos publicados no Brasil. Nesse sentido, os múltiplos objetivos do presente trabalho são: i) divulgar a tradução para o português da versão 4.0 do TUG-K, compatível com a linguagem usada pelos

professores e livros no Brasil[50]; ii) fazer uma validação estatística quantitativa dessa versão em um público-alvo específico que são estudantes de ensino médio de uma escola da rede pública federal da cidade do Rio de Janeiro; iii) comparar os resultados estatísticos no contexto brasileiro com aqueles obtidos por Zavala, destacando semelhanças e divergências; iv) sugerir alterações no próprio instrumento de avaliação (TUG-K), identificando itens cujos resultados destoam significativamente dos parâmetros escolhidos, tais como o índice de dificuldade e/ou a correlação item-total.

Análise estatística das respostas dos alunos

O TUG-K foi aplicado para estudantes de uma escola da rede federal do município do Rio de Janeiro, em dois momentos distintos: no início do ano letivo, antes mesmo de o assunto ser abordado em sala (pré-teste) e no 3º trimestre, após o assunto ser abordado nas turmas (pós-teste). A primeira aplicação contou com a participação de 127 estudantes e a última, com 118.

Conforme exposto anteriormente no quadro 1, os 26 itens que compõem o TUG-K estão divididos em 7 grupos, cada qual com seu objetivo específico bem definido. Nesse sentido, o quadro 2, a seguir, funciona como um complemento do quadro anterior, trazendo consigo quais são os itens pertencentes ao mesmo grupo, bem como uma pequena descrição dos mesmos.

50 A tradução da versão 4.0 do TUG-K foi feita pela estudante de Mestrado Mariana de Almeida Jotta Barros e seu orientador, o professor Vitor Luiz Bastos de Jesus, ambos do Instituto Federal do Rio de Janeiro (IFRJ), campus Nilópolis, em parceria com o professor Daniel Guilherme Gomes Sasaki, do Centro Federal de Educação Tecnológica Celso Suckow da Fonseca (CEFET-RJ), campus Maracanã.

grupo	item	pequena descrição do item
1	5	velocidade positiva em um instante
	18	velocidade negativa em um instante
	13	velocidade mais negativa em um intervalo
2	7	aceleração positiva em um instante
	6	aceleração negativa em um instante
	2	aceleração mais negativa em um intervalo
3	19	procedimento para calcular deslocamento em um intervalo
	4	deslocamento em um intervalo
	23	maior deslocamento em um intervalo
4	10	procedimento para calcular variação de velocidade em um intervalo
	16	variação de velocidade em um intervalo
	1	maior variação de velocidade em um intervalo
5	11	gráfico de velocidade oriundo de um gráfico de posição
	14	gráfico de aceleração oriundo de um gráfico de velocidade
	21	gráfico de posição oriundo de um gráfico de velocidade
	15	gráfico de velocidade oriundo de um gráfico de aceleração
6	8	gráfico de posição: interpretação do movimento particular
	3	gráfico de posição: interpretação do movimento sob velocidade constante
	24	gráfico de velocidade: interpretação do movimento com aceleração constante
	17	gráfico de velocidade: interpretação do movimento com posição crescendo uniformemente
	25	gráfico de aceleração: interpretação do movimento com velocidade crescendo uniformemente
7	9	aceleração positiva e constante: identificar gráfico de posição
	12	velocidade constante: identificar gráficos de posição e velocidade
	22	aceleração constante: identificar gráficos de velocidade e aceleração
	26	velocidade aumentando uniformemente: identificar gráficos de velocidade e aceleração
	20	aceleração crescendo uniformemente: identificar gráfico de aceleração

Quadro 2 – A tabela expõe de maneira mais detalhada a composição do teste, apresentando uma pequena descrição de cada item. Pode-se identificar também quais os itens que possuem o mesmo objetivo, ou seja, pertencentes ao mesmo grupo.

Primeiramente, vamos apresentar os resultados provenientes da estatística descritiva. A tabela 1 mostra a distribuição das marcações dos alunos, em termos percentuais, nas duas etapas. Assim, é até mesmo possível verificar visualmente a eficiência dos distratores nos itens e comparar os resultados do pré-teste com o pós-teste.

grupo	item	pré - teste						pós - teste					
		A	B	C	D	E	N	A	B	C	D	E	N
	5	4	2	**21**	34	38	2	7	3	**20**	62	8	0
1	18	**13**	16	11	13	43	5	**20**	25	11	25	13	6
	13	**37**	39	2	17	5	0	**52**	24	4	16	3	2
	7	**15**	9	17	38	17	6	**19**	15	43	11	8	3
2	6	20	**13**	9	8	44	6	42	**19**	12	17	9	1
	2	1	23	43	2	**28**	2	1	20	35	1	**43**	0
	19	19	**28**	20	23	6	6	3	**54**	14	22	7	0
3	4	6	11	44	**8**	28	4	5	13	10	**42**	29	1
	23	1	**13**	24	29	31	2	3	**20**	18	28	29	2
	10	**26**	24	20	13	11	6	**57**	14	5	3	21	1
4	16	17	12	46	**13**	10	2	9	9	19	**29**	32	1
	1	**1**	20	3	17	55	3	**7**	16	2	11	63	2
	11	43	23	16	**15**	0	3	25	25	9	**31**	8	1
5	14	43	**24**	13	11	7	2	31	**31**	13	15	9	2
	21	9	**16**	35	9	28	2	11	**26**	19	10	31	3
	15	**15**	39	20	9	13	4	**28**	17	25	6	21	3
	8	17	16	23	**28**	17	0	7	17	17	**48**	11	0
	3	26	0	24	**19**	31	0	21	0	38	**29**	12	0
6	24	**6**	72	13	6	0	2	**12**	70	14	3	0	1
	17	**15**	17	2	63	2	2	**43**	13	3	39	2	1
	25	3	8	**13**	62	11	2	4	5	**38**	46	6	1
	9	9	69	4	8	**9**	2	12	56	8	3	**21**	1
	12	6	**11**	29	38	16	0	3	**31**	26	25	16	0
7	22	15	24	**12**	10	37	2	18	21	**26**	5	28	2
	26	6	**11**	5	55	21	2	5	**31**	4	49	10	1
	20	4	13	**23**	51	6	2	4	23	**20**	38	12	3

Tabela 1 - Os itens estão separados por grupos, cada um com seu objetivo. Todos os 26 itens apresentam 5 opções de respostas, da letra A a E, sendo apenas uma correta (em negrito) e quatro distratores. A coluna N (nulo) corresponde o percentual de alunos que optaram por não assinalar nenhuma das cinco opções em determinado item.

A seguir, a tabela 2 expõe de maneira macro, o desempenho dos estudantes nas duas etapas, mostrando o percentual de acertos em cada grupo.

grupo	pré - teste	pós - teste
1	24	31
2	21	27
3	16	39
4	13	31
5	18	39
6	16	34
7	13	26

Tabela **2** - Percentual de acertos em cada grupo no pré-teste e no pós-teste.

