



Programa de Pós-Graduação *Stricto Sensu*
Mestrado Profissional em Ensino de Ciências
Campus Nilópolis

Mariana de Almeida Jotta Barros

**APRENDIZAGEM DE GRÁFICOS DE CINEMÁTICA POR MEIO DE
VIDEOANÁLISE ASSOCIADO AO MÉTODO INSTRUÇÃO PELOS
COLEGAS (*PEER INSTRUCTION*)**

Nilópolis - RJ

2019

MARIANA DE ALMEIDA JOTTA BARROS

**APRENDIZAGEM DE GRÁFICOS DE CINEMÁTICA POR MEIO DE VIDEOANÁLISE
ASSOCIADO AO MÉTODO INSTRUÇÃO PELOS COLEGAS (*PEER INSTRUCTION*)**

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-graduação *Stricto Sensu* em Ensino de Ciências do Instituto Federal do Rio de Janeiro, modalidade profissional, como parte dos requisitos necessários para obtenção do título de Mestre em Ensino de Ciências.

Orientador: Prof. Dr. Vitor Luiz Bastos de Jesus

Nilópolis – RJ

2019

MARIANA DE ALMEIDA JOTTA BARROS

**APRENDIZAGEM DE GRÁFICOS DE CINEMÁTICA POR MEIO DE VIDEOANÁLISE
ASSOCIADO AO MÉTODO INSTRUÇÃO PELOS COLEGAS (*PEER INSTRUCTION*)**

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-graduação *Stricto Sensu* em Ensino de Ciências do Instituto Federal do Rio de Janeiro, modalidade profissional, como parte dos requisitos necessários para obtenção do título de Mestre em Ensino de Ciências.

Data de aprovação: 14 de março de 2019.

Prof. Dr. Vitor Luiz Bastos de Jesus (orientador)
Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia, *campus* Nilópolis (IFRJ)

Prof. Dr. Marcus Vinicius da Silva Pereira
Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia, *campus* Nilópolis (IFRJ)

Prof. Dr. Daniel Guilherme Gomes Sasaki
Centro Federal de Educação Tecnológica Celso Suckow da Fonseca (CEFET-RJ)

Nilópolis - RJ
2019

“Os opressores, falsamente generosos, têm necessidade, para que a sua "generosidade" continue tendo oportunidade de realizar-se, da permanência da injustiça”.

Paulo Freire

Agradecimentos

Primeiramente agradeço ao meu amado esposo pelo carinho e apoio, por ser minha fortaleza nos momentos de fraqueza ao longo dessa jornada acadêmica. E principalmente pela paciência.

Gostaria de agradecer à minha família, em especial aos meus pais, por fornecerem todo o tipo de suporte para sustentar a minha caminhada e pelo amor incondicional. Agradeço por ter a melhor irmã do mundo.

Agradeço ao meu orientador pelo aprendizado e por sempre oferecer a seus alunos o seu melhor.

Agradeço aos meus amigos do mestrado por tornarem as disciplinas mais leves e agradáveis.

BARROS, M. A. J. Aprendizagem de gráficos de cinemática por meio de videoanálise associado ao método instrução pelos colegas (*peer instruction*).100 p. Dissertação de mestrado. Programa de Pós Graduação *Stricto Sensu* em Ensino de Ciências (PROPEC), Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Rio de Janeiro (IFRJ), *campus* Nilópolis, Nilópolis, RJ. 2019.

RESUMO

A interpretação de gráficos pode ser considerada uma habilidade integradora no cotidiano visto que diversas áreas do conhecimento utilizam dados e informações representados na forma de gráficos. Devido às dificuldades apresentadas na leitura de gráficos pelos alunos foi proposto neste trabalho uma sequência didática que utiliza a videoanálise associada ao método instrução pelos colegas originalmente conhecido por “*peer instruction*”. A sequência didática foi organizada em cinco etapas, das quais foram necessárias nove aulas, podendo ser uma alternativa de experimentação para escolas que não possuem laboratório didático. A metodologia foi avaliada através da aplicação do teste conceitual TUG-K v4.0 como pré-teste e como pós-teste. Os resultados obtidos foram analisados com a finalidade de medir o ganho de *Hake*, e assim fazer um tratamento quantitativo dos dados. O ganho de *Hake* mostra que alunos que participaram da metodologia desenvolvida pelo presente trabalho apresentaram ganhos inferiores ao que Mazur (2015) espera de alunos que participam de aulas tradicionais. Sendo assim, foram feitas reflexões sobre a aplicação do produto educacional elucidando as dificuldades enfrentadas ao longo de toda a sua aplicação e suas consequências. Apesar dos ganhos de *Hake* serem baixo, a proposta permite que os alunos ganhem mais espaço como protagonistas do processo de ensino e aprendizagem e abre as portas para a experimentação em ambientes desprovidos de laboratórios didáticos.

Palavras-chave: ensino de gráficos de cinemática; videoanálise; instrução pelos colegas.

BARROS, M. A. J. Learning kinematic graphs using video analysis associated to peer instruction methodology. 100 p. Master's degree dissertation. Stricto Sensu Postgraduate Program in Science Teaching (PROPEC), professional mode, Federal Institute of Rio de Janeiro (IFRJ), Nilópolis, RJ, Brazil, 2019.

ABSTRACT

The interpretation of graphs can be considered an integrating ability in everyday life, whereas several areas of knowledge use data and information represented in the form of graphs. Because of the difficulties presented in the reading of graphs by the students it was proposed in this work a didactic sequence that uses the video analysis associated to the methodology peer instruction originally known as peer instruction, translated into Portuguese as “instrução pelos colegas”. The didactic sequence was organized in five stages, which were necessary ten lessons. The didactic sequence could be an alternative of experimentation for schools that do not have didactic laboratory. The methodology was evaluated by applying the conceptual test TUG-K v4.0 as a pre-test and as a post-test. The obtained results were analyzed with the purpose of measuring the Hake's gain, and thus make a quantitative treatment of the data. The results obtained by the Hake's gain show that students participated to the methodology developed by of the present work presented gains lower than what Mazur (2015) expects from students who participate in traditional classes. Thus, reflections were made on the application of the educational product elucidating the difficulties faced throughout its application and its consequences. Although Hake's earnings are low, the proposal allows students to gain more space as protagonists of the teaching and learning process and opens the door to experimentation in environments devoid of didactic laboratories.

Keywords: teaching kinematic graphs; video analysis; peer instruction.

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Figura 2.1	Diagrama de implementação da metodologia IpC adaptado de ARAUJO e MAZUR (2013).....	19
Figura 2.2	Relação entre conteúdos, seus respectivos gráficos e objetivos que pretende-se desenvolver nos alunos baseado em Beichner (1994).....	21
Figura 3.1	Calendário do planejamento inicial.....	24
Figura 3.2	Etapas da sequência didática.....	26
Figura 3.3	Exemplo de cartão resposta (<i>flashcard</i>).....	27
Figura 3.4	Porcentagem de acertos da turma em uma questão e tabela exibindo alunos e respostas escolhidas.....	28
Figura 3.5	Obtenção de respostas pelo aplicativo.....	28
Figura 3.6	Imagens da tela do <i>software Tracker</i> durante a videoanálise do movimento dos carros na Avenida Brasil.....	33
Figura 3.7	Imagens da tela do <i>software Tracker</i> durante a videoanálise da queda livre de uma bola de tênis, adaptado de De Jesus (2014).....	34
Figura 3.8	Imagens da tela do <i>software Tracker</i> durante a videoanálise do movimento da lata que vai e volta.....	36
Figura 3.9	Fotos do laboratório de informática utilizado.....	38
Figura 4.1	Distribuição das respostas por turma obtidas na questão 2 da atividade MRU.....	40
Figura 4.2	Distribuição das respostas por turma obtidas na questão 3 da atividade MRU.....	41
Figura 4.3	Distribuição das respostas por turma obtidas na questão 4 da atividade MRU.....	42
Figura 4.4	Distribuição das respostas por turma obtidas na questão 5 da atividade MRU.....	43
Figura 4.5	Distribuição das respostas por turma obtidas na questão 6 da atividade MRU.....	44
Figura 4.6	Distribuição das respostas por turma obtidas na questão 7 da atividade MRU.....	45
Figura 4.7	Distribuição das respostas por turma obtidas na questão 8 da atividade MRU.....	47
Figura 4.8	Distribuição das respostas por turma obtidas na questão 9 da atividade MRU.....	48
Figura 4.9	Relação das turmas que apresentaram dificuldade em cada questão do roteiro sobre MRU	49

Figura 4.10	Distribuição das respostas por turma obtidas na questão 2 da atividade sobre queda livre do MRUV.....	51
Figura 4.11	Distribuição das respostas por turma obtidas na questão 3 da atividade sobre queda livre do MRUV.....	52
Figura 4.12	Distribuição das respostas por turma obtidas na questão 4 da atividade sobre queda livre do MRUV.....	53
Figura 4.13	Distribuição das respostas por turma obtidas na questão 5 da atividade sobre queda livre do MRUV.....	54
Figura 4.14	Relação das turmas que apresentaram dificuldade em cada questão do roteiro de queda livre sobre MRUV.....	56
Figura 4.15	Distribuição das respostas por turma obtidas na questão 1 da atividade lata que vai e volta do MRUV.....	57
Figura 4.16	Distribuição das respostas por turma obtidas na questão 2 da atividade lata que vai e volta do MRUV.....	60
Figura 4.17	Distribuição das respostas por turma obtidas na questão 3 da atividade lata que vai e volta do MRUV.....	62
Figura 4.18	Distribuição das respostas por turma obtidas na questão 4 da atividade lata que vai e volta do MRUV.....	63
Figura 4.19	Distribuição das respostas por turma obtidas na questão 5 da atividade lata que vai e volta do MRUV.....	63
Figura 4.20	Relação das turmas que apresentaram dificuldade em cada questão do roteiro do experimento lata que vai e volta sobre MRUV.....	64
Figura 4.21	Porcentagem de acertos de cada questão no pré-teste.....	65
Figura 4.22	Porcentagem de acertos de cada questão no pós-teste.....	66
Figura 4.23	Comparação entre a porcentagem de acertos total no pré-teste e no pós-teste.....	67
Figura 4.24	Distribuição normal da região crítica e regiões de aceite, adaptada de MORETTIN; BUSSAB (2010).....	71
Figura 4.25	(a) Distribuição normal para o nível de confiança de 5% (b) Distribuição normal para o nível de confiança de 1%, adaptado de MORETTIN; BUSSAB (2010).....	73
Figura 4.26	Calendário do planejamento particado.....	77
Figura A.1	Interface gráfica do <i>software Tracker</i>	88
Figura A.2	Caixa de diálogo para ajustes no vídeo.....	89

Figura A.3 Caixa de diálogo para iniciar a marcação das posições.....	90
Figura A.4 Exemplo de gráfico obtido pelo <i>software</i>	91
Figura B.1 Imagem do vídeo “Carros na Avenida Brasil”.....	92
Figura C.1 Imagem do vídeo queda livre da bola de tênis.....	95
Figura D.1 Imagem do vídeo “lata que vai e volta”.....	98

LISTA DE TABELAS

Tabela 4.1	Comparação dos resultados obtidos no pré-teste e pós-teste pela turma A.....	68
Tabela 4.2	Comparação dos resultados obtidos no pré-teste e pós-teste pela turma B.....	69
Tabela 4.3	Comparação dos resultados obtidos no pré-teste e pós-teste pela turma C.....	70
Tabela 4.4	Comparação dos resultados obtidos no pré-teste e pós-teste pela turma D.....	70
Tabela 4.5	Teste de igualdade entre as médias para verificar as médias obtidas no pré e no pós-teste.....	72
Tabela 4.6	Teste de significância entre as médias para o nível de confiança de 5%.....	73
Tabela 4.7	Teste de significância entre as médias para o nível de confiança de 1%.....	74
Tabela 4.8	Comparação entre as médias obtidas no pré-teste e no pós-teste dos alunos do IFF Cambuci e das médias obtidas pelos alunos no presente trabalho.....	75

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

PCN	Parâmetros Curriculares Nacionais
POE	Predizer, Observar e Explicar
IpC	Instrução pelos Colegas
TUG-K	<i>Test of Understanding of Graphs – Kinematics</i>
TUG-K v4.0	<i>Test of Understanding of Graphs – Kinematics</i> versão 4.0
FCI	<i>Force Concept Inventory</i>
PPP	Projeto Político Pedagógico
MRU	Movimento Retilíneo Uniforme
MRUV	Movimento Retilíneo Uniformemente Variado
UTFPR	Universidade Tecnológica Federal do Paraná
Ideb	Índice de Desenvolvimento da Educação Básica
OBMEP	Olimpíada Brasileira de Matemática das Escolas Públicas
SEEDUC	Secretaria de Estado e Educação

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO	13
2 DESCRIÇÃO DO MÉTODO E DAS FERRAMENTAS UTILIZADAS	16
2.1.VIDEOANÁLISE	16
2.2 METODOLOGIA ATIVA INSTRUÇÃO PELOS COLEGAS.....	17
2.3 TESTE CONCEITUAL TUG-K.....	20
3 METODOLOGIA	23
3.1 PRODUTO EDUCACIONAL.....	25
3.1.1 Primeira etapa: aula inaugural – apresentação da metodologia de instrução pelos colegas	26
3.1.2 Segunda etapa: aplicação do pré-teste – TUG-K v4.0	29
3.1.3 Terceira etapa: aula de apresentação à videoanálise e ambientação ao laboratório de informática e ao software Tracker	30
3.1.4 Quarta etapa: aulas combinando videoanálise com a metodologia IpC	30
3.1.4.1 Primeira atividade: Movimento Retilíneo Uniforme (MRU).....	32
3.1.4.2 Segunda atividade: Movimento Retilíneo Uniformemente Variável (MRUV).....	34
3.1.4.3 Terceira atividade: experimento da lata que vai e volta.....	35
3.1.5 Quinta etapa: aplicação do pós-teste TUG-K v4.0	37
3.2 DESCRIÇÃO DA ESCOLA.....	37
4 RESULTADOS E DISCUSSÕES	39
4.1 APLICAÇÃO DO PRODUTO EDUCACIONAL.....	39

4.2.1 Atividade MRU.....	39
4.2.2 Atividade sobre queda livre do MRUV.....	50
4.2.3 Atividade lata que vai e volta do MRUV.....	56
4.2 RESULTADOS OBTIDOS NO PRÉ-TESTE E NO PÓS-TESTE.....	65
4.3 ANÁLISE QUANTITATIVA.....	68
4.4 REFLEXÕES SOBRE A APLICAÇÃO DO PRODUTO EDUCACIONAL.....	76
4.4.1 Alterações no planejamento.....	76
4.4.2 Apontamentos sobre a elaboração das atividades.....	80
4.4.3 Dificuldades na utilização do laboratório de informática.....	81
5 CONSIDERAÇÕES FINAIS.....	83
REFERÊNCIAS.....	85
APÊNDICE A – MANUAL PARA O SOFTWARE TRACKER DESENVOLVIDO PARA OS ESTUDANTES.....	88
APÊNDICE B - ROTEIRO SOBRE MRU.....	92
APÊNDICE C - PRIMEIRO ROTEIRO SOBRE MRUV.....	95
APÊNDICE D - SEGUNDO ROTEIRO SOBRE MRUV.....	98

1 INTRODUÇÃO

Ao longo da trajetória escolar o estudante passa por vários processos de aprendizagem dentre eles o desenvolvimento da compreensão da sua realidade e do posicionamento crítico. Há alguns anos as escolas receberam a tarefa de formar não só sujeitos prontos para o mercado de trabalho, profissionais com conhecimentos específicos, mas também de formar cidadãos habilitados a compreender criticamente o mundo que o cerca. Araujo e Mazur (2013, p. 364) sinalizam as dificuldades de realizar tais tarefas.

Seja por questões sociais ou de mercado, há uma demanda crescente pela formação de profissionais que tenham conhecimentos sólidos sobre conteúdos específicos e possuam habilidades e competências associadas ao trabalho colaborativo, discussão de ideias e metacognição. Escolas e universidades são as instituições nas quais se espera que essa formação aconteça, ou pelo menos seja bem encaminhada, principalmente através de ações dos professores. Tal responsabilidade não é um fardo leve. (ARAUJO; MAZUR, 2013, p. 364).

Proporcionar um ensino de física aliado à experimentação pode contribuir para uma aprendizagem sólida, pois além de trabalhar conteúdos específicos, possibilita a promoção de um ensino atrativo ao aluno. Posto que, um dos principais objetivos da ciência é permitir ao homem ampliar a sua concepção do mundo em que vive. Dessa forma, os físicos criam conceitos que são associados às grandezas físicas e estabelecem relações entre elas denominadas leis físicas. Ao encontro desta realidade temos os Parâmetros Curriculares Nacionais (PCN).

...a formalização matemática continua sendo essencial, desde que desenvolvida como síntese dos conceitos e relações, compreendidos anteriormente de forma fenomenológica e qualitativa. Substituir um problema por uma situação-problema, nesse contexto, ganha também um novo sentido, pois se passa a lidar com algo real ou próximo dele (BRASIL, 2007, p. 85).

Dentre as competências a serem trabalhadas no ensino de física, destaca-se a importância da interpretação de gráficos de cinemática. Para os físicos, os gráficos são tão fundamentais, que Beichner (1994) os considera uma segunda linguagem. A interpretação de gráficos pode ser considerada uma habilidade integradora no cotidiano visto que diversas áreas do conhecimento utilizam dados e informações representados graficamente.

Segundo Beichner (1996) a principal confusão que os alunos fazem ao se depararem com gráficos de cinemática é a crença que os gráficos funcionam como uma espécie de fotografia do movimento.

No trabalho desenvolvido por Da Silva (2016) aplicou-se uma sequência didática utilizando a videoanálise como ferramenta didática para abordar conceitos de gráficos de cinemática em conjunto com a metodologia *POE* (sigla para *Predizer, Observar e Explicar*), em alunos do primeiro ano do ensino médio técnico. A metodologia foi proposta com a intenção de trabalhar com conflitos cognitivos para alcançar resistências profundas nos estudantes, na forma de suas concepções prévias. Contudo, os dados obtidos a partir de testes conceituais após o emprego da sequência didática proposta apontou problemas no aprendizado dos conceitos propostos, os gráficos de cinemática.

Portanto, o presente trabalho traz o seguinte questionamento: “É possível contribuir para a interpretação de gráficos de cinemática dos alunos do primeiro ano do ensino médio, de uma escola da rede pública de educação, através do uso da videoanálise associada à metodologia Instrução pelos Colegas (IpC)?”.

A fim de responder tal questionamento, foi proposta uma sequência didática que culminou no desenvolvimento de um produto educacional. A elaboração do produto educacional visa amenizar as dificuldades na interpretação de gráficos de cinemática dos alunos do primeiro ano do ensino médio, pertencentes a uma escola da rede pública de educação.

O produto educacional desenvolvido neste trabalho faz uso da ferramenta videoanálise associada à metodologia de instrução pelos colegas, originalmente conhecida por *peer instruction*. O método colaborativo, instrução pelos colegas foi desenvolvido na década de 1990 pelo professor Eric Mazur, da Universidade de *Havard* (EUA), é conhecido no Brasil como Instrução pelos Colegas (IpC) após o trabalho de Araújo e Mazur (2013).

O teste conceitual TUG-K (*Test of Understanding Graphs - Kinematics*) foi utilizado como pré-teste e pós-teste para calcular o ganho de *Hake* e avaliar a sequência didática proposta. A avaliação assimila como o uso da videoanálise de diferentes tipos de movimentos abordados pela metodologia ativa, instrução pelos colegas, podem influenciar na aprendizagem de conceitos relacionados à interpretação de gráficos de cinemática pelos alunos do ensino médio.

As aulas propostas consistem na videoanálise de movimentos de diferentes tipos de fenômenos físicos utilizando o *software* livre *Tracker* (BROWN, 2009). Essa ferramenta pode

ser considerada uma alternativa de experimentação para escolas que não possuem laboratórios didáticos, mas que tenham disponível em seu espaço físico um laboratório de informática. Os PCN destacam a importância de buscar novas estratégias para conduzir a aprendizagem

Tendo em vista as práticas tradicionalmente adotadas na escola média brasileira, o que está sendo proposto depende de mudanças de atitude na organização de novas práticas. Por isso, além da proposição de temas estruturadores para o trabalho de cada disciplina, procura-se esboçar algumas sugestões de diferentes formas e estratégias de se conduzir o aprendizado. (BRASIL, 2007, p. 13)

Nessa proposta pedagógica, os alunos compartilham ideias e interagem de forma participativa numa aprendizagem colaborativa, ao passo que o ensino de física experimental é difundido. Além de abrir o espaço para a discussão pedagógica de como se inserir nas aulas de Física o conteúdo de Física básica de forma inovadora.

2 DESCRIÇÃO DO MÉTODO E DAS FERRAMENTAS UTILIZADAS

2.1 VIDEOANÁLISE

Neste trabalho, a videoanálise será feita com auxílio do *software* livre *Tracker* (BROWN, 2009) e de código aberto (BEZERRA JUNIOR *et al.*, 2011). O *software* possibilita a análise de vídeos onde a posição do objeto é observada quadro a quadro possibilitando a obtenção de sucessivas posições em função do tempo.

A videoanálise também proporciona o estudo de diversos tipos de movimento a partir de filmes feitos com câmaras digitais ou *webcams* e computadores comuns e possibilita o usuário analisar movimentos de difícil visualização. Entende-se que utilizando esta tecnologia, professores e estudantes de física têm condições de desenvolver experimentos significativos e atividades de laboratório de baixo custo, mas de qualidade acadêmica, o que pode ser útil no ensino-aprendizado da física.

De acordo com o crescente avanço da tecnologia, a análise de capturas de imagens vem ganhando cada vez mais espaço nos laboratórios de física, não só pelo seu baixo custo, mas também pela sua fácil acessibilidade. Segundo Figueira (2011), a videoanálise permite o estudo de movimentos que não podem ser facilmente medidos no laboratório tradicional, e também permite analisar situações do mundo real.

A popularização das câmeras acopladas, principalmente a aparelhos celulares, permitiu uma maior interação dos alunos com o fenômeno de forma mais participativa. É um recurso que além de não envolver altos custos, e se usado de forma reflexiva, pode trazer motivação e envolvimento por parte do aluno proporcionando uma aprendizagem dos conceitos físicos (WRASSE *et al.*, 2014).

Este recurso que pode ser usado para reforçar conteúdos em uma disciplina, no ensino médio, fundamental e em cursos de formação de professores, entre outros. Para fins educacionais, consiste na filmagem de um vídeo de um fenômeno ou experimento a ser analisado a fim de compreender algumas grandezas físicas.

O uso de novas tecnologias neste projeto visa proporcionar ao aluno a interação entres seus pares através do trabalho em grupo ao longo de resoluções de problemas significativos.

Para Oliveira (2014) o uso da videoanálise pode promover o interesse dos alunos de primeiro ano do ensino médio no processo de ensino-aprendizagem. Na opinião desse autor o *software* livre *Tracker* é uma ferramenta educacional extremamente útil para ser utilizada na disciplina de física podendo compensar a falta de um laboratório didático, principalmente nas escolas da rede pública. Também destaca o *software* livre *Tracker* como uma ferramenta capaz de abordar tanto experimentos simples quanto experimentos mais complexos.

Silva (2017) apresenta uma sequência didática para estudar movimentos retilíneos uniformes e circulares utilizando videoanálise dentro de um contexto colaborativo. Neste trabalho alunos do segundo ano do ensino médio da rede federal de ensino discutem problemas investigados pela videoanálise. Os dados obtidos revelam a possibilidade de se utilizar a sequência didática proposta como mediadora da relação ensino-aprendizagem.

[...] entendemos que o uso do Tracker no Ensino de Física é promissor por conta de seu baixo custo, de sua versatilidade e do interesse que desperta nos estudantes, tendo em vista a dinâmica de aulas que permite. [...] após algumas semanas, mesmo usuários relativamente inexperientes são capazes de empregá-lo na realização de experimentos significativos de Física. Neste sentido, o uso desta tecnologia surge como uma importante alternativa a ser usada tanto na formação inicial quanto na formação continuada de professores de Física, bem como nos diversos níveis de ensino, como forma de incrementar as aulas de Física nas escolas e universidades brasileiras. (OLIVEIRA *et al.*, 2011, p. 7)

2.2 METODOLOGIA ATIVA INSTRUÇÃO PELOS COLEGAS

O método de instrução pelos colegas tem foco na aprendizagem conceitual e no desenvolvimento de habilidades sociais e cognitivas (CROUCH; MAZUR, 2001) utilizando atividades que visam à aprendizagem de conceitos teóricos básicos no qual os estudantes explicam tais conceitos a outros estudantes. O método foi desenvolvido na década de 1990 pelo professor de física Eric Mazur, da Universidade de Harvard.

Durante sua prática em sala de aula, Mazur observou que seus alunos do ensino superior da universidade de *Harvard* apresentavam alto desempenho na resolução de problemas considerados difíceis, contudo ao aplicar o teste conceitual *Force Concept Inventory* (FCI) o desempenho obtido pelos alunos foi contraditório aos resultados anteriores. Ao comparar os diferentes resultados, Mazur decidiu colocar em seus exames

questões conceituais e questões quantitativas bem elaboradas. Mazur percebeu que grande parte dos alunos conseguia resolver as questões quantitativas ditas difíceis, mas não conseguiam um desempenho bom nas questões conceituais.

A fim de mudar tal realidade, Mazur criou o método IpC cujo foco foi a aprendizagem de conceitos teóricos sem haver negligências nas resoluções de problemas quantitativos (MAZUR, 1997).

