

**UNIVERSIDADE FEDERAL DE JUIZ DE FORA
INSTITUTO DE CIÊNCIAS EXATAS
MESTRADO NACIONAL PROFISSIONAL EM ENSINO DE FÍSICA**

Guilherme Soares Mendonça Amaral

**LEIS DA FÍSICA, LEIS DO TRÂNSITO: UMA ABORDAGEM CONTEXTUALIZADA
PARA O ENSINO DE MECÂNICA**

Juiz de Fora

2021

Guilherme Soares Mendonça Amaral

**LEIS DA FÍSICA, LEIS DO TRÂNSITO: UMA ABORDAGEM CONTEXTUALIZADA
PARA O ENSINO DE MECÂNICA**

Dissertação apresentada ao Polo 24 do Programa de Mestrado Nacional Profissional em Ensino de Física, da Universidade Federal de Juiz de Fora / Instituto Federal Sudeste de Minas Gerais, como requisito parcial à obtenção do título de Mestre em Ensino de Física. Área de concentração: Física na Educação Básica.

Orientador: Paulo Henrique Dias Menezes

Juiz de Fora
2021

Ficha catalográfica elaborada através do programa de geração automática da Biblioteca Universitária da UFJF, com os dados fornecidos pelo(a) autor(a)

Amaral, Guilherme Soares Mendonça.

LEIS DA FÍSICA, LEIS DO TRÂNSITO : UMA ABORDAGEM CONTEXTUALIZADA PARA O ENSINO DE MECÂNICA /Guilherme Soares Mendonça Amaral. -- 2021.

156 f.

Orientador: Paulo Henrique Dias Menezes

Dissertação (mestrado profissional) - Universidade Federal de Juiz de Fora, Instituto Federal Sudeste de Minas Gerais, ICE/IFSEMG. Programa de Pós-Graduação em Ensino de Física, 2021.

1. Ensino de física. 2. Leis do trânsito. 3. Mecânica. 4. Três momentos pedagógicos. I. Menezes, Paulo Henrique Dias, orient. II. Título.

Guilherme Soares Mendonça Amaral

**LEIS DA FÍSICA, LEIS DO TRÂNSITO: UMA ABORDAGEM CONTEXTUALIZADA
PARA O ENSINO DE MECÂNICA**

Dissertação apresentada ao Polo 24 do Programa de Mestrado Nacional Profissional em Ensino de Física, da Universidade Federal de Juiz de Fora / Instituto Federal Sudeste de Minas Gerais, como requisito parcial à obtenção do título de Mestre em Ensino de Física. Área de concentração: Física na Educação Básica.

Aprovada em 23 de julho de 2021

BANCA EXAMINADORA



Paulo Henrique Dias Menezes – Orientador
Universidade Federal de Juiz de Fora



André Maurício Brinatti
Universidade Estadual de Ponta Grossa



José Roberto Tagliati
Universidade Federal de Juiz de Fora

AGRADECIMENTOS

Agradeço a Deus por iluminar meu caminho e pela proteção durante as viagens para as aulas do mestrado.

Agradeço ao meu orientador professor Dr. Paulo Henrique Dias Menezes pela oportunidade, orientação, confiança, paciência, pelos conselhos e dedicação.

Agradeço a minha esposa Aline e minha filha Liege por sempre estarem do meu lado dando seu apoio.

Agradeço a todos meus colegas e professores pela convivência e troca de aprendizagens durante estes anos do mestrado.

Agradeço a CAPES pelo apoio financeiro que ajudou muito no desenvolvimento da dissertação e na conclusão das matérias do mestrado.

O presente trabalho foi realizado com apoio da Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior - Brasil (CAPES) - Código de Financiamento 001.

RESUMO

LEIS DA FÍSICA, LEIS DO TRÂNSITO: UMA ABORDAGEM CONTEXTUALIZADA PARA O ENSINO DE MECÂNICA

A Física estuda fenômenos que podem ser facilmente observados em situações cotidianas. Podemos dizer que o trânsito é uma dessas situações, em que conceitos físicos podem ser aplicados para propiciar uma melhor experiência em relação aos fenômenos vivenciados na condução e no deslocamento de veículos. Partindo desse pressuposto, alinhado com as orientações das diretrizes oficiais da educação básica, que sugerem um ensino voltado para a vida e para formação cidadã, desenvolvemos este trabalho com o objetivo de contextualizar o ensino de física e despertar a consciência dos estudantes para os perigos do trânsito, enquanto futuros condutores. Para tanto, elaboramos uma sequência didática, apoiada na metodologia dos Três Momentos Pedagógicos, que contempla atividades e situações-problema envolvendo o trânsito, para uma abordagem introdutório e contextualizada do conteúdo de mecânica. O material foi aplicado em uma turma de alunos do 1º ano do ensino médio de uma escola pública. A metodologia adotada procura estimular a discussão e o debate entre os estudantes a partir de questões problematizadoras. Foram feitas várias atividades em grupo, experimentos e uma competição entre os alunos. Concluímos que o trabalho contribuiu para um envolvimento mais efetivo dos alunos com o conteúdo de ensino e com o seu próprio aprendizado. Ao final da sequência didática, observamos uma significativa conscientização por parte dos alunos em relação aos comportamentos e situações ligadas ao trânsito.

Palavras-chave: ensino de física; leis do trânsito; mecânica; três momentos pedagógicos.

ABSTRACT

LAWS OF PHYSICS, LAWS OF TRANSIT: A CONTEXTUALIZED APPROACH TO TEACHING MECHANICS

Physics studies phenomena that can be easily observed in everyday situations. We can say that traffic is one of those situations, in which physical concepts can be applied to provide a better experience in relation to the phenomena experienced in driving and moving vehicles. Based on this assumption, in line with the guidelines of the official guidelines of basic education, which suggest a teaching focused on life and citizenship training, we developed this work with the objective of contextualizing the teaching of physics and raising the awareness of students to the dangers of transit as future drivers. Therefore, we developed a didactic sequence, supported by the methodology of the Three Pedagogical Moments, which includes activities and problem-situations involving traffic, for an introductory and contextualized approach to the content of mechanics. The material was applied to a class of students from the 1st year of high school in a public school. The methodology seeks to stimulate discussion and debate among students based on problematizing questions. Several group activities, experiments and a competition among students were carried out. We conclude that the work contributed to a more effective involvement of students with the teaching content and with their own learning. At the end of the didactic sequence, we could observe a significant awareness on the part of students in relation to behaviors and situations related to traffic.

Keywords: physics teaching; traffic laws; mechanics; three pedagogical moments

SUMÁRIO

1	Introdução.....	7
1.1	Apresentação.....	7
1.2	Justificativa.....	8
1.3	Objetivos.....	9
1.3.1	Objetivo geral.....	9
1.3.2	Objetivos específicos.....	9
1.4	Breve descrição da dissertação.....	10
2	Referencial Teórico e Metodológico.....	11
2.1	Problematização No ensino de Física.....	11
2.2	Os três momentos pedagógicos.....	14
2.3	O uso de sequências didáticas no ensino de física.....	18
3	A Física no contexto das leis do trânsito.....	21
3.1	Força e movimento.....	21
3.1.1	Primeira lei de Newton: o princípio da inércia.....	22
3.1.2	Segunda Lei de Newton: o princípio fundamental da dinâmica.....	23
3.1.3	Terceira lei de Newton: o princípio da ação e reação.....	24
3.2	As Forças que interferem no movimento dos veículos.....	25
3.2.1	Força peso (P).....	25
3.2.2	Força normal (N).....	26
3.2.3	Força de atrito (f_{at}).....	26
3.2.4	Força de atrito estático (f_{at} (estático)) e força de atrito dinâmico (f_{at} (dinâmico)).....	28
3.2.5	Curiosidades sobre a força de atrito.....	28
3.2.6	Sistema de freios antitravamento (ABS).....	30
3.3	Cálculo da distância percorrida por um automóvel durante uma freada brusca.....	31
3.4	Impulso e quantidade de movimento.....	33
3.4.1	Quantidade de movimento (<i>Momentum</i>).....	34
3.4.2	Conservação do Momentum.....	34
3.4.3	Impulso: a grandeza que modifica a quantidade de movimento.....	35
3.4.4	Colisões.....	37
3.4.5	Colisão em um cruzamento.....	38
3.4.6	Perícia Física em acidentes de trânsito.....	40
3.5	Conceitos físicos relacionados ao trânsito em livros didáticos do ensino médio.....	42
4	Percurso Metodológico.....	44
4.1	Contexto do estudo.....	44
4.2	Apresentação do produto educacional.....	45
5	aplicação do produto Educacional.....	48
5.1	Levantamento dos conhecimentos prévios dos alunos e EXIBIÇÃO do vídeo: Leis da física, leis do trânsito.....	48
5.2	Explorando o tempo de reação entre sentir e agir e ver e agir.....	50
5.2.1	Explorando o tempo de reação entre sentir e agir e ver e agir (Parte 2).....	52
5.3	Explorando a influência do tempo de reação em situações cotidianas.....	55
5.4	Os perigos da velocidade no trânsito.....	58
5.5	Utilizando o software Tracker para medir a velocidade de automóveis.....	62

5.6 Utilizando o software Tracker para medir a velocidade de automóveis (Parte 2)	63
5.7 Projetando um dispositivo de segurança para colisão	63
5.7.1 Projetando um dispositivo de segurança de colisão (Parte 2)	64
5.7.2 Projetando um dispositivo de segurança de colisão (Parte 3)	65
5.8 Elaboração de cartazes sobre segurança no trânsito com base nas leis da física (Parte 1)	67
5.8.1 Elaboração de cartazes sobre segurança no trânsito com base nas leis da física (Parte 2)	67
6 análise e resultados	70
6.1 Módulo 1 – Questionário para coleta dos conhecimentos prévios	71
6.1.1 Análise das questões do pré-teste	72
6.2 Módulo 2 - ATIVIDADE EXPERIMENTAL: CÁLCULO DO TEMPO DE REAÇÃO DE UMA PESSOA ENTRE SENTIR E AGIR, E VER E AGIR	82
6.2.1 Análise das atividades de cálculo de tempo de reação entre sentir e agir, e entre ver e agir	84
6.2.2 Análise da atividade explorando o tempo de reação em situações cotidianas	93
6.3 Módulo 3 – Os perigos da velocidade no trânsito	96
6.3.1 Análise da primeira aula do módulo	96
6.3.2 Análise das Questões	98
6.4 Módulo 4 – Utilizando do software Tracker	102
6.4.1 Análise da primeira aula do módulo 4	103
6.5 Módulo 5 – Projetando um dispositivo de segurança	103
6.5.1 Análise do módulo: Projetando um dispositivo de segurança para colisão	104
6.6 Módulo 6 – Elaboração dos cartazes sobre segurança no trânsito	109
6.6.1 Análise da elaboração de cartazes sobre segurança no trânsito com base nas leis da física	110
Considerações Finais	114
Referências	116
Apêndice: Produto Educacional	118

1 INTRODUÇÃO

Neste capítulo, apresento o motivo do meu ingresso no Mestrado Nacional Profissional em Ensino de Física e um breve histórico do caminho que percorri até aqui, como professor de física. São apresentados também a justificativa deste trabalho, os objetivos geral e específicos pretendidos e uma breve descrição do produto elaborado.

1.1 APRESENTAÇÃO

Ingressei no curso de Licenciatura em Física em 2004, na Universidade Federal de Juiz de Fora (UFJF). Escolhi este curso porque foi a disciplina que me despertou maior interesse durante o ensino médio e nas aulas do cursinho. Mesmo fazendo o curso de licenciatura ainda não tinha certeza se queria ser professor, tinha um pouco de receio de encarar uma sala repleta de adolescentes. Perdi esse medo quando ainda estava na graduação e resolvi seguir em frente. Muitas vezes fazíamos grupos de estudos nas salas do Instituto de Ciências Exatas e assim comecei a explicar a matéria no quadro para meus colegas de curso, adquirindo gosto pela docência.

Em 2007, assumi meu primeiro contrato numa escola estadual de um município do interior de Minas Gerais. Desde então, lecionei em várias escolas e em 2013 me tornei professor efetivo na Escola Estadual Emílio Jardim, em Coimbra MG e, posteriormente, em 2015, na Escola Estadual Doutor João Pinto, em Tocantins MG. O que pude constatar durante todos esses anos é que existem muitos desafios e dificuldades a serem superados no ensino de física. Um deles é o quão ultrapassado está o método tradicional de ensino utilizado nas aulas de física, que não considera relevante os conhecimentos prévios dos alunos e não contextualiza o conteúdo com situações do cotidiano, distanciando o conhecimento científico adquirido na escola de uma aplicabilidade fora dela.

Refletindo sobre as dificuldades enfrentadas no ensino de física, tanto por professores, para prover aulas contextualizadas com elementos do cotidiano do educando, quanto pelos alunos, que buscam uma melhor compreensão dos conteúdos de ensino, desenvolvemos este trabalho com o intuito de tornar a Física mais atraente e oferecer ao alunado novas formas de aprendizado.

Com a finalidade de fugir do método tradicional, elaboramos uma sequência didática (SD) que aborda os conteúdos de mecânica a partir de situações que envolvem o trânsito e suas leis. A SD explora conteúdos de cinemática e dinâmica por meio situações-problemas presentes na movimentação de veículos no dia a dia do trânsito e foi orientada pela metodologia dos Três Momentos Pedagógicos (TMP) de Deleizoicov e Angoti (1990). De acordo com os PCNs

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. Por exemplo, é bem diferente a natureza das competências envolvidas na solução de um dado problema em que é apenas solicitado o cálculo da distância percorrida por um corpo com desaceleração constante, e de um outro em que se solicita a análise das consequências de altas velocidades de veículos. (BRASIL, 2000, p. 85)

Os módulos que compõem a sequência didática (SD) foram elaborados de modo a tornar as aulas mais interativas, com maior participação dos alunos. As atividades foram pensadas para tirá-los da “zona de conforto”, por meio de trabalhos em grupo, análise de situações-problema, levantamento de hipóteses e elaboração de soluções para os desafios apresentados. Tudo isso, visando uma aprendizagem significativa que tem o aluno no foco do processo de ensino-aprendizagem e o professor como organizar/mediar desse processo.

1.2 JUSTIFICATIVA

O trânsito é um tema que está presente no dia a dia dos estudantes. No final do Ensino Médio muitos alunos já estão se preparando para obter a carteira de motorista e assumir as responsabilidades que isso lhes confere. A maior parte dos conceitos trabalhados nos cursos de mecânica está intimamente relacionada com o movimento de veículos em situações do trânsito. Além disso, o Código Nacional de Trânsito, Lei n. 9.503, de 23 de setembro de 1997, apresenta um capítulo específico dedicado à educação para o trânsito, do qual destacamos o artigo 76:

Art. 76. A educação para o trânsito será promovida na pré-escola e nas escolas de 1º, 2º e 3º graus, por meio de planejamento e ações coordenadas entre os órgãos e entidades do Sistema Nacional de Trânsito e de Educação, da União, dos Estados, do Distrito Federal e dos Municípios, nas respectivas áreas de atuação. (BRASIL, 2010, p. 53-54)

Por meio desse artigo, podemos perceber que a educação para o trânsito também é responsabilidade da escola. Trata-se de um problema de segurança

pública que afeta a todos, tanto condutores quanto pedestres. Por isso, consideramos importante que os jovens do Ensino Médio já comecem a se conscientizar sobre os perigos do trânsito desde o primeiro ano, pois, conforme indicamos no início desta seção, a adolescência é a fase que marca a transição de muitos alunos de pedestres para condutores.

Assim, a hipótese que norteia o desenvolvimento deste trabalho é de que o conhecimento das leis da mecânica pode ajudar a tornar os jovens melhores motoristas no futuro. Nesse sentido, esperamos que a articulação entre a Física e o trânsito cumpra a dupla função de aumentar o interesse dos alunos pelos conteúdos de ensino de física e, ao mesmo tempo, torná-los cidadãos mais conscientes de suas responsabilidades no trânsito.

1.3 OBJETIVOS

1.3.1 Objetivo geral

Elaborar e testar uma sequência didática para o ensino de mecânica que promova uma articulação entre as leis da física e as leis do trânsito, com o intuito de desenvolver a conscientização dos alunos sobre os perigos da imprudência no trânsito.

1.3.2 Objetivos específicos

- Identificar os conhecimentos prévios dos alunos sobre o conteúdo de mecânica nas suas relações com as leis do trânsito.
- Organizar uma sequência didática com recursos diversos para desenvolver nos alunos a compreensão da importância do estudo de mecânica em situações relacionadas às leis do trânsito.
- Aplicar a sequência didática em duas turmas do 1º ano do ensino médio.
- Promover atividades que possibilitem a reflexão e negociação de significados sobre as relações entre as leis da física e as leis do trânsito, através de trabalhos em grupo, discussões, competições.
- Analisar os resultados obtidos na aplicação da sequência didática.

- Organizar a sequência didática na forma de um produto educacional que possa ser disponibilizado para professores de física do EM.

1.4 BREVE DESCRIÇÃO DA DISSERTAÇÃO

No segundo capítulo serão apresentados os referenciais teórico e metodológico que embasaram o desenvolvimento da sequência didática. O terceiro capítulo traz os conceitos de Mecânica e suas relações com as leis de trânsito, e a análise de alguns livros didáticos de física do Ensino Médio, com o propósito de identificar possíveis relações entre a mecânica e as leis do trânsito. O quarto capítulo apresenta o contexto escolar em que o estudo foi desenvolvido e a sequência didática que resultou no produto desta dissertação. O quinto capítulo traz a descrição aula a aula da aplicação do produto, destacando-se os momentos mais relevantes proporcionados pela interação dos alunos durante a execução das tarefas. O sexto capítulo é dedicado à análise dos dados coletados durante a aplicação da SD. São apresentadas e analisadas as respostas dadas pelos alunos, individualmente e em grupos, a partir das atividades propostas. O sétimo capítulo finaliza a dissertação com a apresentação das conclusões e considerações tecidas a partir dos resultados obtidos, além das expectativas futuras em torno da continuidade do trabalho desenvolvido.

2 REFERENCIAL TEÓRICO E METODOLÓGICO

Neste capítulo, buscamos promover um diálogo entre a educação problematizadora proposta por Paulo Freire e o referencial metodológico dos Três Momentos Pedagógicos (TMP) de Delizoicov e Angotti (1990), ressaltando a importância da problematização no ensino de Ciências, para acrescentar maior significado ao conteúdo trabalhado. Também apresentamos a teoria de Zabala (1998) sobre Sequência Didática (SD) e quais capacidades devem ser contempladas para a formação integral do educando.

2.1 PROBLEMATIZAÇÃO NO ENSINO DE FÍSICA

Este estudo foi fundamentado na perspectiva da educação problematizadora proposta por Paulo Freire. Utilizamos as ideias de Freire por considerar que seu pensamento em conceber a educação como processo de formação humana, contextualizada socialmente, culturalmente e historicamente, vai ao encontro a um processo de ensino e aprendizagem norteado pela realidade do aluno.

Para tanto, vamos destacar alguns aspectos importantes da teoria de Freire que foram essenciais na elaboração das atividades desenvolvidas e na forma como as aulas foram conduzidas. As ideias de Freire também ajudaram o professor/mestrando a tornar suas aulas mais prazerosas e significativas para os alunos, buscando fugir do método tradicional da “educação bancária”, recorrente nas aulas de física, em que o educador é o detentor do saber a ser depositado nos educandos.

Para Freire, um dos postulados necessários para prática pedagógica é o diálogo. A relação pedagógica necessita ser, acima de tudo, uma relação dialógica. Segundo Paulo Freire (1983), o alargamento da visão de mundo do educando só é possível mediatizada pelo diálogo. Uma “atitude dialógica é, antes de tudo, uma atitude de amor, humildade e fé, é acreditar no poder de fazer e de refazer, de criar e de recriar” (FREIRE, 1983, p. 32), de forma consciente e politizada para poder intervir na sociedade e construir um futuro melhor.