A partir desses valores é possível concluir que os estudantes encontraram grande dificuldade durante a primeira etapa. Já no pós-teste, após o assunto ter sido abordado nas aulas, a média de acertos aumentou significativamente em todos os grupos. Somente nos grupos 1 e 2 o percentual pós-teste não foi pelo menos o dobro do resultado obtido no pré-teste.

Uma vez mapeadas as marcações de cada um dos estudantes nos dois momentos, item por item, deu-se início a estatística descritiva dos resultados do teste. Visando descobrir a eficiência dos distratores, foram calculadas as médias globais no pré e no pós-teste, os desvios padrão e os valores da estatística z, que retrata a diferença entre duas médias amostrais de distribuições normais em unidades de desvio padrão da média (ou erro padrão da média). Sendo assim, para este estudo, o valor z informa a diferença entre a média amostral dos estudantes nos testes e a média de acertos casuais. Os resultados desses parâmetros estatísticos estão expostos nas tabelas 3 e 4.

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13		
M	0,01	0,28	0,19	0,08	0,21	0,13	0,15	0,28	0,09	0,26	0,14	0,12	0,37		
V	0,01	0,20	0,15	0,07	0,17	0,11	0,13	0,20	0,09	0,19	0,12	0,10	0,23		
DP	0,09	0,45	0,39	0,27	0,41	0,33	0,36	0,45	0,29	0,44	0,35	0,32	0,48	**MG**	**4,31**
	14	**15**	**16**	**17**	**18**	**19**	**20**	**21**	**22**	**23**	**24**	**25**	**26**	**DPM**	**0,33**
M	0,24	0,15	0,12	0,15	0,13	0,28	0,23	0,16	0,12	0,13	0,06	0,13	0,11	**Z**	**-2,62**
V	0,19	0,13	0,10	0,13	0,11	0,20	0,18	0,13	0,10	0,12	0,06	0,12	0,10		
DP	0,43	0,36	0,32	0,36	0,33	0,45	0,42	0,37	0,32	0,34	0,24	0,34	0,31		

Tabela 3 - Média (M), Variância (V) e Desvio Padrão (DP) de cada item na primeira etapa (pré-teste). Ao lado, estão apresentados esses parâmetros analisando o teste por inteiro, a Média Global (MG), Desvio Padrão da Média ou Erro Padrão da Média (DPM) e o valor z.

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13		
M	0,07	0,43	0,29	0,42	0,20	0,19	0,19	0,48	0,21	0,57	0,31	0,31	0,52		
V	0,06	0,25	0,20	0,24	0,16	0,15	0,16	0,25	0,17	0,25	0,22	0,21	0,25		
DP	0,24	0,50	0,45	0,49	0,40	0,39	0,40	0,50	0,41	0,50	0,47	0,46	0,50	**MG**	**7,98**
	14	**15**	**16**	**17**	**18**	**19**	**20**	**21**	**22**	**23**	**24**	**25**	**26**	**DPM**	**0,45**
M	0,31	0,28	0,29	0,43	0,20	0,54	0,20	0,26	0,26	0,20	0,12	0,38	0,31	**Z**	**6,17**
V	0,22	0,20	0,21	0,25	0,16	0,25	0,16	0,20	0,21	0,17	0,11	0,24	0,21		
DP	0,47	0,45	0,45	0,50	0,40	0,50	0,40	0,44	0,45	0,41	0,33	0,49	0,46		

Tabela 4 - Média (M), Variância (V) e Desvio Padrão (DP) de cada item na segunda etapa (pós-teste). Ao lado, estão apresentados esses parâmetros analisando o teste por inteiro, a Média Global (MG), Desvio Padrão da Média ou Erro Padrão da Média (DPM) e o valor z.

Uma vez calculado o valor z, é possível obter, com auxílio da tabela padronizada de áreas associada à distribuição normal, o nível de significância dado pelo valor-p [7]. Quanto menor o valor-p, maior a confiança de se rejeitar a hipótese nula, isto é, rejeitar que as médias em ambos os testes são iguais a média correspondente à chance de acerto casual, caso as alternativas fossem igualmente prováveis, ou seja, 1/5 de 26 itens, portanto um escore total de 5,2 acertos. Em geral, na maioria das análises estatísticas, assim com as realizadas neste estudo, para $p < 0,05$, a hipótese nula pode ser rejeitada.

Conforme apresentado na tabela 3, o valor de z na 1ª aplicação do teste foi -2,62. A partir dessa informação, pode-se rejeitar a hipótese nula com $p < 0,01$. Observa-se ainda que a média obtida (4,31) foi menor que a média atribuída à chance de acerto casual (5,2).

Esse resultado evidencia que os itens não foram respondidos ao acaso. De fato, os estudantes responderam o teste tentando resolvê-lo e por isso foram atraídos por alguns distratores. É possível chegar a essa conclusão não somente pela média do total de acertos abaixo da média que configura o acerto por mero acaso, mas também observando as distribuições de frequência nas cinco alternativas que, conforme está na tabela 1, não configuram equiprobabilidade das alternativas. Poucos foram os itens onde a opção correta obteve mais marcações que os distratores.

Na 2ª aplicação (pós-teste) o valor de z saltou para 6,17, sendo assim possível rejeitar a hipótese nula com $p < 0,001$. Nota-se também que a média obtida no nessa etapa (7,98) foi estatisticamente superior à média esperada para o acerto casual (5,2), o que demonstra um pequeno efeito positivo da intervenção do professor, por meio de aulas tradicionais.

Uma vez realizada a estatística descritiva, faz-se necessário realizar o procedimento estatístico da validação do teste. Essa estatística é composta por quatro parâmetros escolhidos dentre os cinco índices empregados por Zavala para validar a nova versão do TUG-K: i) índice de dificuldade de item (P); ii) coeficiente de ponto bisserial (r_{bps}); iii) índice de confiabilidade de Kuder-Richardson (KR – 20); iv) delta de Ferguson (δ).$\sqrt{(\delta)}$ Assim, poderemos comparar os dados obtidos de estudantes de ensino médio no Brasil com calouros universitários no México.

Optamos neste trabalho por suprimir o índice de discriminação do item (D_i) que foi empregado por Zavala em sua validação do TUG-K. Essa escolha foi motivada pelo fato de que o referido índice é uma estatística alternativa ao coeficiente de correlação item total (coeficiente de ponto bisserial), criada em uma época em que não existiam computadores e em que era importante economizar cálculos através de atalhos, expressos por fórmulas mais simples. Ou seja, o índice de discriminação não agrega qualquer informação relevante adicional a dada pelo coeficiente de correlação item-total, além de possuir as seguintes restrições quanto à sua utilidade: 1 – não é adimensional como o coeficiente de correlação item-total; 2 – seus valores mudam conforme se modifica a extensão dos grupos extremos. 3 – a relação dele com o coeficiente de correlação item-

total depende da forma da distribuição do escore total [8-10].