A metodologia proposta por Mazur (1997) pode ser explicada através das seguintes etapas:

1. Uma curta apresentação oral sobre os elementos centrais de um dado conceito ou teoria é feita em 20 minutos.
2. Uma pergunta de múltipla escolha, geralmente conceitual, denominada Teste Conceitual, é colocada aos alunos sobre o conceito (teoria) apresentado na exposição oral.
3. Os alunos têm entre um e dois minutos para pensarem silenciosamente sobre a questão apresentada.
4. Os estudantes registram suas respostas individualmente e as mostram ao professor usando algum sistema de resposta.
5. De acordo com a distribuição de respostas, o professor pode passar para o passo seis (quando a frequência de acertos está entre 35% e 70%), ou diretamente para o passo nove (quando a frequência de acertos é superior a 70%).
6. Os alunos discutem a questão com seus colegas por um a dois minutos.
7. Os alunos registram sua resposta revisada e as mostram ao professor usando o mesmo sistema de resposta do passo quatro.
8. O professor tem um retorno sobre as respostas dos alunos a partir das discussões e pode apresentar os resultados para os alunos.
9. O professor então explica a resposta da questão aos alunos e pode ou apresentar uma nova questão sobre o mesmo conceito ou passar ao próximo tópico da aula, voltando ao primeiro passo. (MÜLLER *et al.*, 2017, p.3).

Ao aplicar a metodologia IpC, presente trabalho utilizou a etapa 10 que de acordo com Araújo e Mazur (2013) propõe uma nova explanação do conceito aos alunos caso a distribuição de respostas corretas seja inferior a 35%, conforme mostra a figura 2.1.

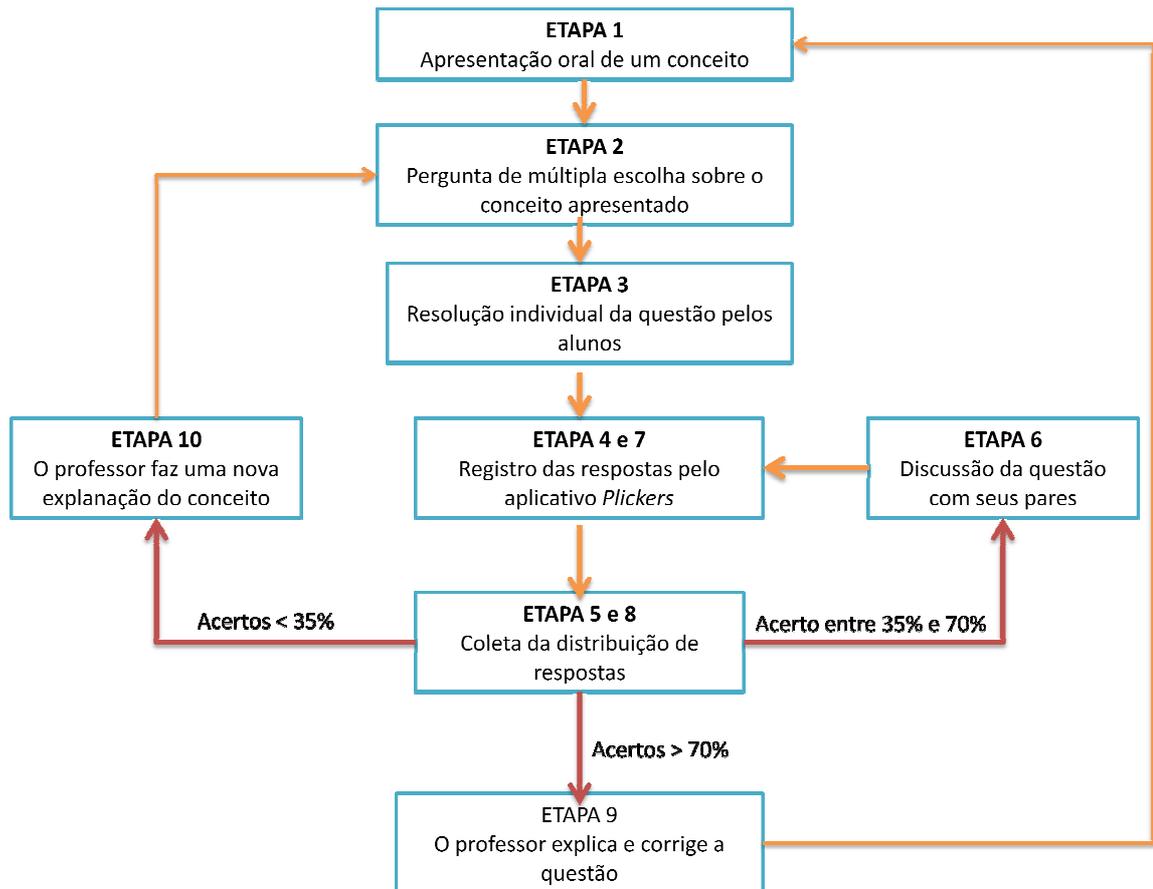


Figura 2.1 Diagrama de implementação da metodologia IpC adaptado de ARAUJO e MAZUR (2013).

Neste trabalho a tomada de respostas de uma questão conceitual foi feita por diversas vezes, até que o percentual de acertos da turma atingisse 70%. A tomada de respostas inserida na metodologia tem como intuito aprimorar a aprendizagem dos alunos sobre um determinado conceito.

O método IpC trata-se de uma metodologia ativa que se contrapõe ao ensino tradicional, caracterizado por aulas expositivas. A abordagem desta metodologia está alicerçada em atividades programadas nas quais se procura engajar o estudante durante todo processo de aprendizagem.

Apesar de ser uma metodologia desenvolvida inicialmente aplicada em alunos de ensino superior, é possível encontrar na literatura trabalhos que utilizaram esta metodologia no ensino médio e que obtiveram resultados positivos.

Reis (2018) utiliza a metodologia ativa, Instrução pelos Colegas, associado a simulações computacionais para ensinar conceitos sobre transformações energéticas e calorimetria a alunos do ensino médio pertencentes a uma rede pública. E verifica que

alunos em que tal abordagem foi aplicada apresentaram um desempenho melhor dos que foram submetidos a aulas tradicionais.

Um estudo de caso também com alunos do ensino médio é apresentado em Müller *et al.* (2012) ao aplicar uma sequência didática sobre tópico de eletromagnetismo. A sequência utiliza da metodologia IpC e faz uso de computadores como sistema de votação. Observou-se nesse estudo que as discussões por propiciar uma participação ativa entre os alunos mostraram-se culminando em respostas corretas.

2.3 TESTE CONCEITUAL TUG-K

Agrello e Garg (1999) destacam que a leitura e interpretação de gráfico proporciona a aquisição de dados e informações de maneira qualitativa de um fenômeno físico, entretanto, os professores de universidades relatam a dificuldade de seus alunos ao analisá-los em laboratórios.

A fim de reportar os problemas encontrados pelos estudantes na interpretação de gráficos de cinemática, Beichner (1994) desenvolveu o teste padronizado TUG-K (*Test of Understanding of Graphics – Kinematics*) que pode ser utilizado como ferramenta diagnóstica e inclusive como instrumento de avaliação do aprendizado.

O teste TUG-K foi elaborado inicialmente contendo vinte e uma questões e ao longo dos anos sofreu melhorias e atualmente consta com vinte e seis questões de múltipla escolha com cinco alternativas cada.

A figura 2.2 mostra a relação entre os conteúdos a serem trabalhados e os objetivos do teste TUG-K apresentados por Beichner (1994).

Dado	Objetivo(s) a ser (em) alcançado(s)
Posição x tempo	Determinar velocidade
Velocidade x tempo	Determinar o deslocamento
Velocidade x tempo	Determinar aceleração
Aceleração x tempo	Determinar mudança na velocidade
Gráfico de cinemática	Selecionar outro gráfico correspondente
Gráfico de cinemática	Selecionar descrição textual
Descrição textual	Selecionar gráfico correspondente

Figura 2.1 Relação entre conteúdos, seus respectivos gráficos e objetivos que pretende-se desenvolver nos alunos baseado em Beichner (1994).

Esse teste foi desenvolvido para estudantes universitários americanos e aplicado primeiramente na Universidade do Estado da Carolina do Norte. O teste conceitual TUG-K foi traduzido para o português por Allegro e Garg (1999), permitindo a utilização deste material para professores e pesquisadores brasileiros.

Em seguida a utilização do teste foi estendida para alunos de ensino médio, essa versão do teste é chamada de TUGK-2, desenvolvido a partir de pequenas adaptações no enunciado das questões do teste conceitual original.

No presente trabalho foi aplicada versão mais atual do TUG-K, a versão v4.0. Essa versão sofreu algumas modificações em relação à versão original. A justificativa para o uso dessa nova versão encontra-se em Zavala *et al.* (2017), que mostram a necessidade de modificações na primeira versão do teste já que não era possível tirar conclusões sobre a compreensão dos alunos em alguns objetivos relacionados ao teste.

A necessidade de melhoria da primeira versão do teste conceitual TUG-K ocorreu após Zavala *et al.* (2017) observarem algumas dificuldades como a impossibilidade de fazer uma comparação entre a capacidade do aluno em determinar a mudança da posição de um gráfico de velocidade e a capacidade de determinar a mudança de velocidade a partir do gráfico de aceleração. Notaram que não era possível tirar conclusões sobre as comparações

da capacidade do aluno para selecionar o gráfico a partir de um gráfico. Também verificaram a dificuldade de tirar conclusões sobre as comparações das habilidades do aluno em selecionar uma descrição textual de diferentes gráficos e por último, a ausência de concepções mais comuns nas alternativas “distratoras” (opções incorretas) em algumas questões.

Após essas observações Zavala *et al.* (2017) fazem as correções necessárias e produzem uma nova versão do teste TUG-K, a versão v4.0, disponível apenas na língua inglesa.

Devido às melhorias feitas na versão atual, a autora do presente trabalho optou por utilizá-lo como pré-teste e pós-teste a fim de utilizá-lo como instrumento de avaliação da metodologia proposta. A partir da necessidade de aplicá-lo neste trabalho, foi feita a tradução desta versão para o português.

Atualmente a versão traduzida do TUG-K v4.0 encontra-se hospedada no portal *PhysPort* e pode ser acessada através do seguinte link <https://www.physport.org/assessments/assessment.cfm?l=6&A=TUGK>. A versão traduzida do teste não foi disponibilizada ao longo do corpo dessa dissertação, pois para ter acesso aos testes conceituais no portal *PhysPort* é necessário cadastro e senha e concordar com alguns termos que não comprometam a validade dos testes, com por exemplo, permitir que alunos não tenham acesso às cópias do instrumento, disponibilizá-lo em sites sem segurança ou compartilhar com pessoas que não estejam de acordo com as diretrizes supracitadas.

O propósito de aplicar o TUG-K como pré-teste e como pós-teste é verificar a razão entre o aumento absoluto obtido nos acertos e o quanto era possível alcançar no teste, razão conhecida como ganho de *Hake* (HAKE, 1998).

O ganho normalizado de *Hake* é calculado a partir da seguinte expressão:

$$g = \frac{(\%pós - \%pré)}{(100 - \%pré)} \quad (1)$$

Sendo:

g: ganho de *Hake*

%pós: percentual de acertos no pós-teste

%pré: percentual de acertos no pré-teste

3 METODOLOGIA

Com a finalidade de aperfeiçoar a leitura, compreensão e interpretação de gráficos de cinemática dos estudantes do ensino médio, a metodologia deste trabalho foi organizada em uma sequência com cinco etapas, das quais foram necessárias nove aulas. Cada aula possuiu dois tempos de 50 minutos que equivalem a uma aula de 1h e 40 min. Nesse trabalho a sequência didática foi aplicada no primeiro e no segundo bimestre do ano letivo de 2018.

As aulas foram desenvolvidas e ministradas para turmas do primeiro ano do ensino médio, em encontros semanais de dois tempos para cada turma pertencente à carga horária planejada pela rede estadual para a disciplina de física. A pesquisa foi realizada com quatro turmas de primeiro ano do ensino médio, do turno vespertino, cerca de 40 estudantes por turma, ou seja, aproximadamente 160 alunos fizeram parte desse trabalho.

A saber, as aulas de física foram ministradas para as turmas A, B, C e D. As aulas para as turmas C e D ocorrem às segundas-feiras e terças-feiras para as turmas A e B. Vale ressaltar que o planejamento das atividades presentes na sequência didática deve respeitar o calendário pré-estabelecido pela escola. Dessa forma, o planejamento ficou organizado da seguinte maneira:

Planejamento original para o 1° e 2° Bimestre de 2018							
Abril		Maio		Junho		Julho	
Segunda	Terça	Segunda	Terça	Segunda	Terça	Segunda	Terça
01 Aula inaugural	02 Aula inaugural		01 Feriado	04 2° atividade de MRUV	05 2° atividade de MRUV	02 Dia flexível	03 Dia flexível
09 Semana de prova (1° Bi)	10 Semana de prova (1° Bi)	07 Atividade de MRU	08 Atividade de MRU	11 Continuação da 2° atividade de MRUV	12 Continuação da 2° atividade de MRUV	09 Dia flexível	10 Conselho de classe
16 Pré-teste	17 Pré-teste	14 Continuação da atividade MRU	15 Continuação atividade de MRU	18 Semana de provas	19 Semana de provas	16 Recesso escolar	17 Recesso escolar
23 Feriado	24 Apresentação do Tracker	21 1° atividade MRUV	22 1° atividade MRUV	25 Pós-teste	26 Pós-teste	24 Recesso escolar	25 Recesso escolar
30 Apresentação do Tracker		28 Continuação da 1° atividade de MRUV	29 Continuação da 1° atividade de MRUV			30 Início do 3° bimestre	31 Início do 3° bimestre

Figura 3.1 Calendário do planejamento inicial.

No planejamento os dias 16 e 17 de Abril são reservados para a semana de provas do primeiro bimestre do colégio, sem aula nesse período por questões de organização da escola pré-determinada em seu Projeto Político Pedagógico (PPP), as datas da semana de provas são determinadas pela direção da escola no início do ano letivo. O mesmo ocorre nos dias 18 e 19 de Junho, datas reservadas para semana de provas do segundo bimestre letivo, ou seja, é necessário terminar a metodologia proposta na semana anterior a essa semana de provas.

O objetivo do planejamento é organizar as atividades da sequência didática de maneira que sejam ministradas em ordem crescente de dificuldade. Começando pela atividade sobre carros na Avenida Brasil abordando conteúdos relacionados ao Movimento Retilíneo Uniforme (MRU), seguido da atividade de queda livre da bola de tênis, como atividade introdutória aos conceitos sobre Movimento Retilíneo Uniformemente Variado

(MRUV), e por último a atividade da lata que vai e volta a finalizar com os conceitos mais complexos sobre MRUV.

3.1 PRODUTO EDUCACIONAL

O produto educacional consiste nas etapas da sequência didática apresentada neste capítulo, conforme ilustra a figura 3.2. O produto educacional foi desenvolvido como um guia para professores de física que buscam, em sua prática docente, trabalhar experimentos que abordam conceitos sobre gráficos de cinemática.

O produto apresenta experimentos que foram analisados pela ferramenta videoanálise mediada pela metodologia IpC e deve ser utilizado preferencialmente em escola que possuem salas de informática que acomodem uma turma.

Etapa	Atividade	Carga horária	Instrumentos utilizados
1°	Aula inaugural.	1h e 40 min.	Lista de exercícios com tomada de respostas pelo aplicativo <i>Plickers</i> .
2°	Aplicação do pré-teste.	1h e 40min	Teste conceitual TUG-K v4.0.
3°	Ambientação ao laboratório de informática e ao <i>software Tracker</i> .	1h e 40min	Apresentação do “Manual do <i>software Tracker</i> para estudantes” e videoanálise do vídeo Carros na Avenida Brasil.
4°	Aulas combinando videoanálise com a metodologia IpC	10h	Videoanálise de diferentes movimentos; roteiros sobre MRU e MRUV; metodologia IpC; uso do aplicativo <i>Plickers</i> .
5°	Aplicação do pós-teste.	1h e 40min	Teste conceitual TUG-K v4.0.

Figura 3.2 Etapas da sequência didática.

3.1.1 Primeira etapa: aula inaugural – apresentação da metodologia IpC

A primeira etapa consiste em uma aula inaugural na qual deve ser apresentada aos alunos a metodologia, videoanálise mediado pelo método IpC, que será empregada nas próximas aulas. Assim como a explanação de todas as etapas que eles serão submetidos.

A metodologia do presente trabalho traz elementos novos à realidade do aluno, como a videoanálise, a metodologia ativa IpC e o uso do aplicativo *Plickers*. Para isso, foram abordadas questões conceituais básicas sobre física a serem respondidas com o auxílio do cartão resposta (*flashcard*) seguindo as etapas como sugere a metodologia ativa escolhida. Portanto, a primeira etapa tem por finalidade a adaptação do aluno à metodologia IpC e ao aplicativo *Plickers*.

O registro das respostas dadas pelos alunos foi feita através do aplicativo *Plickers*. Este sistema permite obter resposta em tempo real através de cartões respostas, *flashcards* que funcionam como um *QR Code* (código de barras facilmente escaneado por *smartphones*) e cada aluno recebeu um cartão resposta numerados, por exemplo, o aluno A corresponde ao cartão resposta de número 1 enquanto o aluno B corresponde ao cartão resposta de número 2. Os cartões possuem alternativas A, B, C e D, essas alternativas correspondem a um lado específico do cartão como mostra a figura 3.3 (o acesso aos cartões resposta encontra-se disponível e livre no site <https://www.plickers.com/cards>).

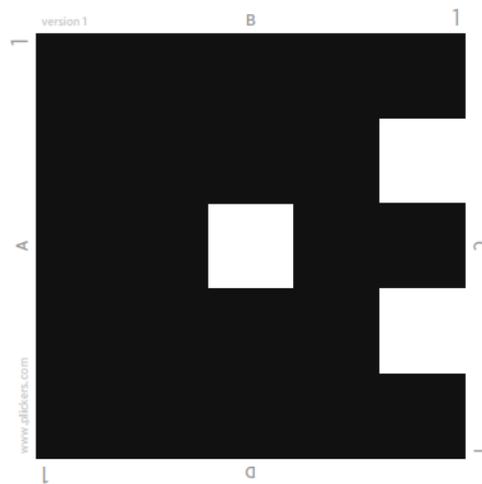


Figura 3.3 Exemplo de cartão resposta (*flashcard*).

Fonte: https://www.plickers.com/PlickersCards_2up.pdf

Para o professor ter acesso às repostas, basta o aluno mostrar o cartão resposta com o lado correspondente à alternativa escolhida para cima e voltado para o *smartphone* do professor, e este receberá em sua tela as respostas escolhidas por cada aluno e a porcentagem de acertos da turma de maneira instantânea.

O uso do aplicativo é simples, basta o professor se inscrever no site do aplicativo *Plickers*, em seguida cadastrar uma lista com os nomes referentes a uma turma e adicionar as questões no site do aplicativo. Feito isso, o professor faz um *download* do aplicativo no *smartphone* e já pode utilizar a ferramenta em sala de aula. As respostas e a porcentagem de acertos ficam registradas tanto no aplicativo do *smartphone* quanto no site do desenvolvedor.



Figura 3.4 Porcentagem de acertos da turma em uma questão e tabela exibindo alunos e respostas escolhidas.



Figura 3.5 Obtenção de respostas pelo aplicativo.

Nessa aula foram escolhidas questões que revisassem os conteúdos do primeiro bimestre por ser uma aula que se encontrava anterior à semana de provas. Foram abordados conceitos sobre movimento relativo, deslocamento e velocidade. Nessa etapa fica livre a escolha das questões pelos professores a serem trabalhadas, pois depende do período letivo em que será aplicada.

Após a adaptação da turma a metodologia IpC e ao aplicativo de tomada de respostas é importante que seja problematizada a importância da leitura de gráficos através de questionamentos levantados pelo professor “O que é e qual é a função da mecânica clássica?”, “Qual a importância da leitura de gráficos?”, ou “Em quais momentos a interpretação de um gráfico se fez presente no seu cotidiano?”.

3.1.2 Segunda etapa: aplicação do pré-teste – TUG-K v4.0

A segunda etapa compreende na aplicação do pré-teste, TUG-K v4.0, que apesar de ter sido desenvolvido para alunos universitários, no presente trabalho foi aplicado em turmas do primeiro ano do ensino médio. A aplicação do pré-teste visa analisar os conhecimentos prévios dos alunos sobre gráficos relacionados à cinemática. A partir dos resultados obtidos no pré-teste foram desenvolvidos vídeos para as atividades videoanálise combinadas com a metodologia IpC.

O tempo sugerido para aplicação do teste conceitual, TUG-K por Beichner (1994) é de 50 minutos, tempo proposto para estudantes de nível superior, para a versão do teste que possuiu vinte e uma questões.

A resolução do teste conceitual TUG-K v4.0 pelos alunos do ensino médio levou cerca de 60 minutos, praticamente o mesmo tempo que Beichner propõem para alunos universitários no teste com 21 questões, ou seja, a resolução do pré-teste teve apenas um acréscimo de 10 minutos.

Foi reservado para essa etapa um tempo extra de 50 minutos. O tempo excedente foi utilizado anteriormente à resolução do pré-teste no qual é explicado aos alunos a função do pré-teste, sua importância para avaliar a metodologia e o ganho de aprendizagem após a aplicação da metodologia. Também foi explicado aos alunos que a resolução do teste não somaria pontos na média bimestral e por isso, os alunos o faziam de forma anônima.

Vale destacar que tanto a resolução das questões do pré-teste, do pós-teste e das questões conceituais realizadas durante as atividades de videoanálise combinadas com a metodologia IpC, etapa quatro, não constaram como avaliação e, portanto, a resolução correta ou não dessas questões não implicou em pontuação ou nota.

3.1.3 Terceira etapa: aula de apresentação à videoanálise e ambientação ao laboratório de informática e ao software Tracker

Na terceira etapa os alunos foram levados ao laboratório de informática da escola, nesta etapa foi considerado o primeiro contato dos alunos com o *software Tracker* e a técnica de videoanálise. Portanto, foi ensinado o passo a passo para o uso do *software* livre *Tracker* utilizando o manual fornecido pelo professor aos alunos. Os objetivos dessa aula foram explicar o que consiste a videoanálise, ambientar os alunos ao laboratório de informática, apresentar o *software Tracker*, seu manual assim como os comandos fundamentais para a realização da videoanálise. Foi necessária apenas uma aula para a realização dessa etapa.

Devido à ausência na literatura de um manual para os alunos de ensino médio com linguagem simples, de fácil assimilação e que aborde os principais comandos para a execução da videoanálise foi desenvolvido “O manual do *software Tracker* para estudantes” que utilizou como base o manual desenvolvido pelo grupo universitário da UTFPR (Universidade Tecnológica Federal do Paraná) que encontra-se no Apêndice A.

3.1.4 Quarta etapa: aulas combinando videoanálise com a metodologia IpC

Essa etapa consistiu em um conjunto de 6 aulas, totalizando 12 tempos de aula equivalentes à 10h. A quarta etapa foi organizada para ser aplicada após a aula de apresentação e ambientação ao laboratório de informática e ao *software Tracker*, referente à terceira etapa. Nela foram combinadas atividades de videoanálise à metodologia IpC. Seu objetivo é abordar conceitos de cinemática do movimento retilíneo uniforme, do movimento uniformemente variado e aprimorar a leitura e interpretação de gráficos de cinemática.

Foram desenvolvidas três atividades que fazem uso de tal combinação (videoanálise e a metodologia IpC) a primeira atividade sobre movimento retilíneo uniforme cujo vídeo é a filmagem do deslocamento de carros em uma via expressa, a segunda atividade trata-se da análise de uma filmagem da queda livre de uma bola de tênis e a terceira análise trata-se da

filmagem do experimento “lata que vai e volta”. Tanto a segunda quanto a terceira atividade abordam conceitos sobre movimento retilíneo uniformemente variado.

Ao longo das atividades de videoanálise, o professor explana os conceitos necessários para a compreensão do movimento em estudo, através de uma aula expositiva. Esta aula expositiva inicia-se sempre antes dos alunos resolverem uma questão do roteiro, de maneira cíclica até o final do roteiro, dessa forma o professor leciona os conceitos e técnicas necessárias para a compreensão de cada questão.

Todas as atividades apresentam roteiros divididos em duas partes. Na primeira parte é apresentado um vídeo de um movimento próximo à realidade do aluno ou de um experimento de física a ser realizado pelos próprios alunos. A segunda parte traz itens essenciais para iniciar e realizar a videoanálise do movimento a ser estudado, feito com auxílio do *software* livre *Tracker*.

O laboratório no qual foi feito a videoanálise permite que os alunos se agrupem por computador geralmente em duplas ou em algum caso em trios dependendo do número de alunos por turma. Havendo dúvidas para a realização da videoanálise o aluno pode consultar tanto o Manual para estudantes quanto o professor.

A segunda parte do roteiro contém questões de múltipla escolha sobre conceitos básicos de física e conceitos relacionados aos gráficos de cinemática referentes ao movimento em estudo. As questões foram abordadas através das etapas da metodologia IpC (ver figura 2.1) e a ferramenta *Plickers* para o registro e armazenamento das respostas.

Para a resolução de cada questão, os alunos primeiramente fazem a leitura e resolução de maneira individual da primeira questão durante 2 a 3 minutos e o professor registra a resposta de cada aluno e também o percentual de acertos da turma. Caso o percentual de acertos seja maior que 70% o professor dará sequência a etapa nove, na qual o professor irá explicar um novo conceito para a resolução individual da próxima questão.

Se o percentual de acertos for inferior a 70%, há duas situações que poderão ocorrer. Uma é a porcentagem de acertos obtida estar entre 35% e 70%, nessa situação os alunos discutem a questão com seus pares e é feita novamente a tomada de respostas. A outra situação é quando a tomada de respostas for inferior a 35% de acertos, nesse caso o professor faz uma nova explanação dos conceitos e os alunos são orientados a responderem questão de maneira individual.

Durante a realização das questões referentes às atividades de videoanálise, presentes nos roteiros, pretende-se incentivar os alunos a participarem e a interagirem com

o outro, como propõem o método IpC. Nesse sentido, Müller *et al.* (2012) destaca a importância das trocas feitas durante o processo de aprendizagem.

Questões, cuidadosamente escolhidas, fornecem aos alunos a oportunidade para descobrirem e retificarem seus erros e, no decorrer do processo, proporcionam a aprendizagem de conceitos relevantes por meio das discussões entre colegas. Na medida do possível, os grupos devem ser organizados de modo que reúnam alunos que optaram por diferentes alternativas na questão conceitual. Nesse momento, há um processo de interação e convencimento entre os alunos; os que apresentam argumentos mais plausíveis encorajam os demais a substituir suas respostas (MÜLLER, 2012, p.19).