Por isto, o diálogo é uma exigência existencial. E, se ele é o encontro em que se solidariza o refletir e o agir de seus sujeitos endereçados ao mundo a ser transformado e humanizado, não pode reduzir-se a um ato de depositar ideias de um sujeito no outro, nem tampouco tornar-se simples

troca de ideias a serem consumidas pelos permutantes (FREIRE, 1987, p.45).

O diálogo contribui para extinguir a relação de autoridade existente entre professor e aluno, viabilizando o processo de criticidade e conscientização que possibilita a transformação da concepção bancária de educação em educação problematizadora. Nesse sentido, ensinar não se resume meramente ao ato de transferir o conhecimento da parte do professor para o aluno e sim “criar as possibilidades para que o educando possa produzir ou construir seu próprio conhecimento ” (FREIRE, 1996, p. 47).

Na educação bancária o educador se posiciona como sujeito no processo de ensino/aprendizagem enquanto os educandos são concebidos apenas como receptáculos, que recebem, memorizam e repetem a informação. Nas palavras de Freire, na educação bancária:

[...] o educador aparece como seu indiscutível agente, como o seu real sujeito, cuja tarefa inclinável é “encher” os educandos dos conteúdos de sua narração. Conteúdos que são retalhos da realidade desconectados da totalidade em que se engendram e em cuja visão ganhariam significação. FREIRE (1987,p.33).”

Essa concepção bancária de educação, ainda está fortemente arraigada no ensino de física e não consegue fomentar o pensamento crítico, tornando os alunos alienados. Consequentemente, esse tipo de educação se torna instrumento de dominação, em que o professor subjuga o aluno em função do seu saber maior, servindo ao interesse dos opressores.

A proposta da educação libertadora de Freire pauta-se na realidade do educando, da qual são extraídos os temas geradores para problematização da vida e para a definição dos conteúdos de ensino, mediante a uma metodologia dialógica.

Segundo Freire (1987), a educação problematizadora e libertadora é aquela que rompe com os sistemas verticais característicos da educação bancária e fundamenta-se na perspectiva do diálogo. Desse modo, o educador não é mais apenas o que educa, mas aquele que também é educado. Na educação problematizadora mencionada por Freire, devemos considerar o contexto social em que o estudante está inserido, ou seja, a realidade vivida por ele, e propor desafios a partir dessa realidade.

Para Schwartz (2013, p. 43) levar em conta os temas geradores, a partir da realidade dos estudantes, possibilita uma melhor compreensão dos conteúdos de

ensino, porque as palavras geradoras refletem “situações, objetos, emoções, familiarizados por eles, que dão concretude ao aprendizado com o apoio do coordenador-mediador”. Assim, qualquer transmissão de conteúdo que esteja fora do contexto social do educando é entendida “como uma invasão cultural ou depósito de informações porque não emerge do saber popular” (SCHWARTZ, 2013, p. 45).

A educação problematizadora-libertadora carece de educadores democráticos que conduzam o desenvolvimento da capacidade crítica dos estudantes, que agucem sua curiosidade e sua independência no que diz respeito a construção do seu próprio conhecimento.

Portanto, para alcançarmos a educação problematizadora, idealizada por Freire, é necessário o diálogo educador-educando, levar em conta o contexto social em que os alunos estão inseridos, as situações observadas e presenciadas por eles em seu dia a dia. Também é necessário que o educador incentive debates e discussões entre os alunos, que adote uma prática ativa e reflexiva para superar o pensamento ingênuo e fomentar o pensamento crítico.

Deve-se criar um relação horizontal entre educador e educando, diminuindo a sensação de autoridade atribuída ao professor, fazendo da sala de aula um espaço democrático e assim, através do diálogo, fazer fluir a criatividade.

Com a intenção de atender aos pressupostos da teoria freiriana, optamos por desenvolver uma sequência didática que priorizasse a interação entre professor e aluno na aquisição do conhecimento. Representamos esta relação no diagrama mostrado na Figura 1.

Figura 1 - Diagrama da relação professor-aluno



Fonte: Autoria própria

Nessa perspectiva, a partir da constatação de que, o município em que o estudo foi desenvolvido apresenta um elevado índice de acidentes de trânsito envolvendo jovens, e que muitos alunos vão para a escola de motocicleta, mesmo sem possuir habilitação, decidimos trabalhar conteúdos de mecânica e cinemática a partir de problematizações envolvendo situações vivenciadas no trânsito, relacionadas ao cotidiano dos estudantes.

Como estratégia metodológica para a elaboração da SD adotamos a proposta dos três momentos pedagógicos de Delizoicov e Angotti (1990), por se tratar de uma proposta amparada na perspectiva da problematização freiriana. Na próxima seção faremos uma breve descrição dessa proposta.

2.2 OS TRÊS MOMENTOS PEDAGÓGICOS

Os Parâmetros Curriculares Nacionais do Ensino Médio (BRASIL, 2000) definem a Física como um conhecimento que permite investigar os mistérios do mundo submicroscópico, das partículas que compõem a matéria, ao mesmo tempo em que permite desenvolver novas fontes de energia e criar novos materiais, produtos e tecnologias, tornando-se assim, indispensável à formação da cidadania contemporânea. Nesse aspecto, Delizoicov e Angotti (1990) enfatizam que a Física, enquanto área do conhecimento, é necessária para a formação do estudante do Ensino Médio, pois, conjuntamente com a Química, a Biologia e a Matemática, devem garantir uma base de formação científica. Por essa razão, o trabalho didático-pedagógico desenvolvido pelo professor deve permitir a apreensão de conceitos, leis, relações da Física e sua utilização, assim como da sua aproximação com fenômenos relacionados a situações vivenciadas pelos alunos, sejam de origem natural ou de origem tecnológica.

Por outro lado, o ensino de Física tem sido realizado frequentemente mediante a apresentação de conceitos, de leis e fórmulas, de maneira desarticulada, desprovidos de significados, distanciando-se da realidade presenciada por alunos e professores. Conseqüentemente, o ensino de Física na Educação Básica vem se reduzindo a um trabalho extremamente frustrante de assimilação de fórmulas destinadas unicamente à resolução de problemas propostos por ocasião das provas (BEN-DOV, 1996).

Infelizmente, a forma como a Física vem sendo tratada na educação contemporânea tem estimulado uma aprendizagem mecânica de conteúdos desatualizados, centrado no docente, focado no treinamento para as provas, ensinando respostas corretas, sem questionamentos e abordando a Física como uma ciência acabada, tal como apresentada em um livro de texto ou em uma apostila (MOREIRA, 2014).

Neste trabalho defendemos uma metodologia que favoreça a interação professor e aluno como caminho para tornar as aulas de física mais dinâmicas, dialogadas e problematizadoras, estabelecendo uma conexão entre o senso comum dos educandos e o conhecimento científico. Nesse sentido, a abordagem metodológica dos Três Momentos Pedagógicos surge como estratégia para auxiliar o processo de ensino e aprendizagem da Física, possibilitando um maior envolvimento dos alunos na construção de seu próprio conhecimento.

De acordo com Pierson (1997), no processo de apropriação e incorporação dos elementos freirianos nos projetos de ensino de Ciências/Física, os Três Momentos Pedagógicos (3MP) tornam-se, juntamente com os conceitos unificadores (ANGOTTI, 1991), elementos com presença marcante tanto nas propostas de intervenção em sala de aula, quanto nas investigações sobre o ensino de ciências.

A dinâmica didático-pedagógica dos 3MP foi abordada inicialmente por Delizoicov (1982), e foi fundamentada como abordagem temática por Delizoicov, Angotti e Pernambuco (2002). Essa abordagem procura promover a transposição da concepção de educação de Paulo Freire para o espaço da educação formal e é caracterizada por três etapas: Problematização inicial (PI), Organização do conhecimento (OC) e Aplicação do conhecimento (AC), que serão especificados a seguir.

A **Problematização Inicial (PI)**, segundo os autores, é a etapa em que se apresentam questões e/ou situações para discussão com os alunos, visando relacionar o estudo de um conteúdo com situações reais que eles conhecem e presenciam, mas que não conseguem interpretar, completa ou corretamente, porque, provavelmente, não dispõem dos conhecimentos científicos suficientes. É na problematização que se deseja aguçar explicações contraditórias e localizar as possíveis limitações do conhecimento que vem sendo expressado, quando este é cotejado com o conhecimento científico que já foi selecionado para ser abordado (DELIZOICOV, ANGOTTI e PERNAMBUCO, 2002, p. 201). Portanto, esse primeiro

momento é caracterizado pela compreensão e apreensão da posição dos alunos frente ao tema. É desejável que a postura do professor se volte mais para questionar e lançar dúvidas sobre o assunto do que responder e fornecer explicações.

Na obra “Saberes necessários à prática educativa”, Paulo Freire (2005) nos fala que ensinar exige criticidade, e que esta se constrói com a superação de uma curiosidade ingênua – impregnada pelo senso comum – para uma curiosidade epistemológica – orientada por princípios de pesquisa científica que ultrapassam a predisposição espontânea. Segundo Freire, essa superação não se dá automaticamente, mas, sim, por meio de mediações ativas mobilizadas por questionamentos que desafiam os alunos a refletir criticamente sobre situações reais que os cercam.

É preciso criticar a curiosidade ingênua para que esta vá se aproximando, de forma cada vez mais rigorosa, do objeto cognoscível para se tornar uma curiosidade epistemológica. Exercitar a curiosidade é construir campos férteis à germinação da imaginação, da intuição, da capacidade de conjecturar e de comparar. E estes são, sem dúvida, saberes fundamentais à prática educativa (FREIRE, 2005).

Desse modo, compreendemos essa ruptura da curiosidade ingênua para a curiosidade epistemológica como uma das metas da Problematização Inicial dos 3MPs, despertando o interesse do aluno para a aquisição de outros conhecimentos que ainda não detém (MUENCHEN; DELIZOICOV, 2012).

Sobre a **Organização do Conhecimento(OC)**, Delizoicov e Angotti (1990, p. 29) explicam que nesse segundo momento os conhecimentos de Física necessários para a compreensão do tema de estudo e da problematização inicial devem ser sistematicamente estudados sob orientação do professor. Definições, conceitos, relações, leis, apresentadas no contexto introdutório, serão agora aprofundados.

Nesse momento, sob a orientação do professor, os conhecimentos científicos necessários para a compreensão do tema problematizado serão estudados (MUENCHEN; DELIZOICOV, 2012). Nessa etapa, o professor passa a ter um papel mais ativo, mas não aquele que oferece respostas prontas e sim o que media a construção de novos conhecimentos, apontando caminhos e possibilidades, na tentativa de criar condições para que, juntamente com os alunos, possa promover a organização dos conhecimentos.

De acordo com Albuquerque, Santos e Ferreira (2015, p. 467) esse é o momento em que os conhecimentos científicos passam a ser incorporados nas

discussões. Os alunos começam a desenvolver uma compreensão a respeito da problematização ou situação inicial. Entretanto, para que isso ocorra, materiais devem ser consultados e atividades devem ser sugeridas para complementar as discussões, no sentido de incentivar e melhorar a sistematização dos conhecimentos.

Nessa perspectiva, Delizoicov e Angotti (1990) ressaltam a importância de diversificadas atividades, com as quais se poderá trabalhar para organizar a aprendizagem. Sugerem exposições, pelo professor, de definições e propriedades, além de formulações de questões (exercícios de fixação como dos livros didáticos), textos e experiências. Atualmente pode-se acrescentar a isso as mídias tecnológicas, como televisão, vídeos, filmes, aplicativos de celulares, simulações, entre outros, de modo a auxiliar no processo da sistematização do conhecimento.

A Aplicação do Conhecimento(AC) é a etapa destinada à abordagem sistemática do conhecimento, que vem sendo incorporado pelo aluno, para analisar e interpretar tanto a situações iniciais que determinaram o estudo, como outras situações que não estejam diretamente ligadas ao motivo inicial, mas que são explicadas pelo mesmo conhecimento. (DELIZOICOV; ANGOTTI, 1990).

Esse momento é importante para que os alunos encontrem relações entre os temas abordados, não apenas através dos conceitos, mas também de fenômenos que possam ter alguma conexão com as informações apresentadas. No entanto, o professor mantém a postura problematizadora, podendo trazer questionamentos que não foram levantados pelos alunos, como informações e problemas que surgiram no decorrer do processo. Além disso, é um bom momento para o professor formalizar alguns conceitos que não foram aprofundados pelos alunos. (ALBUQUERQUE; SANTOS; FERREIRA, 2015).

Nessa etapa, o professor deve pensar nas mais diversas estratégias, a fim de romper com as tradicionais atividades de exercícios de fixação e resolução de problemas fechados, visto que estes pouco estimulam reflexões críticas, restringindo-se, na maioria das vezes, em memorização e reprodução de conceitos, o que impossibilita a aprendizagem de conteúdos procedimentais e atitudinais.

É importante destacar que esse momento não diz respeito à avaliação em sua forma tradicional. Entendemos, como Zabala (1998, p. 199), que a avaliação é um “[...] processo formador de desenvolvimento de todas as capacidades da pessoa, desde a cognitiva até as procedimentais e atitudinais [...] de autonomia pessoal, de

relação interpessoal e de inserção social”, e não como uma fase final de constatação do desempenho quantitativo do aluno. Dessa forma, a Aplicação do Conhecimento não deve ser confundida com uma avaliação. É desejável, nesse momento, que as atividades propostas possibilitem o diálogo, para que o professor possa analisar se o aluno adquiriu a capacidade de argumentar e de participar de forma crítica das decisões que envolvem os temas/problemas contemporâneos (MUENCHEN, 2010).

Diante do exposto, adotamos a abordagem dos Três Momentos Pedagógicos para desenvolver uma Sequência Didática para trabalhar o conteúdo de Mecânica, no 1º ano do Ensino Médio, em consonância com a educação para o trânsito, além de analisar as possibilidades que essa abordagem oferece para transformar as aulas de física tradicionais em aulas mais ativas e dialogadas.

2.3 O USO DE SEQUÊNCIAS DIDÁTICAS NO ENSINO DE FÍSICA

Com o objetivo de melhorar a prática educativa optamos por elaborar uma Sequência Didática (SD) com atividades variadas, buscando o desenvolvimento do aluno de forma crítica, reflexiva e contextualizada. Para isso, foram utilizados alguns parâmetros da teoria de Zabala (1998) que nos permitissem buscar diferentes meios de avaliar e planejar as atividades propostas nas aulas.

Segundo este autor o objetivo de qualquer bom profissional consiste em ser cada vez mais competente em seu ofício e esta competência é adquirida por meio do conhecimento e da experiência, e que para aprimorar o ato da docência é necessário conhecer as variáveis que nele intervêm. Conhecer essas variáveis permitirá ao professor planejar melhor o processo educativo e, conseqüentemente, avaliar de forma mais coerente o que aconteceu durante esse processo. Esse modelo de percepção da realidade da aula está estreitamente vinculado ao planejamento, à aplicação e à avaliação do processo de ensino e aprendizagem.

Para analisar a prática educativa de como ensinar, Zabala (1998) define as atividades ou tarefas como uma das unidades mais elementares do processo de ensino e aprendizagem, segundo o autor

[...] podemos definir as atividades ou tarefas como uma unidade básica do processo de ensino/aprendizagem, cujas diversas variáveis apresentam estabilidade e diferenciação: determinadas relações interativas professor/alunos e alunos/alunos, uma organização grupal, determinados conteúdos de aprendizagem, certos recursos didáticos, uma distribuição do tempo e do espaço, um critério avaliador; tudo isto em torno de

determinadas intenções educacionais, mais ou menos explícitas. (ZABALA, 1998, p.17)

No livro “A prática educativa: como ensinar”, Zabala (1998) afirma que uma atividade ou outra não seria suficiente para uma boa análise da prática educativa e propõe uma sequência de atividades, ou, com o mesmo sentido segundo o autor, uma sequência didática. Segundo Zabala (1998), uma sequência didática é constituída por “um conjunto de atividades ordenadas, estruturadas e articuladas para a realização de certos objetivos educacionais, que têm um princípio e um fim conhecidos tanto pelos professores como pelos alunos” (grifo do autor, p.18).

Todavia, é importante ressaltar que as sequências didáticas não devem contemplar somente conteúdos conceituais, mas devem proporcionar aos educandos conhecimentos que contribuam com sua formação integral. Zabala (1998, p.27) afirma que a principal função social da escola “tem sido a de selecionar os melhores em relação à sua capacidade para seguir uma carreira universitária ou para obter qualquer outro título de prestígio reconhecido”, desvalorizando outras capacidades e habilidades que os alunos/as adquirem ao longo de todo o processo educativo e que são igualmente importantes para a formação cidadã.

Zabala(1998) afirma ainda que existem diferentes formas de classificar as capacidades do ser humano, que podem ser agrupadas em: conteúdos conceituais (fatos, conceitos e princípios); conteúdos procedimentais (procedimentos, técnicas e métodos); conteúdos atitudinais (valores, atitudes e normas). A seguir vamos explicar de forma resumida esses três grupos de conteúdos.

Para os conteúdos conceituais temos os fatos que podemos considerar, os dados e fenômenos concretos e singulares: a data de um acontecimento, axiomas, nomes, localizações, etc. Os conceitos e os princípios são termos considerados abstratos. De acordo com Zabala (1998), os conceitos se referem ao conjunto de fatos, objetos ou símbolos que têm características comuns, e os princípios se referem às mudanças que se produzem num fato, objeto ou situação em relação a outros fatos, objetos ou situações e que normalmente descrevem relações de causa-efeito ou de correlação. Na física são exemplos de conceitos: densidade, velocidade, campo elétrico, etc., e de princípios: as leis e regras, como a lei da Inércia, princípio de Arquimedes, etc.

Podemos considerar como conteúdo procedimental as regras, as técnicas, os métodos, as destrezas ou habilidades, as estratégias e os procedimentos. Trata-

se de um conjunto de ações ordenadas e com um fim comum, quer dizer, dirigidas para a realização de um objetivo. De acordo com Zabala (1998), são conteúdos procedimentais: ler, desenhar, observar, calcular, classificar, traduzir, etc.

Os conteúdos atitudinais englobam uma série de conteúdos que podemos agrupar em valores, atitudes e normas. As atitudes, segundo Zabala (1998), são tendências ou predisposições das pessoas para atuar de certa maneira. São a forma como cada pessoa realiza sua conduta de acordo com valores determinados. São exemplo de atitudes: cooperar com o grupo, ajudar os colegas, respeitar o meio ambiente, participar das tarefas escolares etc.

Zabala (1998) esclarece que numa SD é importante trabalhar o conteúdo nessas três perspectivas, pois, cada tipologia contribui para a formação cognitiva, pessoal e social do educando. Nesse sentido, procuramos organizar nossa sequência didática em módulos com atividades variadas e contextualizadas para explorar o conteúdo de Mecânica na sua relação com situações do trânsito.

3 A FÍSICA NO CONTEXTO DAS LEIS DO TRÂNSITO

Uma das perguntas recorrente nas aulas de física é “Para que serve isso professor?”. Entendemos que tal questionamento é decorrente de uma prática não reflexiva, amparada na perspectiva da educação bancária descrita por Freire, em que o professor simplesmente cumpre o currículo, no sentido de repassar o que está no programa para os alunos.

No geral, o estudo do movimento e suas leis é visto de forma apartada da realidade, num mundo de partículas e “bloquinhos” que não fazem nenhum sentido para os estudantes. Neste capítulo apresentamos uma breve revisão do conteúdo de mecânica, procurando identificar suas relações com as leis do trânsito, com o propósito de refletir sobre a seguinte questão: Quem conhece os princípios da mecânica pode ser um melhor motorista?

3.1 FORÇA E MOVIMENTO

A palavra força é muito empregada na linguagem cotidiana e, em geral, costumamos relacioná-la com o ato de empurrar, puxar ou até mesmo pressionar objetos. Quando um condutor de automóvel pisa no acelerador esperamos que sua velocidade aumente, assim como quando ele pisa no freio a expectativa é de que a velocidade diminua. Nos dois casos existe a ação de forças que provocam a variação da velocidade do automóvel. Este é um dos efeitos mais recorrente da aplicação de uma força, a variação da velocidade, ou seja, este corpo adquirir uma aceleração. Mas, antes de continuarmos o estudo sobre força é necessário definir sua representação.