Parâmetro	Significado	Valores limites	Valores desejados
Índice de dificuldade (P)	Percentual de acertos do item e, portanto, deve ser interpretado de maneira complementar ao seu valor, i.e. quanto maior, o percentual de acertos do item, maior será o valor de P e, consequentemente, menor será a dificuldade.	[0, 1]	[0.3, 0.9]
Coeficiente de ponto bisserial (r_{bps})	Fiabilidade ou fidedignidade de um único item do teste, definido como o coeficiente de correlação entre os escores no item e as respectivas pontuações totais do teste, para todos os alunos. Um item com boa fiabilidade é um item que os alunos com maiores escores tenham um desempenho superior aos alunos com escores baixos. Um item deve ser retirado do teste se tiver esse coeficiente negativo.	[-1, 1]	≥ 0.2
Índice de confiabilidade Kuder – Richardson (KR – 20)	Trata-se da consistência interna total do teste. Quanto mais elevadas forem as correlações entre os itens, maior é a homogeneidade dos itens e maior é a consistência com que medem o constructo teórico. A consistência interna é o parâmetro mais relevante para assegurar a fiabilidade ou fidedignidade global do teste, isto é, se um instrumento de medida fornece sempre os mesmos resultados quando aplicado a alvos estruturalmente iguais.	[0, 1]	≥ 0.7
Delta de Ferguson (δ)	É a capacidade de discriminação do teste como um todo através da estimativa da amplitude da dispersão dos escores totais de todos os participantes.	[0, 1]	≥ 0.9

No quadro 3 encontram-se as breves descrições acerca dos significados dos parâmetros estatísticos usados na análise dos resultados, assim como seus valores desejados.

Quadro 3 – Descrição dos quatro parâmetros estatísticos calculados após a aplicação do TUG-K. Os dois primeiros são calculados item por item, enquanto os dois últimos são parâmetros globais, envolvendo o teste inteiro.

O que verdadeiramente fundamenta a validação da versão atualizada do TUG-K, traduzida para o português, no ensino médio, é justamente a interpretação dos valores

calculados desses parâmetros supracitados, tendo como referência os valores esperados (quadro 3) e os valores medidos por Zavala.

As tabelas 5 e 6 expõem os valores encontrados dos três primeiros parâmetros expostos no quadro 3, calculados item por item, após a aplicação do pré e do pós-teste. Já a tabela 7 apresenta os resultados desses mesmos parâmetros obtidos por Zavala.

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
P	0,01	0,28	0,19	0,08	0,21	0,13	0,15	0,28	0,09	0,26	0,15	0,11	0,37
rpbs	-0,03	0,56	0,46	0,12	0,50	0,49	0,47	0,60	0,43	0,23	0,51	0,55	0,58
	14	**15**	**16**	**17**	**18**	**19**	**20**	**21**	**22**	**23**	**24**	**25**	**26**
P	0,24	0,15	0,13	0,15	0,13	0,28	0,23	0,16	0,12	0,13	0,06	0,13	0,11
rpbs	0,49	0,29	0,22	0,65	0,36	0,29	0,07	0,26	0,54	0,32	0,30	0,51	0,47

Tabela 5 – Índice de dificuldade (P) e o coeficiente de ponto bisserial (r_{pbs}) de cada item na primeira aplicação do TUG-K no ensino médio.

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
P	0,07	0,43	0,29	0,42	0,20	0,19	0,19	0,48	0,21	0,57	0,31	0,31	0,52
rpbs	0,45	0,39	0,58	0,44	0,47	0,43	0,44	0,59	0,51	0,22	0,48	0,50	0,52
	14	**15**	**16**	**17**	**18**	**19**	**20**	**21**	**22**	**23**	**24**	**25**	**26**
P	0,31	0,28	0,29	0,43	0,20	0,54	0,20	0,26	0,26	0,20	0,12	0,38	0,31
rpbs	0,39	0,34	0,30	0,53	0,25	0,41	0,11	0,25	0,48	0,48	0,48	0,56	0,53

Tabela 6 – Índice de dificuldade (P) e o coeficiente de ponto bisserial (r_{pbs}) de cada item na segunda aplicação do TUG-K no ensino médio.

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
P	0,11	0,62	0,58	0,39	0,39	0,46	0,40	0,51	0,46	0,55	0,45	0,48	0,51
rpbs	0,47	0,42	0,51	0,48	0,43	0,46	0,42	0,58	0,57	0,40	0,51	0,63	0,60
	14	**15**	**16**	**17**	**18**	**19**	**20**	**21**	**22**	**23**	**24**	**25**	**26**
P	0,54	0,46	0,33	0,70	0,41	0,67	0,52	0,50	0,48	0,33	0,32	0,54	0,51
rpbs	0,55	0,50	0,42	0,59	0,43	0,45	0,32	0,44	0,58	0,43	0,60	0,61	0,65

Tabela 3 – Índice de dificuldade (P) e o coeficiente de ponto bisserial (r_{pbs}) de cada item obtido por Zavala, após a aplicação do TUG-K em 471 estudantes de um curso introdutório de física em uma universidade no México.

Com base nessas tabelas, foram gerados os gráficos das figuras 1 e 2, que permitem um comparativo mais claro entre os resultados.

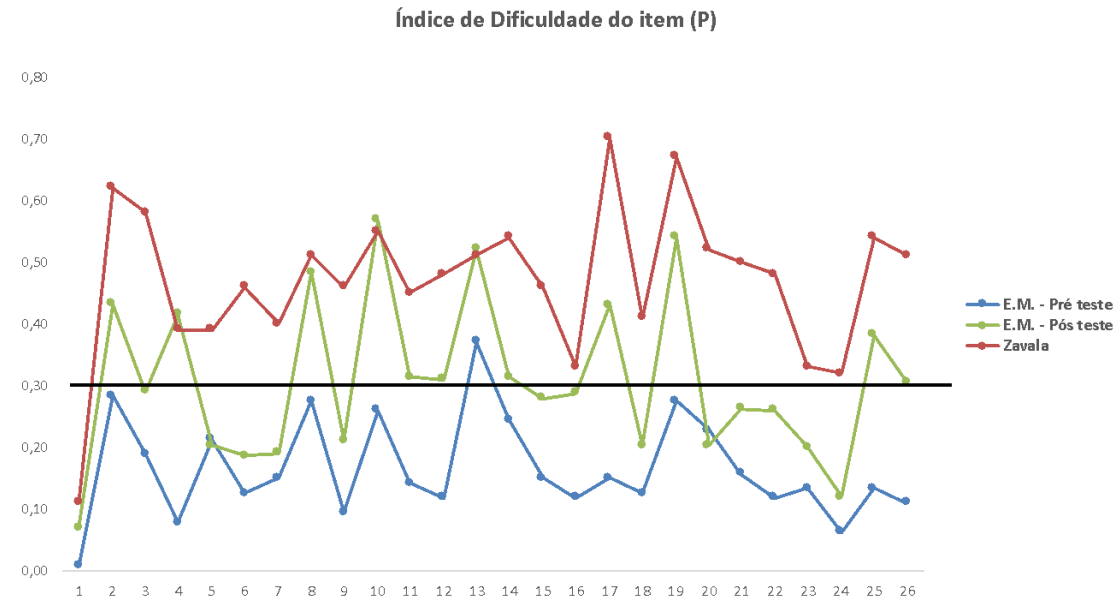


Figura 2 - O gráfico em azul representa o índice de dificuldade de cada item para os 127 estudantes de ensino médio na primeira aplicação (pré-teste). O gráfico verde, por sua vez, mostra o mesmo parâmetro, na segunda aplicação do teste. Já o gráfico em vermelho é o resultado publicado por Zavala. A reta horizontal fixada em P = 0,30 serve com uma linha de referência. Assim, os valores acima dessa linha são considerados desejáveis.