3.1.4.1 Primeira atividade: Movimento Retilíneo Uniforme (MRU)

A primeira atividade visa trabalhar conceitos de movimento retilíneo uniforme e para tal foram planejadas 2 aulas (3h e 20min). O vídeo escolhido para videoanálise é uma filmagem de automóveis deslocando-se ao longo da Avenida Brasil, filmado e elaborado pela autora do presente trabalho. Na filmagem os automóveis deslocam-se com velocidade constante ao longo da pista, isto ocorre porque é feito um recorte do movimento, ou seja, é analisado um pequeno trecho do movimento dando a impressão que os automóveis apresentam velocidade constante. O vídeo encontra-se disponível para *download* em https://drive.google.com/drive/folders/1DmZXcbn6p1iljYDFWzSzDJZ0U_FOwFlk e para visualização em <https://youtu.be/jBGO157AbpU>.

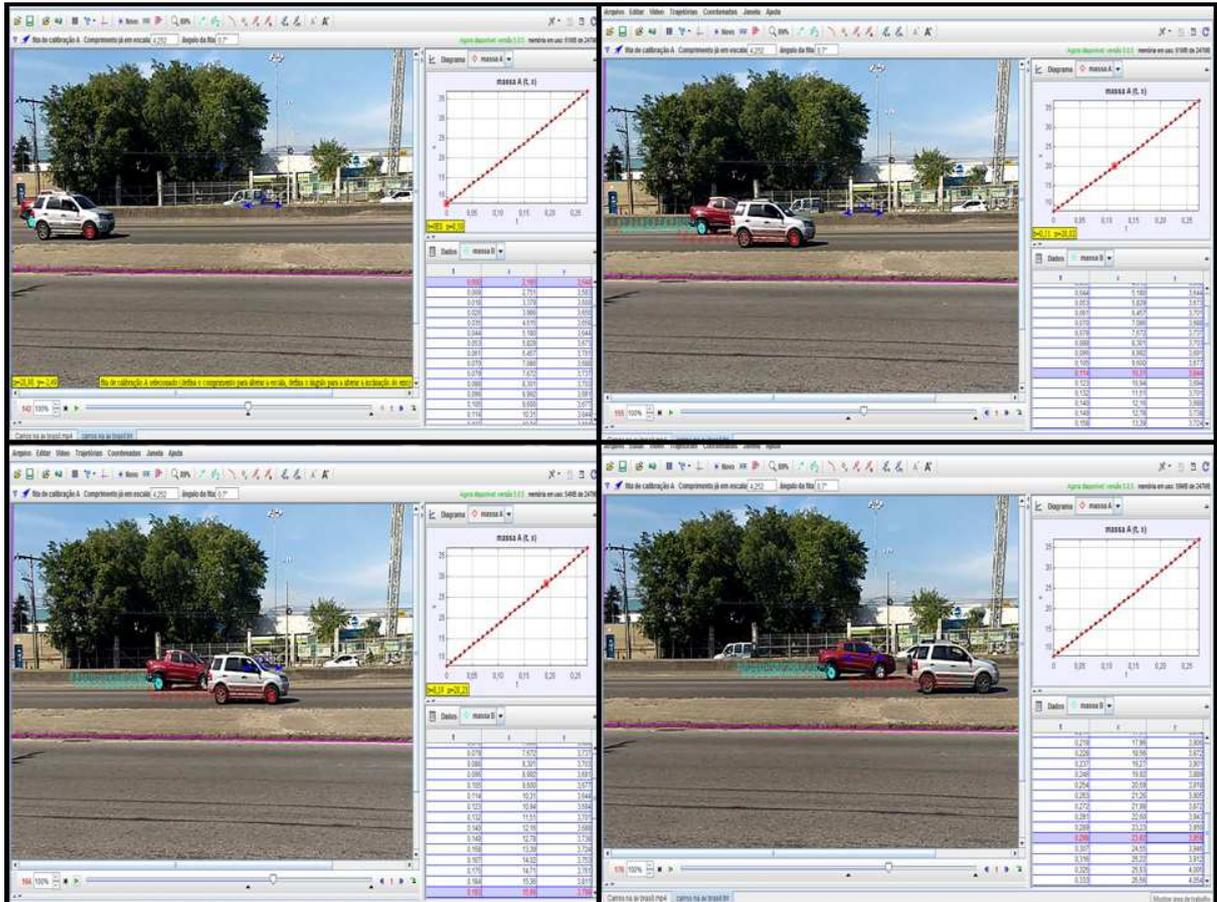


Figura 3.6 Imagens da tela do *software Tracker* durante a videoanálise do movimento dos carros na Avenida Brasil.

A atividade foi desenvolvida para abranger os seguintes conceitos: apresentar as características do movimento uniforme tais como corpos com velocidade constante percorrem distâncias iguais para intervalos de tempos iguais; a velocidade nula não caracteriza uma velocidade constante; compreensão, leitura e análise de gráficos; determinar a velocidade do corpo utilizando do gráfico de posição versus tempo; determinar o deslocamento do móvel utilizando o gráfico de velocidade versus tempo.

No Apêndice B encontra-se o roteiro elaborado para a atividade de movimento retilíneo uniforme.

3.1.4.2 Segunda atividade: Movimento Retilíneo Uniformemente Variado (MRUV)

Nessa atividade foi aproveitada a filmagem feita de uma bola de tênis em queda livre por De Jesus (2014) em seu livro Experimentos e videoanálise: dinâmica, a bola é solta de uma determinada altura e o movimento do corpo e a videoanálise é feita até o instante em que a bola de tênis toca o solo¹. A atividade foi iniciada com uma aula expositiva sobre conceitos do movimento retilíneo uniformemente variado e aos gráficos relacionados a este movimento.

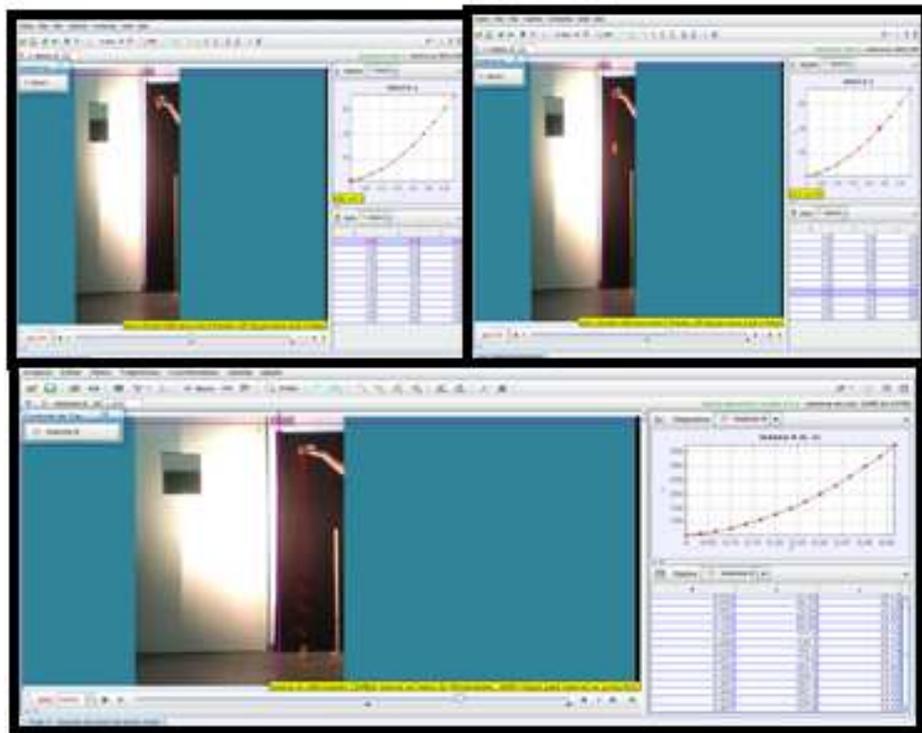


Figura 3.7 Imagens da tela do *software Tracker* durante a videoanálise da queda livre de uma bola de tênis, adaptado de De Jesus (2014).

No segundo momento foi introduzido o roteiro como as informações necessárias para que o aluno possa fazer a videoanálise do movimento. O roteiro também consta com

¹ O link para download de uma bola de tênis em queda livre encontra-se em <https://www.dropbox.com/sh/dk5qvtj3v26625p/AACdaWVtdflmWkjONvmAWbU9a?preview=Cap+3+-+Queda+da+bola+de+tenis.mp4> com autorização do autor De Jesus (2014).

questões elaboradas para facilitar a compreensão dos conceitos básicos sobre MRUV e para a aprendizagem da interpretação dos gráficos relacionados ao movimento.

O objetivo da atividade de MRUV consiste em apresentar as características do movimento uniformemente variado, como por exemplo, num corpo acelerado a variação da posição em função do tempo aumenta e sua velocidade varia, aprimorar a leitura e análise de gráficos, dentre os quais se destacam, o gráfico de posição versus tempo a fim de determinar o sentido do deslocamento, o gráfico de velocidade versus tempo para determinar a aceleração e o gráfico de aceleração versus e medir o valor da aceleração da gravidade. A saber, o primeiro roteiro sobre MRUV encontra-se no Apêndice C.

3.1.4.3 Terceira atividade: experimento da lata que vai e volta

A terceira atividade é representada pela filmagem do experimento da lata que vai e volta. Os materiais para a construção do experimento são uma lata de metal, dois palitos de madeira, um elástico, fita adesiva e pilhas. A construção do experimento começa na junção das pilhas pela fita adesiva, em seguida prende-se o elástico ao conjunto de pilhas também com auxílio da fita adesiva, tudo posto dentro da lata onde o elástico é esticado até as duas extremidades da lata e preso com os palitos, conforme mostra a figura 3.8.



Figura 3.8 Imagens da tela do *software Tracker* durante a videoanálise do movimento da lata que vai e volta.

A filmagem deste experimento mostra a lata sendo colocada para rolar ao longo de uma superfície plana seguindo a direita do vídeo até parar completamente e mudar o sentido do movimento para a esquerda, desenvolvido pela autora deste trabalho. Esse experimento é considerado como um análogo do movimento de um corpo lançado verticalmente. É possível fazer o *download* do vídeo a partir do link https://drive.google.com/drive/folders/1DmZXcbn6p1iijYDFWzSzDJZ0U_FOWFlk e a visualização do vídeo encontra-se em <https://youtu.be/zSPwu2IXGY>.

O objetivo do experimento consiste em reforçar conceitos sobre a influência da aceleração sobre a velocidade, facilitar e fixar a leitura de gráficos de posição versus tempo, velocidade versus tempo e aceleração versus tempo. Por se tratar de um experimento diferente, porém com um tipo de movimento muito presente no dia a dia espera-se que ao final da atividade o aluno seja capaz de identificar e diferenciar um corpo em movimento retilíneo uniforme de um corpo em movimento uniformemente variado. O roteiro que orienta toda a terceira atividade encontra-se no Apêndice D.

A quarta etapa teve seu início em maio ao final do primeiro bimestre letivo e seu término em Julho no segundo bimestre. Cada bimestre das escolas estaduais do Rio de Janeiro tem por volta oito aulas, desconsiderando o período de provas. Por se tratar de uma metodologia elaborada para ser desenvolvida em nove aulas, foi necessário utilizar dois bimestres do ano letivo.

3.1.5 Quinta etapa: aplicação do pós-teste TUG-K v4.0

A aplicação do pós-teste feita no momento posterior a atividades de videoanálise em conjunto com o método IpC. O pós-teste trata-se da reaplicação teste conceitual TUG-K v.4.0. Para a aplicação do teste é preciso que os alunos não tenham acesso à resolução das questões e novamente devem fazer o teste anonimamente.

Para a resolução do pré-teste foi reservado uma aula, 1h e 40min, onde parte do tempo foi utilizada para explicar o funcionamento e a importância do teste conceitual. Na aula reservada para a aplicação do pós-teste foi utilizado para sua execução apenas um tempo de aula, 50 minutos, dado que os alunos já estavam familiarizados com o teste conceitual.

3.2 DESCRIÇÃO DA ESCOLA

O Colégio no qual foi aplicada a sequência didática consiste em um colégio estadual, localizado na Baixada Fluminense, próximo ao centro do município de Nilópolis do Estado do Rio de Janeiro. É uma escola que comporta a aproximadamente 1900 alunos distribuídos pelo ensino fundamental e médio, nos turnos matutinos, vespertino e noturno também oferece curso técnico em administração no contraturno.

Dentre as escolas estaduais do município de Nilópolis, a escola que foi aplicada a metodologia apresenta um dos maiores Índice de Desenvolvimento da Educação Básica (Ideb), nos anos finais do ensino fundamental.

Em relação infraestrutura é uma escola pequena com pouco espaço físico não possui quadra, as salas de aula são pequenas, porém a maioria apresenta TV de tela plana e conta com uma pequena biblioteca. A escola dispõe de um laboratório de informática com cerca de vinte computadores em funcionamento e consegue acomodar uma turma completa que pode realizar atividades em dupla.

A escola contém um laboratório didático que se encontra em fase de implementação, possui poucos materiais e pequeno espaço físico que impossibilita acomodar uma turma inteira, sendo necessário dividir a turma para sua utilização.

Portanto, por ser uma escola que apresenta um laboratório de informática bem estruturado, será aplicada a metodologia do presente trabalho no laboratório de informática que visa trabalhar com atividades de videoanálise de fenômenos físicos que podem ser utilizadas como substituto ao laboratório didático.



Figura 3.9 Fotos do laboratório de informática utilizado.

4. RESULTADOS E DISCUSÕES

4.1 APLICAÇÃO DO PRODUTO EDUCACIONAL

Nesta seção do trabalho será exibida a distribuição de respostas obtidas pelo aplicativo *Plickers* para cada questão apresentada no roteiro de cada atividade da sequência didática. As respostas apresentadas serão comentadas para melhor compreender o desempenho das turmas nas atividades de videoanálise desenvolvida, juntamente com o método IpC.

4.2.1 Atividade MRU

A aplicação da atividade MRU ocorreu em duas aulas. A primeira aula os alunos ficaram encarregados de realizar a videoanálise do movimento filmado e de responderem parte das questões propostas pelo roteiro através do aplicativo *Plickers*. Durante a primeira aula todas as turmas fizeram a videoanálise do vídeo proposto e responderam parte das questões presentes no roteiro, as turmas A e B conseguiram responder até a questão cinco e as turmas C e D responderam até a questão quatro. A segunda aula ficou reservada para o término das questões do roteiro e todas as turmas conseguiram resolver todas as questões.

A primeira questão da atividade de MRU, deslocamento de carros na Avenida Brasil, trata-se de uma reprodução dos pontos marcados quadro a quadro no *software Tracker* em uma régua. Espera-se que ao responder essa questão aluno seja capaz de perceber que os pontos marcados na régua possuem distâncias iguais, assim como foi feito na videoanálise. Mostrando que o MRU é caracterizado pela uniformidade de espaços em intervalos de tempos iguais. Sendo assim, a questão foi respondida de maneira discursiva sem uso das etapas do IpC.

1. Represente na régua abaixo as marcações da posição feita quadro a quadro pela videoanálise do automóvel.



A segunda questão contempla a relação entre deslocamento e velocidade.

2. Observe as marcações da posição do móvel que você fez no exercício anterior, o que você pode afirmar sobre a velocidade do automóvel?

- A) Aumenta, já que as distâncias entre as marcações da posição aumentam.
- B) Diminui, já que as distâncias entre as marcações da posição diminuem.
- C) É constante, já que as distâncias entre as marcações da posição é a mesma.
- D) É nulo, o automóvel não possui velocidade.

A figura 4.1 corresponde à distribuição das respostas por turma em cada alternativa seguindo as etapas da metodologia IpC.

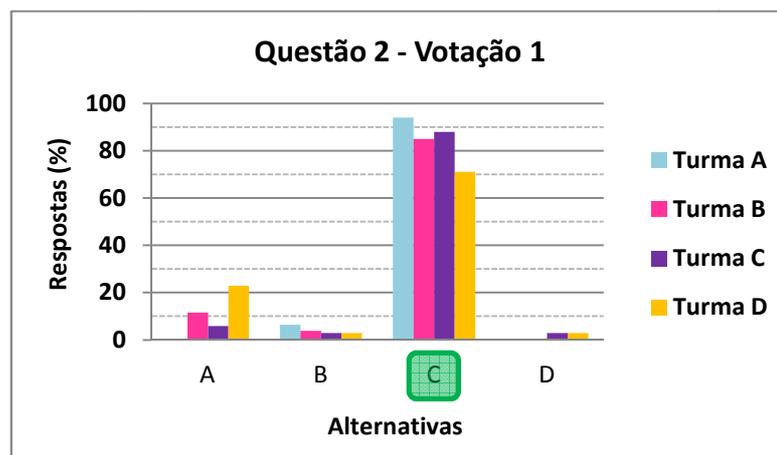


Figura 4.1 Distribuição das respostas por turma obtidas na questão 2 da atividade MRU.

O resultado mostra que todas as turmas conseguiram atingir o percentual de acerto na primeira votação. Antes da votação foi feita uma breve explanação do professor sobre os aspectos envolvendo a velocidade constante de um móvel.

Na terceira questão os alunos devem selecionar a descrição textual do gráfico de posição versus tempo.

3. De acordo com o gráfico posição versus tempo, feito na videoanálise, qual alternativa melhor interpreta o gráfico?

- A) O automóvel é acelerado com aceleração constante
- B) O automóvel está se movendo com velocidade constante
- C) O automóvel encontra se parado
- D) O automóvel está se movendo com velocidade crescente

Na figura 4.2 temos a distribuição das respostas após as etapas da metodologia IpC.

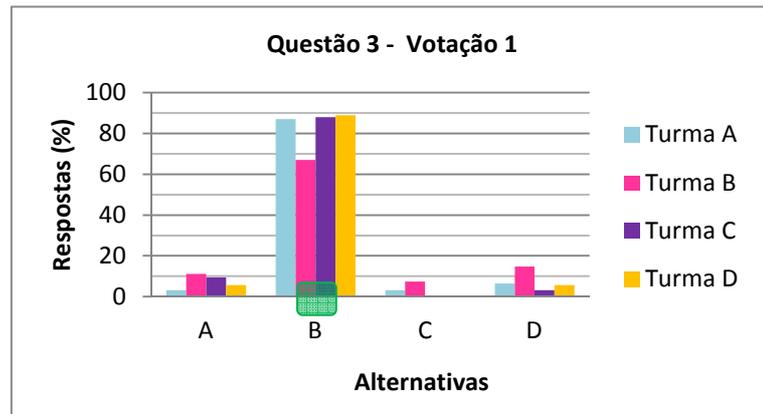


Figura 4.2 Distribuição das respostas por turma obtidas na questão 3 da atividade MRU.

Através do gráfico observamos que as turmas conseguiram obter um percentual de repostas corretas próximo ou superior a 70% na terceira etapa do método IpC. Dando sequência para a próxima questão.

O objetivo da questão quatro é estabelecer que os alunos fossem capazes de calcular a velocidade a partir do gráfico de posição versus tempo.

4. Observe o gráfico posição versus tempo e determine aproximadamente a velocidade média do automóvel.
- A) 0 m/s
 - B) 55 m/s
 - C) 80 m/s
 - D) 100 m/s

Na figura 4.3 temos a distribuição das respostas da questão quatro após as etapas da metodologia IpC.

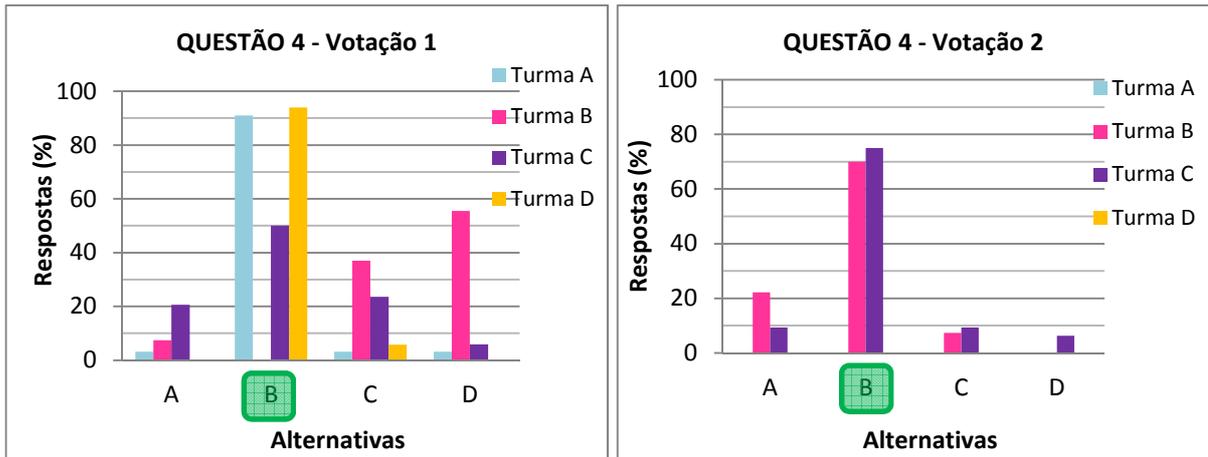


Figura 4.3 Distribuição das respostas por turma obtidas na questão 4 da atividade MRU.

O resultado mostra que as respostas fornecidas pelas turmas A e D atingiram a porcentagem de aproximadamente 90% de respostas corretas na terceira etapa da metodologia, seguindo para a nona etapa da metodologia, na qual inicia a apresentação oral do conceito relacionado à próxima questão. Enquanto as turmas B e C conseguiram chegar ao quantitativo de 70% de resposta corretas na segunda votação utilizando a sexta etapa da metodologia IpC, momento no qual eles se organizaram em duplas para discutir a questão.

A questão cinco do roteiro é uma questão contextualizada com as leis de trânsito local e cujo objetivo é transformar a velocidade encontrada na videoanálise, obtida em m/s (metros por segundo) para unidade padrão utilizada nas leis de trânsito e no cotidiano do aluno, km/h (quilômetros por hora).

5. Transforme a velocidade obtida para km/h. Sabendo que o limite de velocidade no trecho filmado da via é 80 km/h para automóveis na pista central, diga se o carro poderia ser multado?

- A) a velocidade é acima de 150 km/h e, portanto, pode ser multado.
- B) a velocidade é aproximadamente 50 km/h e, portanto, não será multado.
- C) a velocidade é aproximadamente 100 km/h e, portanto, pode ser multado.
- D) o automóvel não se desloca e, portanto, não será multado.

Na figura 4.4 temos a distribuição das respostas por turma em cada alternativa da questão.

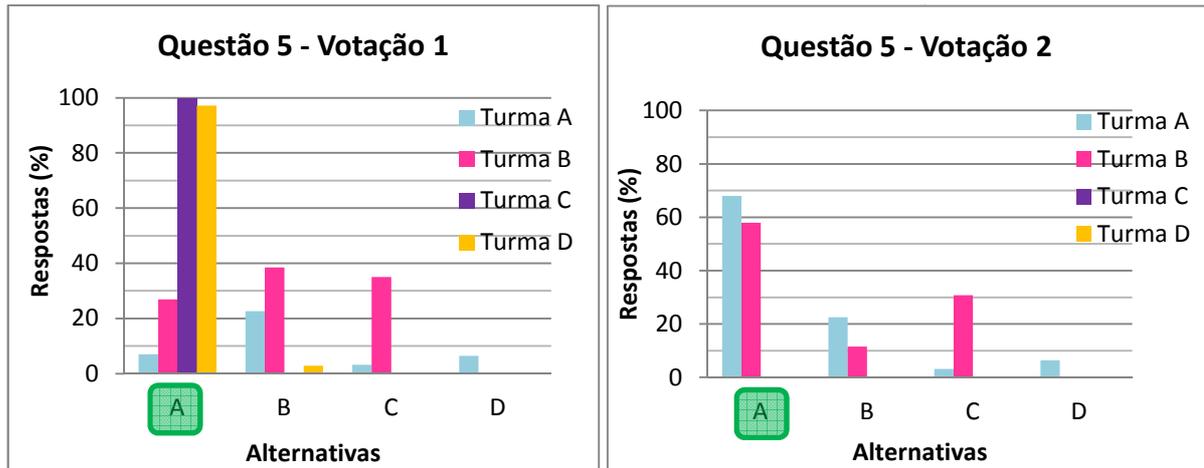


Figura 4.4 Distribuição das respostas por turma obtidas na questão 5 da atividade MRU.

O resultado da primeira votação mostra que as turmas C e D ultrapassaram o percentual de 70% de respostas corretas na terceira etapa da metodologia e, portanto seguiram para nona etapa, contudo, as turmas A e C apresentaram um baixo percentual de respostas corretas, aproximadamente 20% e 40% respectivamente.

Para a turma A que obteve um percentual inferior a 30%, é feita uma nova votação utilizando a etapa 10, na qual o professor faz uma nova explanação dos conceitos. Na segunda votação a turma A alcançou um quantitativo de respostas próximo a 70%, sendo feito posteriormente feita a correção da questão.

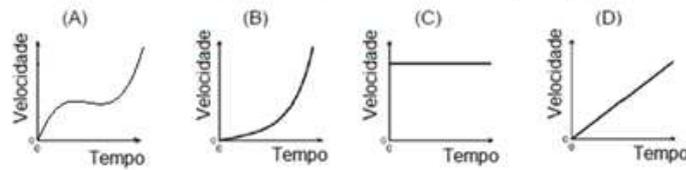
Enquanto para turma B, o percentual de acertos na primeira votação ficou entre 35% e 70%, nesse caso os alunos foram encaminhados para sexta etapa da metodologia, para executar uma segunda votação. Conforme mostra o segundo gráfico presente na figura 11 a turma B não atingiu os 70% de acertos, entretanto, considerou-se que houve um ganho de aprendizagem e que pode ter sido aprimorado após a correção da questão.

É preciso lembrar que a resolução dessa questão ficou próxima ao término da primeira aula para as turmas A e B, e por isso a questão cinco na turma B foi finalizada na segunda votação, por falta de tempo para iniciar uma nova votação.