Podemos representar a ação de uma força por um vetor, que nos dá a direção, o sentido e o módulo (intensidade) da força aplicada. No sistema Internacional (S.I) a unidade de força é o **newton(N)**. Em situações cotidianas, como no caso do movimento dos automóveis, a ação do movimento é decorrente de um conjunto de forças. O somatório dessas forças é denominado de força resultante (F_R). A Figura 2 a seguir mostra a representação do vetor força resultante de um automóvel em movimento. Como estamos considerando o automóvel um corpo extenso, a indicação dos vetores apresentada na figura foi feita de forma simplificada:

Figura 2 - Representação da força resultante que atua em um carro em movimento



Fonte: <https://www.redebreithaupt.com.br/wp-content/uploads/2018/12/carro-carroceria-familia.jpg>

Em geral, os livros de física do ensino médio e superior representam forças resultantes atuando em “bloquinhos” deslizando em superfícies ideais, dificultando a compreensão de situações reais por parte dos alunos. A maioria dos livros didáticos não explica, por exemplo, as forças responsáveis pelo movimento de um veículo automotivo. Por isso, neste capítulo, procuraremos explicitar a origem da força resultante propulsora do movimento do automóvel, visando uma melhor compreensão dos conceitos da mecânica.

3.1.1 Primeira lei de Newton: o princípio da inércia

Sabemos que tanto para o condutor de um veículo quanto para o passageiro o uso do cinto de segurança é obrigatório. Isso porque, caso aconteça uma colisão, o cinto de segurança impede que as pessoas se choquem contra o para-brisas e o painel do carro. Mas o que faz com que continuemos em movimento, mesmo depois de ocorrida a colisão e o carro ter parado? Newton chamou de inércia esta tendência que os corpos possuem de preservar sua condição de movimento de Inércia.

Logo, o cinto de segurança nos automóveis tem a função de proteger o passageiro do movimento por inércia no caso de uma freada brusca ou colisão. A Figura 3 representa as fases de atuação do cinto de segurança conjuntamente ao air-bag.

Figura 3 - Imagem da atuação do cinto de segurança



Fonte: <http://nelsonreyes.com.br/FORÇA%20E%20MOVIMENTO.pdf>

Considerando uma situação em que o motorista do veículo não estivesse usando o cinto de segurança, devido à inércia, este seria arremessado contra o para-brisa sofrendo um impacto frontal que, dependendo da velocidade no momento da colisão, pode levar a ferimentos graves e até mesmo vir à óbito. Por isso, esse equipamento é indispensável nos automóveis. Mesmo para um veículo a 20 Km/h, o impacto sob um objeto fixo resulta numa força superior a até 15 vezes ao peso da pessoa. (DETRAN PR).

3.1.2 Segunda Lei de Newton: o princípio fundamental da dinâmica

A Segunda lei de Newton permite descrever o que ocorre quando a força resultante em um corpo não é nula. Newton deu a seguinte definição para o princípio fundamental da dinâmica: “A variação do movimento de um corpo é proporcional à ação efetiva das forças nele aplicadas e se dá na mesma direção da força resultante”. Podemos dizer, em outras palavras, que a resultante das forças aplicadas a um corpo é diretamente proporcional à aceleração adquirida por ele, sendo a constante de proporcionalidade equivalente à massa inercial do corpo. Matematicamente temos:

$$\Sigma \vec{F} = m \cdot \vec{a} \quad (1)$$

Uma consequência direta dessa equação é que ao aplicarmos uma mesma força em dois corpos com massas diferentes, será mais fácil mudar a velocidade daquele cuja massa é menor, isso significa que a inércia do corpo de menor massa também é menor. Assim, podemos dizer que a massa também é a medida da inércia de um corpo, e portanto, também podemos dizer que a letra m da equação é a massa inercial, e este valor mede a tendência que um corpo tem para conservar seu movimento. Quanto mais massa inercial um corpo tem, mais difícil é para

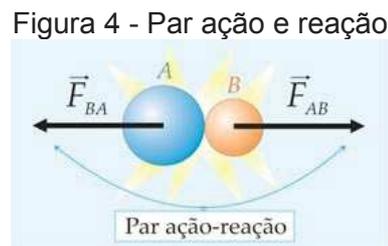
movimentá-lo, fazê-lo parar ou mudar sua direção de movimento. Por isso, numa situação em que um carro e um caminhão desloquem com uma mesma velocidade, caso tenham que frear bruscamente, será mais difícil parar o caminhão, ou seja, o de maior massa/inércia.

3.1.3 Terceira lei de Newton: o princípio da ação e reação

As forças surgem da interação entre corpos. Por isso, para cada força de ação, há sempre uma força de reação. Segundo Newton, para toda ação existe uma reação de mesma intensidade e direção, mas em sentido oposto. Vetorialmente e algebricamente temos

$$\vec{F}_{\text{ação}} = -\vec{F}_{\text{reação}} \quad \text{ou} \quad |\vec{F}|_{\text{ação}} = |\vec{F}|_{\text{reação}} \quad (2)$$

A Figura 4 representa um par ação e reação.



Fonte: <https://static.mundoeducacao.bol.uol.com.br/mundoeducacao/conteudo/terceira-lei-de-newton.jpg>

Note que as forças de ação e a reação atuam em corpos diferentes, por isso elas não se anulam. Portanto, numa colisão frontal entre um carro de passeio e um ônibus, ambos exercem a mesma força um no outro, porém, o efeito dessa força sobre o veículo de menor massa é muito maior. Outros exemplos de pares ação e reação podem ser visto na Figura 5.

Figura 5: - Exemplos de par ação e reação



Fonte: Física Conceitual, 9ª edição, Paul G.Hewitt

A Figura 5 mostra, por exemplo, o par de forças que atua no pneu de tração de um carro em movimento. Observe que a ação do pneu sob a estrada gera uma reação da estrada no pneu, que empurra o carro para frente. Considerando o movimento simplificado, pode-se dizer que a força que impulsiona o carro é o atrito que há entre o pneu e a estrada.

3.2 AS FORÇAS QUE INTERFEREM NO MOVIMENTO DOS VEÍCULOS

Nesta seção apresentamos as forças que interferem direta ou indiretamente no movimento dos veículos.

3.2.1 Força peso (**P**)

Quando um corpo é abandonado próximo à superfície terrestre ele cai em direção ao solo porque sobre ele atua uma força de direção vertical e sentido para baixo denominada peso. O peso (**P**) tem origem na interação gravitacional entre os corpos e a Terra. A intensidade da força peso que age sobre um corpo próximo à superfície da Terra depende da massa do objeto e da aceleração gravitacional (*g*). A Equação 3 descreve esta interação:

$$\vec{P} = m \cdot \vec{g} \quad (3)$$

em que *m* é a massa gravitacional do corpo e *g* é a aceleração da gravidade local.

O vetor *g* é sempre vertical e apontado para baixo. Nas proximidades da superfície terrestre o valor médio da aceleração da gravidade (módulo do vetor) é de

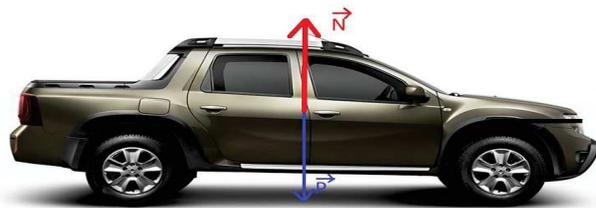
9,8 m/s², podendo sofrer variações pequenas e seu valor, dependendo da altitude e da longitude em relação à superfície do planeta.

3.2.2 Força normal (N)

Toda vez que um corpo encosta em uma superfície ou é apoiado sobre outro (ambos sólidos), há uma interação de contato e, portanto, a ação de uma força que recebe o nome de força normal (N). O termo normal é devido ao fato de esta estar sempre perpendicular em relação à superfície de contato, ou seja, formando um ângulo de 90°.

Na Figura 6 temos representado dos vetores da força peso (P) e da força normal (N). Como estamos considerando o automóvel um corpo extenso, a indicação dos vetores apresentada na figura foi feita de forma simplificada.

Figura 6 - Vetores peso e normal



Fonte: <https://www.redebreithaupt.com.br/wp-content/uploads/2018/12/carro-carroceria-familia.jpg>

Note que essas forças (peso e normal) possuem agentes diferentes e por isso não constituem um par ação e reação. A força peso é devida ao campo gravitacional da Terra, enquanto a força normal é decorrente da interação dos pneus com a pista, ou seja, esta força tem origem devido ao contato entre estes corpos. Numa situação em que o automóvel esteja em repouso sobre uma superfície plana a resultante das forças é nula. Para um veículo em movimento a força normal pode variar significativamente dependendo da configuração da pista e da ação de outras forças, porém, o peso do automóvel se mantém constante em qualquer situação.

3.2.3 Força de atrito (f_{at})

De acordo com PIETROCOLA (2016, p.157) a força de atrito (f_{at}) tem origem no “roçar” das superfícies e se opõe ao sentido do movimento ou da tendência do

movimento. Estudos mostram que o atrito entre dois corpos depende da força de compressão entre as superfícies (força normal), mas não depende da área das superfícies em contato. Também é constatado que o atrito não depende da velocidade relativa entre as superfícies. A força de atrito (f_{at}) depende, basicamente, dos materiais que formam os corpos que estão em contato (irregularidades entre as superfícies) e da força normal de contato entre eles (N). Essa relação é expressa na Equação 4, mostrada a seguir

$$f_{at} = \mu \cdot N \quad (4)$$

em que a letra grega μ representa o coeficiente de atrito entre as superfícies e N, a intensidade da força normal entre elas. Na figura 7 está representado o vetor força de atrito (f_{at}) que atua em um automóvel com velocidade constante. Como estamos considerando o automóvel um corpo extenso, a indicação dos vetores apresentada na figura foi feita de forma simplificada.

Figura 7 - Carro em movimento



Fonte: <https://www.redebreithaupt.com.br/wp-content/uploads/2018/12/carro-carroceria-familia.jpg>

Analisando a imagem anterior, se considerarmos que a velocidade do veículo seja constante e que este se desloque em linha reta, a força resultante deve ser igual a zero ($F_R = 0$). Isso acontece quando o somatório das forças que atuam no sentido do movimento é igual às forças de resistência que atuam no sentido contrário. Essas forças de resistência são devidas a vários agentes, como: os atritos entre as peças móveis, força de resistência entre o ar e a lataria do veículo, e outros.

3.2.4 Força de atrito estático ($f_{at(\text{estático})}$) e força de atrito dinâmico ($f_{at(\text{dinâmico})}$)

Se você já teve que empurrar um objeto muito pesado, como um guarda roupa ou uma geladeira, por exemplo, já percebeu que é necessária uma força maior para iniciar o movimento do que para mantê-lo. Isso se deve ao fato de a força de atrito estático máxima, que surge quando o corpo está na iminência do movimento, ser maior que a força de atrito dinâmico¹, presente quando o corpo já está se movendo. Entender essa diferença é muito importante, principalmente em uma situação não muito rara no trânsito, quando nos deparamos com um obstáculo e temos a necessidade de parar o automóvel repentinamente. Quando isso acontece, temos a noção intuitiva de que a frenagem será mais eficaz se pisarmos fortemente no pedal do freio e travar as rodas do veículo. Porém, quando as rodas são travadas a força de atrito que atua sobre o carro é a dinâmica, e isso faz com que a distância percorrida seja maior, em relação à situação em que as rodas não sejam travadas. Para evitar esse problema foi criado um dispositivo de freio denominado ABS (*Anti lock Braking System*), que impede o travamento das rodas numa frenagem de emergência. Em função de sua importância em termo de segurança, esse sistema passou a ser obrigatório em veículos fabricados no Brasil a partir de 2014.

3.2.5 Curiosidades sobre a força de atrito

Compreender o papel da força de atrito pode ser um fator determinante para se tornar um bom condutor e prevenir acidentes no trânsito. Embora trate-se de um conceito considerado um pouco complicado, pelo fato de suas determinações serem empíricas (obtidas por meio de um grande número de experimentos) e aproximadas, isso não diminui a importância de se estudar esse fenômeno.

Na seção anterior destacamos as diferenças de intensidade das forças de atrito estático e cinético (dinâmico) e agora vamos aplicar alguns conceitos ao movimento de veículos. Como já foi dito, o atrito não depende da área de contato, e ao contrário do que a maioria das pessoas pensam, os pneus mais largos, vistos em alguns carros esportivos não fornecem mais atrito que pneus mais estreitos, feitos com o mesmo material e nas mesmas condições de pressão e temperatura. Pneus

¹Também conhecido como atrito cinético, atrito cinemático ou atrito de deslizamento.

mais largos ajudam a distribuir o peso do carro sobre uma superfície de maior área, aumentando a estabilidade do veículo. Da mesma maneira, o atrito total entre um caminhão e o solo é o mesmo, estando ele com todos os pneus apoiados nos solo ou não. O maior número de pneus ajuda a distribuir a carga sobre uma área maior reduzindo assim a pressão exercida sobre cada pneu. Fato interessante é que a distância de parada quando os freios são acionados não é determinada pelo número de pneus. Já a degradação imposta aos pneus depende da quantidade destes. (HEWITT, 2008).

Segundo Kleer, Thielo e Santos (1997) numa rodovia seca, em que não exista óleo na pista, o valor do coeficiente de atrito (μ) depende somente da natureza das superfícies dos pneus e da estrada. Ele é independente do peso do veículo e das condições dos pneus (isto é, pressão, padrão da banda de rodagem e profundidade, por exemplo). O valor de μ varia ligeiramente com a velocidade do veículo. Seu valor é menor para velocidades altas, mas para velocidades compreendidas entre o intervalo de 40 a 120 km/h pode ser considerado constante. Entretanto, caso esteja chovendo ou o asfalto esteja molhado, a situação se torna mais complexa. Nesse caso, o valor de μ dependerá significativamente das condições do pneu, da velocidade, do peso do veículo e do grau de umidade. Portanto, em dias de tempestade, em que ainda existe o fator da visibilidade dificultada, o melhor é seguir o velho ditado: devagar e sempre.

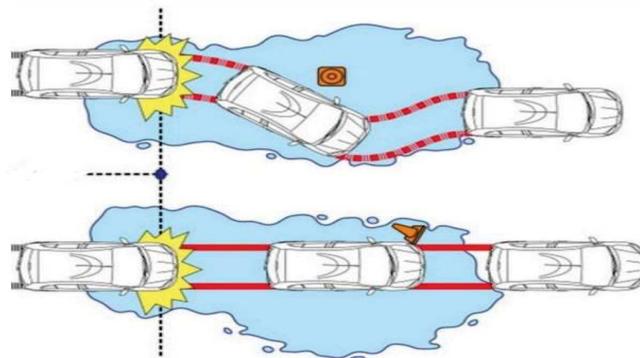
Outro caso interessante é quando um carro precisa frear bruscamente numa emergência. Caso você pise nos freios com força excessiva, e seu carro não possua ABS, as rodas poderão ficar travadas. Isso faz com que elas escorreguem, fornecendo menos atrito do que se rolassem até parar. Enquanto os pneus giram sem deslizamento, suas superfícies não estão escorregando sobre a superfície da rodovia e o atrito atuante é o estático – e, portanto, maior que o atrito de deslizamento. A diferença entre o atrito estático e o atrito de deslizamento (cinático) também fica evidenciada quando você tenta dobrar uma esquina muito rapidamente. Uma vez que os pneus comecem a escorregar, a força de atrito reduz e o veículo derrapa continuando seu movimento por inércia, correndo o risco de sair pela tangente da curva. Um condutor experiente (ou um sistema de freios que impeça automaticamente o travamento) mantém os pneus abaixo do limiar no qual a freada torna-se deslizamento. (HEWITT, 2008).

3.2.6 Sistema de freios antitravamento (ABS)

Para solucionar o problema das frenagens de emergência, os engenheiros automotivos desenvolveram o sistema de freios antitravamento (ABS), que por meio de sensores eletrônicos libera brevemente os freios das rodas que estiverem prestes a parar de girar. Isso garante o contato de rolamento entre o pneu e o pavimento, mantendo a atuação da força de atrito estático. Quando os freios são liberados momentaneamente, a distância de parada deveria ser maior do que quando os freios estivessem sendo aplicados continuamente. No entanto, através do uso de controle por computador, o tempo que as rodas ficam liberadas no sistema ABS é mínimo. Como resultado, a distância de parada é muito menor do que se as rodas derrapassem travadas.

Além disso, o freio ABS permite ao condutor do veículo desviar de obstáculos, com mais facilidade, enquanto que um carro que tem suas rodas travadas continua a seguir em linha reta, dificultando as manobras. A Figura 8 ilustra essas duas situações.

Figura 8: Ilustração da frenagem de um carro com freios ABS e outro sem freios ABS



Fonte: <https://www.kbb.com.br/>

O veículo de cima, com ABS, consegue frear e contornar o obstáculo, enquanto que o veículo de baixo, sem ABS, trava suas rodas, e, por mais que o motorista tente esterçar o volante, segue em linha reta e bate no obstáculo, que poderia ser um poste, um animal de grande porte ou, até mesmo, uma pessoa. Assim, o principal benefício do sistema ABS é o controle do veículo.

3.3 CÁLCULO DA DISTÂNCIA PERCORRIDA POR UM AUTOMÓVEL DURANTE UMA FREADA BRUSCA

Em uma freada repentina existem vários conceitos físicos envolvidos. Como exemplos podemos citar: a velocidade inicial de frenagem, a força de atrito entre o asfalto e os pneus do carro e o tempo de reação do condutor do veículo. Considerando esses elementos podemos estimar, com boa aproximação, a distância percorrida pelo automóvel durante uma freada.

Segundo Brust(2013), para calcularmos a distância de parada (D_p) do automóvel, temos que levar em conta o somatório de duas distâncias: a distância de reação (D_r), na qual o veículo mantém o movimento até que o condutor tome alguma atitude, e a distância de frenagem (D_f), que é aquela que o veículo percorre durante a frenagem até que sua velocidade se anule, o que nos dá a equação 6.

$$D_p = D_r + D_f \quad (6)$$

Com uma boa aproximação, podemos inferir que para o cálculo da distância de reação, decorrida no intervalo tempo em que o motorista percebe o perigo e aciona o freio, a velocidade permanece constante. Sendo assim, podemos aplicar a equação 7, em que V = velocidade, d = distância , t = tempo.

$$V = \frac{d}{t} \quad (7)$$

Dessa forma, para o cálculo da distância de reação temos a equação 8:

$$D_r = V \cdot t_r \quad (8)$$

em que D_r é a distância de reação, V é a velocidade do veículo e t_r é o tempo de reação do motorista.

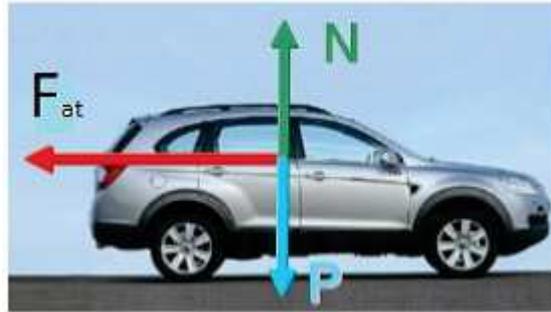
Para o cálculo da distância percorrida após os freios serem acionados, a distância de frenagem, será dada pela equação 9:

$$D_f = \frac{V^2}{19,6 \mu} \quad (9)$$

em que D_f é a distância de frenagem, V é a velocidade inicial, aquela que o veículo possui imediatamente antes de os freios serem acionados, e μ o coeficiente de atrito

entre os pneus e o asfalto. A Figura 9 mostra as forças que atuam no veículo durante a frenagem.