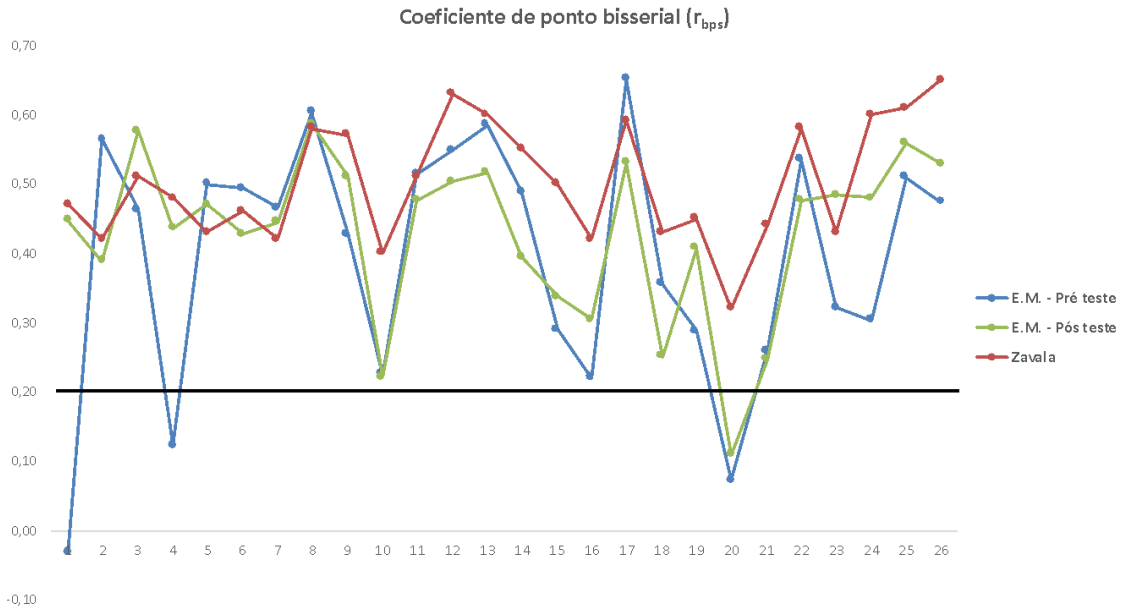


Figura 2 – Mantendo o padrão de cores dos dois gráficos anteriores, em azul e em verde tem-se o coeficiente de ponto bisserial obtido a partir das marcações dos estudantes na 1ª e na 2ª aplicação do teste, respectivamente. E, em vermelho, os resultados de Zavala. A linha de referência está fixada em r_{bps} = 0,20.

Pode-se perceber, após uma leitura dos gráficos dos índices de dificuldade apresentados na figura 1, que os alunos acertaram poucos itens no pré-teste, corroborando a conclusão feita previamente com o auxílio das tabelas 4 e 5. Em relação ao coeficiente de ponto bisserial, a figura 2 mostra visualmente um comportamento bem similar entre os valores de Zavala e os resultados obtidos com os alunos brasileiros.

Fica evidente da figura 1 que apenas o item 01, cujo enunciado está na figura 3, se mostrou muito mais difícil que o desejado, levando-se em consideração tanto os estudantes de ensino médio brasileiros quanto universitários em um curso introdutório de física no México.

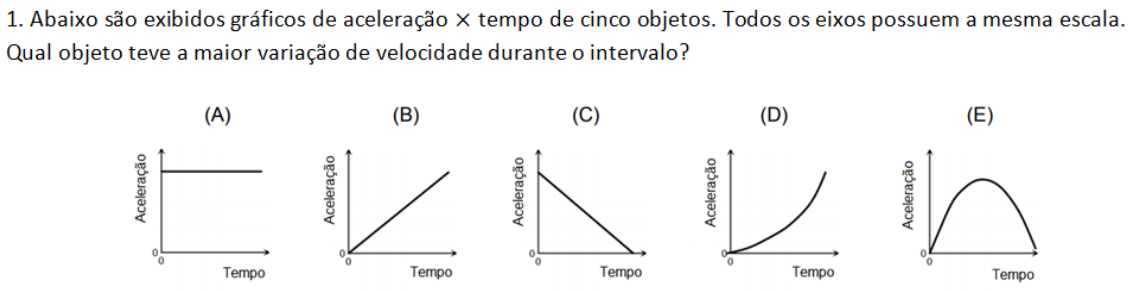


Figura 3 – O primeiro item do teste é justamente aquele de menor percentual de acerto tanto na presente pesquisa quanto no artigo do Zavala.

Em nossa pesquisa, o item 01 apresentou apenas 1 marcação correta entre os 127 estudantes no pré-teste. O desempenho nesse item no pós-teste também não foi muito diferente, com somente 7 marcações corretas, sendo 5 dessas pertencentes aos 5 melhores escores. De fato, retornando à tabela 1, temos que nas duas aplicações do teste, o distrator mais marcado foi a letra E. Uma explicação plausível para o alto percentual de erro nesse item, tanto na aplicação de Zavala quanto na presente pesquisa é a terceira dificuldade típica identificada por Beichner em seu artigo, denominada confusão de variáveis [2]. De fato, os estudantes costumam confundir os conceitos de posição, velocidade e aceleração quando representados através gráficos, sem atentar que o "desenho" do gráfico, ou melhor o formato da função descrita no gráfico, depende da grandeza representada no eixo vertical. É muito comum, por exemplo, o estudante atribuir um gráfico posição por tempo contendo uma reta inclinada crescente a um objeto cuja velocidade aumenta, devido à confusão de variáveis. Nesse item específico, essa dificuldade de confusão de variáveis pode ter sido potencializada por conta do termo "maior variação da velocidade", que aparece explicitamente no enunciado, isto é, os estudantes escolheram o gráfico da letra

E que mostra uma função que “varia mais”, confundindo o eixo vertical que representa a aceleração com a velocidade. Uma sugestão para melhorar o TUG-K seria trocar este item de lugar, deixando de ser logo o primeiro item do teste, em virtude de sua complexidade ao exigir o cálculo da área em um gráfico de aceleração por tempo. Possivelmente com um efeito modesto sobre a dificuldade do item, podemos ainda sugerir a alteração do termo “maior variação de velocidade” por “maior mudança no valor da velocidade”.

Em relação ao segundo parâmetro analisado, o coeficiente bisserial (r_{bps}), 63 estudantes (praticamente a metade dos 127) obtiveram desempenho superior ao do aluno que acertou o primeiro item e, por esse motivo, o coeficiente de ponto bisserial desse item apresentou valor negativo. Os itens 4 e 20 também apresentaram baixíssima fiabilidade no pré-teste, mas o item 4 teve bom resultado nesse quesito no pós-teste.