Vale destacar que as turmas C e D iniciaram a segunda aula com a questão cinco diferente das turmas A e B que finalizaram a primeira aula com essa questão.

A questão seis do roteiro é uma questão que tem como objetivo identificar o gráfico de velocidade versus tempo para movimento retilíneo uniforme.

6. Analisando o gráfico velocidade *versus* tempo feito pela videoanálise, qual opção está mais próximo ao analisado?



Na figura 4.5 temos a distribuição das respostas por turma após as etapas da metodologia IpC.

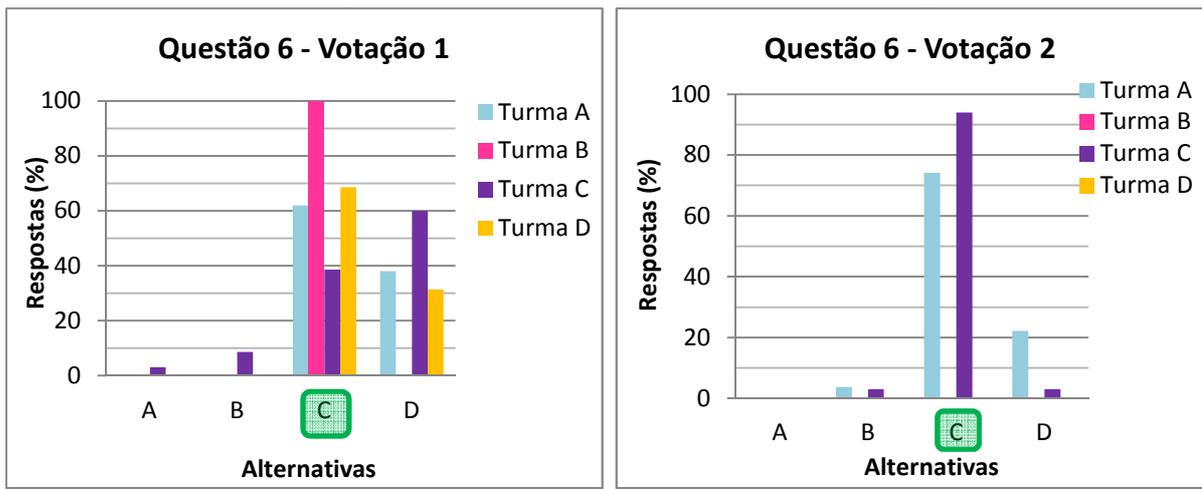


Figura 4.5 Distribuição das respostas por turma obtidas na questão 6 da atividade MRU.

O resultado da primeira votação mostra que houve um percentual de acertos maior do que 70% nas turmas B e D ao longo do terceiro passo da metodologia. Enquanto as turmas A e C, nessa votação tiveram uma frequência de acertos entre 35% e 70%, sendo necessário ir para uma nova votação usando o sexto passo da metodologia onde os alunos discutiram suas respostas com seus colegas. O resultado obtido na segunda votação nos mostra que as turmas A e C chegaram ao quantitativo superior a 70% de resposta corretas.

Na sétima questão do roteiro espera-se que o aluno seja capaz de selecionar a melhor descrição textual para o gráfico de velocidade versus tempo.

7. Verifique no *Tracker* o gráfico velocidade *versus* tempo e assinale a alternativa correta

- A) O automóvel é acelerado com aceleração constante
- B) O automóvel está se movendo com velocidade uniformemente crescente
- C) O automóvel encontra se parado
- D) O automóvel está se movendo com uma posição uniformemente crescente

Na figura 4.6 temos a distribuição das respostas por turma após as etapas da metodologia IpC.

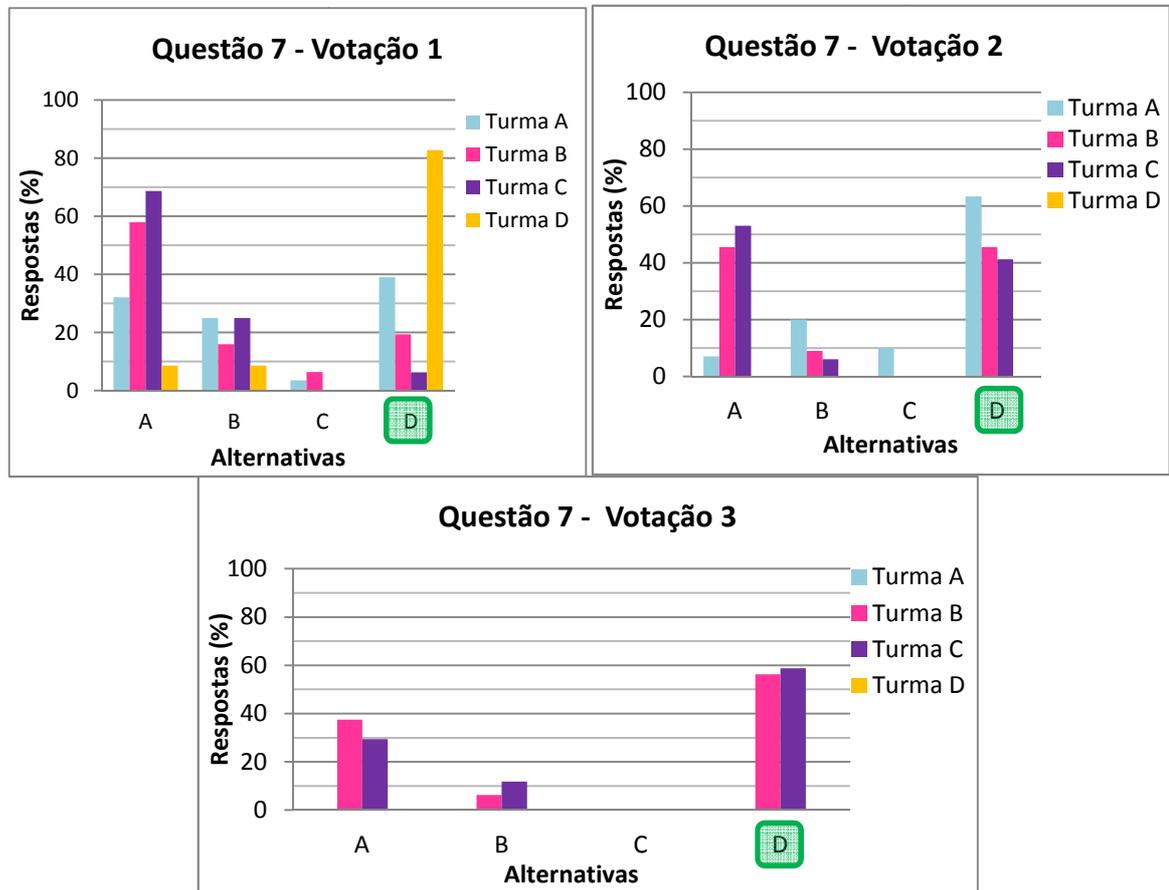


Figura 4.6 Distribuição das respostas por turma obtidas na questão 7 da atividade MRU.

O resultado mostra que apenas a turma D atingiu, na primeira votação através da terceira etapa, o percentual de acertos necessários para prosseguir para a nona etapa.

Na primeira votação a turma A atingiu um valor próximo a 40% de respostas corretas, logo foram dispostos para discutirem a questão em duplas conforme a etapa seis orienta e efetuar uma segunda votação. Nessa votação a turma chegou próximo ao quantitativo de respostas corretas, 63% de acertos. Nesse caso considerou-se um ganho de aprendizagem pela turma de ao passar de uma etapa para a outra. O ganho pode ter sido aprimorado após a correção da questão e, portanto, deu-se continuidade à nona etapa da metodologia.

Todavia as turmas B e C não chegaram ao quantitativo de acertos na primeira votação ao utilizarem o terceiro passo, apresentando um quantitativo de acertos inferior a 35%. Dessa forma os alunos seguiram para a etapa 10 da metodologia, na qual o professor explica novamente o conceito relacionado à questão executando uma nova votação. Após a explanação os alunos apresentaram um aumento de questões respondidas corretamente, porém ainda inferior a 70% de acertos.

Apesar das duas turmas terem conseguido um ganho de aprendizagem na segunda votação e segundo as etapas exemplificadas em Müller *et al* (2017) deva-se seguir à oitava etapa, na qual o professor pode apresentar os resultados para os alunos. Nesse caso optou-se por dividir os alunos em trios e assim fazer uma terceira votação, tendo em vista que os alunos estavam confundindo com a alternativa “a”, que relaciona o gráfico de velocidade *versus* tempo de um movimento com velocidade constante com aceleração. E, portanto, foi fundamental a continuação da discussão da questão.

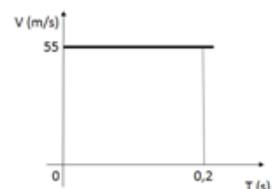
A opção em altera a sequência do passo a passo da metodologia proposta por Mazur deu-se por se tratar de uma questão fundamental para a compreensão do movimento retilíneo uniforme e ao dividirem-se em grupos para discutirem as questões os alunos apresentam na terceira votação um ganho de aprendizagem superior à segunda votação.

Sobre as próximas questões, número 8 e 9, por falta de tempo na segunda aula, a turma C não conseguiu executá-las finalizando o roteiro da atividade sobre MRU na questão sete. A justificativa para que a turma C fosse a única que não conseguiu finalizar a atividade pode ser dada pelo fato da turma ser muito agitada se dispersando em diversos momentos da metodologia.

O objetivo da questão oito é calcular o deslocamento a partir do gráfico de velocidade *versus* tempo.

8. Determine o deslocamento sofrido pelo automóvel a partir do gráfico abaixo, velocidade *versus* tempo.

- A) o deslocamento do automóvel foi de 0,2 m
- B) o deslocamento do automóvel foi de 55 m
- C) o deslocamento do automóvel foi de 0 m
- D) o deslocamento do automóvel foi de 11 m, obtido através expressão (bxh).



Na figura 4.7 temos a distribuição das respostas por turma após as etapas da metodologia IpC.

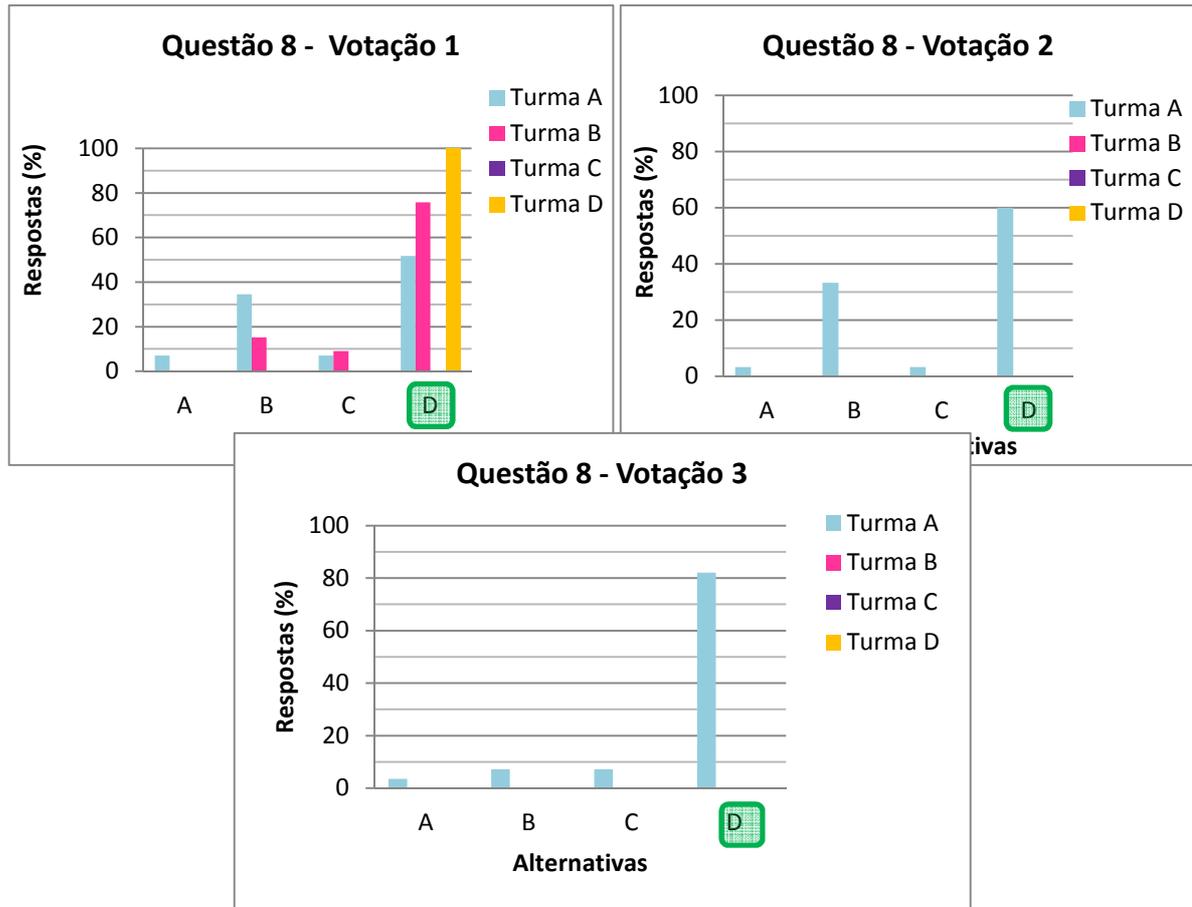


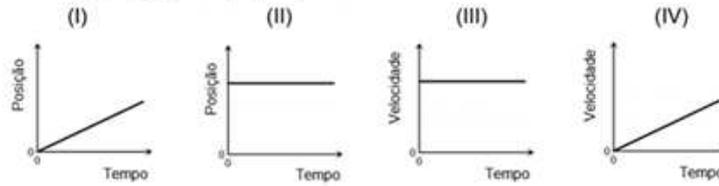
Figura 4.7 Distribuição das respostas por turma obtidas na questão 8 da atividade MRU.

De acordo com a figura 4.7 as turmas B e D conseguiram um percentual de acertos na primeira votação maior que 70% ao utilizarem a terceira etapa da metodologia, e prosseguiram para a etapa nove.

A turma A, na primeira votação através da terceira etapa apresentou um percentual de acertos de aproximadamente 50%, e, portanto, foi feita uma segunda votação utilizando a etapa seis, onde foram divididos em duplas a fim de dialogarem sobre a questão. O percentual de acertos obtido na nova votação foi de 60%. De acordo com Müller *et al* (2017) a partir desse resultado a orientação dada é seguir para a etapa nove e dar continuidade para a próxima questão, o que nesse caso não foi feito. Afim de, aprimorar os conceitos relacionados à questão oito, os alunos foram dispostos em trios para novamente dialogarem sobre a questão e efetuar uma terceira votação. A obtenção das respostas após essa etapa mostrou um ganho maior do que na etapa anterior, atingindo a um percentual de 80% de repostas corretas.

A última questão do roteiro, questão nove, tem como objetivo selecionar um gráfico a partir de uma descrição textual.

9. Dentre os gráficos abaixo, qual(is) pode(m) expressar o movimento do automóvel estudado na videoanálise?



- (A) I, II e IV (B) I e III (C) Somente III (D) Somente IV

Na figura 4.8 temos a distribuição das respostas após as etapas da metodologia IpC

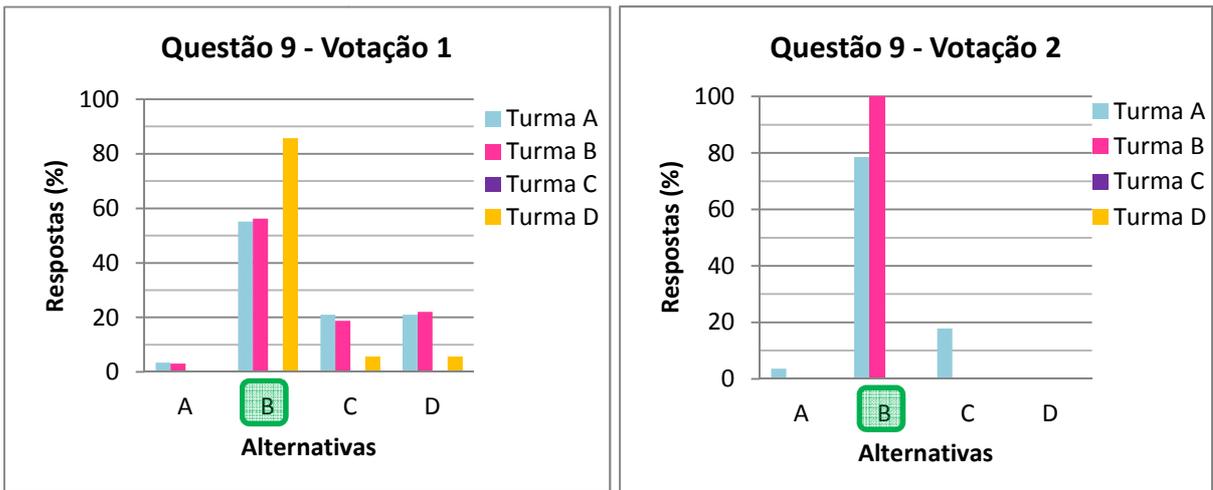


Figura 4.8 Distribuição das respostas por turma obtidas na questão 9 da atividade MRU.

O resultado mostra que apenas a turma D alcançou o percentual de acertos superior a 70%, na primeira votação ao utilizar a etapa três da metodologia, finalizando o roteiro. As turmas A e B não atingiram o percentual de acertos nessa votação ao utilizarem a terceira etapa e seguiram para uma nova votação utilizando a etapa seis aonde chegaram ao quantitativo de acertos superior a 70% e finalizaram a atividade. Por falta de tempo a turma C não conseguiu responder a essa questão, sendo assim, não há registro do desempenho da turma.

Em suma, a figura 4.9 indica as questões em que as turmas apresentaram maior dificuldade e seus respectivos objetivos.

Questão	Turma com dificuldade	Objetivo da questão	Dificuldade apresentada
2	Nenhuma	Relação entre deslocamento e velocidade	Não houve
3	Nenhuma	Selecionar a descrição textual do gráfico de posição versus tempo	Não houve
4	B e C	Cálculo da velocidade a partir do gráfico de posição versus tempo	Ler valores e grandezas diretamente dos eixos
5	A e B	Transformação de escala da velocidade	Interpretação do texto
6	A e C	Promover a manipulação do <i>software Tracker</i> e identificar o gráfico de velocidade versus tempo a partir de uma descrição textual	Dificuldade em identificar as variáveis. Confundir deslocamento com velocidade
7	A, B e C	Selecionar a descrição textual de diferentes gráficos	Dificuldade em identificar as variáveis. Confundir aceleração com velocidade
8	A	Calcular o deslocamento a partir do gráfico de velocidade versus tempo	Dificuldade em identificar as variáveis. Confundir velocidade com posição
9	A e B	Selecionar um gráfico a partir de uma descrição textual	Interpretação do texto

Figura 4.9 Relação das turmas que apresentaram dificuldade em cada questão do roteiro sobre MRU.

De acordo com a tabela as turmas que tiveram maior dificuldade na resolução das questões foram as turmas A e B. Note que a turma D foi a única turma que não respondeu as questões por mais de uma tentativa mostrando-se como a turma com menor dificuldade nos roteiros.

4.2.2 Atividade sobre queda livre do MRUV

A atividade sobre queda livre foi desenvolvida para ser aplicada em duas aulas, na primeira aula os alunos seriam organizados em duplas e realizariam a videoanálise e responderiam cerca de três questões do roteiro utilizando a metodologia de Instrução pelos Colegas, enquanto na segunda aula os alunos responderiam as demais questões do roteiro. Contudo, devido às mudanças no planejamento inicial apenas uma aula compôs essa atividade, pois na próxima aula estava agendada a semana de provas da escola.

Na aula, os alunos fizeram a videoanálise da filmagem sobre queda livre de uma bola de tênis e responderam o máximo de questões presentes no roteiro, que possui um total de sete questões. As turmas A e C responderam até a questão 4 e as turmas B e D responderam até a questão cinco.

A primeira questão do roteiro da atividade de queda livre trata-se de uma reprodução da marcação de pontos feitos na videoanálise cujo objetivo é fazer com que o aluno perceba a relação entre o deslocamento do corpo e a marcação de pontos no *software Tracker*. Questão semelhante à primeira questão da atividade anterior.

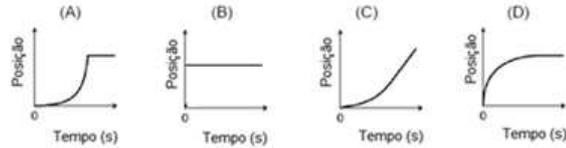
A resolução dessa questão foi feita de maneira discursiva sem seguir as etapas da metodologia IpC.

1. Represente na régua abaixo as marcações da posição quadro a quadro do móvel feita na videoanálise e classifique o movimento como movimento uniforme ou uniformemente variado. Justifique sua resposta.



Já a questão dois o propósito é fazer com que os alunos sejam capazes escolher um gráfico a partir de uma descrição textual.

2. Qual dos seguintes gráficos descreve corretamente a posição da bola de tênis em função do tempo?



Na figura 4.10 encontra-se a distribuição das respostas após as etapas da metodologia IpC. Nenhuma turma apresentou dificuldades na resolução desse exercício, sendo capazes de atingir a porcentagem de acertos superior ao proposto pela metodologia de Mazur ao fazer uso da terceira etapa, na primeira votação.

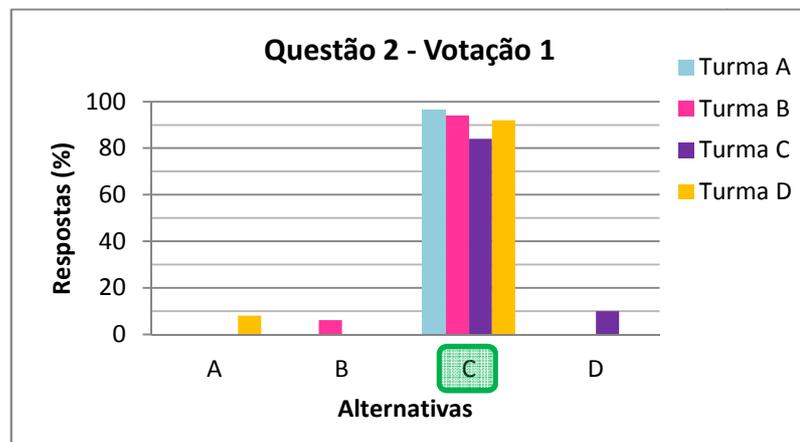
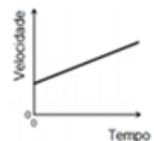


Figura 4.10 Distribuição das respostas por turma obtidas na questão 2 da atividade sobre queda livre do MRUV.

A questão três tem como objetivo selecionar a alternativa que melhor descreva textualmente o gráfico de velocidade versus tempo.

3. Observe o gráfico *velocidade* versus *tempo* feito pela videoanálise e compare com o gráfico à direita, que é um esboço da velocidade do movimento da bola de tênis. Qual sentença possui a melhor interpretação?

- A) O objeto está se movendo com uma aceleração constante
- B) O objeto está se movendo com uma aceleração uniformemente decrescente
- C) A posição do objeto decresce uniformemente
- D) O objeto está se movendo a uma velocidade constante



Na figura 4.11 encontra-se a distribuição das respostas após as etapas da metodologia IpC.

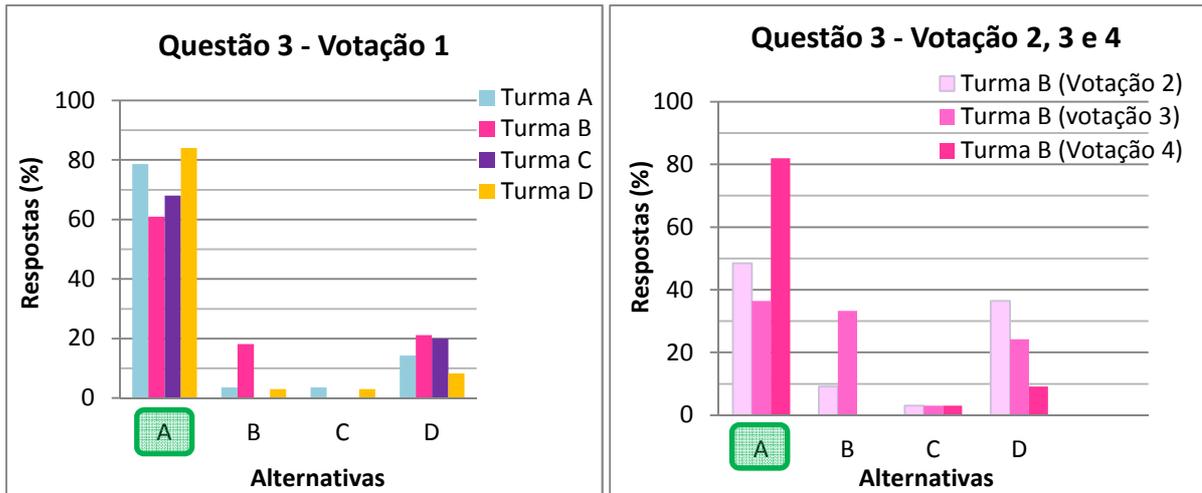


Figura 4.11 Distribuição das respostas por turma obtidas na questão 3 da atividade sobre queda livre do MRUV.

As turmas A, C e D tiveram êxito ao responder a questão na primeira votação ao fazer uso da etapa três, isto é, resolveram a questão de maneira individual sem a necessidade de uma nova votação, e seguiram para nona etapa. Enquanto a turma B não atingiu o quantitativo de 70% de respostas corretas na votação um, ficando entre o percentual de 35% a 70% de acertos, sendo assim, os alunos seguiram para sexta etapa da metodologia IpC, onde foram dispostos para discutirem a questão em duplas. Na segunda votação a turma teve uma redução das respostas corretas indo de 61% de acertos para 48%.

Tendo em vista a essa redução de acertos que ficou entre 35% e 70% de acertos, os alunos prosseguiram para uma terceira votação e fizeram uso da etapa três, porém dessa vez foram agrupados em trios para discutir novamente a questão. O resultado da terceira votação mostrou que houve novamente uma redução de acertos de 48% na segunda votação para 36% na terceira votação, e por isso foi feita uma nova votação.