Figura 9: Força de atrito atuando durante a frenagem



Fonte: Imagens do google

A única força que atua na direção do movimento é a força de atrito (f_{at}), e esta é oposta ao sentido do movimento. Neste caso, podemos considerar que esta é a força resultante (F_R) que atua no veículo.

$$f_{at} = - \mu \cdot N \quad (10)$$

$$F_R = m \cdot a \quad (11)$$

Igualando as equações 10 e 11, temos:

$$m \cdot a = - \mu \cdot N \quad (12)$$

em que μ é o coeficiente de atrito; N é a força normal, que neste caso é igual ao peso (P) do veículo; m a massa; e a é a aceleração.

$$m \cdot a = - \mu \cdot m \cdot g \quad \rightarrow \quad a = - \mu \cdot g \quad (13)$$

Considerando $g = 9,80\text{m/s}^2$ (aceleração da gravidade) temos:

$$a = - 9,8 \mu \quad (14)$$

Pela equação de Torricelli temos (considerando V_f = velocidade final, V = velocidade inicial, a = aceleração e ΔS = distância percorrida).

$$V_f^2 = V^2 - 2 \cdot a \cdot \Delta S \quad (15)$$

Considerando que o carro freie até parar ($V_f = 0$), temos:

$$0 = V^2 - 2 \cdot a \cdot \Delta S \quad (16)$$

O sinal negativo significa que a aceleração tem sentido oposto ao da velocidade V . Trocando ΔS por D_f temos então:

$$D_f = \frac{V^2}{2a} = \frac{V^2}{2 \cdot 9,8 \cdot \mu} = \frac{V^2}{19,6 \cdot \mu} \quad (17)$$

Assim para o cálculo da distância total de parada temos:

$$D_p = V \cdot t_r + \frac{V^2}{19,6 \mu} \quad (18)$$

Observe que para calcular a distância de parada deve-se conhecer os conceitos de velocidade, atrito, leis de Newton e tempo de reação.

Vale ressaltar que existem duas situações distintas, que devem ser levadas em conta, para o cálculo da distância de parada. Uma delas é quando as rodas ficam travadas durante a distância de frenagem. Neste caso deve-se usar o coeficiente de atrito dinâmico (μ_d). Se o veículo for equipado com o dispositivo ABS, pode-se considerar que a frenagem irá ocorrer sem o travamento das rodas. Neste caso, utiliza-se o coeficiente de atrito estático (μ_e). Sendo μ_e maior que μ_d , Pode-se considerara que a distância de parada na segunda situação será menor que na primeira, o que reforça o ABS como um importante dispositivo de segurança no trânsito.

3.4 IMPULSO E QUANTIDADE DE MOVIMENTO

Nesta seção trataremos de dois outros conceitos importantes para compreender os fenômenos físicos relacionados à situações vivenciadas no trânsito, o impulso e a quantidade de movimento (ou *momentum*). O domínio desses conceitos poderá ajudar o estudante a entender mais a leis físicas que regem o movimento de um automóvel e o funcionamento de outros dispositivos de segurança. Também ajudam a entender os perigos que uma colisão podem acarretar, promovendo uma maior conscientização por parte dos alunos.

3.4.1 Quantidade de movimento (*Momentum*)

Como já vimos anteriormente, sabemos que é muito mais difícil parar um caminhão pesado do que um carro, quando se movem com a mesma velocidade. Já explicamos isso em termos de inércia, agora rever essa situação em termos de um outro conceito: o *momentum*. *Momentum* significa inércia em movimento. Mais precisamente, o *momentum* é definido como o produto da massa de um objeto pela sua velocidade, isto é:

$$\vec{p} = m\vec{v} \quad (19)$$

Note que o *momentum* (também denominado momento linear) é uma grandeza vetorial que tem o mesmo sentido e a mesma direção do vetor velocidade. Sua unidade no SI é o kg.m/s.

Se uma partícula está se movendo em uma direção arbitrária, p deve ter três componentes unitárias nas direções x , y e z . A Equação 20 é equivalente às equações de cada uma dessas componentes.

$$p_x = mv_x \quad p_y = mv_y \quad p_z = mv_z \quad (20)$$

Considerando a massa constante, o *momentum* de um objeto é diretamente proporcional à velocidade. Observe que, pela definição, um caminhão tem um *momentum* maior do que o carro se movendo com a mesma velocidade pois sua massa é maior. Pode-se notar também que um caminhão massivo descendo uma ladeira íngreme em alta velocidade, tem um *momentum* gigantesco, embora o mesmo caminhão em repouso não tenha *momentum* nulo.

3.4.2 Conservação do Momentum

Usando a segunda lei do movimento de Newton, podemos relacionar o *momentum* de um objeto com sua força resultante. A variação do *momentum* de um objeto em função do tempo é igual à força resultante que está agindo sobre este:

$$\sum \vec{F} = \frac{d\vec{p}}{dt} = \frac{d(m\vec{v})}{dt} \quad (21)$$

Além de situações em que o vetor velocidade varia com o tempo, podemos usar a Equação 21 para estudar fenômenos em que a massa muda. O valor real desta equação como uma ferramenta de análise, no entanto, decorre do fato de que quando a força líquida agindo sobre uma partícula ou objeto é zero, o tempo derivado do momento da partícula também é zero e, portanto, seu *momentum* é constante. É claro que se o objeto estiver livre da ação de forças externas, ou seja, caso esteja em um sistema isolado, temos o somatório das forças externas nulo ($\sum F_{\text{ext}} = 0$) e o *momentum* (p) permanece constante. Neste caso podemos dizer que o *momentum* do corpo é conservado.

Para facilitar, vamos dar um exemplo prático. Imagine que o combustível de seu carro acabou. Então você sai do carro e começa a empurrá-lo fazendo uma força na parte traseira do veículo e, conseqüentemente, este varia sua velocidade, variando também seu *momentum*. Como você agora está fora do carro, podemos dizer que está exercendo uma força externa ao veículo e por isso variando o *momentum*. Mas, caso você tentasse aplicar a mesma força sem sair do carro, empurrando, por exemplo, o painel ou o volante, certamente não conseguiria movê-lo, pois seu *momentum* permaneceria constante, por se tratar de uma força interna.

3.4.3 Impulso: a grandeza que modifica a quantidade de movimento

Impulso é uma grandeza física que está diretamente relacionada à variação da quantidade de movimento de um corpo. Podemos constatar esta relação pela segunda lei de Newton ($\vec{a} = \vec{F} / m$). A variação da velocidade da partícula e o intervalo de tempo estão implícitos no termo da aceleração. Antes de demonstrar a fórmula, voltemos ao exemplo anterior quando estávamos à empurrar um veículo sem combustível. Ao fazemos força para empurrar o automóvel, este varia sua velocidade, e podemos dizer que estamos impulsionando o veículo durante certo intervalo de tempo. O valor desse impulso, considerando o sistema pessoa+carro como isolado, é justamente o valor do *momentum* adquirido pelo carro. Assim, podemos considerar que a variação do *momentum* de um corpo é igual ao impulso aplicado sobre este corpo. Matematicamente temos as equações 22 e 23:

$$d\vec{p} = \vec{F} dt \quad (22)$$

$$\Delta \vec{p} = \vec{p}_f - \vec{p}_i = \int_{t_i}^{t_f} \vec{F} dt \quad (23)$$

Portando, denominamos Impulso o produto da intensidade da força que age em um corpo pelo tempo de atuação dessa força. A unidade do impulso no SI é N.s.

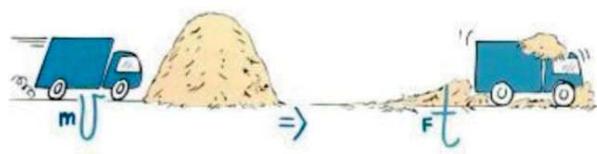
$$\vec{I} = \vec{F} \Delta t \quad (24)$$

$$\vec{I} = \Delta \vec{p} \quad (25)$$

A equação 24 é também conhecida como teorema do Impulso, e é equivalente à segunda lei de Newton. Analisando esta equação, caso tenha a intenção de aumentar o *momentum* de um corpo ao máximo, deve-se não apenas exercer a maior força possível, mas também prolongar o quanto puder a atuação dela.

Hewitt (2008) sugere o seguinte exemplo: imagine-se dentro de um carro que perdeu os freios e você pode decidir entre colidir contra uma parede rígida ou um monte de capim. Mesmo não conhecendo muito de Física sabemos qual é a melhor decisão, mas compreender alguns princípios físicos nos permite entender por que colidir contra algo macio é melhor do que bater em algo rígido. As figuras 10 e 11 ilustram este exemplo.

Figura 10: Grande intervalo de tempo requer uma pequena força



Fonte: Física Conceitual, HEWITT

Figura 11: Para um curto intervalo de tempo, requer uma grande força



Fonte: Física Conceitual, HEWITT

Nas duas colisões haverá a mesma variação do *momentum*, portanto o impulso necessário para interromper o movimento será o mesmo. Porém, a colisão contra o monte de capim aumenta consideravelmente o tempo de duração do impacto e isso é compensado com a ação de uma força de menor magnitude (ver Equação 24). Dessa forma, caso prolongue o tempo de duração de um impacto em 10 vezes, a força de impacto será 10 vezes menor. Esse fenômeno é explorado nos air-bags. Este inflam rapidamente no momento da colisão e começam a esvaziar logo em seguida, aumentando o tempo de desaceleração e, conseqüentemente, diminuindo a força que atua sobre a ocupante do veículo.

3.4.4 Colisões

Nesta seção vamos usar as leis da conservação do *momentum* para descrever o que acontece quando ocorre a colisão entre dois veículos. Na vida real as batidas são muito complexas, mas na base dos fenômenos envolvidos estão regras gerais, relativamente simples, que podem nos fornecer informações úteis para compreensão da dinâmica dos acidentes de trânsito.

Existem três tipos de colisões: colisão perfeitamente elástica, colisão parcialmente elástica e colisão inelástica. Os choques entre veículos nos acidentes de trânsito são “tendencialmente” inelásticos e por isso não trataremos dos outros dois tipos de colisão, por não ser o objetivo deste trabalho. Nos choques inelásticos parte da energia do sistema é dissipada na forma de trabalho de deformação.

Antes de mais nada, é relevante ressaltar que durante uma colisão o *momentum* é conservado, ou seja, o *momentum* inicial (p_i) é igual ao *momentum* final (p_f). Isso vale para quaisquer tipos de colisões.

Considere dois veículos de massas m_A e m_B , e que após um determinado instante de tempo irão colidir. Pela conservação do *momentum* temos:

$$\sum_{i=A,B} \vec{p}_i = \text{constante} \quad (26)$$

$$\vec{p}_A + \vec{p}_B = \vec{p}_{AB} \quad (27)$$

$$m_A \vec{v}_{Ai} + m_B \vec{v}_{Bi} = (m_A + m_B) \vec{v}_f \quad (28)$$

v_{Ai} e v_{Bi} são as velocidades imediatamente antes da colisão e v_f a velocidade após a colisão dos veículos, considerando o caso em que estes se movem juntos logo após o choque. Supondo que sejam conhecidos os valores de m_A e m_B e as velocidades v_{Ai} e v_{Bi} , podemos encontrar a velocidade final v_f dos veículos após ficarem acoplados devido à colisão, para isso podemos usar a equação 29:

$$\vec{v}_f = \frac{m_A \vec{v}_{Ai} + m_B \vec{v}_{Bi}}{m_A + m_B} \quad (29)$$

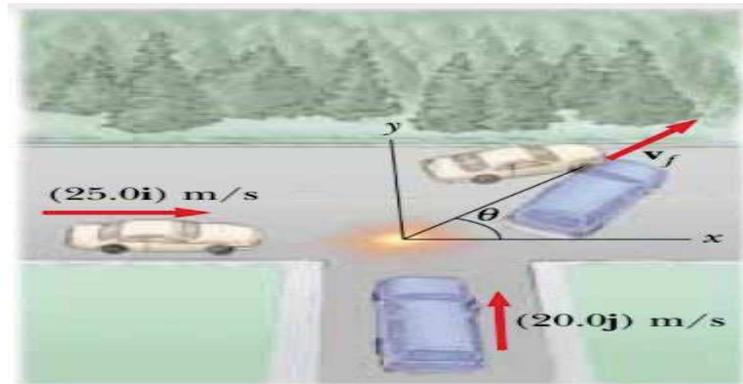
Após a colisão, os veículos passam a se mover juntos com o valor da velocidade comum v_f .

Quando dois veículos colidem com um certo ângulo, o vetor soma do *momentum* antes do impacto deve ser igualado ao vetor soma do *momentum* logo após o impacto. De modo alternativo, podemos equacionar a componente x, e depois a componente y do *momentum* antes e após o impacto. Este caso será abordado na seção seguinte utilizando um exercício resolvido.

3.4.5 Colisão em um cruzamento

Este exemplo foi retirado do livro Fundamentos de Física (Halliday; Resnick, 1983, p.267-268). “Suponha que um carro, de massa 1.500 kg, esteja viajando na direção oeste para leste com uma velocidade de 25,0 m/s e colide em um cruzamento com uma van de 2.500 kg viajando na direção sul para norte, a uma velocidade de 20,0 m/s.” A Figura 12 ilustra o instante antes da colisão e a situação final quando os veículos ficam grudados.

Figura 12: Colisão entre veículos em um cruzamento



Fonte: Halliday, Resnick

Por meio dos conceitos abordados na seção anterior, vamos encontrar a direção e a intensidade da velocidade do sistema carro+van, considerando que os veículos sofreram uma colisão inelástica, ou seja, permaneceram junto após a colisão compartilhando a mesma velocidade após o impacto.

Primeiro vamos definir os sentidos positivos das direções x e y . Antes da colisão, o único objeto com *momentum* na direção x é o carro. Assim, a magnitude do momento inicial total do sistema (carro + van) na direção x é:

$$\sum p_{xi} = (1500 \text{ kg})(25.0 \text{ m/s}) = 3.75 \times 10^4 \text{ kg} \cdot \text{m/s} \quad (30)$$

Vamos supor que os veículos se movam na direção do ângulo indicado na Figura 12 com uma velocidade final v_f . Temos que a magnitude total do *momentum* na direção x é:

$$\sum p_{xf} = (4000 \text{ kg}) v_f \cos(\theta) \quad (31)$$

Como o *momentum* total na direção x é conservado, podemos igualar as duas equações 30 e 31, obtendo:

$$3.75 \times 10^4 \text{ kg} \cdot \text{m/s} = (4000 \text{ kg}) v_f \cos(\theta) \quad (32)$$

O *momentum* total na direção y é o momento da van, e tem magnitude $(2500 \text{ kg})(20 \text{ m/s})$. Aplicando a conservação do *momentum* na direção y temos:

$$\sum p_{yi} = \sum p_{yf}$$

$$5,00 \times 10^4 \text{ kg} \cdot \text{m/s} = (4000 \text{ kg}) v_f \sin(\theta) \quad (33)$$

Dividindo a equação (33) pela equação (32) temos:

$$\frac{\sin(\theta)}{\cos(\theta)} = \tan(\theta) = \frac{5,00 \times 10^4}{3,75 \times 10^4} = 1,33 \quad (34)$$

$$\theta = 53,1^\circ$$

Substituindo o ângulo na equação (33), encontramos o valor da velocidade final v_f :

$$v_f = \frac{5,00 \times 10^4 \text{ kg} \cdot \text{m/s}}{(4000 \text{ kg}) \sin(53,1^\circ)} = 15,6 \text{ m/s} \quad (35)$$

O módulo de v_f equivale à velocidade em que os dois veículos adquirem após a colisão. Normalmente, em situações reais de acidentes de trânsito, o mais comum é procurar descobrir a velocidade inicial, antes da colisão, para elucidar os fatores determinantes do acidente. Para tanto, o perito criminal fica incumbido de realizar esta tarefa mediante utilização de conceitos da Física Forense. Na próxima seção abordaremos brevemente esse tema.

3.4.6 Perícia Física em acidentes de trânsito

Segundo Negrini (2002) a investigação técnica dos acidentes de trânsito ocupa lugar de destaque como parte do programa de Física Forense. Como exemplo, pode-se citar os cursos da Academia de Polícia Civil de São Paulo. A Física Forense é a parte da Física destinada à observação, análise e interpretação dos fenômenos físicos – naturais – de interesse judiciário, e neste trabalho destacamos aqueles relativos aos acidentes de trânsito.

A perícia forense tem papel central no sistema judiciário brasileiro, viabilizando provas materiais essenciais à elucidação de crimes contra a vida e patrimônio. A perícia criminal no trânsito é um claro exemplo. A cada ano cresce consideravelmente o número de acidentes de trânsito com vítimas, o que implica no aumento de levantamentos periciais. Assim, o problema central na perícia forense de acidentes de trânsito consiste em determinar as velocidades de veículos envolvidos em colisões. Nesse âmbito, conceitos de física básica e análise dos elementos encontrados no

local do sinistro são indispensáveis ao perito criminal. (GURGEL et al., 2015, p. 1).

Além disso, a investigação de um acidente de trânsito pode se tornar uma ótima ferramenta para o estudo de Física no EM, trazendo maior relevância ao conteúdo de ensino, por meio da contextualização, aumentando a motivação do estudante e facilitando o aprendizado dos conceitos de Mecânica.

Segundo Kleer, Thielo, Santos(1997) os princípios da Mecânica utilizados numa investigação são vistos nos cursos de Física de 2º grau e as técnicas de investigação utilizadas podem, facilmente, ser entendidas pelos estudantes secundaristas. Os autores também ressaltam as vantagens pedagógicas do uso desse tópico como um tema de desenvolvimento de conteúdo no ensino e aprendizagem de Mecânica e listam alguns princípios básicos utilizados na reconstituição de um acidente, como: atrito; aceleração; leis de Newton; conservação do momento linear etc.

Por exemplo, como já foi demonstrado neste capítulo, usando conceitos como atrito, segunda lei de Newton e a equação de Torricelli, em situações em situações do trânsito, podemos encontrar a velocidade inicial de um veículo durante uma frenagem repentina devido um obstáculo inesperado à sua frente.

Negrini (2002) relata que em muitos casos não existem elementos técnicos suficientes para uma reconstrução cientificamente perfeita de um acidente de trânsito. Geralmente os peritos trabalham com o que é possível, e não com o que é ideal. Segundo o autor:

Assim mesmo, as colisões ocorridas em cruzamentos – perpendiculares ou não – podem ser satisfatoriamente resolvidas com aplicações diretas e princípios elementares da Dinâmica, destacam-se o Princípio da Conservação da Quantidade de Movimento – PCQM. Sob certas condições, que normalmente são seguidas por tais tipos de acidentes, é possível calcular, com boa aproximação, as velocidades dos veículos colidentes. (NEGRINI, 2002, p. 124 – 125).

Em colisões reais, os meios forenses admitem com boa aproximação a utilização do princípio da conservação da quantidade de movimento. Este permite que se avaliem as velocidades de impacto dos veículos envolvidos nos acidentes, tratados como sistemas fechados. Trata-se de um conceito básico para introduzir a física dos acidentes de trânsito. Tendo em mãos os valores das massas, das velocidades finais e dos ângulos, resolvemos o acidente por completo, encontrando os prováveis valores das velocidades iniciais dos veículos. (NEGRINI, 2002). A

conservação do *momentum* pode ser aplicada para determinar as velocidades pré-impacto, e as velocidades pós-impacto, que, usualmente, são determinadas a partir das marcas de derrapagem. (KLEER, 1997).

3.5 CONCEITOS FÍSICOS RELACIONADOS AO TRÂNSITO EM LIVROS DIDÁTICOS DO ENSINO MÉDIO

A partir da escolha do tema para o desenvolvimento deste estudo, procuramos analisar alguns livros de física do ensino médio com o propósito de identificar possíveis relações entre a mecânica e as leis do trânsito presentes nesses livros.

Para isso, escolhemos quatro coleções contemporâneas de livros de física e procuramos identificar e registrar as abordagens sobre o trânsito em conteúdos de física. Para tanto, procedeu-se a leitura completa dos volumes de cada coleção selecionada, mapeando e registrando essas abordagens e a maneira como elas se inserem nos conteúdos.