No caso do item 20 (figura 4), esse índice foi muito baixo em ambos os testes, apresentando um percentual de acertos até ligeiramente menor na segunda aplicação do teste. Além disso, esse foi o único item que apresentou um coeficiente de ponto bisserial abaixo do ideal, mesmo após as aulas. No estudo de Zavala, esse item também teve o menor valor do coeficiente bisserial comparado aos outros, no entanto o seu valor ainda se manteve acima do valor desejável para esse tipo de coeficiente, o que mostra a sua adequação do ponto de vista estatístico nessa aplicação.

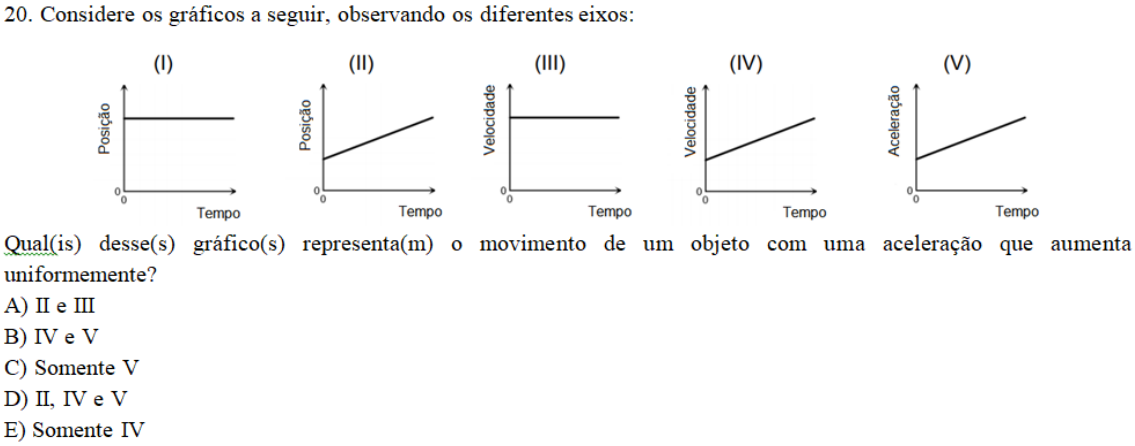


Figura 4 – Item 20. O enunciado desse item pede quais gráficos representam um movimento cuja aceleração aumenta uniformemente. Na segunda aplicação, esse item apresentou o menor coeficiente bisserial de todo o teste.

O distrator mais marcado desse item, em ambas as etapas, foi a letra D, provavelmente por ser a opção cujos gráficos são retas que aumentam uniformemente,

independentemente de qual grandeza cinemática está no eixo vertical. Novamente, esse resultado possivelmente está associado com a terceira dificuldade catalogada por Beichner, a saber a confusão de variáveis [2]. Realmente, o distrator mais marcado (letra D) apela para a forma funcional dos três gráficos que representa uma reta crescente, isto é algo que aumenta uniformemente conforme o enunciado, mas implicitamente desconsidera que as grandezas representadas no eixo vertical em cada gráfico são distintas. A grande e ampla eficiência desse distrator nesse contexto particular, possivelmente contribuiu para o baixo valor do coeficiente bisserial do item, demonstrando quão resilientes e ubíquas são as concepções alternativas dos estudantes submetidos às aulas tradicionais.

O próximo passo, uma vez analisados os itens do teste, é interpretar os valores extraídos do teste por inteiro, que estão expostos na tabela 8, a fim de verificar sua validade quando aplicado a estudantes de ensino médio.

Parâmetro	CPII - Pré teste	CPII - Pós teste	Zavala
Média dos índices de dificuldade	0,17	0,32	0,47
Média dos coeficientes bisseriais	0,39	0,43	0,50
KR - 20	0,79	0,82	0,88
Delta de Ferguson	0,93	0,96	0,99

Tabela 4 – Resultados da estatística completa do teste, em ambas as etapas. Na última coluna, estão os valores medidos por Zavala.

Confrontando os quatro parâmetros da tabela 8 com o quadro 3, nota-se que a aplicação do TUG-K com estudantes brasileiros de ensino médio revelou resultados bastante satisfatórios, pois todos os parâmetros estão dentro das faixas de seus respectivos valores desejáveis. A única ressalva é a média dos índices de dificuldade baixa no pré-teste, mas que depois se tornou acima do desejável na etapa pós-teste. O que significa dizer que o teste foi muito difícil para os alunos de ensino médio que não haviam tido contato com o assunto ainda e, mesmo após as aulas, continuou difícil, porém dentro de um valor minimamente aceitável. É de se esperar que universitários apresentem menos dificuldade do que estudantes de ensino médio.

Por sua vez, o valor calculado do Delta de Ferguson também está dentro do desejável, refletindo o fato de que o teste inteiro apresentou boa capacidade de discriminação.

Os itens, de modo geral, apresentaram boa fiabilidade medida pelo coeficiente de correlação item-total (coeficiente bisserial). Esse parâmetro é importante pelo seu impacto na fidedignidade total do escore total do teste que pode ser estimada pela equação KR-20 [11] que também foi utilizada por Zavala e Beichner na versão original do teste [2]. Um coeficiente de fidedignidade elevado corrobora a presunção de existência de um traço latente ou construto comum a todos os itens do teste, ou seja, neste caso, é uma das evidências de que o teste quantifica de forma consistente a compreensão de gráficos da cinemática. O valor obtido para esse índice mostra que esse teste pode ser aplicado ano após ano para diferentes estudantes de ensino médio.

Adicionalmente, foi calculado o ganho de aprendizagem de Hake [12] desse grupo de alunos, muito embora esse índice não se constitua em um parâmetro estatístico e sim numa estimativa quantitativa da aprendizagem. O ganho de Hake é definido como uma medida aproximada da eficácia de uma intervenção didática na promoção da compreensão conceitual e pode ser calculado através da proporção entre a quantidade que os alunos aprenderam dividida pela quantidade que poderiam ter aprendido. Sendo assim, após uma sequência de aulas sobre cinemática centradas no professor, trabalhando o conteúdo de maneira expositiva, o ganho de Hake global, para todos os alunos, foi de aproximadamente 17%. Esse valor é compatível com os resultados disponíveis da literatura na área relativos às aulas tradicionais, no exterior e no Brasil, que costumam apresentar um ganho de Hake entre 10% a 30% [12, 13].

Conclusões

Toda a discussão feita anteriormente, desde análise individual dos itens, até a interpretação dos valores obtidos para os parâmetros expostos na tabela 8, é suficiente para declarar que a versão do TUG-K 4.0, traduzida para o português, demonstrou possuir validade estatística para ser aplicada no ensino médio.

Mesmo com um resultado positivo para a validação estatística do TUG-K com estudantes de ensino médio da rede federal, sugerimos alguns pontos que precisam ser objeto de investigação mais profunda com o intuito de incrementar os valores dos parâmetros estatísticos relacionados com a confiabilidade do teste. Em especial, indicamos que os itens 01 e 20 passem por uma reavaliação de validade de conteúdo por especialistas e sejam submetidos novamente a uma validação estatística com um espaço amostral similar ou maior do que o presente trabalho, com estudantes de ensino médio.