Na quarta votação, os alunos da turma B foram levados à etapa dez aonde o professor fez uma nova explanação dos conceitos relacionados à questão três. As respostas captadas nessa votação apresentaram uma porcentagem de acertos de aproximadamente 80%, seguindo para a nona etapa.

Na questão quatro os alunos devem selecionar a alternativa que melhor descreve textualmente a o gráfico de aceleração por tempo.

4. Observando o gráfico da aceleração em função do tempo da bola de tênis obtido pela videoanálise, o que você poderia afirmar sobre o valor aproximado da aceleração?

- A) O objeto está se movendo com uma aceleração uniformemente crescente; aceleração $a > 0$
 B) O objeto está se movendo com uma posição uniformemente constante; aceleração > 0
 C) O objeto está se movendo com uma velocidade uniformemente crescente; aceleração é constante.
 D) O objeto está se movendo com uma velocidade constante; aceleração é constante.

Na figura 4.12 encontra-se a distribuição das respostas após as etapas da metodologia IpC.

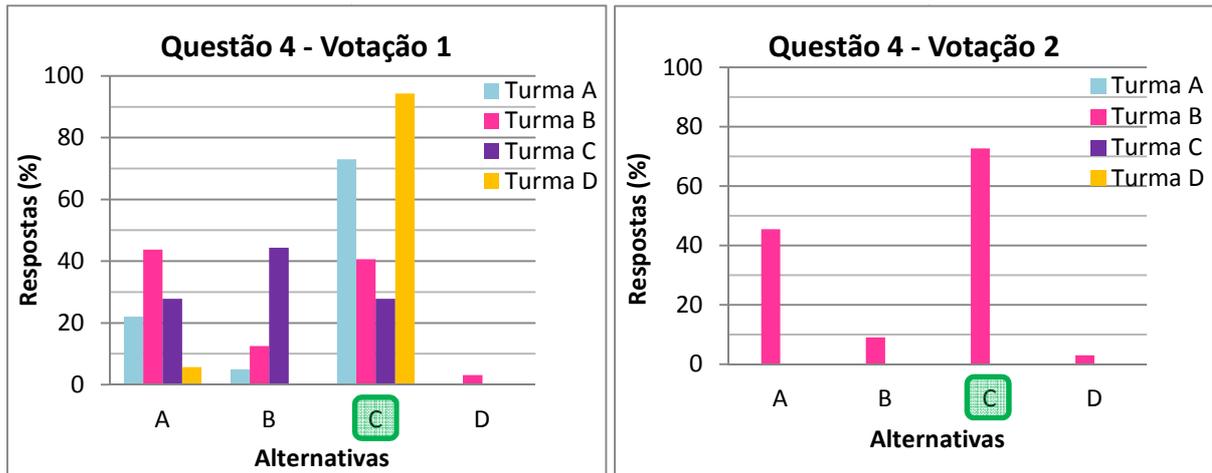


Figura 4.12 Distribuição das respostas por turma obtidas na questão 4 da atividade sobre queda livre do MRUV.

Na primeira votação as turmas fizeram uso da etapa três para resolver a questão. O resultado da votação mostrou que as turmas A e D apresentaram um quantitativo de acertos superior a 70%, seguindo para a nona etapa, enquanto a turma B obteve um percentual de acerto de 40% seguido da turma C que apresentou cerca de 40% de respostas corretas.

Como a turma B atingiu um quantitativo próximo a 40% de respostas corretas na votação um, os alunos se organizaram para discutir em duplas a questão proposta, referente à sexta etapa, e na segunda votação atingiram um percentual de acertos superior a 70%.

Já a turma C obteve um quantitativo de respostas corretas inferior a 30%, sendo necessário seguir para a etapa 10. Observe que a turma C por falta de tempo, visto que a aula encontrava-se próxima ao seu encerramento, não realizou a segunda votação. Neste caso foi feito apenas a correção da questão como indica a nona etapa.

A questão cinco que tem como objetivo determinar a aceleração a partir do gráfico de velocidade versus tempo. As turmas A e C levaram mais tempo para responder as questões

anteriores do que as turmas B e D, e por isso conseguiram responder até a quarta questão ficando as próximas questões para serem resolvidas em casa.

5. A partir do gráfico de velocidade *versus* tempo obtido pela videoanálise, determine o valor da aceleração de queda do corpo.

- A) 10 m/s^2
- B) 20 m/s^2
- C) 100 m/s^2
- D) 120 m/s^2

Na figura 4.13 encontra-se a distribuição das respostas após as etapas da metodologia IpC.

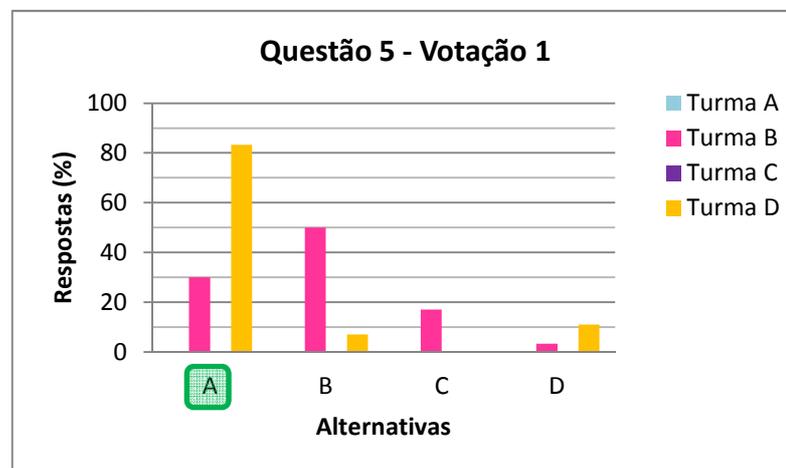


Figura 4.13 Distribuição das respostas por turma obtidas na questão 5 da atividade sobre queda livre do MRUV.

O resultado mostra que na primeira votação apenas a turma D obteve a porcentagem de acertos de acordo com a metodologia, ao passo que a turma B atingiu 30% respostas corretas.

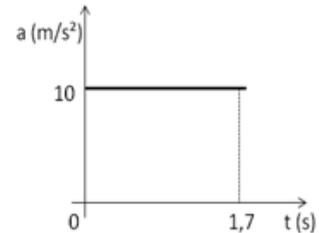
A resolução dessa questão foi feita ao final da aula e por falta de tempo na turma B, não conseguiu dar continuidade as etapas da metodologia e a questão foi corrigida em seguida e o roteiro finalizado.

As questões posteriores, seis e sete, foram deixadas como exercícios para a casa devido à falta de tempo para a sua resolução em sala de aula. Sua correção e resolução foram enviadas para os alunos via *whatsapp*, por ser a última aula antes da prova. O mesmo foi feito com a questão cinco para as turmas A e C.

O objetivo da questão seis é determinar a velocidade do corpo a partir do gráfico de aceleração *versus* tempo.

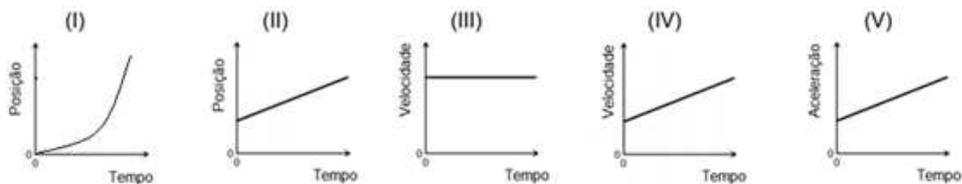
6. Observe o gráfico abaixo de aceleração *versus* tempo, e determine a velocidade final, lembre que o corpo parte do repouso.

- A) 0 m/s
- B) 1,7 m/s
- C) 10 m/s
- D) 17 m/s



Na questão sete o aluno precisa selecionar um gráfico a partir de uma descrição textual, objetivo este apresentado na questão dois do mesmo roteiro.

7. Dentre os gráficos abaixo, qual(is) pode(m) representar o movimento de queda livre da bola de tênis estudado na videoanálise?



A) II e III

B) IV e V

C) Somente V

D) I e IV

Como supracitado a semana seguinte à atividade estava reservada para a semana de prova, durante essa semana não há aula na escola e os alunos vão à escola apenas para resolver as provas de cada disciplina e por questões voltadas a adaptação ao calendário optou-se em prosseguir com a próxima atividade.

Questão	Turma com dificuldade	Objetivo da questão	Dificuldade apresentada
2	Nenhuma	Selecionar um gráfico a partir de uma descrição textual.	Não houve
3	B	Selecionar a descrição textual a partir de um gráfico.	Dificuldade em compreender o condeito
4	B	Selecionar a descrição textual a partir de um gráfico	Dificuldade em compreender o condeito. Confundir aceleração constante com aceleração variável
5	B	Determinar a aceleração a partir do gráfico de velocidade versus tempo	Dificuldade em identificar a variável. Confundir velocidade com aceleração

Figura 4.14 Relação das turmas que apresentaram dificuldade em cada questão do roteiro de queda livre sobre MRUV.

4.2.3 Atividade lata que vai e volta do MRUV

A atividade da lata que vai e volta foi desenvolvida para ser aplicada em duas aulas. Espera-se que os alunos nesse momento possuam maior habilidade com a videoanálise e que estejam mais adaptados à metodologia Instrução pelos Colegas Na primeira aula os alunos efetuaram a videoanálise do movimento e responderam até a questão três do roteiro empregando a metodologia IpC. Na segunda aula, os alunos finalizaram o roteiro e fizeram o pós-teste (TUG-K).

A primeira questão da atividade da lata que vai e volta o objetivo é a partir do gráfico de posição versus tempo selecionar uma descrição textual.

1. Sobre o gráfico posição *versus* tempo como você pode classificar o movimento da lata?
- A) Pode ser classificado como movimento retilíneo uniforme, pois não possui aceleração.
- B) Pode ser classificado como movimento retilíneo uniforme, porque o movimento é feito em linha reta.
- C) Pode ser classificado como movimento uniforme, pois sua velocidade é constante.
- D) Pode ser classificado como um movimento uniformemente variado. Por ser uma parábola, indica que a velocidade do corpo varia e, portanto, possui aceleração.

Na figura 4.15 encontra-se a distribuição das respostas após as etapas da metodologia IpC.

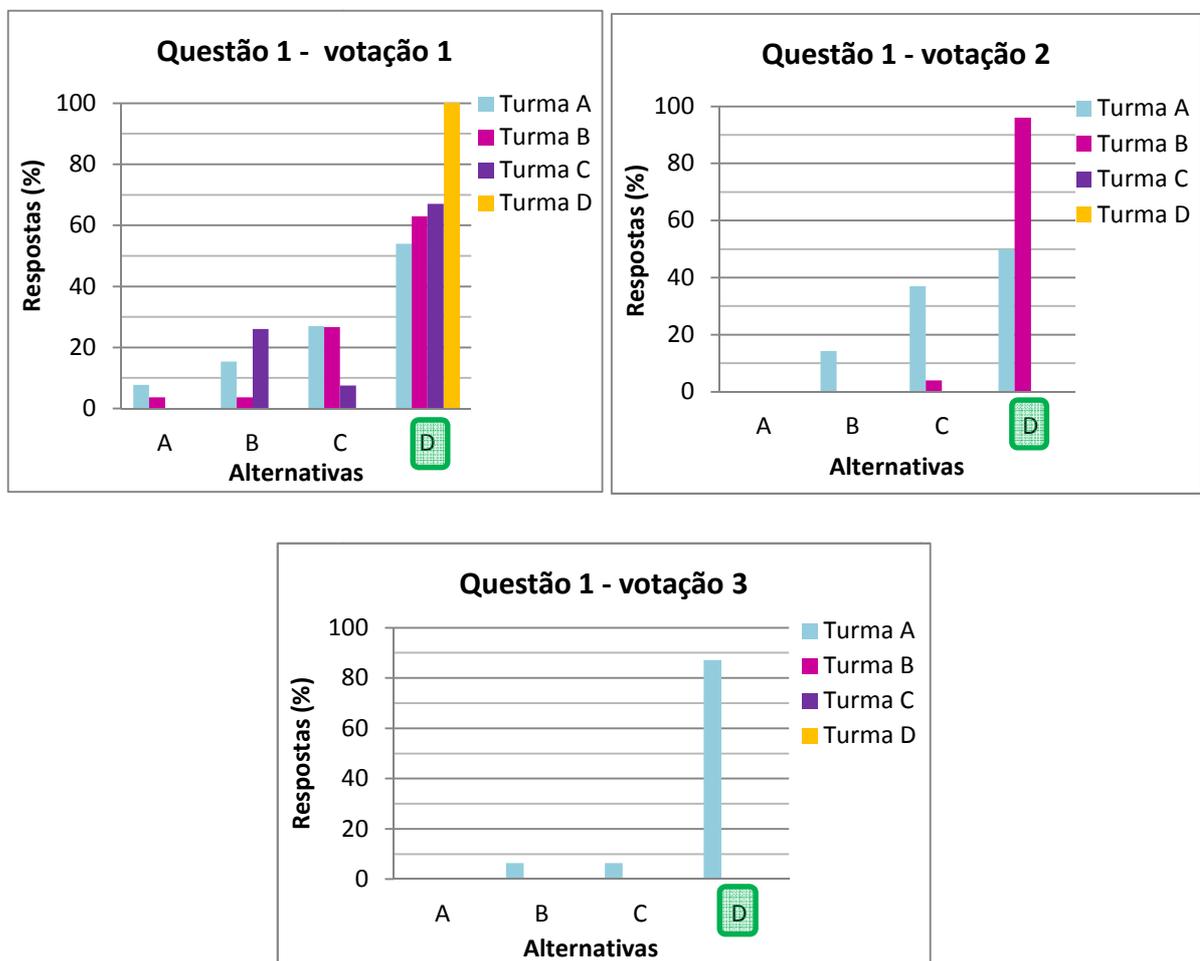


Figura 4.15 Distribuição das respostas por turma obtidas na questão 1 da atividade lata que vai e volta do MRUV.

As turmas que conseguiram chegar próximo ao percentual de acertos, na primeira votação pelo uso da terceira etapa da metodologia IpC foram as turmas C e D, prosseguindo para a etapa nove. Ao passo que a turma B teve um percentual de acertos pouco superior a 60%, e por isso, seguiu para a segunda votação fazendo uso da sexta etapa da

metodologia. A turma A foi a turma q obteve o menor percentual de acertos na primeira votação, aproximadamente 55% de respostas corretas e seguiu para segunda votação, utilizando a mesma etapa que a turma B.

Na segunda votação, a turma B ultrapassou o valor de 90% de respostas corretas sendo capaz de seguir para nona etapa. No entanto, na segunda votação a turma A ao fazer uso da sexta etapa reduziu o percentual de acertos, isto posto a turma fez uma nova votação dando continuidade à sexta etapa só que dessa vez ao invés de serem dispostos em duplas foram organizados em grupos maiores para discutir a questão. As respostas captadas na terceira votação foram bastante positivas, mais de 80% dos alunos da turma responderam a questão corretamente.

A questão dois pede que os alunos possam determinar a velocidade a partir do gráfico de posição versus tempo.

2. Sobre o Sobre o gráfico posição *versus* tempo o que você pode afirmar sobre velocidade da lata no instante $t = 3s$?

- A) a velocidade é nula
- B) a velocidade é a maior possível
- C) a velocidade é uniformemente crescente, ou seja, a velocidade é positiva.
- D) a velocidade é uniformemente decrescente, ou seja, a velocidade é negativa.

Na figura 4.16 encontra-se a distribuição das respostas após as etapas da metodologia IpC.

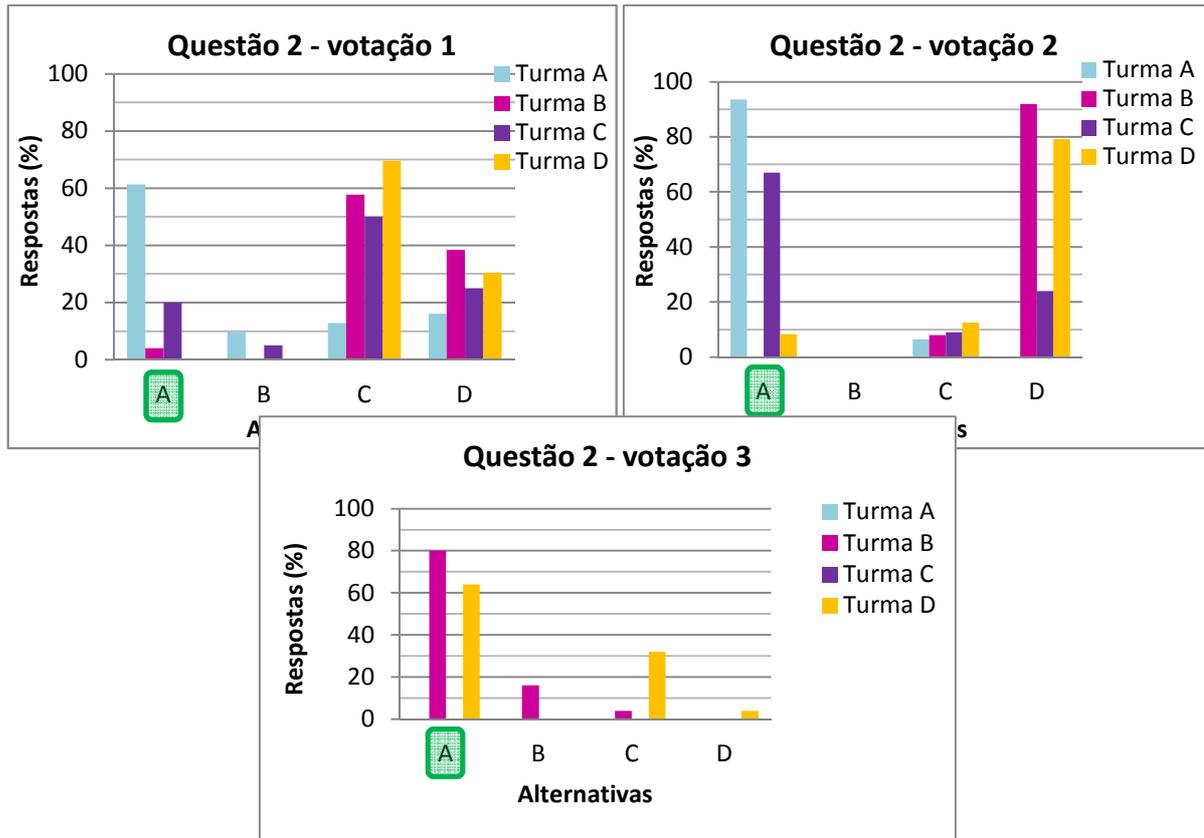


Figura 4.16 Distribuição das respostas por turma obtidas na questão 2 da atividade lata que vai e volta do MRUV.

Nesse caso nenhuma turma conseguiu atingir o quantitativo de 70% de respostas corretas na primeira votação ao fazer uso da terceira etapa. Somente a turma A obteve um quantitativo acima de 30% de respostas corretas e, portanto, seguiram para próxima votação de acordo com a sexta etapa, na qual discutiram em duplas e atingiram uma quantidade expressiva de respostas corretas podendo seguir para a nona etapa.

Já as B, C e D, na primeira votação tiveram um quantitativo de respostas corretas inferior a 30%, nesse caso foi feita uma nova votação que fez uso de uma nova explanação dos conceitos e da questão (etapa dez), onde a turma C conseguiu se aproximar de um quantitativo de 70% de respostas corretas e conseguiram seguir para nona etapa.

Ainda na segunda votação, as turmas B e D continuaram com uma porcentagem de acertos inferior a 30% e novamente os conceitos foram explanados, e numa terceira tentativa a turma B conseguiu atingir a porcentagem de acertos necessários para prosseguir com a próxima questão.

A turma D na terceira tentativa apresentou um ganho de acertos, porém menor que 70%, por verificar que a turma estava desestimulada ao ficar respondendo a mesma questão optou-se por dar continuidade com o roteiro.

O objetivo da terceira questão é fazer a leitura e interpretação do gráfico da velocidade versus tempo.

3. Observe o gráfico velocidade *versus* tempo, obtido na videoanálise, o que se pode afirmar sobre a velocidade inicial e sobre a velocidade final da lata?

- A) as velocidades possuem o mesmo valor em módulo e possuem o mesmo sentido ao longo do movimento
- B) as velocidades possuem o mesmo valor em módulo, porém estão em sentidos contrários ao longo do movimento.
- C) as velocidades possuem valores diferentes em módulo e possuem o mesmo sentido ao longo do movimento
- D) as velocidades possuem valores diferentes em módulo, porém estão em sentidos contrários ao longo do movimento.

Na figura 4.17 encontra-se a distribuição das respostas após as etapas da metodologia IpC.

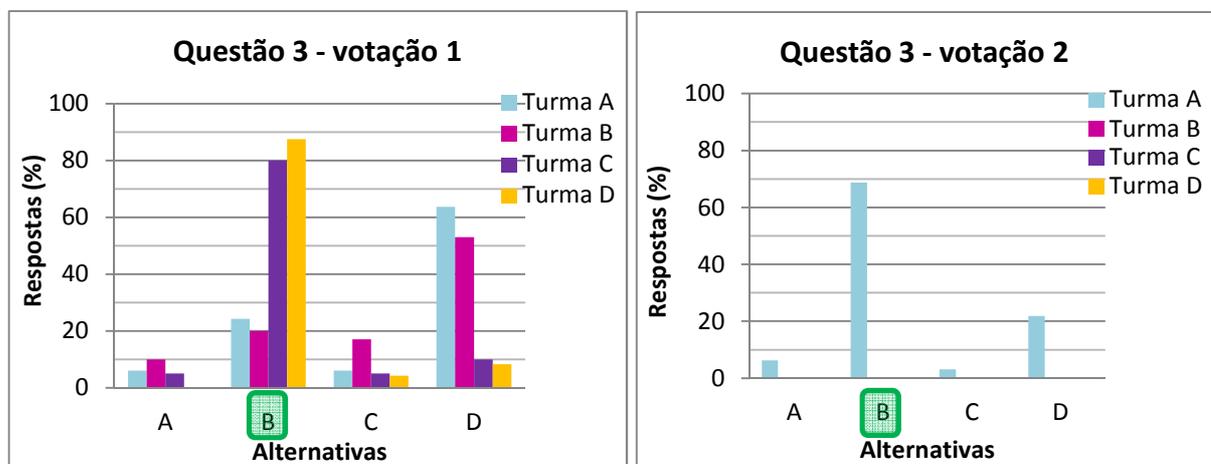


Figura 4.17 Distribuição das respostas por turma obtidas na questão 3 da atividade lata que vai e volta do MRUV.

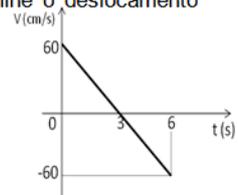
Na primeira votação as turmas C e D atingiram o percentual de acertos necessários para prosseguir para a nona etapa. As turmas A e B atingiram um percentual de acertos inferior a 35%, sendo necessária uma nova votação através da etapa dez. Contudo por estar próximo ao final da primeira aula, a turma B não pode dar continuidade à metodologia sucedendo para a correção da questão.

Na segunda votação a turma A chegou próximo a porcentagem de 70% acertos, e seguiram para nona etapa.

Na quarta questão, o aluno deve calcular o deslocamento sofrido pelo corpo a partir do gráfico de velocidade versus tempo.

4. À direita temos o gráfico velocidade *versus* tempo análogo ao obtido na videoanálise, determine o deslocamento sofrido pela lata.

- A) o deslocamento é de aproximadamente 90 cm, obtido por $(3 \times 60)/2$
- B) o deslocamento é de aproximadamente 360 cm, obtido por $(120 \times 6)/2$.
- C) o deslocamento é de aproximadamente 20 cm, obtido pela divisão de 120 por 6.
- D) o deslocamento é de aproximadamente 20 cm, obtido pela divisão de 60 por 3.



Apesar da questão não especificar o tempo decorrido para o deslocamento foi explicado pelo professor na explanação dos conceitos necessário para a leitura desse gráfico, que antecede a resolução da questão, que o tempo de “ida” da lata deverá ser aproximadamente igual ao tempo de “volta” da lata. E também foi esclarecido aos alunos que nessa questão era necessário calcular apenas o deslocamento de “ida” da lata.

Na figura 4.18 encontra-se a distribuição das respostas após as etapas da metodologia IpC.