Considerou-se que esta análise poderia ajudar no reconhecimento dos conteúdos a serem inseridos na sequência didática elaborada para fins deste trabalho. A síntese dos resultados é apresentada no Quadro 1, mostrado a seguir.

Quadro 1 - Síntese da análise dos livros didáticos do Ensino Médio

LIVRO	Seção	Tópico	Análise
FÍSICA CONTEXTO & APLICAÇÕES Antônio Máximo; Beatriz Alvarenga Editora Scipione 1ª edição 2013	Aplicações da Física	Texto: Medindo a velocidade no trânsito (p.50)	O texto relaciona causas de acidentes e mortes no trânsito ao desrespeito aos limites de velocidade. Explica como funciona uma lombada eletrônica e menciona o radar por efeito Doppler. Por fim trás duas perguntas.
	Aplicações da Física	Texto: O atrito pode ser útil (p.112)	O texto explica o funcionamento do freio ABS relacionando-o às forças de atrito estático e cinético e como este trás maior segurança ao condutor.
	Aplicações da Física	Título: Ao dirigir mantenha distância, pois E_c é proporcional a V^2 (p.214)	O texto relaciona o fato da energia cinética de um corpo aumentar com V^2 , ou seja duplicando V , E_c torna-se 4 vezes maior e, portanto, aumentando a distância percorrida durante uma freada na mesma proporção. Após o texto são feitas duas perguntas. Uma delas pede para os alunos relacionarem o conceito de energia cinética aos perigos de caminhões trafegarem com excesso de carga. A segunda cita o CTB e pergunta por que a distância de segurança ajuda a evitar colisões.

	Aplicações da Física	Texto: O impulso e a quantidade de movimento no nosso dia a dia. (p.260)	O texto trás exemplos cotidianos para explicar impulso e quantidade de movimento. Cita o funcionamento de air-bags associados aos cintos de segurança e sua relação com o aumento da duração do tempo de colisão, diminuindo a força resultante aplicada no passageiro. Após o texto são feitas três perguntas. A primeira pede uma pesquisa sobre o funcionamento do air-bag.
FÍSICA EM CONTEXTOS Alexander Pogibin; Maurício Pietrocola; Renata De Andrade; Talita Raquel Romero Editora do Brasil 1ª edição - 2016	Pesquise, proponha e debata	Texto: A tecnologia do cinto de segurança e a inércia (p.227)	O texto relaciona a lei da inércia com a necessidade do uso do cinto de segurança. Após o texto são feitas 5 perguntas como base para discussão do tema abordado.
FÍSICA AULA POR AULA Benigno Barreto Claudio Xavier Editora FTD 3ª edição - 2016	Pense além	Texto: O que é o air-bag e como ele pode salvar vidas (p.120)	O texto explica o funcionamento do air-bag e cita sua obrigatoriedade em todo carro de passeio no brasil. Após o texto são feitas apenas três perguntas sendo que a primeira pede ao estudante que relacione a primeira lei de Newton com o funcionamento de um air-bag.
FÍSICA Bonjorno; Casemiro; Clinton; Eduardo Prado Editora FTD 3ª edição - 2016	Pensando em ciências: Física e cidadania	Texto: Fiscalização no trânsito (p.34)	O texto explica o funcionamento de um radar fixo, e tem um caráter conscientizador a respeito de não passar os limites de velocidade. Após o texto é pedida uma pesquisa sobre funcionamento de radares móveis.

Fonte: Autoria própria

Analisando os dados apresentados no Quadro 1, pode-se observar que todas as obras apresentam pelo menos um texto que busca estabelecer alguma relação entre o conteúdo de ensino de física e situações envolvendo o trânsito e a condução de veículos. Cabe ainda destacar que as quatro obras analisadas compõem o catálogo de obras aprovadas pelo Programa Nacional do Livro Didático, o que pode ser considerado como um indicativo de que a temática que propusemos para este trabalho está alinhada com as diretrizes nacionais da Educação Básica.

Neste capítulo procuramos deixar evidente a importância dos conceitos da Física para compreensão de diversas situações que envolvem o trânsito e a condução de veículos. Vimos como estes conceitos podem ser utilizados para melhorar a contextualização do ensino de Física, em especial o conteúdo de Mecânica, de modo a facilitar o aprendizado dos alunos. No próximo capítulo faremos a descrição do percurso metodológico adotado para o desenvolvimento deste trabalho, com a descrição da sequência didática e da forma como esta foi aplicada.

4 PERCURSO METODOLÓGICO

Neste capítulo, apresentamos a escola, o perfil das turmas que participaram da aplicação do produto e o ambiente escolar. Também é apresentado o produto didático, além do quadro com resumo das atividades realizadas durante a aplicação da sequência didática.

4.1 CONTEXTO DO ESTUDO

A aplicação da sequência didática ocorreu no primeiro semestre de 2019, em uma escola pública da rede estadual, localizada na zona urbana do município de Tocantins, no interior de Minas Gerais. Esta escola atende alunos do 6º ano do ensino fundamental ao 3ª ano do ensino médio, sendo a única do município neste segmento de ensino.

A escola possui uma boa infraestrutura, com salas de aula amplas e ventiladas, um refeitório com várias mesas e bancos longos, todos feitos em madeira. Existe uma grande área externa com duas quadras de futsal, uma delas coberta e com arquibancada, uma área verde com parte destinada à horta dos alunos e o restante coberta com grama baixa.

Leciono nesta escola desde meados de 2010. No início como professor contratado e a partir de 2015 como professor efetivo do Estado. Por isso, já conhecia bem o perfil dos alunos e alunas da escola. No geral, as turmas do EM são pouco participativas e desinteressadas pelo conteúdo de Física. Assim, um dos propósitos deste trabalho foi despertar o interesse dos alunos para importância da Física em situações do dia a dia, motivando-os a estudar conceitos físicos aplicados a situações envolvendo o trânsito e a condução de veículos.

Para isso, optamos por iniciar a abordagem da Física no EM de uma forma diferente. Ao invés de iniciarmos com o ensino tradicional, começando pela Cinemática até chegarmos aos conceitos da Dinâmica, aplicamos uma Sequência Didática em que os conteúdos de Mecânica foram abordados de forma integrada e contextualizada em torno da temática do trânsito, orientada pela dinâmica dos três momentos pedagógicos de Delizoicov e Angoti (1990).

A SD, que será apresentada na próxima seção, foi aplicada no primeiro bimestre letivo de 2019, em duas turmas do 1º ano do ensino médio, uma com 41 e

outra 42 estudantes. Quase metade deles vinham da zona rural, utilizando ônibus cedidos pela prefeitura. Posteriormente uma das turmas foi dividida, pois muitos alunos pediram transferência para o turno da noite e alguns foram remanejados para outras turmas. Para que o desenvolvimento da SD não ficasse prejudicada, optou-se por continuar a aplicação em apenas na turma que manteve os alunos desde o início do ano. Esse fato aconteceu logo após o término da aplicação da atividade do módulo 2, no final do mês de fevereiro. A seguir, faremos a apresentação da SD que constitui o produto educacional desta dissertação.

4.2 APRESENTAÇÃO DO PRODUTO EDUCACIONAL

O produto educacional deste trabalho é uma sequência didática, composta de atividades diversas, com o intuito de associar conceitos estudados na física com situações do cotidiano do trânsito e da condução de veículos, além de promover a conscientização dos alunos sobre a temática: segurança no trânsito.

As atividades que compõem a SD procuraram explorar diferentes dinâmicas de ensino em ambientes diversificados, a fim de fugir da metodologia tradicional das aulas expositivas, em que o professor explica e o aluno apenas houve de forma passiva a explicação dada.

A sequência didática foi dividida em seis módulos baseados na metodologia dos três momentos pedagógicos (TMP) de Delizoicov e Angotti (1990). Essa metodologia favorece a aprendizagem mais efetiva dos educandos por propor um caráter dialógico e problematizador ao processo de ensino e aprendizagem. Moreira (2014, p.4), entende que na educação dialógica, “estudar requer apropriação da significação dos conteúdos, a busca de relações entre os conteúdos e entre eles e aspectos históricos, sociais e culturais do conhecimento. Requer também que o educando se assume como sujeito do ato de estudar e adote uma postura crítica e sistemática”. Por consequência, ensinar não é transferir conhecimento, mas criar possibilidades para sua própria produção ou a sua construção (Freire, 2005). Logo, a abordagem dos Três Momentos Pedagógicos vem ao encontro dessas ideias, buscando ser um meio facilitador para o crescimento do conhecimento do educando.

Nessa metodologia, a dinâmica de atuação do professor se dá em três etapas distintas: a problematização inicial (PI); a organização do conhecimento (OC) e a aplicação do conhecimento (AC). As seis etapas que compõem a SD foram

organizadas com base nos TMP, totalizando 11 aulas. As atividades procuram abordar conceitos físicos da Cinemática e da Dinâmica, tendo como elemento contextualizador o “trânsito” e as suas leis. A seguir apresentamos um quadro resumo na SD.

Quadro 2: Resumo das atividades da sequência didática

Atividade	Nº de aulas	Objetivos
1) Teste com questões que relacionam conceitos de física às situações cotidianas do trânsito. Apresentação do vídeo Leis da Física e Leis de trânsito - Fiat moto perpétuo.	01	Identificar as concepções dos alunos sobre o estudo dos movimentos e sua relação com o trânsito; Problematizar e contextualizar conceitos de física que tem relação com situações do cotidiano da trânsito.
2) Cálculo do tempo de reação de uma pessoa.	03	Calcular o tempo de reação entre sentir e agir; Calcular o tempo de reação entre ver e agir; Explorar o papel do tempo de reação em situações cotidianas do trânsito.
3) Os perigos da velocidade no trânsito.	01	Compreender os efeitos da velocidade em acidentes de trânsito; Conscientizar os alunos sobre os perigos da velocidade em acidentes de trânsito usando o vídeo: A diferença entre 60km/h e 65km/h.
4) Medindo a velocidade de veículos com o software Tracker.	02	Utilizar o software Tracker para medir velocidades de automóveis a partir de vídeos feitos pelos próprios alunos; Compreender gráficos de velocidade X tempo e aceleração X tempo; Compreender a diferença entre conceito de velocidade média e velocidade instantânea; Entender o funcionamento de um radar de lombada.
5) Projetando um dispositivo de segurança para colisão de um ovo.	02	Compreender o papel da conservação da quantidade de movimento em eventos de colisão; Montar um dispositivo de segurança para proteger um ovo em queda livre; Compreender o funcionamento de um air-bag e outros dispositivos de segurança que tem relação com o conceito de impulso.
6) Elaboração de cartazes sobre segurança no trânsito com base nas leis da física	02	Elaborar cartazes que: relacionem conceitos de física aos dispositivos de segurança dos veículos; conscientizem pedestres e condutores sobre a importância do respeito às leis de trânsito; Apresentar (ou expor) os cartazes na forma de aula expositiva explicando os conceitos abordados.

Fonte: Autoria própria

A primeira atividade (APÊNDICE A do Produto Educacional) é composta por um teste que visa coletar os conhecimentos prévios dos alunos sobre o tema em questão e levantar situações problematizadoras para serem discutidas posteriormente. A segunda atividade foi desenvolvida num total de 3 aulas. Nela os alunos são estimulados a calcular, por meio de experimentos lúdicos, o tempo de reação médio de uma pessoa entre sentir e agir e entre ver e agir (OLIVEIRA; PANZERA, 1998). Após coletarem os dados, os alunos respondem em grupo um questionário que procura problematizar os resultados obtidos e a estabelecer relações entre o conceito de tempo de reação com situações cotidianas e do trânsito.

A terceira atividade tem o objetivo de chamar a atenção dos alunos para os perigos da velocidade, por meio de questionamentos feitos pelo professor e de um vídeo que discute a relação entre as leis da física e as leis do trânsito².

A quarta atividade inicia com um questionamento sobre o funcionamento dos radares. Na sequência, os alunos são apresentados ao software Tracker. Por meio de vídeos do YouTube são demonstradas sua utilização e principais ferramentas. Depois disso, os alunos recebem orientações para filmar, com seus celulares, veículos em movimento em ruas próximas às suas residências e a fazer a análise desse movimento com o Tracker.

Na quinta atividade, como problematização inicial, são apresentadas algumas curiosidades sobre o trânsito que estão disponíveis no sítio do Detran-PR³. Depois disso, os alunos são estimulados a investigar sobre o funcionamento de um air-bag e sobre como esse dispositivo ajuda a salvar vidas quando usado junto ao cinto de segurança. Posteriormente são apresentados alguns conceitos sobre quantidade de movimento e colisões. Por fim, os alunos, organizados em grupos, são estimulados a montarem protótipos de air-bags que funcionem como dispositivos de segurança para proteger um ovo em queda (JONES, 2013).

A sexta atividade visa a aplicação dos conhecimentos adquiridos nas aulas anteriores por meio da confecção de cartazes que relacionem a física estudada aos dispositivos de segurança dos veículos e às leis de trânsito, como forma de conscientizar as pessoas sobre a importância dessa relação.

² Disponível em: <https://www.youtube.com/watch?v=YnxhMhNHFkw>

³ Disponível em: <http://www.educacaotransito.pr.gov.br/pagina-221.html>

5 APLICAÇÃO DO PRODUTO EDUCACIONAL

A SD descrita na seção anterior foi aplicada no período de 20 de fevereiro a 29 de abril de 2019, ao longo do primeiro bimestre do ano letivo. A seguir, descreveremos a aplicação do produto, relatada aula por aula, com o objetivo de explicitar como as atividades se desenvolveram, dando ênfase na participação dos alunos e a postura do professor.

5.1 LEVANTAMENTO DOS CONHECIMENTOS PRÉVIOS DOS ALUNOS E EXIBIÇÃO DO VÍDEO: LEIS DA FÍSICA, LEIS DO TRÂNSITO

No dia 20 de fevereiro de 2019 teve início a aplicação da sequência didática. A aula começou às 10 horas e 35 minutos com o professor fazendo uma breve apresentação da proposta de trabalho e de como seria a sequência das próximas aulas, envolvendo uma pesquisa sobre as relações entre as leis da física e as leis do trânsito. A proposta foi bem aceita pela turma, mas antes que o professor pudesse aplicar o questionário para sondagem das concepções prévias dos alunos sobre o tema, a diretora interrompeu a aula para ter uma conversa com os alunos sobre um incidente que havia acontecido durante o intervalo. Somente depois de 15 minutos o questionário pôde ser aplicado. Durante a aplicação os alunos apresentaram algumas dúvidas, tais como:

— “Na questão 6, a pessoa está usando o cinto de segurança ou não?” (A1), referindo-se à seguinte questão:

“O que você considera mais perigoso, cair do 5º andar de um prédio ou colidir com um carro a 60km/h com um muro? Justifique seus argumentos:

— “O carro está “rápido” ou “devagar” na questão 2?” (A2), referindo-se à situação ilustrada na Figura 13.

Figura 13 - Imagem ilustrativa apresentada na Questão 02



Fonte: [Primeira Lei de Newton \(tom369.blogspot.com\)](http://tom369.blogspot.com)

Um grupo de alunos iniciou uma discussão a respeito da questão número 1, que versava sobre tempo de reação e distância de frenagem. Por se tratar de um teste de concepção, o professor pediu que o debate sobre as questões fosse deixado para mais adiante. Isso já era um indicador de que os alunos se interessaram pelo tema escolhido. A figura 14 mostra os alunos respondendo o teste de concepções.

Figura 14 - Alunos respondendo o teste de concepções



Fonte: Autoria própria

Devido ao atraso ocorrido no início da aula, os alunos terminaram de responder ao teste já próximo ao final do terceiro horário. O professor começou a recolher o teste às 11h e 15min e não houve tempo para apresentação do vídeo sobre leis da física e leis do trânsito. Este vídeo só foi apresentado na aula do dia 11 de março.

5.2 EXPLORANDO O TEMPO DE REAÇÃO ENTRE SENTIR E AGIR E VER E AGIR

A aula ocorreu no dia 25 de fevereiro de 2019. Inicialmente foi realizado um experimento para o cálculo do tempo de reação de uma pessoa entre sentir e agir. Depois de uma breve explicação sobre a atividade, os 39 alunos presentes foram organizados em 4 grupos: 3 com 10 integrantes e 1 grupo com 9 integrantes. Devido ao grande número de alunos a atividade foi realizada na quadra da escola. A figura 15 registra o momento desta atividade.

Figura 15 - Alunos medindo o tempo de reação entre sentir e agir



Fonte: Autoria própria

Para realizar esta atividade os alunos deveriam dar as mãos e formar um círculo. Um dos alunos é nomeado líder, e fica encarregado de marcar o tempo que o sinal (aperto de mão) leva para percorrer toda a roda. O líder aperta a mão do seu colega ao lado e este a do próximo colega até que o sinal retorne ao ponto de origem. Neste momento o líder pára o cronômetro e registra o tempo. Os alunos foram orientados a fazer a atividade com os olhos fechados para evitar a antecipação do aperto de mão pela visão. Assim, um colega só apertava a mão do outro quando sentia que a sua mão havia sido apertada. Cada grupo fez 10

medidas, que foram anotadas em um roteiro previamente preparado. Depois de coletar os dados, os alunos retornaram para a sala de aula.

Na sala de aula o professor orientou os alunos para que calculassem o tempo médio de reação do grupo. Cada líder foi convidado a ir até o quadro e escrever o resultado do seu grupo. Após esta etapa o professor perguntou como poderiam obter o tempo de reação médio entre sentir e agir de cada aluno da turma. Os alunos discutiram sobre a pergunta e, passado algum tempo, chegaram à conclusão de que bastava dividir a média de cada grupo pelo número de pessoas e depois obter a média para cada aluno na turma. O resultado obtido foi de 0,346 segundos. Para facilitar os cálculos seguintes esse valor foi arredondado para 0,35 segundos.

Para o desenvolvimento da segunda parte da atividade, os alunos foram organizados em duplas para medir o tempo de reação entre ver e agir. Para isso, foi necessário o uso de uma régua milimetrada e da equação 36 para o cálculo do tempo de queda de um objeto em queda livre:

$$t = \sqrt{\frac{2h}{g}} \quad (36)$$

Na atividade, um dos alunos segura uma régua, com o zero entre os dedos polegar e indicador do seu par, abertos em forma de pinça. Num dado momento ele solta a régua para que o colega tente segurar, conforme mostrado na Figura 16.

Figura 16 - Alunos calculando o tempo de reação entre ver e agir



Fonte: Autoria própria

A partir da distância de queda (h) é possível calcular quanto tempo passou entre o instante que o aluno viu a régua ser solta e reagiu, segurando-a com os dedos. Para minimizar erros nas medidas o professor orientou que os alunos que fossem segurar a régua apoiassem o braço na carteira para evitar abaixá-lo no momento da queda da régua.

Foi solicitado que os alunos fizessem cinco medidas para cada um dos integrantes da dupla, e que estas fossem anotadas em um formulário previamente preparado. Após cada dupla anotar as distâncias de queda régua, eles deveriam calcular o tempo de queda usando a equação (36) de queda livre. Neste momento muitos alunos tiveram dificuldade, principalmente em converter os valores de centímetros para metros. O professor ajudou nessa conversão dizendo que bastava dividir o valor em centímetros por 100 para converter de centímetros para metros. Apesar da ajuda, muitos alunos ainda tiveram dificuldades para calcular o tempo de queda. Por isso, o cálculo da média do tempo de reação entre ver e agir e o questionário que acompanhava os experimentos (APÊNDICE B do Produto Educacional) ficaram para a próxima aula.

5.2.1 Explorando o tempo de reação entre sentir e agir e ver e agir (Parte 2)

No dia 27 de fevereiro de 2019, foi dada continuidade à atividade sobre o tempo médio de reação. Inicialmente, os alunos deveriam calcular a média do tempo de reação entre ver e agir com os valores que foram coletados na aula anterior. Os valores calculados foram informados ao professor e anotados no quadro, pois seriam necessários para determinar a média dos valores.