A princípio, a mera exclusão desses itens melhora o parâmetro de fiabilidade global do teste, porém eles devem ser substituídos por itens equivalentes para não comprometer a distribuição e a simetria de questões entre os 7 grupos de objetivos do TUG-K. Além disso, caso se opte pela manutenção do item 01, com seu elevado grau de dificuldade, então sugerimos que ele seja deslocado para o meio do teste, momento em que os estudantes já estão mais concentrados e já resolveram questões semelhantes e mais complexas que envolvem o cálculo da área de um gráfico.

A perspectiva subjacente a este trabalho é difundir e incentivar o uso, junto aos professores de ensino médio, de um instrumento eficiente e confiável de avaliação tanto das concepções alternativas dos estudantes sobre gráficos de cinemática, quanto dos seus níveis de aprendizado conceitual e operacional do tema.

Referências

[1] https://www.physport.org/assessments/assessment.cfm?I=6&A=TUGK acessado em 15 de junho de 2019.

[2] BEICHNER, Robert J. Testing student interpretation of kinematics graphs. **American Journal of Physics**, v.62, n.8, pp. 750-762, Março 1994.

[3] MCDERMOTT, Lillian C. et al. Students difficulties in connecting graphs and physics: Examples from kinematics. **American Journal of Physic**s, v.55, n.6, pp. 503-513, Maio, 1986.

[4] MOKROS, J. R., TINKER, R. F. The impact of microcomputer-based labs on children´s ability to interpret graphs. **Journal of Research in Science Teaching**, v.24, n.4, pp. 369-383, Abril, 1987.

[5] ZAVALA, G. et al. Modifying the test of understanding graphs in kinematics. **Physical Review Physics Education Research** v.13, n.2, 020111(16), Agosto, 2017.

[6] AGRELLO, D. A., GARG, R. Compreensão de Gráficos de Cinemática em Física Introdutória. **Revista Brasileira de Ensino de Física,** v.21, n.1, Março, 1999.

[7] BUSSAB, W. O.; MORETTIN, P. A. – Estatística Básica. Atual Editora, São Paulo, 1988.

[8] SILVEIRA, F. L. Relação entre o índice de discriminação de itens em testes psicométricos e duas outras estatísticas: variância do escore total e coeficiente de fidedignidade. Ciência e Cultura, 33(2): 146-248, 1981. Disponível em

https://www.researchgate.net/publication/318542855_Relacao_entre_o_indice_de_discriminacao_e_itens_em_testes_psicometricos_e_duas_outras_estatisticas_variancia_do_escore_total_e_coeficiente_de_fidedignidade

[9] WHERRY, R.J. Contributions to correlational analysis. Orlando, Academic Press, 1984.

[10] SILVEIRA, F. L. Relação entre duas estatísticas utilizadas em análise de consistência interna de testes psicométricos. Ciência e Cultura, 32(2):214- 217, 1980. Disponível em https://www.researchgate.net/publication/318542945_Relacao_entre_duas_estatisticas_utilizadas_em_analise_de_consistencia_interna_de_testes_psicometricos

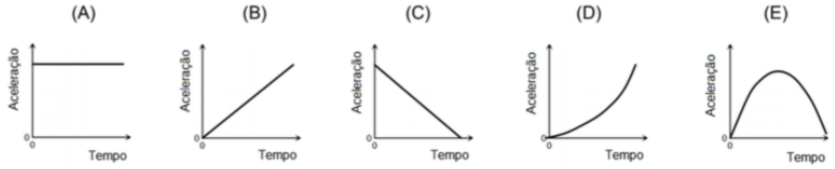
[11] KUDER, G. F. RICHARDSON, M.W. The theory of the estimation of test reliability. **Psychometrika**, v.2, n.3, pp. 151-160, Setembro, 1937.

[12] HAKE, R. R. Interactive-engagement versus traditional methods: A six-thousand student survey of mechanics test data for introductory physics courses. **Am. J. Phys**. v. 66, n.1, p. 64-74, Janeiro, 1998.

[13] QUIBAO, Matheus Pinheiro et al. Investigando a compreensão conceitual em física de alunos de graduação em cursos de ciências, engenharias e matemática. **Rev. Bras. Ensino Fís.**, São Paulo, v. 41, n. 2, 2019.

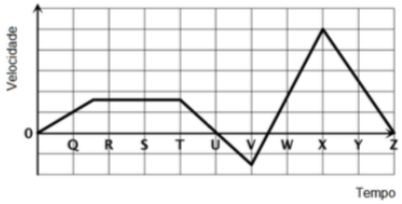
ANEXO B – TUG-K Traduzido para o Português

1. Abaixo são exibidos gráficos de aceleração × tempo de cinco objetos. Todos os eixos possuem a mesma escala. Qual objeto teve a maior variação de velocidade durante o intervalo?



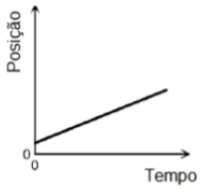
2. A figura a seguir mostra o gráfico da velocidade × tempo de um objeto. Qual das seguintes opções corresponde ao caso em que a aceleração é mais negativa?

A) entre V e X
B) entre T e V
C) V
D) X
E) entre X e Z



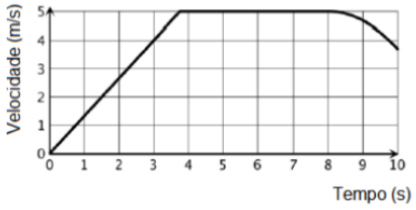
3. À direita temos um gráfico de posição × tempo de um objeto em movimento. Qual sentença representa melhor o gráfico?

A) O objeto move-se com uma aceleração constante, diferente de zero.
B) O objeto não se move.
C) O objeto está se movendo com velocidade crescente.
D) O objeto está se movendo com velocidade constante.
E) O objeto está se movendo a uma aceleração crescente.



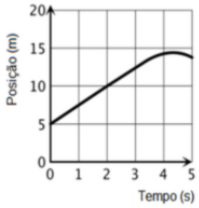
4. Um elevador se move do térreo ao décimo andar de um edifício. A massa do elevador é 1000 kg e ele se move como é mostrado no gráfico de velocidade × tempo abaixo. Qual a distância percorrida durante os primeiros três segundos de movimento?

A) 0,75 m
B) 1,33 m
C) 4,0 m
D) 6,0 m
E) 12,0 m

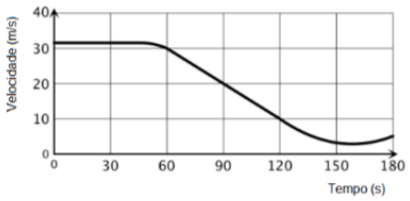


5. A figura a seguir mostra o gráfico da posição × tempo de um objeto. A velocidade do objeto em t = 2 s é:

A) 0,5 m/s
B) 8,5 m/s
C) 2,5 m/s
D) 5,0 m/s
E) 10,0 m/s

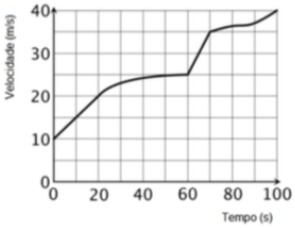


6. O gráfico abaixo mostra a velocidade em função do tempo para um carro de massa 1500 kg. Qual é a aceleração em t = 90 s?