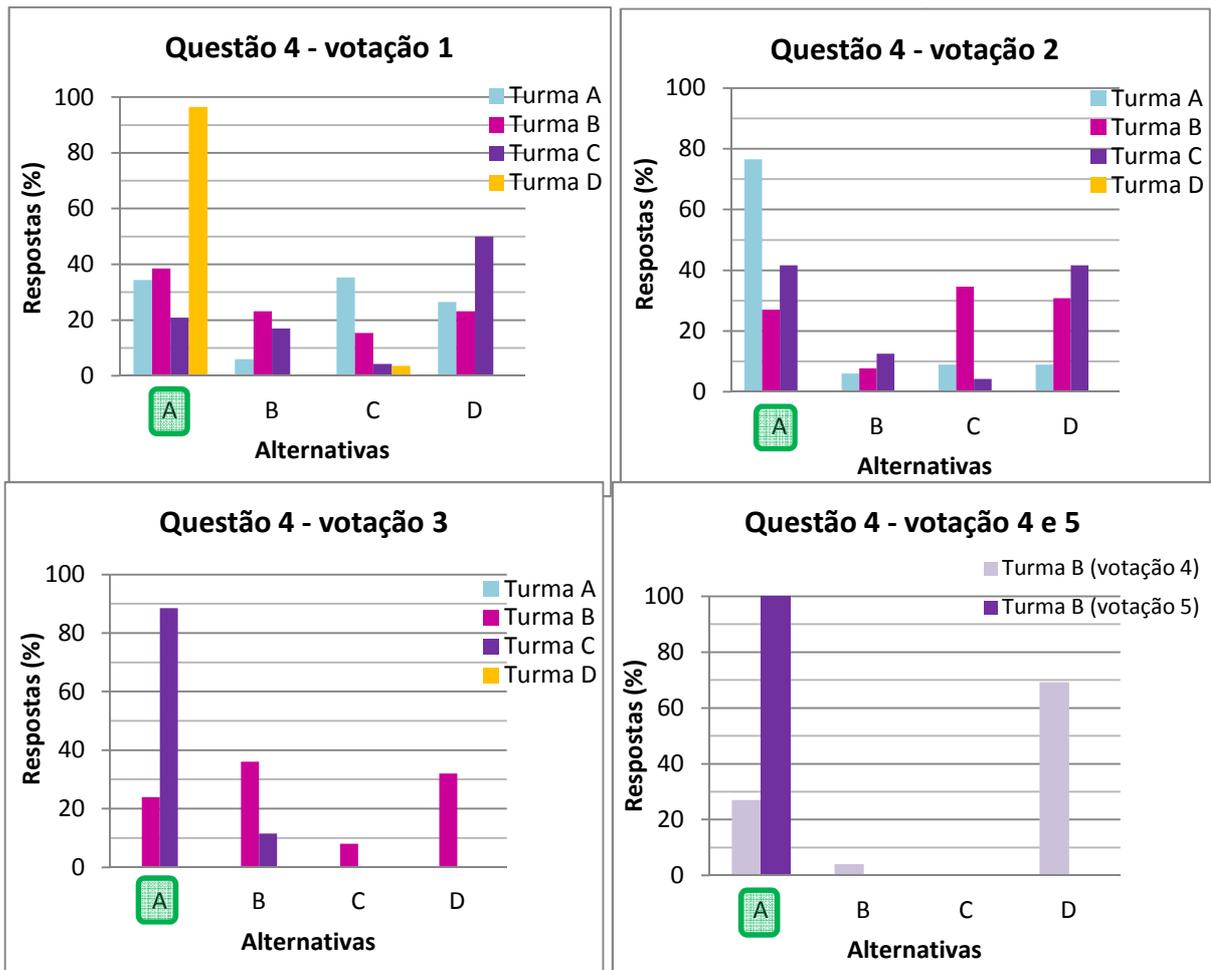


Figura 4.18 Distribuição das respostas por turma obtidas na questão 4 da atividade lata que vai e volta do MRUV.

Na primeira votação a turma D atingiu os 70% de acertos ao fazer uso da terceira etapa, ao passo que a turma A obteve um percentual de acertos entre 35% a 70% e segundo a metodologia de Mazur, dando sequência para segunda votação utilizando a etapa seis. A turma C, na primeira votação atingiu um percentual de acertos inferior a 35%, e por isso seguiram para a segunda votação pela etapa dez.

A turma A ultrapassou os 70% de acertos necessários para seguir para a nona etapa na segunda votação. Ainda na segunda votação a turma C, teve uma porcentagem de acertos maior do que 40%, nesse acaso, eles prosseguiram para a terceira votação e foram dispostos a discutir a questão em grupos aonde tiveram um quantitativo de acertos próximo a 90%.

Já a turma B foi a turma que apresentou maior dificuldade na interpretação da questão. Na primeira tentativa chegaram a uma porcentagem maior do que 30% e em

seguida postos a discutir em duplas e o resultado obtido na segunda votação foi menor do que na primeira. Sendo assim, houve uma nova explanação dos conceitos e da questão e na terceira votação os alunos apresentaram um resultado menor do que na votação anterior. Mais uma vez, foi dada uma nova explanação, porém, o resultado obtido na quarta votação foi próximo ao da terceira votação. A fim de promover aprendizagem entre os pares, a turma foi dispostas para discutirem a informação em grupos e finalmente o quantitativo de respostas corretas chegou a 100%.

As questões cinco propõem que aluno determine a aceleração a partir do gráfico de velocidade versus tempo.

5. Sobre o gráfico velocidade *versus* tempo, o que você pode afirmar a respeito da aceleração do corpo?

- A) objete move-se com uma aceleração nula
- B) objete move-se com uma aceleração uniformemente crescente
- C) o objete move-se com uma aceleração uniformemente constante
- D) objete move-se com uma aceleração uniformemente decrescente

Na figura 4.19 encontra-se a distribuição das respostas após as etapas da metodologia IpC.

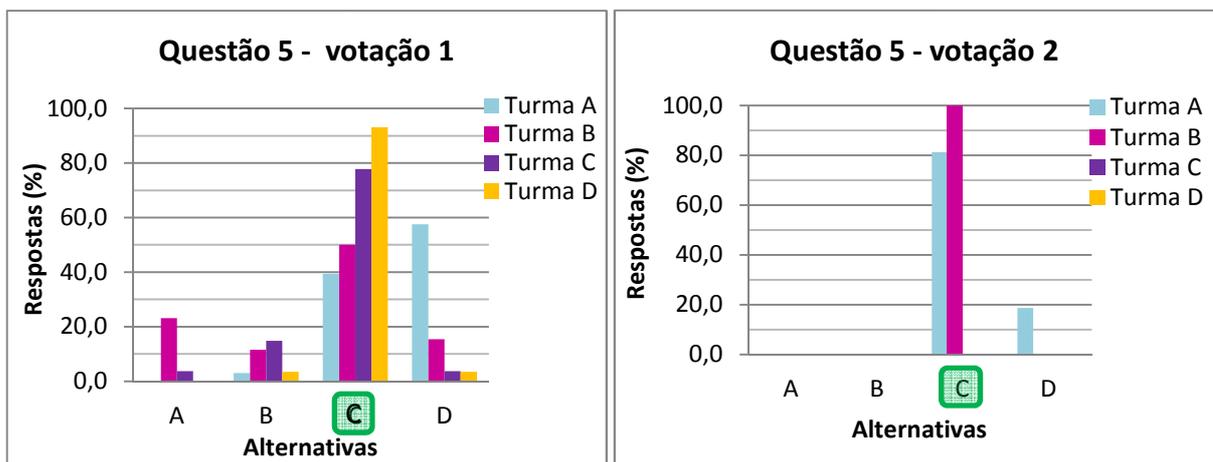


Figura 4.19 Distribuição das respostas por turma obtidas na questão 5 da atividade lata que vai e volta do MRUV.

As turmas que não conseguiram atingir o percentual de 70% de respostas corretas na primeira votação foram as turmas A e B que ultrapassaram o quantitativo de acertos na segunda votação ao serem organizados para discutir a questão em duplas.

Questão	Turma com dificuldade	Objetivo da questão	Dificuldade apresentada
1	A e B	Selecionar a descrição textual de um gráfico	Dificuldade com o conceito
2	A, B, C e D	Determinar a velocidade a partir do gráfico de posição versus tempo	Dificuldade em identificar a variável. Confundir posição com velocidade
3	A e B	Leitura e interpretação do gráfico da velocidade versus tempo	Dificuldade em identificar a variável. Confundi posição com velocidade
4	A, B e C	Calcular o deslocamento sofrido pelo corpo a partir do gráfico de velocidade versus tempo	Dificuldade para identificara técnica correta para obter informações do gráfico
5	A e B	Determinar a aceleração a partir do gráfico de velocidade versus tempo	Dificuldade com conceito

Figura 4.20 Relação das turmas que apresentaram dificuldade em cada questão do roteiro do experimento lata que vai e volta sobre MRUV.

4.2 RESULTADOS OBTIDOS NO PRÉ-TESTE E NO PÓS-TESTE

O desempenho dos alunos no pré-teste TUG-K é apresentado na figura 4.21 que relaciona a porcentagem de acertos de cada turma a cada questão.

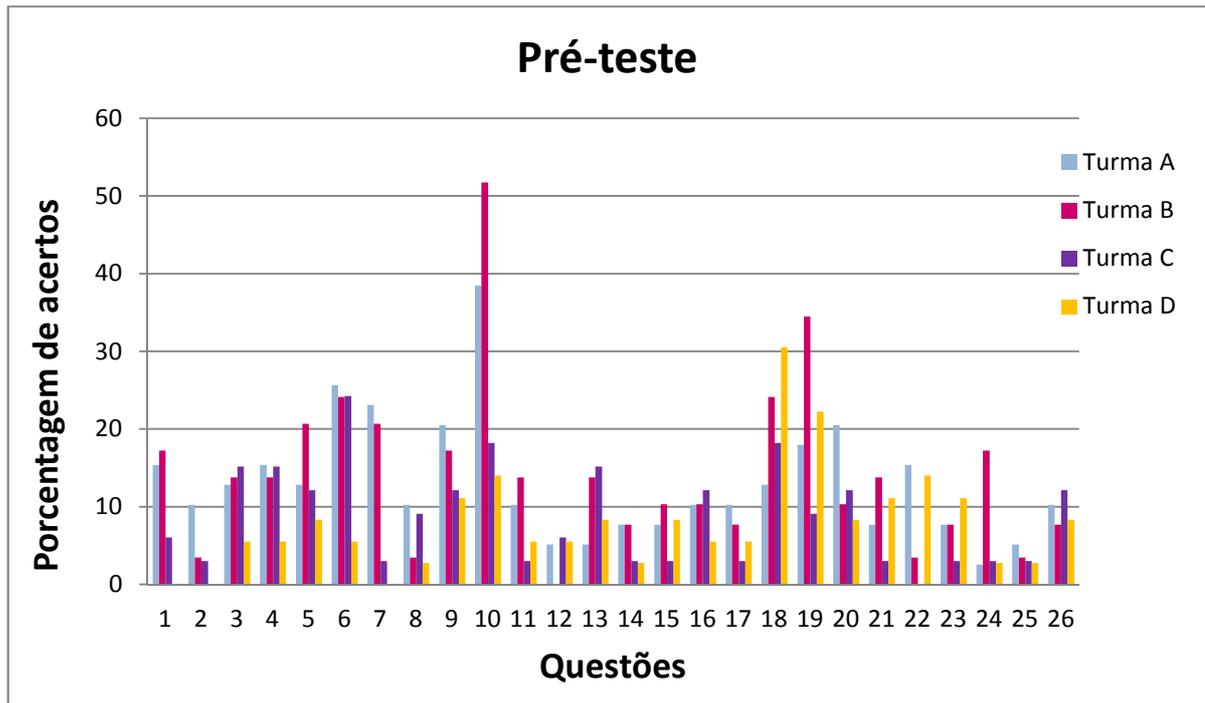


Figura 4.21 Porcentagem de acertos de cada questão no pré-teste.

Ao analisar a porcentagem de acertos de cada questão observa-se que a maioria das questões os alunos obtiveram uma porcentagem de acertos inferior a 15% e que apenas as questões 6, 10, 18 e 19 a porcentagem de acertos foi superior a 20%. Esse resultado reflete a pouca habilidade desses alunos no que tange a leitura, compreensão e interpretação de gráficos, exaltando a necessidade e a importância de abordar um ensino que trabalhe gráficos em cinemática.

Sendo assim, foram elaboradas atividades que abordem tanto os conceitos básicos de cinemática quanto a leitura de gráficos de diferentes tipos de movimento.

Com o propósito de verificar o ganho de *Hake* e avaliar a aprendizagem dos alunos a partir da metodologia sugerida no presente trabalho, foi aplicado na quinta etapa da sequência didática o pós-teste TUG-K 4.0v.

Os resultados obtidos estão representados na figura 4.22.

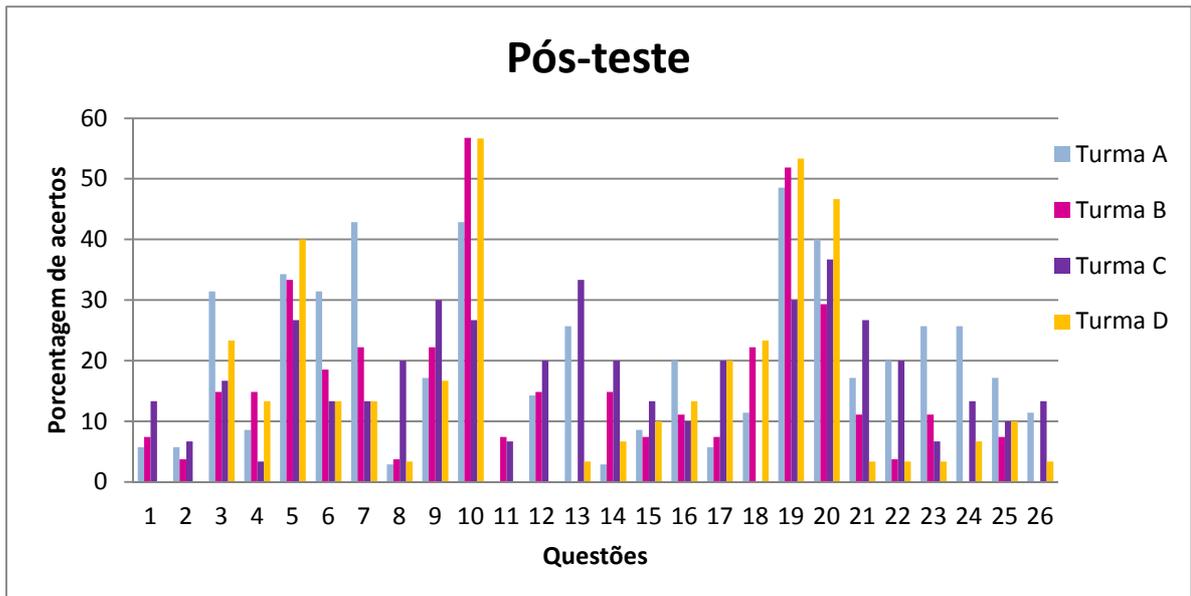


Figura 4.22 Porcentagem de acertos de cada questão no pós-teste.

Para comparar o desempenho por questão das turmas que participaram das atividades (turma A, turma B, turma C e turma D) no pré-teste e no pós-teste.

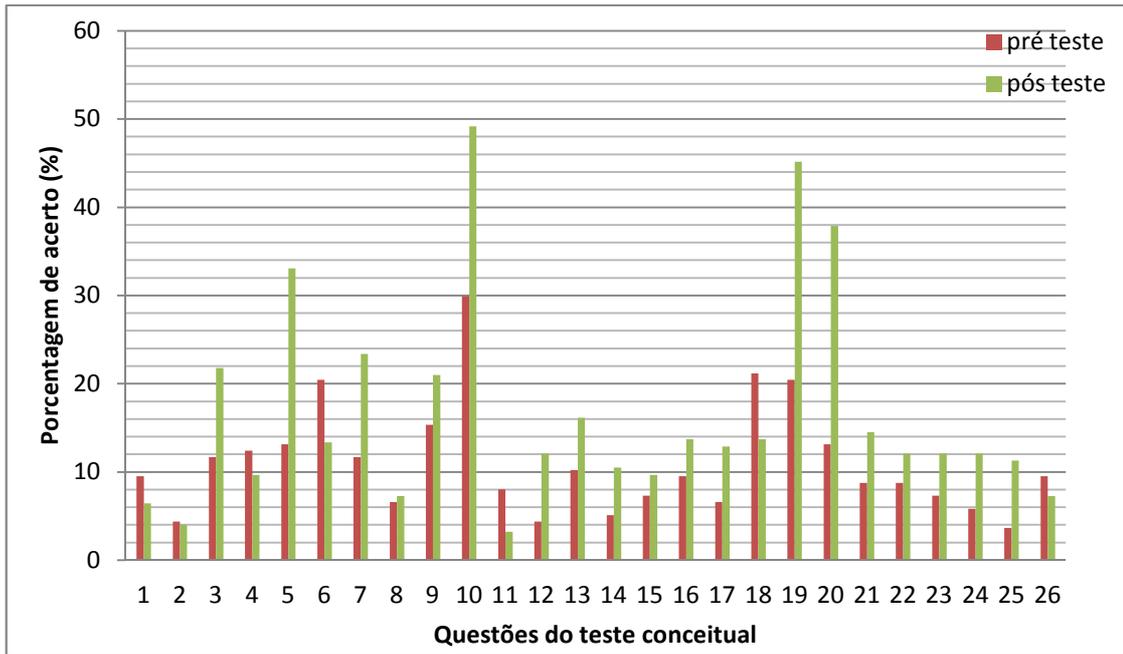


Figura 4.23 Comparação entre a porcentagem de acertos total no pré-teste e no pós-teste.

Ao comparar a porcentagem de acertos obtida por questão no pré-teste e no pós-teste podemos avaliar a metodologia e identificar em quais questões os alunos obtiveram ganho de aprendizagem e em quais apresentaram dificuldades.

As questões em que os alunos apresentaram uma porcentagem de acertos maior no pós-teste do que no pré-teste (questões 3, 5, 7, 8, 9, 10, 12, 13, 14, 15, 16, 17, 19, 20, 21, 22, 23, 24, 25) representa 73,1% do teste.

4.3 ANÁLISE QUANTITATIVA

A expressão na qual é obtido o ganho normalizado de *Hake* (1), os valores encontrados entre o intervalo de 0 a 1 que equivale a uma percentagem de 0% e 100% de possível ganho na aprendizagem, quanto mais elevado o valor maior será a aprendizagem do aluno. Os valores de “g” inferiores ou igual a 0 representam que não houve ganho de aprendizagem.

Mazur (2015) salienta que turmas que adotam a metodologia de instrução por colegas o valor médio do ganho deve ser superior a 0,36 enquanto que para turmas expostas ao método tradicional o valor médio do ganho deve estar entre 0,1 e 0,2.

A seguir, foram feitos os cálculos do ganho de *Hake* para as turmas A, B, C e D submetidas à metodologia proposta pelo presente trabalho. Para tal, são exibidos os valores obtidos no pré-teste e no pós-teste.

Tabela 4.1 Comparação dos resultados obtidos no pré-teste e pós-teste pela turma A.

Turma A	Pré-teste	Pós-teste
Alunos presentes	39	35
Total de questões	$39 \times 26 = 1014$	$35 \times 26 = 910$
Total de acertos	134	181
Porcentagem de acertos (%)	$\frac{134}{1014} \times 100 = 13,2$	$\frac{181}{910} \times 100 = 19,9$
Ganho de <i>Hake</i>	$\frac{19,89 - 13,21}{100 - 13,21} = 0,08$	

Tabela 4.2 Comparação dos resultados obtidos no pré-teste e pós-teste pela turma B.

Turma B	Pré-teste	Pós-teste
Alunos presentes	29	27
Total de questões	$29 \times 26 = 754$	$27 \times 26 = 702$
Total de acertos	107	113
Porcentagem de acertos (%)	$\frac{107}{754} \times 100 = 14,2$	$\frac{113}{702} \times 100 = 16,9$
Ganho de <i>Hake</i>	$\frac{16,91 - 14,19}{100 - 14,19} = 0,02$	

Tabela 4.3 Comparação dos resultados obtidos no pré-teste e pós-teste pela turma C.

Turma C	Pré-teste	Pós-teste
Alunos presentes	33	30
Total de questões	$33 \times 26 = 858$	$30 \times 26 = 780$
Total de acertos	75	135
Porcentagem de acertos (%)	$\frac{75}{858} \times 100 = 8,7$	$\frac{135}{780} \times 100 = 17,3$
Ganho de <i>Hake</i>	$\frac{17,31 - 8,74}{100 - 8,74} = 0,09$	

Tabela 4.4 Comparação dos resultados obtidos no pré-teste e pós-teste pela turma D.

Turma D	Pré-teste	Pós-teste
Alunos presentes	36	30
Total de questões	$36 \times 26 = 936$	$30 \times 26 = 780$
Total de acertos	74	116
Porcentagem de acertos (%)	$\frac{74}{936} \times 100 = 7,9$	$\frac{116}{780} \times 100 = 14,9$
Ganho de <i>Hake</i>	$\frac{14,87 - 7,91}{100 - 7,91} = 0,08$	

Os valores apresentados no cálculo do ganho de *Hake* para as turmas A, B, C e D são valores positivos e pertencem ao intervalo de 0 a 0,10. Mesmo que esses valores sejam pequenos, eles indicam ganho de aprendizagem. Os valores alcançados pelas turmas que fizeram uso da videoanálise em conjunto com a metodologia de instrução por colegas estão abaixo da faixa de ganho que Mazur (2015) considera serem valores expressos em turmas onde são aplicadas a metodologia tradicional, valores entre 0,10 e 0,20.

Contudo, para melhor compreender os resultados apresentados pelas turmas submetidas à videoanálise e a metodologia de Instrução pelos Colegas é preciso verificar se há diferenças estatísticas em tais valores obtidos nos testes conceituais.

Para ter uma compreensão dos resultados obtidos no pré-teste e no pós-teste pelas turmas A, B, C e D faremos uma análise estatística dos dados através do teste de significância para igualdade entre as médias.

O teste de significância para igualdade entre as médias resumidamente consiste em testar e formular hipóteses através de um espaço amostral indicado e permitir a aceitação ou rejeição da hipótese formulada com base nos resultados de uma amostra. Para tal é necessário enunciar as hipótese de nulidade, hipótese a ser testada (H_0), formular a hipótese alternativa (H_1), fixar o limite do erro (α) e com auxílio da tabela de distribuição normal determinar as regiões crítica (RC) e a região de aceitação (RA) para H_0 (MORETTIN; BUSSAB, 2010).

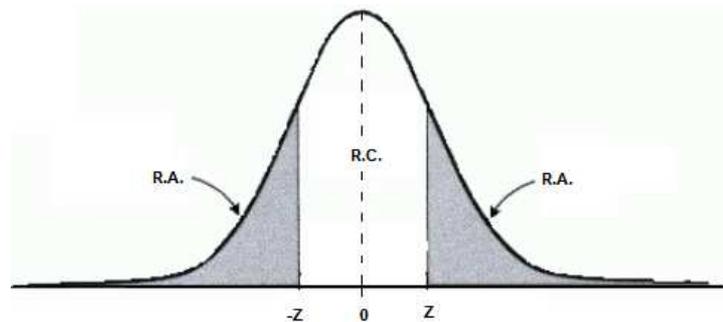


Figura 4.24 Distribuição normal da região crítica e regiões de aceite, adaptada de MORETTIN; BUSSAB (2010).

Para delimitar as regiões R.A. e R.C. é necessário calcular o valor da variável do teste (Z_{cal}) e assim, concluir pela aceitação ou rejeição de H_0 (MORETTIN; BUSSAB, 2010).

$$Z_{cal} = \frac{\bar{x}_1 - \bar{x}_2}{\sqrt{\frac{\sigma_1^2}{N_1} + \frac{\sigma_2^2}{N_2}}} \quad (2)$$

Iremos admitir a hipótese alternativa, H_1 , como sendo a diferença entre as médias nos testes conceituais, pré-teste (\bar{x}_1) e pós-teste (\bar{x}_2), ou seja, $\bar{x}_1 \neq \bar{x}_2$. Desse modo, para H_0 iremos admitir que as médias obtidas nos testes conceituais fossem iguais ($\bar{x}_1 = \bar{x}_2$).

Por fim, aceitação ou rejeição a hipótese H_0 , é feita na seguinte afirmação:

$$\text{Se } -Z \leq Z_{\text{cal}} \leq Z, \text{ aceita - se } H_0 \quad (3)$$

$$\text{Se } Z_{\text{cal}} > Z \text{ ou } Z_{\text{cal}} < -Z, \text{ rejeita - se } H_0 \quad (4)$$

A comparação entre as médias precisam estar na região R.A., pois, quanto mais afastado da região central do espaço amostral, maior será a possibilidade de as médias no pré-teste e no pós-teste serem estatisticamente diferentes. Visto que os valores entre as médias obtidas no pré-teste e no pós-teste são muito próximos, a execução do teste de significância tem o desígnio de expressar a validade dos testes conceituais.

Se as médias entre os testes forem estatisticamente iguais aceita-se a hipótese H_0 . Para esse trabalho significa que os resultados dos testes são inconclusivos.

Nesse trabalho é imperativo que as médias no pré-teste e no pós-teste sejam diferentes, assim é possível verificar se houve ganho ou perda de aprendizagem, portanto, admitiremos a rejeição da hipótese H_0 como verdade.

A seguir são apresentados os dados obtidos através da aplicação do pré-teste e do pós-teste.

Tabela 4.5 Teste de igualdade entre as médias para verificar as médias obtidas no pré e no pós-teste.

Análise pré-teste					Análise pós-teste				
Turma	A	B	C	D	A	B	C	D	
Média \bar{x}_1	1,32	1,42	0,87	0,79	\bar{x}_2	1,99	1,61	1,73	1,49
Desvio padrão									
σ_1	0,96	1,05	0,59	0,70	σ_2	1,05	0,84	1,07	0,74
Número de									
estudantes N_1	39	29	33	36	N_2	35	27	30	30

Para uma melhor compreensão da faixa de confiança para as médias obtidas no pré-teste e no pós-teste será apresentado o teste de significância para igualdade entre as médias para os níveis de confiança entre 5% e 1%. Conforme ilustra a figura 4.22.

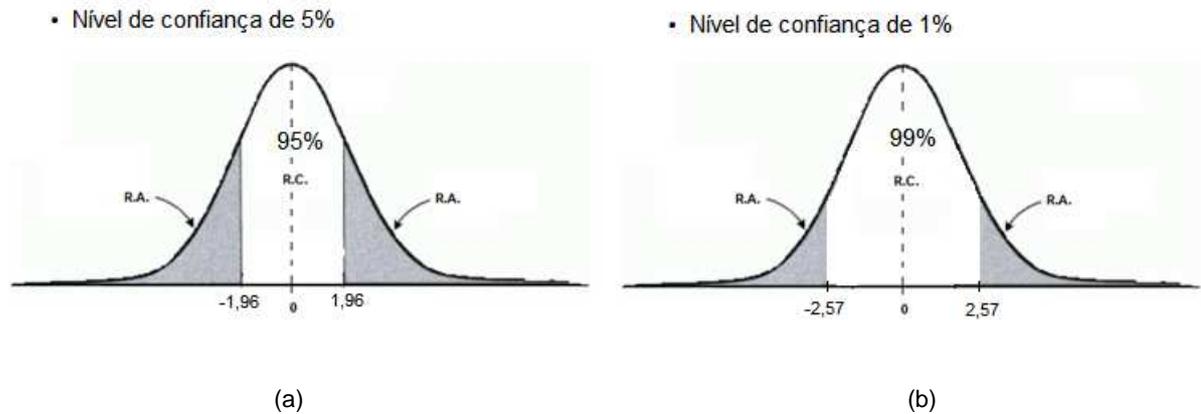


Figura 4.25 (a) Distribuição normal para o nível de confiança de 5% (b) Distribuição normal para o nível de confiança de 1%, adaptado de MORETTIN; BUSSAB (2010).