Depois de anotar os resultados, o professor fez o seguinte questionamento:

— Para responder as questões que serão discutidas nesta aula seria mais prático se dispuséssemos de um valor de tempo de reação entre ver e agir que representasse a turma. Como podemos obter este valor?

O professor esperou algum tempo para que os alunos pensassem sobre a pergunta, mas rapidamente uma aluna respondeu:

— “Como o senhor disse que precisamos de um valor, a gente pode somar todos os valores que estão no quadro e dividir pelo número de vezes.”

Para o tempo médio da turma entre ver e agir obtivemos o valor aproximado de 0,20s. O professor também anotou no quadro o valor do tempo de reação entre

sentir e agir, calculado na aula anterior (0,35s) para que os alunos também pudessem utilizá-lo para responder as questões propostas para discussão da atividade:

1. Qual é o tempo médio de reação, por pessoa, entre sentir e agir?
2. Qual é o tempo médio de reação, por pessoa, entre ver e agir? Compare com o resultado da questão anterior.
3. Procure explicar por que o tempo entre sentir e agir é diferente do tempo entre ver e o agir.
4. Com base nos dados da experiência procure determinar a velocidade média dos impulsos nervosos no nosso corpo.
5. Você acha que o tempo de reação para ver e agir com a mão é o mesmo que o tempo para ver e agir com o pé? Por quê?
6. Como o tempo de reação influencia em situações de segurança no trânsito e nos esportes?
7. Algumas espécies de dinossauros mediam cerca de 30 metros do topo da cabeça até a ponta de sua cauda. Supondo que a velocidade dos impulsos nervosos nesse dinossauro fosse igual à nossa, quanto tempo ele levaria para reagir a uma mordida na ponta de seu rabo?

Para responder as perguntas, os alunos foram divididos em grupos de 5 integrantes. As duas primeiras questões versam basicamente sobre o registro dos tempos que já haviam sido calculados e, por isso, não houve dificuldades em respondê-las.

A partir da terceira questão alguns grupos começaram ter dificuldades e as discussões começaram a surgir:

— “Como vamos explicar esta diferença de tempo? Não faço nem ideia.”

Outros diziam:

— “Acho que é por falta de treino”.

Para auxiliar os alunos o professor fez o seguinte questionamento:

— Vocês se lembram ou já ouviram falar, lá da matéria de biologia, sobre impulso nervoso?

Alguns alunos responderam que sim, outros disseram que se lembravam “mais ou menos” do que se tratava. Visto que a maioria disse que tinha uma ideia sobre o assunto o professor indagou:

— Sobre as duas experiências que foram feitas, em qual delas o impulso nervoso percorreu um maior caminho?

Dito isso, esperou alguns minutos para que os alunos chegassem a uma conclusão, e um dos grupos respondeu:

— “Na experiência de sentir e agir, porque nela o impulso nervoso vai de uma mão até a outra, enquanto que na experiência de ver e agir vai dos olhos até a ponta dos dedos.”

A quarta pergunta solicita o cálculo da velocidade média do impulsos nervosos no corpo humano. Como os alunos ainda não haviam estudado este conteúdo, também surgiram dúvidas, sobre como proceder. Muitos já conheciam a fórmula de velocidade média, mas não sabiam qual o valor de distância deveriam considerar. Uma aluna perguntou:

— “O valor de tempo que vamos usar vai ser o que calculamos na experiência entre sentir e agir, mas qual vai ser o valor da distância?”

Nesse momento o professor pediu para que os alunos medissem a envergadura – distância da ponta de um dedo de uma mão a outra – de dois alunos e de duas alunas. Para que obtivéssemos uma média que representasse os alunos da sala de forma razoável, fizemos as medidas dos alunos mais baixo e mais alto da turma de ambos os sexos. Cada um deles foi até a frente da sala e, de costas para o quadro, abriram os braços até fazer um ângulo reto com o tronco do corpo. Nesse momento, um outro aluno marcava a distância entre as pontas dos dedos médios de uma mão à outra. Com esses dados, foi calculada a média da envergadura dos alunos da turma, que serviu como valor da distância percorrida pelo impulso nervoso de uma mão até a outra.

Vencida a questão 4, os alunos não tiveram dificuldades para responder as questões 5 e 6, demonstrando alguma compreensão dos conceitos trabalhados até então.

Na pergunta 7 os alunos tiveram dúvida entre considerar a distância de 30m, da ponta da cauda ao topo da cabeça do dinossauro, ou se deveriam dobrar este valor. O professor apenas orientou que os alunos pensassem sobre o caminho que o

impulso nervoso teria que percorrer e deixou que terminassem o trabalho. Por volta das 11h e 18min todos os grupos já haviam entregue os questionários respondidos.

Os alunos demonstraram estarem gostando das aulas e disseram que atividades como aquela deveriam se repetir mais vezes, pois ajudam a aumentar a motivação e o interesse pelo conteúdo de física.

5.3 EXPLORANDO A INFLUÊNCIA DO TEMPO DE REAÇÃO EM SITUAÇÕES COTIDIANAS

A quarta aula ocorreu no dia 11 de março de 2019. O tema era a influência do tempo de reação em situações cotidianas. A aula teve início no 5º horário, às 10h e 30min. Esta aula estava prevista para ser ministrada no dia primeiro do mês, mas, por ser véspera de carnaval, muitos alunos faltaram e na semana seguinte houve um recesso escolar. Com isso, a aula ficou um pouco distante das atividades sobre o tempo de reação, o que julgamos não ser muito adequado.

A aula começou com a exibição do vídeo do projeto “Moto Perpétuo” do grupo FIAT, que havia sido previsto na SD original para a primeira aula. Trata-se de um projeto do final dos anos de 1990 cujo objetivo é “chamar a atenção dos jovens para importância da educação e da segurança no trânsito através da efetiva compreensão de conceitos de Biologia, Física e Psicologia” (MOTO PERPÉTUO, 2000). A figura 17 ilustra este momento.

Figura 17 - Exibição do vídeo Leis da Física, Leis do Trânsito



Fonte: Autoria Própria

O vídeo trata das relações entre as leis da física e as leis da estrada. Após a apresentação o professor fez uma breve discussão com os alunos sobre o tema e, na sequência, apresentou uma situação problema para começar a articular alguns conceitos que estavam sendo abordados.

Segurando uma borracha a aproximadamente 1,5 metros do chão, o professor perguntou: — É possível medir o tempo de queda desse objeto?

Muitos alunos responderam que sim. Então o professor fez outro questionamento: — Como podemos medir o tempo de queda desta borracha?

As respostas mais recorrentes foram:

— Podemos usar um cronômetro.(A1)

— Filmar a queda da borracha. (A2)

Percebendo o envolvimento dos alunos, o professor pediu para que cinco deles se posicionassem na frente da sala para medir o tempo de queda da borracha com o cronômetro do celular. O professor solicitou que disparassem o cronômetro apenas no momento em que a borracha fosse solta, e só travassem quando vissem a borracha tocar o chão. O experimento foi feito duas vezes e foram obtidos 10 valores de tempo diferentes, todos anotados no quadro. Depois disso, os alunos retornaram para seus lugares e o professor fez o seguinte questionamento para a turma:

— Vocês acham que essas medidas estão corretas, podemos confiar nesses valores?

Foi dado um tempo para que a turma discutisse sobre o fato, e passado alguns minutos um aluno respondeu:

— “Será que se fizermos a média dos valores vai dar certo?”

Calculou-se a média das medidas e foi encontrado o valor de 0,89s. O professor repetiu o questionamento anterior: — Vocês acham que esse valor 0,89s condiz com o tempo de queda da borracha? Podemos confiar nessa média ou pode haver algum tipo de erro?

Um dos alunos respondeu:

— “Provavelmente não podemos confiar no tempo que foi medido, porque cada um teve um valor diferente.”

O professor continuou questionando:

— Qual seria o motivo de cada aluno ter feito uma medida de tempo diferente?

Um aluno levantou o braço e respondeu:

— “Essa eu sei, porque cada um tem um tempo de reação diferente.”

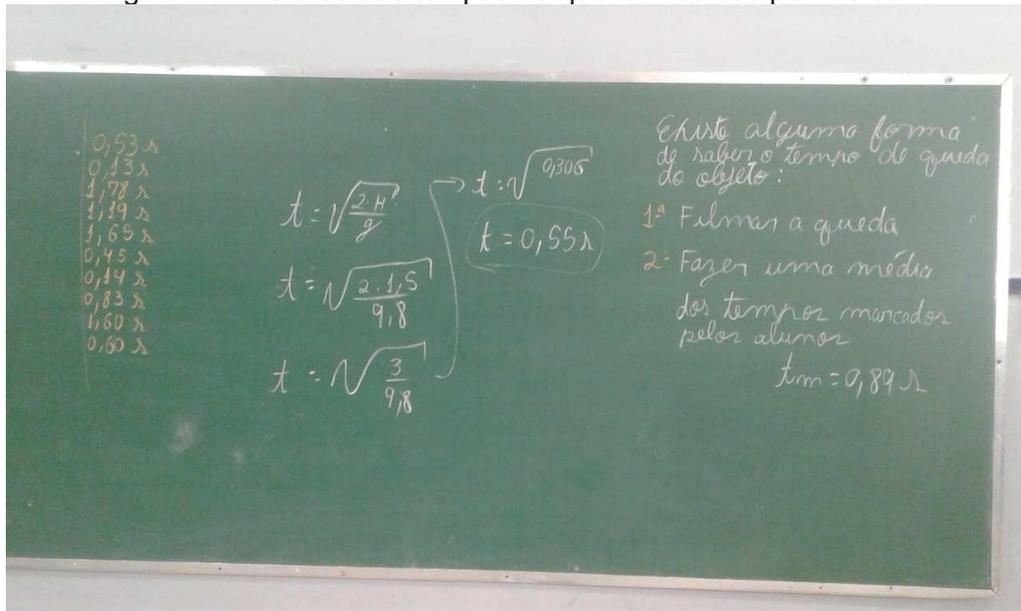
Assim o professor deu continuidade a aula dizendo: — Correto. Vimos nas aulas anteriores, que o tempo médio de reação entre ver e agir de uma pessoa gira em torno de 0,20s, por isso pode ser que o erro da medida chegue a 0,40s, pois “perde-se” esse tempo ao acionar o cronômetro e novamente ao trava-lo. Então, como podemos saber ao certo qual é o tempo de queda da borracha?

Novamente o professor esperou um tempo para que os alunos chegassem a uma resposta. Um aluno respondeu:

— “Podemos usar a fórmula da brincadeira da régua.”

Utilizando-se a altura de 1,5m, calculou-se o tempo de queda da borracha, de 0,55s. A Figura 18 mostra a foto do quadro como os valores medidos pelos alunos e o tempo calculado. Nota-se que os resultados são bem diferentes um do outro.

Figura 18 - Valores dos tempos de queda medidos pelos alunos



Fonte: Autoria própria

A partir desses valores e dos questionamentos feitos pelo professor, os alunos chegaram às seguintes conclusões:

- Considerando o tempo de reação para acionar e parar o cronômetro como 0,40s e o tempo de queda do objeto calculado pela equação sendo de 0,55s, concluiu-se que o tempo mais coerente a ser registrado pelo cronômetro neste experimento deveria ser de 0,95s, valor este próximo da média obtida de 0,89s.
- Que é difícil fazer a medição de tempo de eventos muito rápidos por conta do tempo de reação.
- Que o tempo de reação tem influência direta em situações cotidianas, principalmente, no caso do trânsito; situações inusitadas acontecem sem aviso prévio, e que isso pode aumentar o tempo de reação de uma pessoa, por não estar atenta ou preparada para reagir.

Após estas conclusões, a aula foi encerrada pois faltavam apenas 3 minutos para o término do horário.

5.4 OS PERIGOS DA VELOCIDADE NO TRÂNSITO

A quinta aula ocorreu no dia 13 de março de 2019 e o tema trabalhado abordado foi os perigos da velocidade no trânsito. Nesta aula, assim como nas

outras, o professor apresentou uma problematização inicial visando direcionar o interesse e a atenção dos alunos. Dessa forma, a aula começou com a seguinte pergunta:

— O que é mais perigoso, uma queda do quinto andar de um prédio ou a colisão de um veículo a 100 km/h?

Apresentada a situação-problema muitos alunos começam a questionar: “A pessoa vai cair de cabeça no chão ou de pé?” “E a pessoa no carro, está usando o cinto de segurança?”

Ficou decidido que a pessoa do veículo não estaria usando o cinto de segurança. Para direcionar a discussão, o professor solicitou que os alunos se concentrassem em como comparar as situações. Que fator nas duas situações poderia nos indicar qual é mais perigosa?

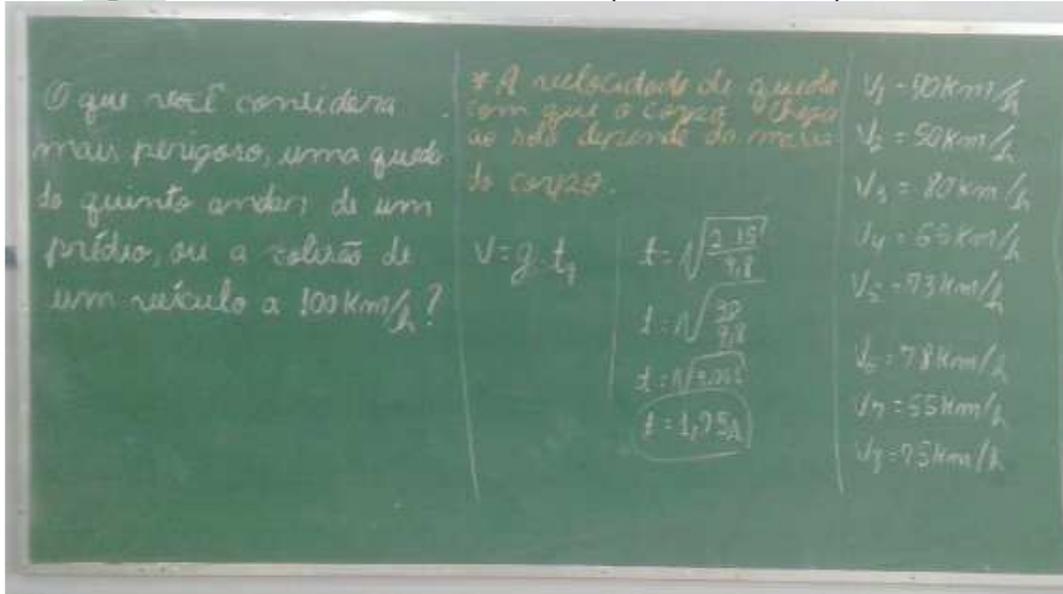
Após breve discussão, alguns alunos responderam que deveríamos saber qual velocidade é alcançada na queda do quinto andar, mas não sabiam como determiná-la. Outro aluno completou com a seguinte indagação: — Essa velocidade vai depender da altura, não é mesmo?

O professor continuou questionando a turma:

— Qual é a altura do quinto andar de um prédio? Como podemos estimar esta altura?

O professor se posicionou perto da parede e por comparação de sua altura com a altura de teto da sala foram estimados 3 metros para cada andar. Assim consideramos que a altura do quinto andar de um prédio seria em torno de 15 metros. Antes de mostrar aos alunos a fórmula da velocidade de queda, o professor pediu para que eles fizessem uma estimativa da velocidade que um corpo chega ao solo, em uma queda dessa magnitude. Alguns alunos apresentaram suas hipóteses e o professor anotou no quadro. Ficou combinado que chegasse mais próximo do valor correto seria premiado com um chocolate. O professor apresentou então a fórmula para o cálculo da velocidade e pediu que os alunos fizessem os cálculos do tempo de queda e do valor da velocidade. Foi dado um tempo para que resolvessem os cálculos, enquanto isso o professor auxiliava os alunos em suas carteiras. Quando a maioria havia terminado, o professor foi até o quadro e demonstrou a resolução para toda turma. A Figura 19 mostra o registro do problema, do cálculo do tempo de queda e das hipóteses dos alunos.

Figura 19 - Valores das velocidades de queda estimados pelos alunos



Fonte: Autoria Própria

Utilizando o valor da altura como 15 metros e a fórmula do tempo de queda aprendida nas aulas anteriores, obtivemos um tempo de queda de aproximadamente 1,75s. Com estes valores chegamos ao valor aproximado de 62km/h para a velocidade final na queda. Com isso, a turma chegou à conclusão de que a colisão a 100km/h é mais perigosa que a queda do quinto andar, apesar de a segunda situação nos transmitir uma maior sensação de medo e perigo.

Após os cálculos, um aluno apresentou o seguinte questionamento: — “Essa velocidade não vai depender do “peso” da pessoa? Uma pessoa mais pesada deve cair no chão com uma velocidade maior.”

Para ilustrar a situação o professor deixou cair, ao mesmo tempo, da altura aproximada de seus ombros, um pequeno pedaço de giz e um apagador. Os alunos ficaram surpresos com o fato de ambos chegarem ao solo praticamente no mesmo instante.

Para reforçar o processo de conscientização dos alunos sobre os perigos da velocidade no trânsito foi apresentado mais um vídeo, com o título “A diferença entre 60 km/h e 65 km/h”⁴. Este vídeo tem apenas 58 segundos, mas passa uma mensagem muito forte sobre os perigos da velocidade no trânsito. Dois carros, um a 60 km/h e o outro a 65 km/h começam a frear no mesmo instante, mas colidem

⁴A diferença entre 60 km/h e 65 km/h. - YouTube

contra um caminhão com velocidades diferentes. Antes da exibição do vídeo, o professor explicou a situação e faz a seguinte pergunta:

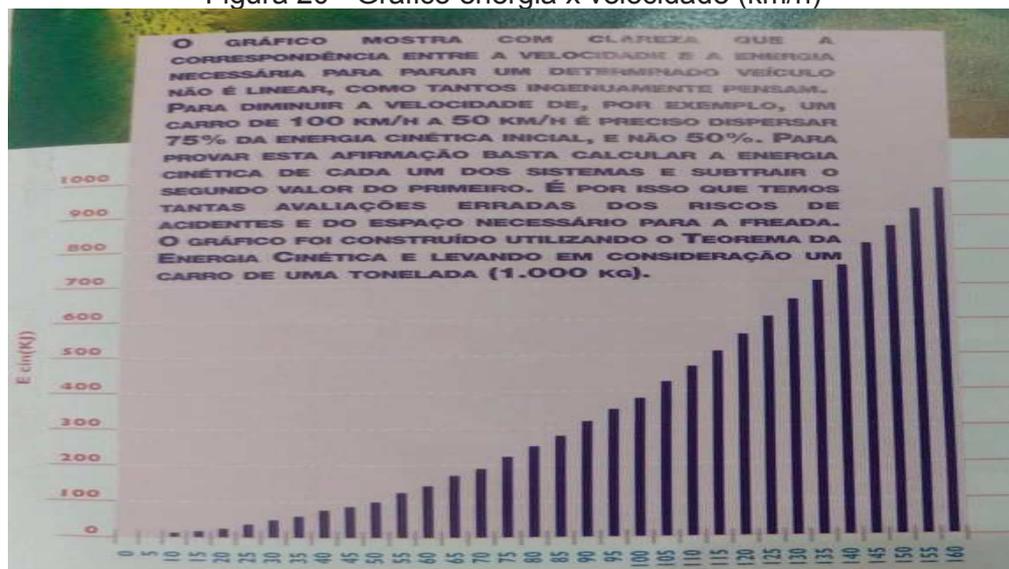
— Com qual a velocidade vocês acham, que o carro que estava à 65 km/h irá colidir com o caminhão?

A maioria responde 5 km/h. Para surpresa de todos a velocidade é bem maior que isso. Então, novamente o professor intervém fazendo um novo questionamento:

— Por que temos essa diferença entre as velocidades dos carros no momento da colisão?