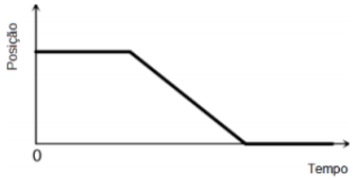
A) -0,22 m/s²
B) -0,33 m/s²
C) -1,0 m/s²
D) -2,0 m/s²
E) 20 m/s²

7. O gráfico mostra a velocidade em função do tempo de um objeto que se move em linha reta. Em t = 65 s a aceleração instantânea é de aproximadamente:



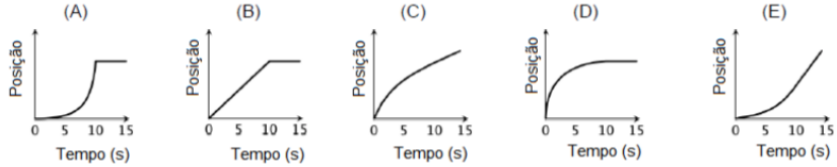
A) 1,0 m/s²
B) 2,0 m/s²
C) 0,46 m/s²
D) 30 m/s²
E) 34 m/s²

8. A seguir vemos o gráfico da posição × tempo do movimento de um objeto. Qual sentença é uma interpretação correta deste gráfico?

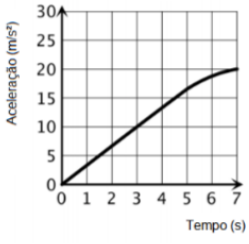


A) O objeto rola ao longo de uma superfície plana. Depois ele rola descendo um morro e finalmente para.
B) Inicialmente, o objeto não se move. Depois, ele rola descendo um morro e finalmente para.
C) O objeto está se movendo com velocidade constante. Depois ele diminui a velocidade e para.
D) Inicialmente, o objeto não se move. Depois, ele se move para trás e finalmente para.
E) O objeto se move ao longo de uma área plana, depois ele se move para trás descendo o morro e depois continua se movendo.

9. Um objeto parte do repouso e sofre uma aceleração positiva e constante por dez segundos e, então, continua com velocidade constante. Qual dos seguintes gráficos descreve corretamente essa situação?

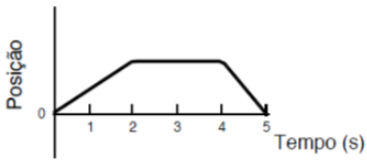


10. O gráfico da aceleração × tempo de um objeto é mostrado a seguir. Para determinar a mudança de velocidade de um objeto durante o intervalo de tempo entre t = 0 s e t = 3 s, o que você deve fazer?

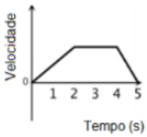


A) Encontrar a área entre esse segmento de reta e o eixo do tempo, através do cálculo (10 x 3)/2.
B) Achar a inclinação do segmento de reta, dividindo 10 por 3.
C) Ler 10 diretamente do eixo vertical.
D) Encontrar o valor dividindo 3 por 10.
E) Encontrar o valor multiplicando 10 por 3.

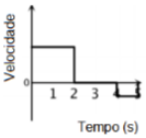
11. A figura à direita representa o gráfico de posição × tempo do movimento de um objeto durante o intervalo de tempo de 5 segundos. Qual dos seguintes gráficos de velocidade × tempo representa melhor o movimento do objeto durante o mesmo intervalo de tempo?



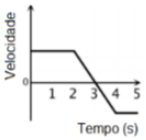
(A)



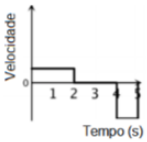
(B)



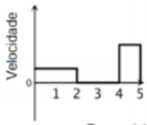
(C)



(D)

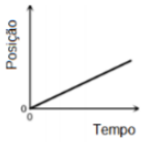


(E)

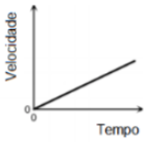


12. Considere os gráficos a seguir, observando os diferentes eixos:

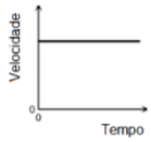
(I)



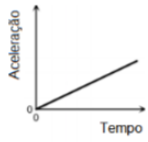
(II)



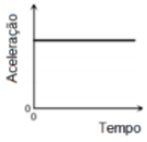
(III)



(IV)



(V)

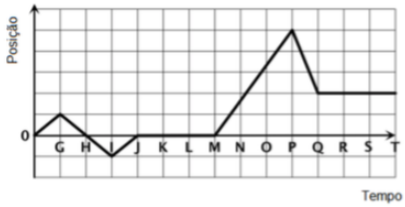


Qual(is) desse(s) gráfico(s) representa(m) um movimento com velocidade constante?

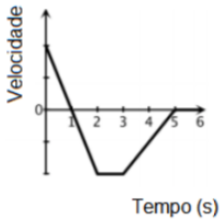
(A) I, II e IV. (B) I e III. (C) Somente III. (D) III e V. (E) I, III e V.

13. O gráfico mostra a posição × tempo de um objeto movendo-se em linha reta. Qual das seguintes alternativas corresponde ao caso em que a velocidade é a mais negativa?

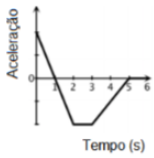
A) entre P e Q
B) I
C) entre M e P
D) entre G e I
E) P



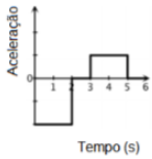
14. A figura à direita representa o gráfico da velocidade × tempo do movimento de um objeto durante um intervalo de tempo de 6 s. Qual gráfico da aceleração × tempo representa melhor o movimento do objeto durante o mesmo intervalo de tempo?



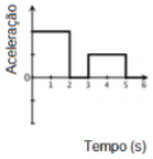
(A)



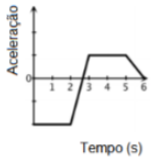
(B)



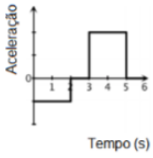
(C)



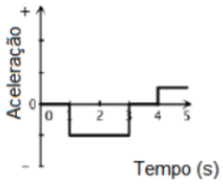
(D)



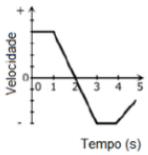
(E)



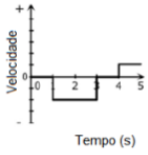
15. O gráfico à direita representa a aceleração de um objeto durante um intervalo de tempo de 5 segundos. Qual dos seguintes gráficos de velocidade × tempo representa melhor o movimento do objeto durante o mesmo intervalo de tempo?