Ao comparar, pelo teste de significância para igualdade entre as médias, os dados obtidos no pré-teste e no pós-teste, em um nível de confiança de 5%, temos:

Tabela 4.6 Teste de significância entre as médias para o nível de confiança de 5%.

Teste de significância para igualdade entre as médias				
Turma	Nível de confiança	Z	Z_{cal}	H₀
A	5%	1,96	-2,85	Rejeitado
B	5%	1,96	-0,75	Aceito
C	5%	1,96	-3,88	Rejeitado
D	5%	1,96	-3,92	Rejeitado

Na tabela 4.10 verificaremos a hipótese H_0 para um nível de confiança de 1% assim estreitaremos a região de aceite para afastar mais da região central do espaço amostral, aumentando a possibilidade de as médias no pré-teste e no pós-teste serem estatisticamente diferentes.

Tabela 4.7 Teste de significância entre as médias para o nível de confiança de 1%.

Teste de significância para igualdade entre as médias				
Turma	Nível de confiança	Z	Z_{cal}	H₀
A	1%	2,57	-2,85	Rejeitado
B	1%	2,57	-0,75	Aceito
C	1%	2,57	-3,88	Rejeitado
D	1%	2,57	-3,92	Rejeitado

A análise estatística feita pelo teste de significância para igualdade entre as médias indica que para as turmas A, C e D, as médias obtidas no pré-teste e no pós-teste estão na região de aceitação em uma distribuição normal de 1%.

Esse resultado nos mostra que mesmo a média do pré-teste pareça ser numericamente próxima à média no pós-teste, pelo teste de significância para igualdade entre as médias, elas são estatisticamente diferentes entre si.

Já a turma B, a hipótese de nulidade foi aceita, o que demonstra que as médias estão fora da região de aceitação num limite de erro de 2,5% e dentro da região crítica. A aceitação da hipótese aponta para igualdade entre as médias para um nível de confiança de 95% e, portanto, para este intervalo as médias são estatisticamente iguais. Sendo assim, não é possível fazer qualquer afirmação a respeito dessa turma já que a média obtida por essa turma no pré-teste é estatisticamente igual à média no pós-teste.

Em Da Silva (2016) encontramos resultados análogos aos obtidos neste trabalho conforme mostra a tabela 4.11. Em sua dissertação o autor utilizou a videoanálise como ferramenta para o ensino de gráficos de cinemática mediado pela metodologia POE, para alunos do primeiro ano do ensino médio localizado no IFF (Instituto Federal Fluminense) da cidade de Cambuci, pertencente a uma zona agrícola.

Tabela 4.8 Comparação entre as médias obtidas no pré-teste e no pós-teste dos alunos do IFF Cambuci e das médias obtidas pelos alunos no presente trabalho.

Turma	IFF Cambuci		A		B		C		D	
	Pré-teste	Pós-teste	Pré-teste	Pós-teste	Pré-teste	Pós-teste	Pré-teste	Pós-teste	Pré-teste	Pós-teste
Alunos presentes	74	64	39	35	29	27	33	30	36	30
%de acertos	12,8	18,9	13,21	19,89	12,42	16,9	8,74	14,84	7,91	12,75
Média de acertos	2,7	4,0	3,44	5,17	3,72	4,18	2,27	4,50	2,06	3,87
Ganho de <i>Hake</i>	0,07		0,08		0,02		0,07		0,05	

Apesar de ter utilizado em sua análise a versão anterior do TUG-K, versão v.2.6, a mesma versão utilizada em Agrello e Garg (1999), a comparação entre Da Silva (2016) com o presente trabalho foi feita com os resultados obtidos pelos alunos no ganho de *Hake* e nas médias de acerto geral no pré-teste e pós-teste.

O ganho de *Hake* apresentado nas turmas do IFF de Cambuci é próximo aos ganhos obtidos nas turmas A, C e D. Inclusive, as médias de acerto geral obtidas no pré-teste e no pós-teste, das turmas do IFF Cambuci são muito próximas às médias encontradas nos pré-testes e nos pós-testes das turmas A, B, C e D.

Assim como os alunos do IFF de Cambuci os alunos que fizeram parte da metodologia proposta no presente trabalho apresentaram um pequeno ganho de *Hake* no teste conceitual TUG-K, a fim de uma melhor compreensão dos resultados obtidos será feita uma análise qualitativa.

4.4 REFLEXÕES SOBRE A APLICAÇÃO DO PRODUTO EDUCACIONAL

Esse espaço foi reservado para discutir os resultados obtidos nos testes conceituais (pré e pós-teste) espera-se uma análise mais ampla desses resultados ao considerar todo o contexto escolar que influenciou diretamente ou indiretamente a metodologia proposta.

4.4.1 Alterações no planejamento

Nessa seção serão mostradas as alterações feitas no planejamento original (ver página 23) assim como suas consequências para a execução da sequência didática. Também serão feitas apontamentos e observações pertinentes que ocasionaram as modificações no planejamento a fim de levar a discussões sobre a sequência didática.

A figura 4.26 ilustra as mudanças sofridas no planejamento original nas turmas A e B com aulas às segundas-feiras e nas turmas C e D às terças-feiras.

Planejamento empregado no 1º e 2º Bimestre de 2018							
Abril		Maio		Junho		Julho	
Segunda	Terça	Segunda	Terça	Segunda	Terça	Segunda	Terça
02 Aula inaugural	03 Aula inaugural		01 Feriado	04 Continuação atividade de MRU	05 OBMEP	02 Feriado municipal	03 Continuação da 2º atividade MRUV; Pós-teste.
09 Semana de prova (1º Bi)	10 Semana de prova (1º Bi)	07 Apresentação do <i>Tracker</i>	08 Projeto escolar	11 1º Atividade MRUV	12 1º Atividade MRUV	09 Continuação da 2º atividade MRUV; Pós-teste.	10 Conselho de classe
16 Pré-teste	17 Pré-teste	14 Atividade MRU	15 Atividade MRU	18 Semana de provas	19 Semana de provas	16 Recesso escolar	17 Recesso escolar
23 Feriado	24 Apresentação do <i>Tracker</i>	21 Continuação atividade MRU	22 Continuação atividade MRU	25 2º Atividade MRUV	26 2º atividade MRUV	24 Recesso escolar	25 Recesso escolar
30 Véspera de feriado		28 Reunião com responsáveis	29 Continuação atividade - MRU			30 Início do 3º bimestre	31 Início do 3º bimestre

Figura 4.26 Calendário do planejamento empregado.

A primeira alteração no calendário aconteceu no dia 30 de abril, por ser véspera de feriado a frequência de alunos foi muito baixa em toda a escola e nas turmas A e B houve um quantitativo inferior a 10 alunos presentes. Sendo assim, optou-se por fazer uma breve revisão de conteúdos, quando foram abordados conceitos sobre unidades de medidas, conceito de distância e notação científica (conceitos referentes ao 1º bimestre), que não estava de acordo com o planejamento inicial.

Outras mudanças no planejamento que atingiram diretamente as turmas de segunda-feira foram os dias 28 de maio e 02 de julho. O dia 28 de maio ficou reservado para reunião de responsáveis essa data não consta no calendário escolar da Secretaria de Estado de Educação (SEEDUC) e foi apresentado aos professores pela direção semanas antes da sua culminância. Nesse dia foram oferecidos aos alunos tempos de aula reduzidos, apenas três tempos de aula, e em seguida eles foram liberados para que os professores pudessem realizar a reunião com os responsáveis. Apesar de ser um dia letivo, houve novamente baixa frequência de alunos que alegaram não terem ido à escola porque seriam liberados mais cedo. Já o dia 02 de Julho foi feriado municipal e, portanto, não houve aula.

Com as turmas C e D, também foram necessárias alterações no calendário, nos dias 08 de maio e 05 de junho. O dia 08 de maio foi reservado à apresentação de alguns projetos desenvolvidos pelos alunos e orientados pelos professores da instituição visando à comemoração dos 70 anos do colégio. O projeto trabalhou conteúdos e competências referentes ao 1º bimestre, contudo devido ao calendário do 1º bimestre ter sido pouco extenso, o mesmo precisou ser realocado para o calendário do 2º bimestre.

A segunda alteração no calendário no planejamento que atingiu diretamente as turmas C e D, dia 05 de junho, foi aplicação da Olimpíada Brasileira de Matemática das Escolas Públicas (OBMEP). Apesar do calendário da OBMEP estar disponível desde o início do ano letivo, a direção informou aos professores a data de aplicação da OBMEP um mês antes da sua aplicação. A participação da escola na Olimpíada fica a critério da direção e por este motivo a OBMEP não foi considerada no planejamento inicial.

Para a aplicação da OBMEP a escola se reorganiza de maneira diferente dos dias letivos, nesse dia não há aula, os alunos chegam 30 minutos mais tarde para que seja feita a organização das salas e das provas. Após a sua aplicação os alunos são liberados para que os professores possam corrigir as provas da OBMEP.

Esses imprevistos em nada comprometeram o desenvolvimento e a aplicação da metodologia, porém, como dito anteriormente, o planejamento inicial foi organizado com a finalidade de promover uma apresentação dos conteúdos com maior fluidez sem tantas interrupções. Com o distanciamento das atividades muitos alunos esqueceram a função dos ícones do *software Tracker* sempre sendo necessária a retomada a do manual que deixa a execução da atividade mais demorada. No calendário adaptado as alterações feitas corroboraram no adiamento de duas aulas do planejamento inicial.

Tendo em vista tais interrupções, em todas as aulas foram feitas revisões das aulas anteriores com o intuito de não comprometer a aprendizagem e a compreensão de aspectos mais complexos dos experimentos trabalhados.

Por exemplo, as turmas A e C, turmas que tem aulas de física na terça, tiveram duas semanas de pausa após a aula sobre a apresentação do *software Tracker*, o que ocasionou no esquecimento dos alunos sobre a manipulação do *software* levando a videoanálise de todas as atividades mais demorada do que o previsto. Como consequência a atividade que deveria levar apenas duas aulas levou três aulas, uma aula a mais que o planejado.

Ademais, devido às alterações no calendário e a extensão da primeira atividade, as turmas tiveram pouco tempo para finalizar a segunda atividade, queda livre, sobre o MRUV. Essa atividade foi feita em apenas uma aula, que inicialmente eram previstas no total, duas aulas e obviamente prejudicou a sua execução.

Ainda sobre as alterações no planejamento inicial, uma análise sobre o dia da aplicação do pós-teste pode ajudar a compreender o baixo rendimento da turma B no teste conceitual. Primeiramente chamo a atenção para o dia de aplicação do pós-teste para a turma B e D, dia 9 de Julho, segunda-feira véspera do conselho de classe. Os dias do conselho de classe do 2º bimestre onde os alunos são liberados e muitos alunos não frequentam mais a escola durante a semana do conselho de classe por se considerarem em recesso escolar.

Com as alterações no planejamento, no dia 9 de julho que anteriormente estava reservado como dia flexível justamente por prever uma baixa frequência de alunos, esse dia foi alterado para a aplicação do pós-teste. Fato inusitado é que no dia da aplicação do pós-teste havia apenas as turmas D e B em toda a escola e os alunos foram apenas à escola para realizar essa atividade.

A realização do pós-teste pela turma D, que foi a primeira turma a realizar atividade enquanto a turma B aguardava seu término, teve um desempenho semelhante às outras turmas (A e C), poucos alunos fizeram o teste em menos de 15 minutos ao passo que a maioria se empenhou em expor seus conhecimentos através da resolução das questões do pós-teste.

Já a turma B estava eufórica para ser liberada, pois naquele momento era a única turma presente na escola enquanto que para eles todos os outros alunos já estavam de “férias”, para eles o pós-teste funcionou como uma penalidade. A fim de que eles tentassem se empenhar um pouco na resolução do pós-teste, foi pré-estabelecido um horário mínimo

de 30 minutos para liberação desses alunos após o recebimento do teste, porém muitos responderam o teste em menos de 10 minutos demonstrando respondê-lo aleatoriamente.

Esse comportamento pode nos ajudar a compreender o porquê a turma apresentou o menor ganho de *Hake* e o porquê a média de acertos no pré e no pós-teste serem aproximadamente a mesma.

4.4.2 Apontamentos sobre a elaboração das atividades

Além de questões voltadas a elaboração do planejamento da metodologia outros fatores inesperados devem ser pontuados. Como, por exemplo, a adequação do roteiro para o perfil de cada turma.

No caso da atividade elaborada para abordar conceitos sobre o MRU, carros descolando-se na Avenida Brasil, o roteiro elaborado para essa atividade ficou um tanto extenso, com muitas questões, nove no total, o que ocasionou dispersão dos alunos na resolução das últimas questões. Apesar de não conter questões isomórficas, a quantidade de questões do roteiro pode ser reduzida com o propósito de reduzir o quantitativo de aulas de três para apenas duas aulas.

Assim como na primeira atividade, a atividade referente à queda livre do MRUV também pode ser reduzida limitando-se a apenas uma aula, já que a terceira atividade, lata que vai e volta, também aborda conceitos do MRUV além de complementar a aprendizagem desse tipo de movimento.

A terceira atividade pode seguir sem alterações no roteiro, porém é necessário considerá-la como uma atividade de duas aulas devido a sua complexidade.

4.4.3 Dificuldades na utilização do laboratório de informática

Inicialmente o laboratório de informática foi organizado para agrupar os alunos em duplas para cada computador com o propósito de promover a colaboração entre os alunos durante a videoanálise dos movimentos propostos. O laboratório conta com 30 computadores, e apenas dezoito computadores estavam operantes. O quantitativo de computadores operantes permitia organizar os alunos em duplas e um trio visto que o número de alunos presentes nas turmas ficava em torno de trinta e oito alunos.

Nas aulas preparadas para a ambientação dos alunos com o laboratório e a primeira aula sobre o MRU, na qual os alunos fizeram a videoanálise do movimento dos carros foram as únicas aulas em que os dezoito computadores permaneceram operantes.

A frequência dos alunos das turmas A, B, C e D no laboratório de informática e seu uso aos computadores de alguma forma causou descontentamento ao professor que leciona aulas de informática ao curso técnico de administração.

O curso técnico de administração é ofertado aos alunos da escola e tem duração de um ano e seis meses. O público do curso são alunos que estão cursando o segundo semestre do segundo ano do ensino médio. Esses alunos possuem um perfil diferente dos alunos do primeiro ano do ensino médio e as demais séries regulares, são alunos que buscam por um curso profissionalizante visando ampliar seu currículo para o mercado de trabalho. Sendo assim, são alunos considerados pelos professores com alunos mais calmos e estudiosos.

Já os alunos do turno da tarde do primeiro ano do ensino médio são oriundos de diferentes escolas e geralmente as turmas são muito agitadas. E muitos alunos não possuem comportamentos adequados sobre organização, manutenção da limpeza da sala de aula, entre outros sendo necessária a intervenção do professor sobre tais comportamentos.

Dessa maneira, foi solicitado ao técnico de informática que presta serviço à escola que formatasse os computadores da escola e os bloqueasse por senha. Na terceira aula no laboratório de informática havia três computadores bloqueados, o que apagou a videoanálise feita por alguns alunos. Esses alunos foram realocados para outras máquinas integrando duplas já formadas anteriormente, formando trios.

Em sequência, o total de computadores bloqueados chegou a seis sobrando apenas doze máquinas operantes, ou seja, na terceira aula sobre MRU e na primeira atividade sobre MRUV (queda livre da bola de tênis) havia três a quatro alunos por computador. O número excessivo de alunos por computador impediu que alguns alunos fizessem a videoanálise da queda livre da bola de tênis e eles se dispersaram e ficaram desmotivados em fazer a atividade.

Para recuperar o funcionamento desses computadores foi solicitada a senha dos computadores bloqueados ao técnico de informática que por diversas vezes se recusou a disponibilizá-la. Após um processo bastante conturbado a direção da escola exigiu a senha dos computadores e finalmente para a última atividade no laboratório de informática (lata que vai e volta) foi possível deixar os dezoito computadores funcionando normalmente e novamente os alunos puderam trabalhar em duplas.

Com o agrupamento maior de alunos por computador, grupos com três e até quatro alunos, muitos não fizeram a videoanálise ficando restritos a apenas observar o que foi feito e a consultar os dados obtidos na videoanálise pelos seus colegas. Esses alunos ficaram desestimulados por não se sentirem incluídos na atividade e aos poucos foram se dispersando e conseqüentemente começaram a conversar com os demais colegas, tornando as atividades mais demoradas, a tomada de respostas pelo aplicativo *Plickers* mais longas. Por vezes alguns alunos estavam tão dispersos que sequer sabiam de qual questão estávamos trabalhando, sendo necessário aguardar mais alguns minutos para que eles pudessem resolver a questão solicitada.

5 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Atualmente estamos vivenciando uma quebra de paradigma no ensino de física no qual o método tradicional de ensino, engajado na formulação, memorização e matematização dos conceitos, embora muito utilizado nas escolas, vem perdendo espaço para metodologias que visem o aluno como protagonista do processo de aprendizagem e busque situações-problemas mais próximas da sua realidade.

Conforme apresentado no capítulo 2, há na literatura trabalhos que apontam a videoanálise e a metodologia ativa, Instrução pelos Colegas como instrumentos motivadores e facilitadores do processo ensino-aprendizagem.

É importante ressaltar que os resultados obtidos pelo teste conceitual, TUG-K, em Da Silva (2016) apontaram para problemas no aprendizado de gráficos de cinemática dos alunos de ensino médio após utilizar uma sequência didática que trabalhou a videoanálise de diferentes tipos de movimentos em parceria com a metodologia ativa POE.

Ao analisar os resultados obtidos a partir da aplicação do teste conceitual Da Silva (2016) observou que muitos alunos persistiram com uma série de confusões na interpretação de gráficos mesmo após a aplicação da sequência didática. Apesar das sequências didáticas propostas neste trabalho e por Da Silva (2016) utilizarem videoanálise, mas metodologias diferentes, IpC e POE, respectivamente, os ganhos de *Hake* obtidos a partir do teste conceitual TUG-K, ainda que em versões diferentes, estão abaixo da faixa que corresponderia a aulas tradicionais, como elucida Mazur (2015).

A análise quantitativa dos resultados alcançados no presente trabalho mostram que as turmas submetidas à metodologia proposta apresentaram ganhos de *Hake* entre 0 e 0,10. Segundo Mazur (2015), essa faixa corresponde a um ganho de *Hake* inferior ao de uma aula tradicional, entre 0,1 e 0,2. Enquanto para Mazur (2005) as turmas que adotam a metodologia IpC o valor médio do ganho deve ser superior a 0,36.

Vale ressaltar o ganho apresentado pela turma B, $g = 0,02$, sendo a turma com o menor desempenho após a aplicação da sequência didática proposta. A análise feita pelo teste de igualdade entre as médias mostra que a média obtida na turma B no pré-teste é estatisticamente igual à média obtida no pós-teste e, portanto, o ganho obtido por essa turma é considerado inconclusivo.

Ainda que os valores apresentados nos ganho de *Hake* sejam menores do que se espera de turmas que participam de aulas tradicionais, note que os valores apresentados para o ganho de *Hake* indicam, ainda que pouco, ganhos de aprendizagem.

No capítulo 4.4 foi exposto algumas dificuldades enfrentadas ao longo de toda a aplicação da metodologia como mudanças no calendário que culminaram na fragmentação das atividades, problemas na utilização do laboratório de informática e também as adequações necessárias nos roteiros.

De maneira geral, a sequência didática proposta pode se tornar uma ferramenta para facilitar a aprendizagem dos alunos ao que tange a compreensão de gráficos de cinemática, pois a proposta permite que os alunos ganhem mais espaço como protagonistas do processo de ensino e aprendizagem. A sequência didática também possibilita a experimentação em ambientes desprovidos de laboratórios didáticos e a análise de vídeos através da videoanálise corrobora como item motivador.

É importante destacar que a transição de uma metodologia tradicional para uma metodologia mais ativa envolve muitos processos e desafios. Dentre eles o maior desafio é levar os alunos a compreenderem seu protagonismo no processo de aprendizagem. Muitos ainda encontram-se presos a reproduzir conhecimentos passados pelo professor, em vista disso é imperativo levá-los a vencer a inércia da reprodução para que sejam capazes de pensar por si ao refletirem sobre situações-problema.

Para tal, convido os docentes a aplicarem a sequência didática apresentada em sua prática pedagógica. Feitas as adequações pertinentes, a sequência didática pode ser uma ferramenta promissora para melhorar a compreensão dos alunos sobre gráficos em cinemática.

REFERÊNCIAS

- AGRELLO, D. A.; GARG, R. *Compreensão de gráficos de cinemática em física introdutória*. Revista Brasileira em Ensino de Física. v. 21, n. 1, p. 103 - 115, Março, 1999.
- ARAUJO, 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, 2013.
- BEICHNER, J. R. *Testing student interpretation of kinematics graphs*. American Journal of Physics. n.62, p. 750 – 762, 1994.
- BEICHNER, J. R. *The impact of video motion analysis on kinematics graph interpretation skills*. American Journal of Physics. N.64, 1996.
- BEZERRA JUNIOR, A. G.; LENZ, J. A.; OLIVEIRA, L. P.; SAAVEDRA, N. *Manual para Usuários Iniciantes no software Tracker*. i f., Universidade Tecnológica Federal do Paraná. Curitiba, 2011.
- BRASIL. Ministério da educação. Secretaria de educação básica. *Ciências da natureza, matemática e suas tecnologias*. Ministério da Educação. Secretaria de Educação Básica: Brasília (DF), 2007 v.II; il.
- BROWN, D. COX, A. J. *Innovate uses of video analysis*. The Physics Teacher, v.47, p. 145-150, 2009.
- CROUCH, C. H., MAZUR, E. *Peer Instruction: Ten years of experience and results*. American Journal of Physics. v. 69, n. 9, p. 970, 2001.
- DA SILVA, J.C.G. *Uma proposta de ensino de gráficos de cinemática com uso de videoanálise mediado por uma metodologia de aprendizagem ativa*. 112f. Dissertação (Pós-graduação em Ciência Tecnologia e Educação) – CEFET/RJ. Rio de Janeiro, Rio de Janeiro. 2016.
- DE JESUS, Vitor L. B. *Experimentos e videoanálise: Dinâmica*. 1°.ed. São Paulo: Editora Livraria da Física, 2014. 236p.
- DOS SANTOS, W. L. P; CARNEIRO, M. H. S. *Livro didático de ciências: fonte de informação ou apostila de exercícios?* Revista Contexto e Educação, v. 21, n. 76, p. 201-222, dez. 2006.

FIGUEIRA, J. S. *Movimento browniano: uma proposta do uso das novas tecnologias no ensino de física*. Revista Brasileira de Ensino de Física. Pato Branco, v.33, n.4, p.4403, 2011.

HAKE, R. *Interactive-engagement vs tradicional methods: A six-thousand-student survey of mechanics test data for introductory physics courses*. American Journal of Physics. v. 66, p. 64- p.71. 1998.

MAZUR, E. *Peer Instruction: A revolução da aprendizagem ativa* / Eric Mazur; tradução: Anatólio Laschuk. Porto Alegre: Penso, p.252, 2015.

MAZUR, E.; SOMERS, M. D. *Peer instruction: A user's manual*. Upper Saddle River, N.J. Prentice Hall, 1997. 253 p.

MORETTIN, P. A. e BUSSAB, W. de O. *Estatística Básica*. 6.ed. São Paulo: Saraiva, 2010.

MÜLLER, M. G.; BRANDÃO, R. V.; ARAUJO, I. S.; VEIT, E. A. *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, v. 29, p. 491-524, 2012.

MÜLLER, M. G., ARAUJO, I. S., VEIT, E. A., SCHELL, J. *Uma revisão da literatura acerca da implementação da metodologia interativa de ensino Peer Instruction (1991 a 2015)*. Revista Brasileira de Ensino de Física, Brasil, v. 39, n. 3, fev. 2017.

OLIVEIRA, L. P; LENZ, J. A.; FILHO, N. C. S.; BEZERRA JR, A. G. *Divulgando e ensinando análise de vídeo em sala de aula: experimentos de mecânica com o software Tracker*. In: XIX SIMPÓSIO NACIONAL DE ENSINO DE FÍSICA. Manaus, 2011. P. 1-9.

OLIVEIRA, F. A. *Uso e divulgação do software livre Tracker em aulas de Física do ensino Médio*, Dissertação de Mestrado, UTFPR, Curitiba: 2014.

DOS REIS, W. D. *Utilização do método instrução por colegas (peer instruction) aliado a simulações computacionais para o ensino de fontes de energia: produção, distribuição e consumo*. Dissertação (Mestrado em Ensino de Ciências) – Programa de Pós-graduação em Ensino de Ciências, Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Rio de Janeiro. PROPEC, 2018.

SILVA, E. D. S.; *Videoanálise em contextos colaborativos: uma sequência didática para o estudo simultâneo dos movimentos uniformes retilíneo e circular*. Dissertação (Mestrado em Ensino de Ciências) - Programa de Pós-graduação em Ensino de Ciências, Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Rio de Janeiro. PROPEC, 2017.

ZAVALA, G.; TEJEDA, S.; BARNOIL, P.; BEICHNER, R. J. *Modifying the test of understanding graphs in kinematics*. Physical review physics education research, v. 13, 2017.

WRASSE, A. C.; ECTHEVERRY, L. P; MARRANGHELLO, G. F.; ROCHA, F. S. *Investigando o impulso em crash tests utilizando vídeo-análise*. Revista Brasileira de Ensino de Física. Bagé, v.36, n.1, p.1501, 2014.

APÊNDICE A – MANUAL PARA O SOFTWARE TRACKER DESENVOLVIDO PARA OS ESTUDANTES

Manual do software Tracker para estudantes

O que é videoanálise?