Alguns alunos tentam formular uma resposta mas acabam desistindo e dizem não saber. Vendo isso, o professor entregou aos alunos a cópia de uma página do manual do projeto Moto Perpétuo da Fiat, que traz um gráfico de barras (Figura 20) que ilustra de forma simples o fato ocorrido no vídeo. Por meio desse recurso, os alunos puderam constatar que o valor da energia necessária para frear um automóvel com velocidade de 100 km/h não é o dobro em relação a um automóvel a uma velocidade de 50 km/h, ou seja, neste caso não há uma proporcionalidade direta, mas com o quadrado da velocidade. Na figura 20 é apresentado este gráfico:

Figura 20 - Gráfico energia x velocidade (km/h)



Fonte: Manual Motoperpétuo

Como já passava da metade do horário, o professor pediu para que os alunos formassem grupos de 5 a 6 integrantes para responder ao questionário

(APÊNDICE C do Produto Educacional) com perguntas relacionadas aos conceitos trabalhados nas duas últimas aulas.

5.5 UTILIZANDO O SOFTWARE TRACKER PARA MEDIR A VELOCIDADE DE AUTOMÓVEIS

Esta aula foi realizada no dia 20 de março de 2019 e teve como objetivo apresentar o software Tracker como ferramenta para fazer análise de movimentos. Seguindo a estratégia traçada para a sequência didática, a aula começou com o professor lançando a seguinte questionamento:

– Como podemos saber se os motoristas que trafegam pelas ruas da cidade, ou pelas ruas de seu bairro, estão respeitando os limites de velocidade? Sabemos que toda via tem seu limite de velocidade e que para segurança de todos este deve ser respeitado. Após um curto intervalo de tempo um aluno disse:

— “Podemos marcar uma distância na rua e medir o tempo que o carro demora para passar pelas marcas, assim dá pra saber sua velocidade.”

O professor respondeu:

— Muito boa a ideia. Dessa forma podemos saber a velocidade média do carro, mas caso tenha ultrapassado o limite de velocidade nesse curto espaço pode ser que não tenhamos como constatar.

Para resolver esse problema, o professor apresentou aos alunos o software Tracker, e utilizando um tutorial e dois vídeos que analisavam movimentos variados, procurou demonstrar algumas ferramentas e como utilizar este programa para medir a velocidade e a aceleração de corpos em movimento.

Em um primeiro momento, os alunos acharam o programa muito difícil de ser utilizado. Para minimizar as dificuldades o professor utilizou um data show para projetar a tela do computador e mostrou como fazer o download do programa e instalá-lo em um computador. Depois disso, utilizou-se o celular de um dos alunos para fazer o vídeo de queda de um objeto que foi analisado com o Tracker para que ficasse de exemplo.

Outra dificuldade observada nessa atividade foi que nem todos alunos possuíam um computador ou notebook em casa. Assim, o professor pediu para que formassem grupos com cinco integrantes em que pelo menos um dos membros tivessem computador ou notebook. Após esses procedimentos, o professor passou a

tarefa para próxima aula, que seria fazer três vídeos de automóveis, motocicletas ou caminhões em movimento e analisá-los com o Tracker.

5.6 UTILIZANDO O SOFTWARE TRACKER PARA MEDIR A VELOCIDADE DE AUTOMÓVEIS (PARTE 2)

Esta aula foi realizada no dia 25 de março de 2019. A ideia era de que os grupos pudessem apresentar suas análises e resultados. Porém, alguns grupos não conseguiram realizar a tarefa alegando que acharam muito difícil a utilização do programa. Mesmo os que conseguiram, disseram ter tido um pouco de dificuldade para fazer a análise dos vídeos.

As apresentações das análises e dos vídeos foram feitas com o auxílio do data show. Foi constatado que a maioria dos automóveis estava acima do limite de 50 km/h. Esse fato foi comentado por alguns grupos:

— “Analisando o movimento dos carros com o Tracker podemos saber a velocidade que ele tem a cada momento da passagem. Dá pra ver isto no gráfico de velocidade por tempo. Fazendo o cálculo da velocidade média não tinha como saber com certeza se o carro foi mais rápido que o limite de velocidade.”

Terminadas as apresentações, foi solicitado para a aula seguinte que os alunos pesquisassem sobre o funcionamento de um radar de lombada e respondessem a seguinte pergunta: a velocidade medida pelo radar é uma velocidade média ou instantânea?

5.7 PROJETANDO UM DISPOSITIVO DE SEGURANÇA PARA COLISÃO

A aula foi realizada no dia 27 de março de 2019 e teve o objetivo introduzir o conceito de força e aceleração, inicialmente sem uso de fórmulas. Para isso, os alunos foram levados para a sala de informática e divididos em grupos de três ou quatro pessoas por computador. O professor escreveu no quadro o link do projeto Educação para o Trânsito do DETRAN-PR, e direcionou os alunos para uma página que apresenta várias curiosidades sobre o trânsito⁵. Entre as muitas curiosidades, foi solicitado aos alunos que atentassem para uma delas, que dizia: “Em uma colisão a 60 km/h, o peso é multiplicado por 50, uma mala de 7 kg atinge 350 kg, um cachorro

⁵<http://www.educacaotransito.pr.gov.br/modules/conteudo/conteudo.php?conteudo=221>

de 10 kg atinge 500 kg, uma criança de 20 kg atinge 1.000 kg, peso de um urso, uma mulher de 50 kg atinge 2.500 kg, peso de um rinoceronte, e um homem de 70 kg atinge 3.500 kg, peso de um hipopótamo.” (CURIOSIDADES..., 20_)

Após a leitura alguns alunos fizeram os seguintes comentários:

— Como pode ser? Uma pessoa de 70 kg ter 3500 kg na batida, isso é exagero! (A1)

— Acho meio impossível. (A2)

— Sempre achei que a gente machuca na batida por causa das ferragens. (A3)

Vendo que a turma já estava debatendo sobre o tema, o professor pediu para que os grupos se organizassem e formulassem hipóteses sobre a informação anterior. Para isso, foram utilizadas algumas perguntas norteadoras: Qual o fundamento dessa informação? Isso faz sentido para você? Em sua opinião o que causa esta diferença na sensação do peso da pessoa que sofre a colisão? Qual ou quais fatores da colisão você considera ser determinante para este resultado?

As perguntas e as curiosidades apresentadas nesta aula desempenhariam um papel preponderante para os trabalhos que seriam desenvolvidos na próxima aula.

5.7.1 Projetando um dispositivo de segurança de colisão (Parte 2)

A nona aula ocorreu no dia 08 de abril de 2019. Na primeira semana de abril foram realizadas as provas bimestrais, por isso a aplicação da sequência didática foi interrompida. Nesta aula os alunos foram desafiados a desenvolver um dispositivo de segurança que simulasse o funcionamento de um air-bag. Para isso, o professor levantou algumas questões para problematização do tema:

— Sabemos que durante uma colisão de automóveis as chances de uma pessoa não vir a óbito aumentam quando o air-bag é acionado aliado ao cinto de segurança. Por que isso acontece?

— Como o air-bag atua no corpo da pessoa durante a colisão?

— Quais grandezas físicas podemos relacionar ao funcionamento desse dispositivo?

Para potencializar o trabalho, os alunos foram levados novamente à sala de informática, onde foi feita a leitura de dois textos. O primeiro, da revista

SuperInteressante⁶, com o título “Como funciona o air-bag”, trata do funcionamento desse dispositivo; e o segundo, do site Brasil Escola⁷, com o título: “Air-bags”, que relaciona a física ao funcionamento do air-bag.

Durante a pesquisa alguns alunos encontraram dificuldades para entender conceitos como quantidade de movimento e impulso. Logo, foi necessária a intervenção do professor para que os mesmos conseguissem organizar as ideias e chegassem a uma melhor compreensão desses conceitos.

Como a sala de informática possui um quadro de pincel, o professor demonstrou alguns desses conceitos, de forma breve e sucinta, usando exemplos práticos. De qualquer forma, a leitura proposta serviu para os alunos começarem a desenvolver uma compreensão conceitual a respeito do tema abordado, possibilitando a incorporação prévia de novos conceitos científicos.

Quando o horário já estava por terminar, o professor pediu a atenção dos alunos e solicitou que na próxima aula deveriam trazer alguns ovos para realizar um experimento em que seriam utilizados conceitos abordados naquele dia.

5.7.2 Projetando um dispositivo de segurança de colisão (Parte 3)

Esta aula foi realizada no dia 10 de abril de 2019. Durante a pesquisa da aula anterior, os alunos entenderam que um dos motivos de o air-bag salvar vidas é o fato de ele aumentar o tempo de interação durante a colisão e conseqüentemente, diminuir o valor da força de impacto.

Os alunos foram divididos em grupos para projetar, construir, testar e avaliar um “dispositivo de segurança de colisão” (JONES, 2013), na forma de uma plataforma de pouso, para proteger um ovo cru na colisão com uma superfície dura. O objetivo era de que os alunos pudessem aplicar os conceitos aprendidos na aula anterior.

Antes de começar o procedimento de montagem dos dispositivos de segurança, o professor entregou um material com orientações que deveriam ser seguidas pelos grupos e algumas perguntas que estão no produto da dissertação. Para montagem do dispositivo de segurança o professor disponibilizou para cada

⁶[Como funciona o airbag | Super \(abril.com.br\)](http://www.abril.com.br)

⁷[Airbag. O airbag e a quantidade de movimento - Brasil Escola \(uol.com.br\)](http://www.uol.com.br)

grupo 10 folhas de jornal e um metro de fita adesiva. Os dispositivos deveriam ser montados somente com esses materiais.

A atividade consistiu em desenvolver um dispositivo capaz de amortecer a queda de um ovo de várias alturas diferentes e sucessivas. Os protótipos foram apresentados na forma de uma competição em que vence o dispositivo que conseguir preservar o ovo do impacto da queda de maior altura.

Foram feitos dispositivos de várias formatos. O professor não interferiu na montagem e deixou os alunos livres para usarem a imaginação naquele momento da aula. O Figura 21 ilustra este momento da aula

Figura 21 - Alunos desenvolvendo o dispositivo para colisão



Fonte: Autoria própria

Os dispositivos foram sendo testados e eliminados na medida em que falhavam. Quando havia somente 3 dispositivos na disputa, o professor iniciou uma breve discussão para saber, na opinião dos alunos, qual dos grupos seria o vencedor. O grupo vencedor recebeu uma caixa de bombons.

5.8 ELABORAÇÃO DE CARTAZES SOBRE SEGURANÇA NO TRÂNSITO COM BASE NAS LEIS DA FÍSICA (PARTE 1)

Esta aula teve início no dia 15 de abril de 2019, e o objetivo era de que os alunos pudessem aplicar os conhecimentos de física adquirido nas aulas anteriores: os dispositivos de segurança de automóveis como air-bags, freios ABS, cinto de segurança, encosto de cabeça, luz de freios etc., para elaborar cartazes explicativos sobre o tema: Leis da Física e Segurança no Trânsito.

Para motivar os alunos o professor demonstrou algumas estatísticas sobre o trânsito no Brasil. Com o auxílio do data show, apresentou um artigo intitulado: “Maio Amarelo: Contextualizando as estatísticas de acidentes de trânsito no Brasil⁸.”, destacando estatísticas relevantes sobre o tema abordado.

Um dado que chamou muita atenção dos alunos foi o que mostra que a maioria dos acidentes fatais acontece com jovens da faixa etária dos 20 a 29 anos de idade e que, além disso, são causados por imprudência do condutor como excesso de velocidade, avançar sinal vermelho, etc. Esse fato gerou vários comentários entre os alunos deixando claro que a conscientização pode ajudar a diminuir esses números.

Após a leitura do artigo o professor explicou que os alunos deveriam se organizar em grupos com três integrantes para elaborar cartazes que explicassem o funcionamento de alguns dispositivos de segurança encontrados nos veículos, utilizando os conceitos físicos envolvidos.

Depois de formar os grupos, os alunos foram conduzidos para a sala de informática para que pudessem pesquisar sobre o tema durante os minutos finais da aula. Neste momento o professor ajudou os alunos orientando e explicando alguns conceitos nos quais eles ainda apresentavam dúvidas.

5.8.1 Elaboração de cartazes sobre segurança no trânsito com base nas leis da física (Parte 2)

A apresentação dos cartazes ocorreu no dia 29 de abril de 2019. Devido ao fato de alguns alunos residirem na cidade e outros na zona rural foi necessário um tempo para que os grupos pudessem se reunir e realizar a tarefa solicitada. Esta

⁸Maio amarelo: Contextualizando as estatísticas de acidentes de trânsito no Brasil | FGV DAPP

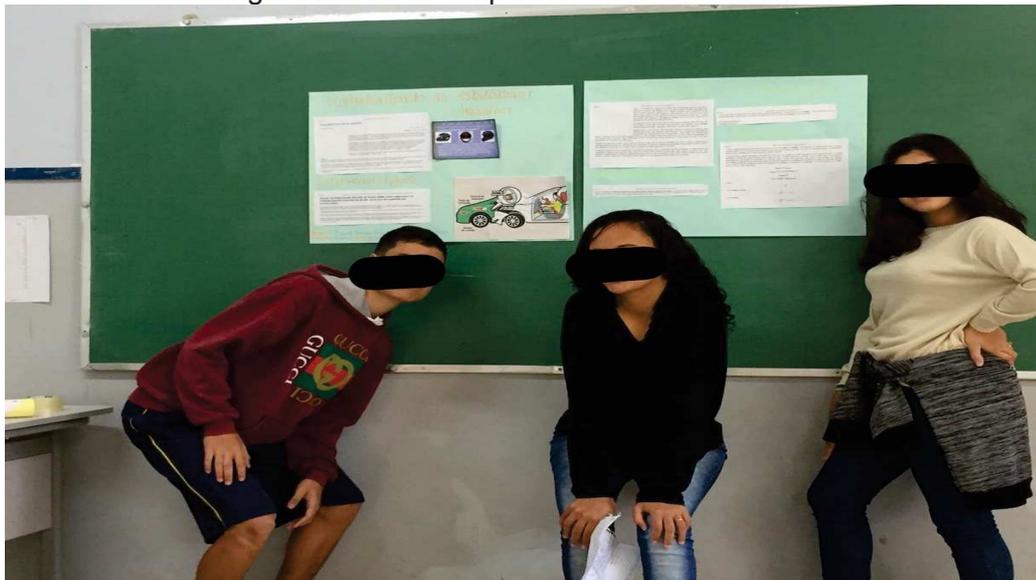
aula foi planejada para que os grupos pudessem apresentar seus trabalhos e mostrar os conhecimentos adquiridos nas atividades anteriores. As Figuras 22 e 23 ilustram momentos da apresentação dos cartazes.

Figura 22 - Alunos apresentando os trabalhos



Fonte: autoria própria

Figura 23 - Alunos apresentando os trabalhos



Fonte: Autoria própria

Nos trabalhos apresentados foram abordados temas como: freio ABS e coeficiente de atrito estático e dinâmico; uso do cinto de segurança e lei da inércia;

air-bag e conceito de variação da quantidade de movimento etc. Durante as apresentações ficou evidente que muitos alunos entenderam os conceitos trabalhados nas aulas anteriores a ponto de associá-los com situações cotidianas do trânsito e com os dispositivos de segurança dos veículos. Outro fato importante a ser considerado foi o papel conscientizador que esta última aula desempenhou nos alunos, contribuindo para que no futuro possam ser cidadãos mais conscientes no trânsito.

6 ANÁLISE E RESULTADOS

Neste capítulo serão analisados os dados coletados durante as atividades realizadas nos 6 módulos da SD. Ao longo da SD os alunos responderam questionários que envolviam conceitos de Física contextualizados com a temática do trânsito. As respostas serão analisadas e comentadas neste capítulo. Também será dado ênfase às atitudes e procedimentos dos alunos, observados durante as aulas e registrados nas anotações do professor.

A análise dos dados é acompanhada de um levantamento das competências/habilidades desenvolvidas em cada atividade, assim como dos conteúdos conceituais, procedimentais e atitudinais (C/P/A) que foram abordados na sequência didática. Os conteúdos (C/P/A) e as competências e habilidades, presentes nos PCN+/ Ciências da Natureza, Matemática e suas Tecnologias, contemplados em cada unidade, serão apresentadas em um quadro esquemático. Para cada atividade foi construído um quadro de análise semelhante ao Quadro 3, apresentado a seguir.

Quadro 3 - Modelo do quadro esquemático de análise

MÓDULO X		
ATIVIDADE X		
PCN+ Física competências/habilidades	X Competências da área Ciências da Natureza, Matemática e suas Tecnologias	X Exemplos de Física usados na sequência didática
Conteúdo	Objetivo da atividade	
Conceitual	X	
Procedimental	X	
Atitudinal	X	

Fonte: Autoria própria

O propósito desta análise é verificar se o planejamento adotado possibilitou o aprendizado de conteúdos conceituais, procedimentais e atitudinais além de contemplar algumas competências consideradas essenciais pelos PCN de Física, especialmente no que se refere às relações entre as leis da física e as leis do trânsito.

6.1 MÓDULO 1 – QUESTIONÁRIO PARA COLETA DOS CONHECIMENTOS PRÉVIOS

O quadro 4 apresenta a síntese da análise da atividade executada no primeiro módulo didático. Nesse módulo foi solicitado aos alunos que respondessem a um questionário com perguntas sobre situações cotidianas do trânsito relacionadas a conceitos de Física. Esse questionário teve o intuito de coletar os conhecimentos prévios dos alunos e iniciar um processo de conscientização sobre os perigos de se ter uma postura imprudente em relação às normas do trânsito.

Quadro 4 - Síntese da análise do módulo 1

MÓDULO 1	
ATIVIDADE – Questionário para coleta dos conhecimentos prévios	
Habilidades/Competências_PCN+	Elementos_abordados_na_atividade
<ul style="list-style-type: none"> → Discussão e argumentação de temas de interesse de ciência e tecnologia → Relação entre conhecimentos disciplinares, interdisciplinares e interáreas → Estratégias para enfrentamento de situações-problema 	<ul style="list-style-type: none"> → Questões envolvendo situações do cotidiano do trânsito para serem respondidas. → Funcionamento de dispositivos de segurança dos veículos motorizados. → Problematização dos conhecimentos prévios dos alunos para elaborar estratégias de ensino.
Conteúdo	Objetivo da atividade
Conceitual	Apresentar situações-problema do cotidiano do trânsito relacionando-as com as Leis da Física
Procedimental	Responder as perguntas do questionário usando apenas conhecimentos prévios sem obrigatoriedade de termos científicos
Atitudinal	Iniciar o processo de conscientização dos alunos sobre os perigos da imprudência em situações cotidianas do trânsito

Fonte: Autoria própria

Durante a aplicação do pré-teste os alunos mantiveram-se concentrados na atividade sem conversas paralelas. Em alguns momentos percebia-se o início de pequenas discussões sobre as questões do pré-teste.

Na análise geral das respostas dos alunos, constatamos que houve um grande empenho na formulação das respostas, com a utilização de muitos argumentos. Devido a uma greve estadual da educação, ocorrida no ano anterior, a maior parte dos alunos participantes não teve contato com conteúdos de Física, o que evidencia ainda mais o empenho de cada um em responder as questões propostas. Nesta seção, analisaremos as questões 1,2,3 e 5 por julgarmos que estas possibilitaram repostas mais interessantes relativas aos conhecimentos prévios dos alunos. A análise das respostas nos possibilitou conhecer o que os alunos já sabiam sobre o tema e a orientar nossas ações nas atividades seguintes (ZABALA, 1998). Durante a análise apresentaremos algumas das respostas dadas pelos alunos.