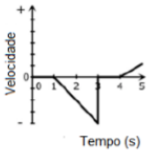
(A)



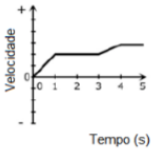
(B)



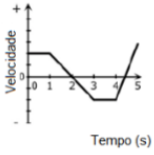
(C)



(D)

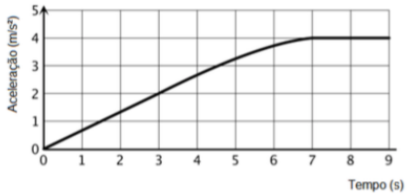


(E)



16. Um objeto se move de acordo com o gráfico abaixo da aceleração × tempo. A mudança da velocidade do objeto nos três primeiros segundos de movimento é:

A) 1,5 m/s
B) 0,67 m/s
C) 2,0 m/s
D) 3,0 m/s
E) 6,0 m/s



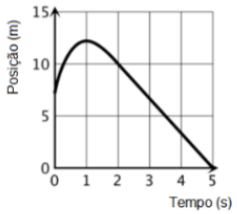
17. O gráfico à direita mostra a velocidade de um objeto movendo-se em linha reta. Qual sentença é a melhor interpretação?

A) O objeto está se movendo com uma posição crescente.
B) A posição do objeto é constante.
C) O objeto está se movendo com uma aceleração crescente.
D) O objeto está se movendo com uma aceleração constante, diferente de zero.
E) O objeto está se movendo com uma velocidade crescente.



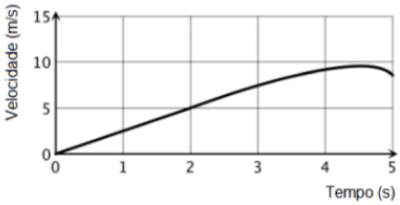
18. A figura à direita mostra a posição em função do tempo do movimento de um objeto. A velocidade do objeto em t = 3 s é aproximadamente:

A) -3,3 m/s
B) -2,0 m/s
C) -0,67 m/s
D) -2,3 m/s
E) 7,0 m/s

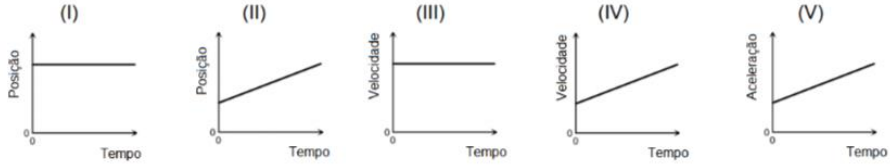


19. Afigura abaixo representa o gráfico da velocidade × tempo de um objeto. Para encontrar a mudança da posição do objeto durante o intervalo de t = 0 s a t = 2 s, o que você deve fazer:

A) Ler 5 diretamente no eixo vertical.
B) Encontrar a área entre esse segmento de reta e o eixo do tempo através do cálculo (5 x 2)/2.
C) Encontrar a inclinação desse segmento de reta dividindo 5 por 2.
D) Encontrar o valor multiplicando 5 por 2.
E) Encontrar o valor dividindo 2 por 5.



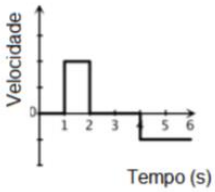
20. Considere os gráficos a seguir, observando os diferentes eixos:

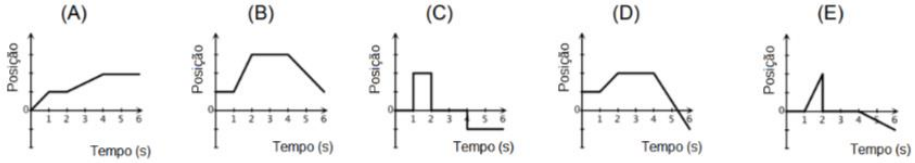


Qual(is) desse(s) gráfico(s) representa(m) o movimento de um objeto com uma aceleração que aumenta uniformemente?

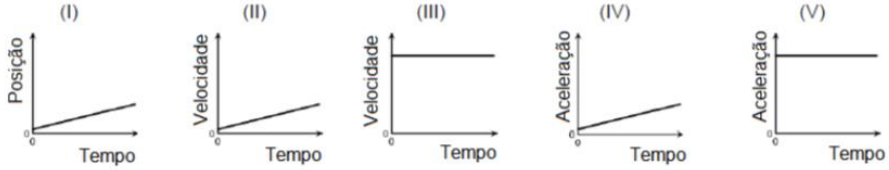
A) II e III
B) IV e V
C) Somente V
D) II, IV e V
E) Somente IV

21. O gráfico à direita representa a velocidade de um objeto durante um intervalo de tempo de 6 s. Qual dos seguintes gráficos de posição × tempo representa melhor o movimento do objeto durante o mesmo intervalo de tempo?





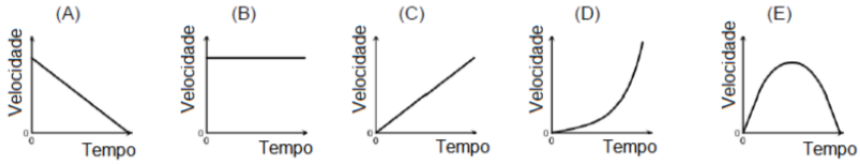
22. Considere os gráficos a seguir, observando os diferentes eixos:



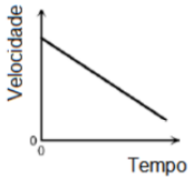
Qual(is) desse(s) representa(m) o movimento de um objeto com uma aceleração constante, diferente de zero?

A) I, II e IV
B) Somente V
C) II e V
D) Somente IV
E) III e V

23. Abaixo são mostrados 5 gráficos de velocidade × tempo. Todos os eixos estão na mesma escala. Qual objeto tem o maior deslocamento durante o intervalo de tempo?

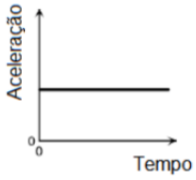


24. O gráfico à direita representa a velocidade de um objeto. Qual sentença é a melhor interpretação do movimento?



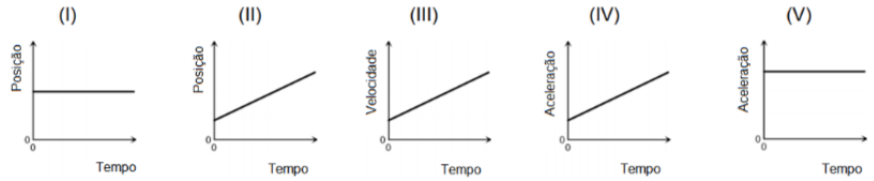
A) O objeto está se movendo com uma aceleração constante.
B) O objeto está se movendo com uma aceleração decrescente.
C) A posição do objeto decresce.
D) O objeto está se movendo a uma velocidade constante.
E) O objeto não se move.

25. O gráfico à direita representa a aceleração em função do tempo de um objeto. Qual sentença é a melhor interpretação do movimento?



A) O objeto está se movendo com uma aceleração crescente.
B) O objeto não se move.
C) O objeto está se movendo com uma velocidade crescente.
D) O objeto está se movendo com uma velocidade constante.
E) O objeto está se movendo com uma posição constante.

26. Considere os seguintes gráficos, observando os diferentes eixos:



Qual(is) desse(s) representa(m) o movimento de um objeto com velocidade uniformemente crescente?

A) Somente II
B) III e V
C) Somente IV
D) II, III e IV
E) Somente III