A videoanálise permite o estudo de movimentos de difícil visualização pelos olhos humanos e consiste de uma tomada de um vídeo de um determinado fenômeno ou experimento a ser analisado. Sua finalidade é entender algumas grandezas físicas que é possível através da marcação da posição do corpo quadro a quadro. O *software Tracker* é uma ferramenta computacional livre, seu *download* pode ser feito através do link <https://physlets.org/tracker/>.

Aqui será descrito o passo a passo necessário para a obtenção de dados no *software Tracker*.

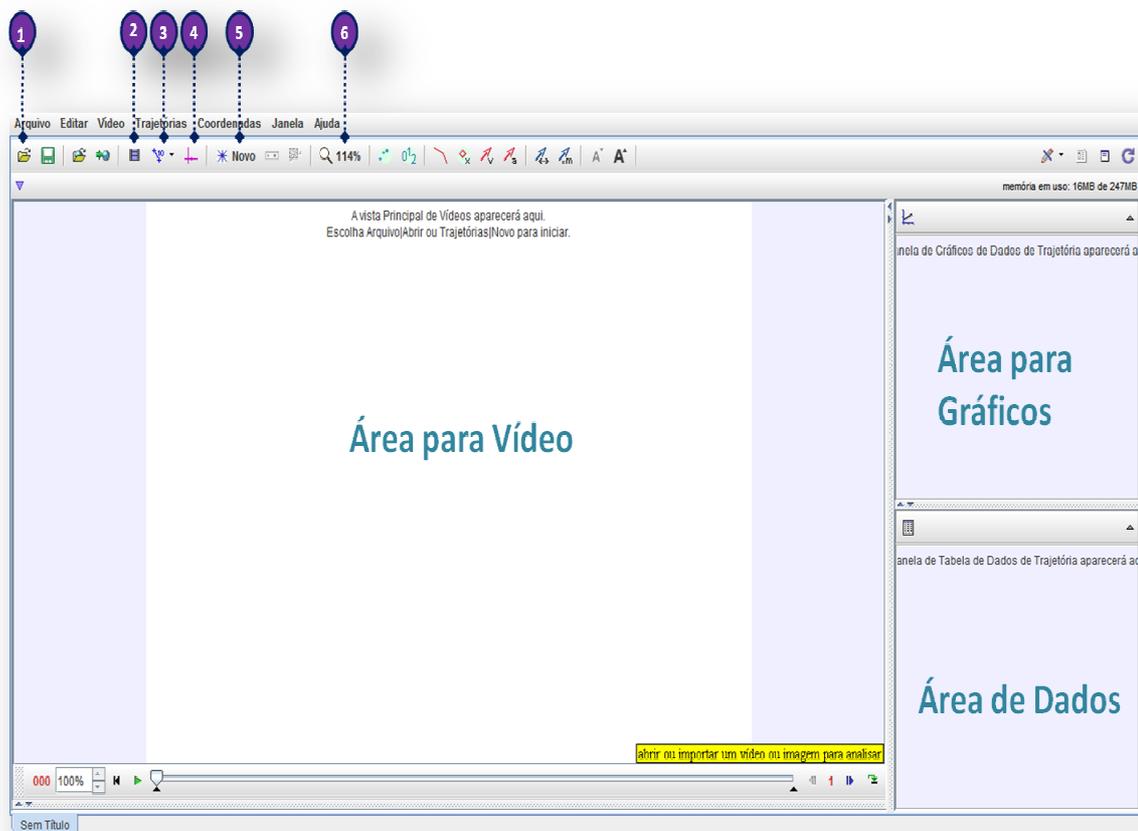


Figura A.1 Interface gráfica do software Tracker.

1 Abrir vídeo

O ícone *Open* () permite abrir vídeos do *Quick Time* (.mov) ou vídeos com a seguinte extensão .trk, esta é a extensão usada para arquivos salvos no programa *Tracker*.

2 Editar o vídeo

Antes de começar a análise é preciso saber o quadro ou tempo exato em que o experimento começa. E esta informação permite editar o vídeo para começar e terminar no momento desejado. Para isso, é preciso clicar em *Clip Setting* (), onde abrirá a seguinte caixa de diálogo.

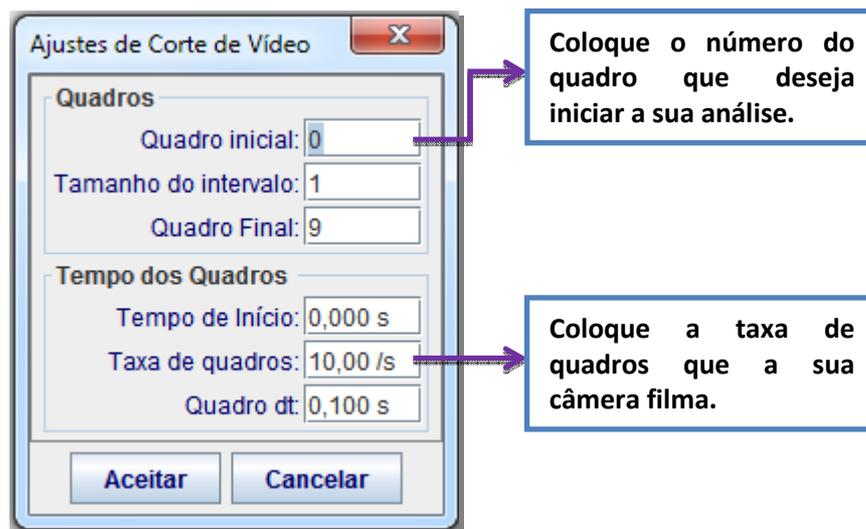


Figura A.2 Caixa de diálogo para ajustes no vídeo.

3 Calibrar a escala do software *Tracker*

O ícone *Fita Métrica com Transferidor* () tem a função de calibrar o sistema, uma vez conhecida a distância de dois pontos. Colocam-se as pontas da *Fita Métrica* em tais posições e informa-se o valor conhecido. Dessa forma, é essencial acrescentar no vídeo distâncias conhecidas, essas podem ser feitas com o auxílio de uma régua no momento da filmagem.

4 Adição do plano cartesiano

É possível adicionar o plano cartesiano (x,y) , para isso é necessário usar o botão Eixos (). Nele, pode-se manipular a posição da coordenada x e da abscissa y e o seu grau de inclinação. Seu uso permite determinar a posição do objeto estudado.

5 Marcação de pontos

Para iniciar a marcação das posições é preciso clicar no ícone, Criar novas trajetórias () e na sequência selecionar ponto de massa.



Figura A.3 Caixa de diálogo para iniciar a marcação das posições.

Para dar início a marcação de pontos ou qualquer ponto que se determinasse como referência para posição do objeto ao longo do vídeo, é preciso selecionar a tecla “*SHIFT*” e clicar no centro de massa do objeto repetindo o procedimento a cada quadro.

6 Zoom 114%

O ícone zoom permite ao usuário afastar e aproximar o vídeo a qualquer momento da análise, o botão de rolagem, no centro do mouse, funciona como um atalho para este ícone. Deve-se aumentar o vídeo sempre que houver dificuldades na visualização do objeto estudado.

Como alterar o gráfico?

Para alterar a visualização de um gráfico para outro é preciso clicar no ícone “7” que aparecerá uma caixa de diálogo na qual é possível escolher uma nova grandeza para o eixo das abscissas.

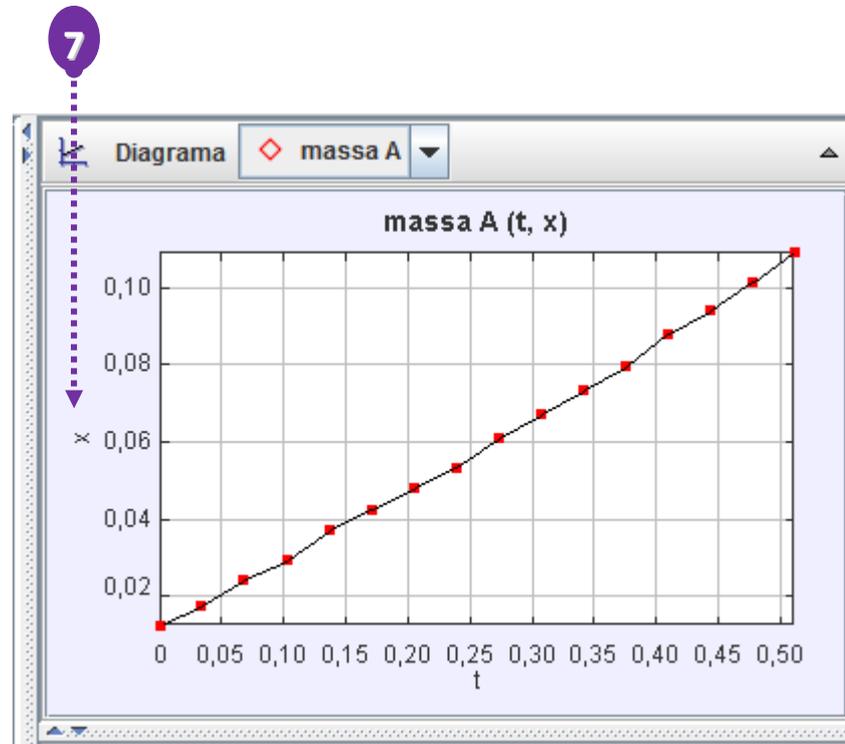


Figura A.4 Exemplo de gráfico obtido pelo *software*.

APÊNDICE B - ROTEIRO SOBRE MRU

CINEMÁTICA UTILIZANDO VIDEOANÁLISE: DESLOCAMENTO DE AUTOMÓVEIS

Atividade 1 – Fazendo a videoanálise

O vídeo a ser analisado consiste em uma filmagem de automóveis deslocando-se ao longo da Avenida Brasil.

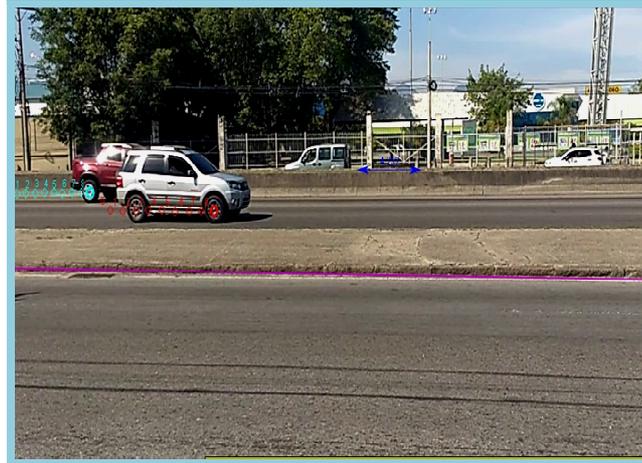


Figura B.1 Imagem do vídeo “Carros na Avenida Brasil”.

Faça a videoanálise, marque a posição do automóvel em cada quadro. Em caso de dúvidas faça a leitura do manual do *software Tracker* para lembrar alguns comandos ou consulte o professor sempre que precisar. Utilize a tabela abaixo para identificar o modelo do automóvel que será analisado e itens para videoanálise.

Quadro inicial	Quadro final	Taxa de quadros (q/s)	Modelo do automóvel	Comprimento (m)	Localização na pista
184	205	60	Gol (prata)	3,89	Central

Atividade 2 – Estudando o movimento do automóvel

1. Represente na régua abaixo as marcações da posição feita quadro a quadro pela videoanálise do automóvel.



2. Observe as marcações da posição do móvel que você fez no exercício anterior, o que você pode afirmar sobre a velocidade do automóvel?

- A) Aumenta, já que as distâncias entre as marcações da posição aumentam
- B) Diminui, já que as distâncias entre as marcações da posição diminuem
- C) É constante, já que as distâncias entre as marcações da posição é a mesma
- D) É nula, o automóvel não possui velocidade

3. De acordo com o gráfico posição versus tempo, feito na videoanálise, qual alternativa melhor interpreta o gráfico?

- A) O automóvel é acelerado com aceleração constante
- B) O automóvel está se movendo com velocidade constante
- C) O automóvel encontra se parado
- D) O automóvel está se movendo com velocidade crescente

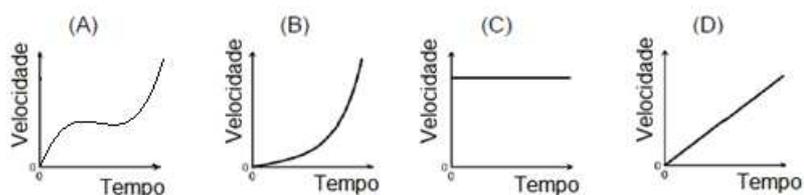
4. Observe o gráfico posição versus tempo e determine o valor aproximado da velocidade média do automóvel.

- A) 0 m/s
- B) 55 m/s
- C) 80 m/s
- D) 100 m/s

5. Transforme a velocidade obtida para km/h. Sabendo que o limite de velocidade no trecho filmado da via é 80 km/h para automóveis na pista central, diga se o carro poderia ser multado?

- A) a velocidade é acima de 150 km/h e, portanto, pode ser multado
- B) a velocidade é aproximadamente 50 km/h e, portanto, não será multado
- C) a velocidade é aproximadamente 100 km/h e, portanto, pode ser multado
- D) o automóvel não se desloca e, portanto, não será multado

6. Analisando o gráfico velocidade versus tempo feito pela videoanálise, qual opção está mais próximo ao analisado?

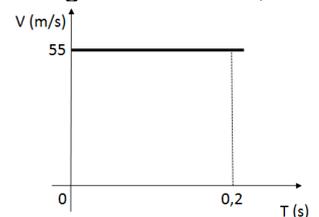


7. Verifique no *Tracker* o gráfico velocidade *versus* tempo e assinale a alternativa correta

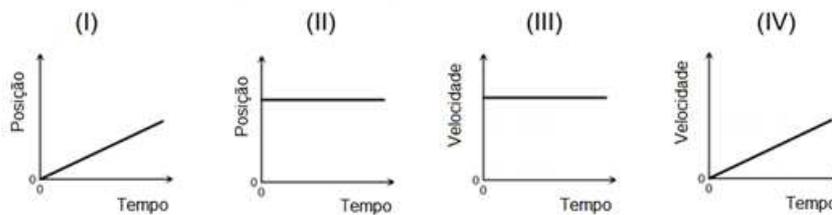
- A) O automóvel é acelerado com aceleração constante
- B) O automóvel está se movendo com velocidade uniformemente crescente
- C) O automóvel encontra se parado
- D) O automóvel está se movendo com uma posição uniformemente crescente

8. Determine o deslocamento sofrido pelo automóvel a partir do gráfico abaixo, velocidade *versus* tempo

- A) o deslocamento do automóvel foi de 0,2 m
- B) o deslocamento do automóvel foi de 55 m
- C) o deslocamento do automóvel foi de 0 m
- D) o deslocamento do automóvel foi de 11 m, obtido através expressão (bxh)



9. Dentre os gráficos abaixo, qual(is) pode(m) expressar o movimento do automóvel estudado na videoanálise?



- (A) I, II e IV
- (B) I e III
- (C) Somente III
- (D) Somente IV

Download

O vídeo para download encontra-se disponível em https://drive.google.com/drive/folders/1DmZXcbn6p1iljYDFWzSzDJZ0U_FOwFlk

Referências

Disponível em: < <http://www.opensourcephysics.org/items/detail.cfm?ID=7365> >. Acesso em: 16 jun. 2017.

DE JESUS, Vitor L. B. Experimentos e videoanálise: Dinâmica – 1º Ed. – São Paulo: Editora Livraria da Física, 2014. 236p.

APÊNDICE C - PRIMEIRO ROTEIRO SOBRE MRUV

CINEMÁTICA UTILIZANDO VIDEOANÁLISE: QUEDA LIVRE

Atividade 1: Fazendo videoanálise

O vídeo que será analisado é uma filmagem de uma bola de tênis solta de uma determinada altura em queda livre². Como na aula anterior faça a marcação de pontos quadro a quadro da bola tênis, no *Tracker*, caso não recorde o passo a passo para iniciar a videoanálise consulte o manual ou peça ajuda ao seu professor. A tabela abaixo indica os valores necessários para a marcação de pontos no *software Tracker*.

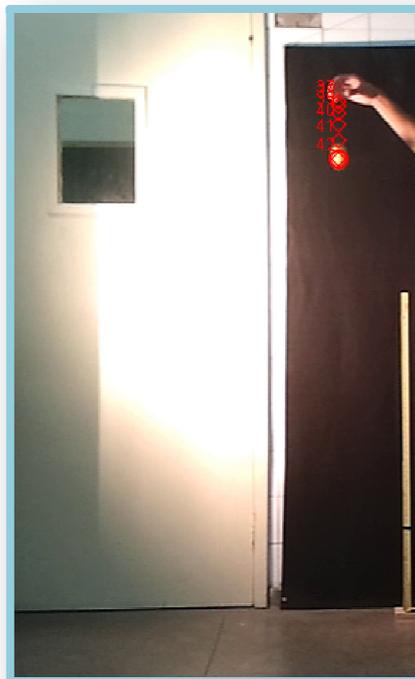


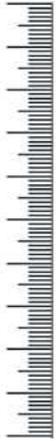
Figura C.1 Imagem do vídeo queda livre da bola de tênis².

Quadro inicial	Quadro final	Taxa de quadros (q/s)	Comprimento da régua amarela (m)
36	53	30	1

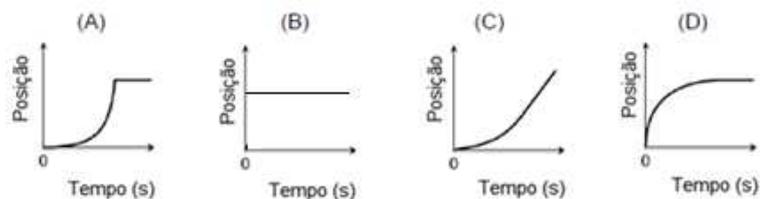
² O vídeo sobre a queda livre foi obtido no livro "*Experimentos e videoanálise: dinâmica*".

Atividade 2: Estudando o movimento

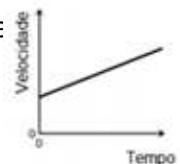
1. Represente na régua abaixo as marcações da posição quadro a quadro do móvel feita na videoanálise e classifique o movimento como movimento uniforme ou uniformemente variado. Justifique sua resposta.



2. Qual dos seguintes gráficos descreve corretamente a posição da bola de tênis em função do tempo?



3. Observe o gráfico velocidade *versus* tempo feito pela videoanálise e compare com o gráfico à direita, que é um esboço da velocidade do movimento da bola de sentença possui a melhor interpretação?



- A) O objeto está se movendo com uma aceleração constante
- B) O objeto está se movendo com uma aceleração uniformemente decrescente
- C) A posição do objeto decresce uniformemente
- D) O objeto está se movendo a uma velocidade constante

4. Observando o gráfico da aceleração em função do tempo da bola de tênis obtido pela videoanálise, o que você poderia afirmar sobre o valor aproximado da aceleração?

- A) O objeto está se movendo com uma aceleração uniformemente crescente; aceleração $a > 0$

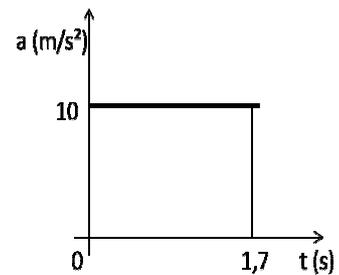
- B) O objeto está se movendo com uma posição uniformemente constante; aceleração > 0
- C) O objeto está se movendo com uma velocidade uniformemente crescente; aceleração é constante.
- D) O objeto está se movendo com uma velocidade constante; aceleração é constante.

5. A partir do gráfico de velocidade versus tempo obtido pela videoanálise, determine o valor aproximado da aceleração de queda do corpo.

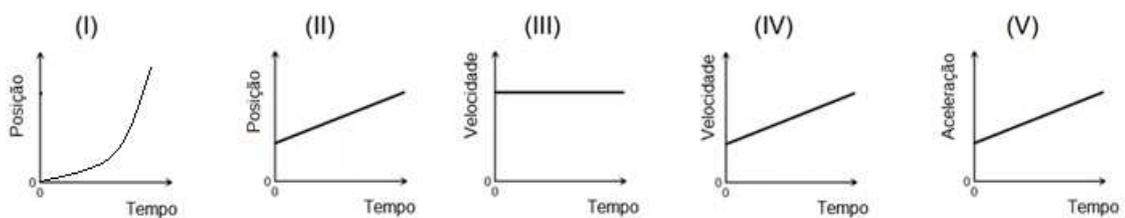
- A) 10 m/s^2
- B) 20 m/s^2
- C) 100 m/s^2
- D) 120 m/s^2

6. Observe o gráfico abaixo de aceleração versus tempo, e determine a velocidade final, lembre que o corpo parte do repouso.

- A) 0 m/s
- B) $1,7 \text{ m/s}$
- C) 10 m/s
- D) 17 m/s



7. Dentre os gráficos abaixo, qual(is) pode(m) representar o movimento de queda livre da bola de tênis estudado na videoanálise?



- A) II e III B) IV e V C) Somente V D) I e IV

Referências

Disponível em: < <http://www.opensourcephysics.org/items/detail.cfm?ID=7365> >.
Acesso em: 16 jun. 2017.

DE JESUS, Vitor L. B. Experimentos e videoanálise: Dinâmica – 1º Ed. – São Paulo: Editora Livraria da Física, 2014. 236p.

APÊNDICE D - SEGUNDO ROTEIRO SOBRE MRUV

CINEMÁTICA UTILIZANDO VIDEOANÁLISE: LATA QUE VAI E VOLTA

Atividade 1 – Fazendo a videoanálise

O vídeo a ser analisado consiste em uma filmagem de um experimento chamado lata que vai e volta. Faça a videoanálise, marque a posição do corpo em cada quadro, preferencialmente o centro da lata. Lembre-se de fazer uma leitura prévia do manual do *software Tracker* com o intuito de relembrar alguns comandos ou consulte o professor sempre que surgir alguma dúvida. Utilize a tabela abaixo para identificar os valores necessários para realizar a videoanálise.

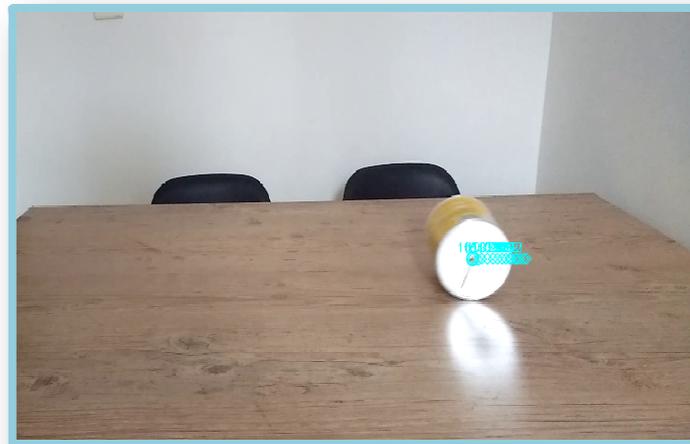


Figura D.1 Imagem do vídeo “lata que vai e volta”.

Quadro inicial	Quadro final	Taxa de quadros (q/s)	Diâmetro da lata (cm)
24	158	30	9,5

Atividade 2: Estudando o movimento

1. Sobre o gráfico posição *versus* tempo como você pode classificar o movimento da lata?
 - A) Pode ser classificado como movimento retilíneo uniforme, pois não possui aceleração

- B) Pode ser classificado como movimento retilíneo uniforme, porque o movimento é feito em linha reta
- C) Pode ser classificado como movimento uniforme, pois sua velocidade é constante
- D) Pode ser classificado como um movimento uniformemente variado. Por ser uma parábola, indica que a velocidade do corpo varia e, portanto, possui aceleração.

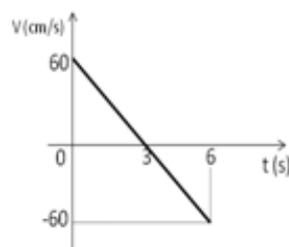
2. Sobre o gráfico posição *versus* tempo o que você pode afirmar sobre velocidade da lata no instante $t = 3\text{s}$?

- A) a velocidade é nula
- B) a velocidade é a maior possível
- C) a velocidade é uniformemente crescente, ou seja, a velocidade é positiva
- D) a velocidade é uniformemente decrescente, ou seja, a velocidade é negativa

3. Observe o gráfico velocidade *versus* tempo, obtido na videoanálise, o que se pode afirmar sobre a velocidade inicial e sobre a velocidade final da lata?

- A) as velocidades possuem o mesmo valor em módulo e possuem o mesmo sentido ao longo do movimento
- B) as velocidades possuem o mesmo valor em módulo, porém estão em sentidos contrários ao longo do movimento
- C) as velocidades possuem valores diferentes em módulo e possuem o mesmo sentido ao longo do movimento
- D) as velocidades possuem valores diferentes em módulo, porém estão em sentidos contrários ao longo do movimento

4. Abaixo temos o gráfico velocidade *versus* tempo análogo ao obtido na videoanálise, determine o deslocamento sofrido pela lata.



- A) o deslocamento é de aproximadamente 90 cm, obtido por $(3 \times 60)/2$
- B) o deslocamento é de aproximadamente 360 cm, obtido por $(120 \times 6)/2$
- C) o deslocamento é de aproximadamente 20 cm, obtido pela divisão de 120 por 6
- D) o deslocamento é de aproximadamente 20 cm, obtido pela divisão de 60 por 3

5. Sobre o gráfico velocidade *versus* tempo, o que você pode afirmar a respeito da aceleração do corpo?

- A) objete move-se com uma aceleração nula
- B) objete move-se com uma aceleração uniformemente crescente
- C) o objete move-se com uma aceleração uniformemente constante
- D) objete move-se com uma aceleração uniformemente decrescente

Download

O vídeo para download encontra-se disponível em https://drive.google.com/drive/folders/1DmZXcbn6p1iljYDFWzSzDJZ0U_FOwFlk

Referências

Disponível em: < <http://www.opensourcephysics.org/items/detail.cfm?ID=7365> >.
Acesso em: 16 jun. 2017.

DE JESUS, Vitor L. B. Experimentos e videoanálise: Dinâmica – 1º Ed. – São Paulo: Editora Livraria da Física, 2014. 236p.