6.1.1 Análise das questões do pré-teste

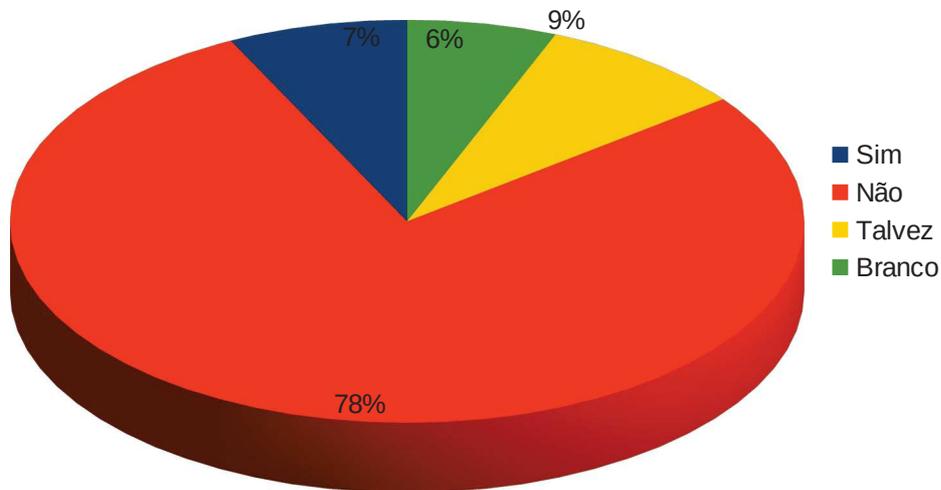
Questão 1

A luz de freio de um automóvel serve para alertar o motorista que vem atrás que o veículo à sua frente iniciou o processo de frenagem. Suponha que um motorista esteja dirigindo um carro a 110 km/h e outro motorista de um caminhão, que estava 30 m a sua frente, pisa bruscamente no freio fazendo-o parar quase imediatamente. O motorista do carro estava distraído e só percebe a frenagem do caminhão 1,0 segundo depois e aciona imediatamente os freios. Avalie a situação e diga se a manobra do motorista do carro irá evitar a colisão? Apresente seus argumentos.

Esta questão descreve uma situação do cotidiano do trânsito utilizando conceitos de cinemática e tempo de reação dos motoristas. A maioria dos alunos, mesmo que intuitivamente, porque ainda não haviam estudado os conceitos de cinemática necessários para resolvê-la algebricamente, respondeu que as chances de ocorrer uma colisão era alta. A questão foi respondida por 83 alunos. O gráfico 1 apresenta uma síntese das respostas dos alunos.

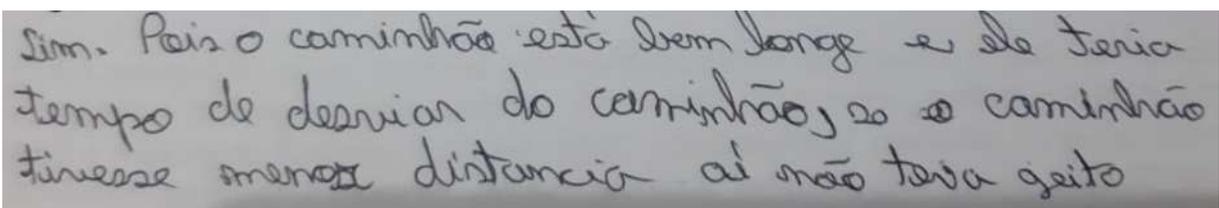
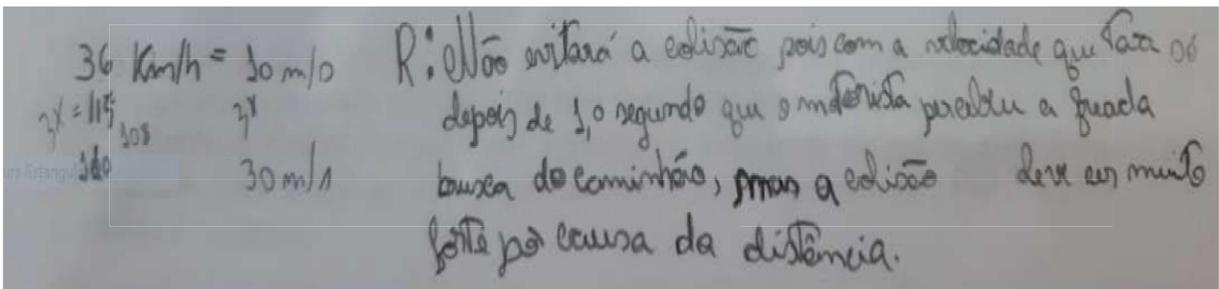
Gráfico 1 - Síntese das respostas da questão 1 do pré-teste

Resposta para questão 1 pré-teste



Fonte: Autoria própria

Os argumentos mais usados para justificar que o motorista **não irá evitar a colisão** foram a alta velocidade e a falta de atenção. Apenas um aluno fez a transformação da velocidade de km/h para m/s para argumentar sua resposta. Outro aluno, mesmo não fazendo a conversão, demonstra em sua resposta saber que um carro a 110 km/h percorreria mais que 30 m em 1 segundo.



A maioria dos alunos que responderam que “**sim, irá evitar a colisão**”, usou como argumento o fato de que 30 m seria uma distância longa o suficiente

para frear o carro. Isso demonstra que esses alunos não tinham o conhecimento de que um veículo a 110 km/h percorre pouco mais de 30 m em um segundo.

Somente 7 alunos responderam que o motorista “**talvez irá evitar a colisão**” e o argumento mais usado foi de que o motorista poderia tentar desviar a trajetória do veículo.

*pele ser que sim e pode ser que não o que ia estar
e ele presta atenção antes de tudo acontecer então se
ele for esperto acho que dá pra dar uma desviada*

Alguns alunos se queixaram, dizendo que o enunciado da questão 1 estava muito complexo. Imaginamos que por este motivo a deixaram sem resposta. Analisando as respostas da questão 1, observamos que, no geral, os alunos consideram a velocidade de 110 km/h alta e perigosa, mas que somente esse valor não passa toda a informação necessária para analisar situações como esta. Por isso, consideramos seja importante trabalhar a conversão de unidades de velocidade por se tratar de uma dúvida comum entre os alunos.

Questão 2:

As imagens das figuras (1) e (2) mostram a colisão de um veículo na traseira de um outro carro. Analise as duas situações e explique o motivo das diferenças entre elas.

Figura 24 - Imagem da questão 02



Fonte: <https://brainly.com.br/tarefa/434560> Acesso: 17/02/2019

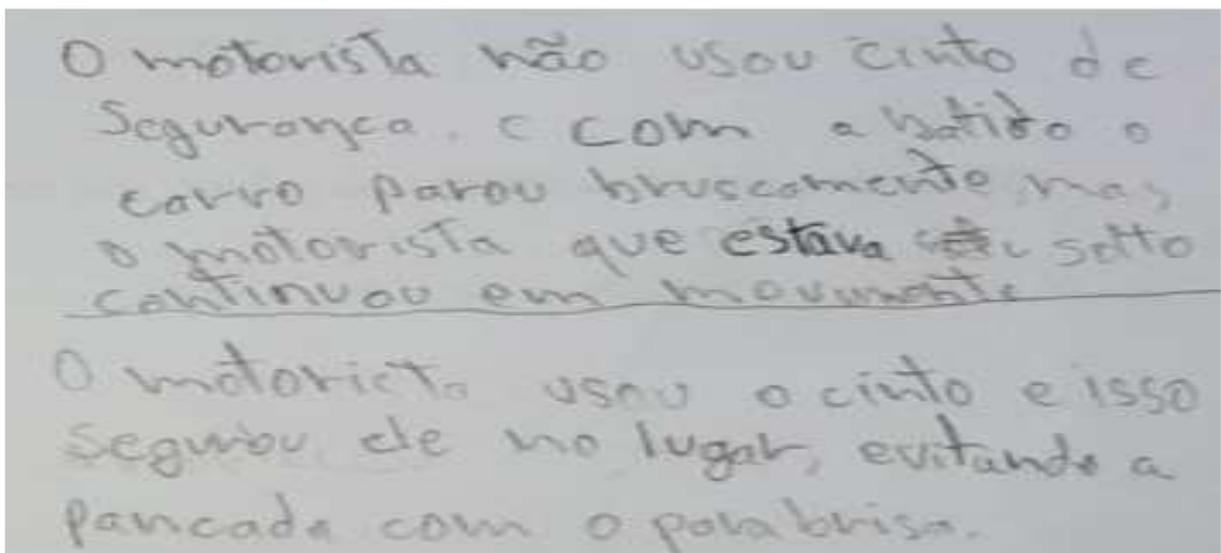
A segunda questão do pré-teste explora o conceito de inércia e chama a atenção para a importância do uso do cinto de segurança. Entre os argumentos usados pelos alunos em suas respostas destacaram-se os termos inércia, impulso, pressão e ação e reação. A frequência de utilização desses termos é apresentada no Gráfico 2.

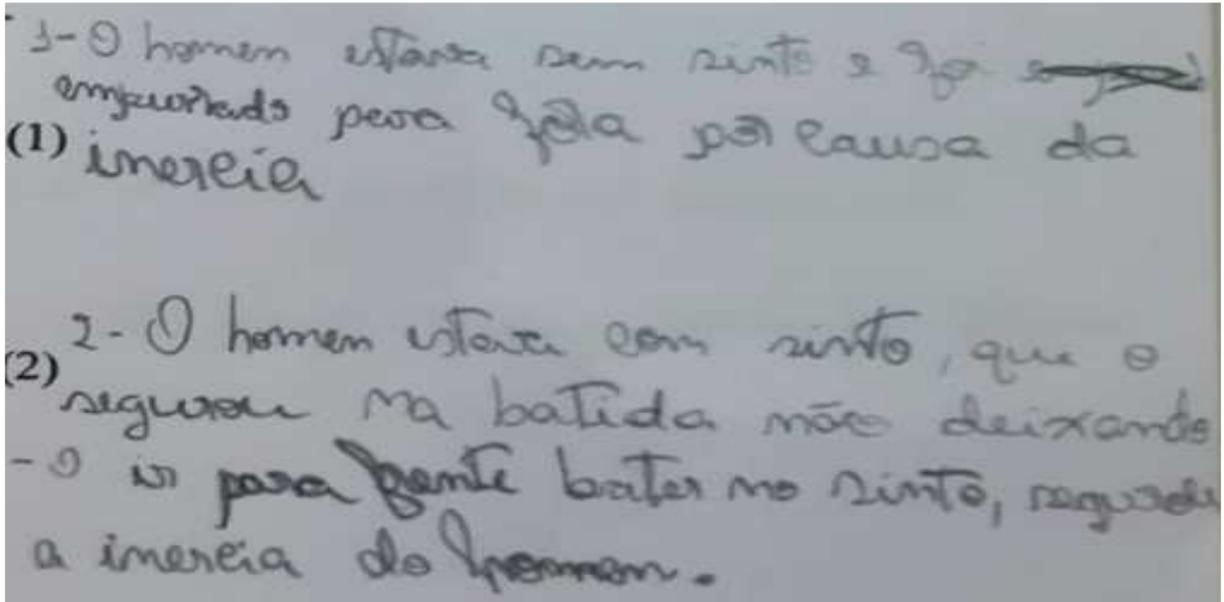
Gráfico 2 - Síntese das respostas à questão 02



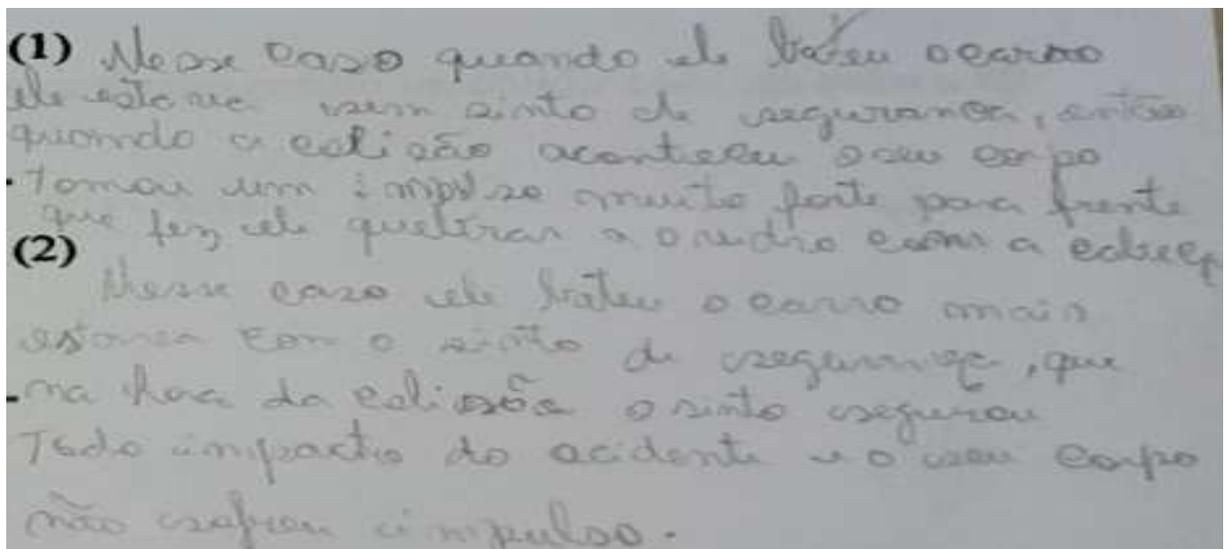
Fonte: Autoria própria

Apenas dois alunos usaram o conceito de inércia. Um deles afirmou que na primeira ilustração, o condutor, por não estar de cinto de segurança “continua em movimento” e bate contra o para-brisas do carro, enquanto outro aluno disse que o motorista é “empurrado para fora do carro por causa da inércia”. À seguir apresentamos as respostas desses alunos:

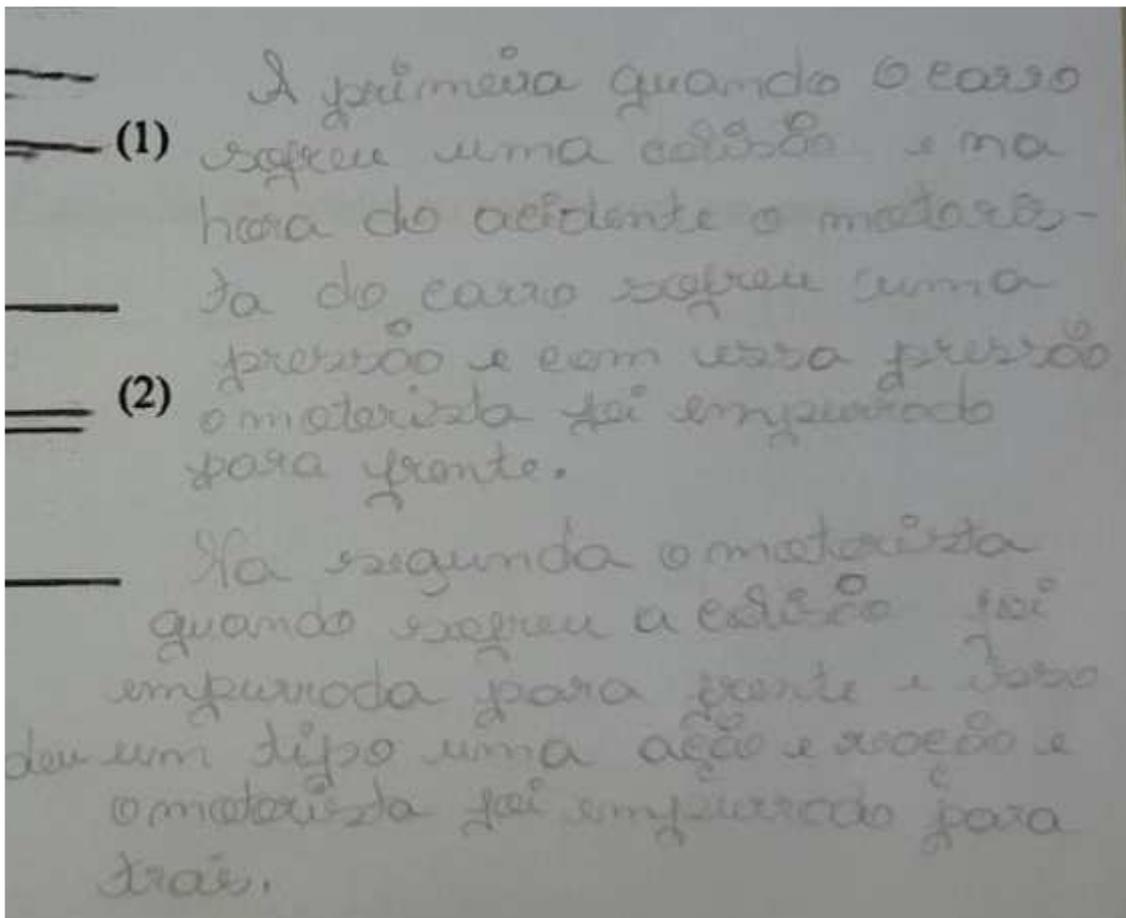




Dois alunos utilizaram o termo impulso em suas respostas. Em uma delas, o aluno afirmou que na primeira ilustração o motorista “tomou um impulso muito forte para frente” e na segunda ilustração o “cinto de segurança não deixou o motorista sofrer o impulso”. Abaixo podemos observar a resposta desse aluno.



Um dos alunos mencionou o termo pressão dizendo em sua resposta que na primeira ilustração o motorista “sofreu uma pressão” e assim “foi empurrado para frente”. Esse mesmo aluno justificou a segunda ilustração dizendo que o cinto de segurança atuou no corpo do motorista como “um tipo de ação e reação e o motorista foi empurrado para trás”.

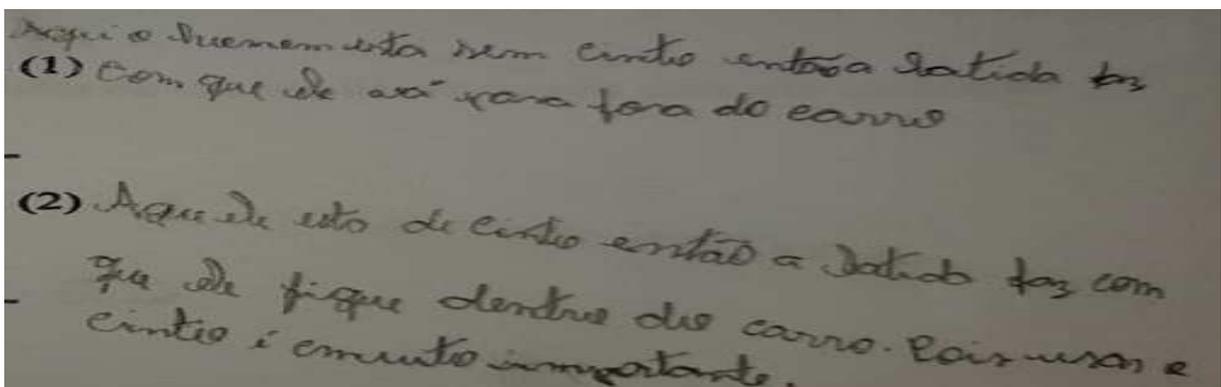


Muitas respostas usaram o argumento de que pelo fato de o motorista não usar o cinto de segurança este é “arremessado” ou “lançado” para fora do veículo. Pelas respostas percebe-se que os alunos confundem o conceito de inércia com o conceito de força e interpretaram a situação como se uma força empurrasse o motorista para fora do veículo.

na figura 1 a pessoa está sem cinto e isso é um erro no trânsito e por esse motivo pela forte colisão a pessoa foi arremessada para fora

na figura 2 o cinto segurou a pessoa fazendo com que ele fique ileso.

O restante dos alunos não utilizou termos/conceitos físicos em suas respostas, apenas disseram que o motorista não colide contra o para-brisas porque está usando o cinto de segurança. Muitos deixaram explícito que seu uso é essencial para diminuir os ferimentos e salvar vidas demonstrando o caráter conscientizador da questão. Isso pode ser observado na resposta abaixo. Para primeira ilustração o aluno diz que “sem cinto a batida faz com que ele vá para fora do carro.” Para segunda ilustração ele argumenta que o uso do cinto “faz com que o motorista fique dentro do carro. Pois usar o cinto é muito importante.



Analisando as respostas dos alunos conseguimos identificar quais conceitos precisavam ser trabalhados. Observamos que muitos não conhecem o conceito de inércia e que alguns utilizam os termos pressão e impulso como semelhantes ao conceito de força.

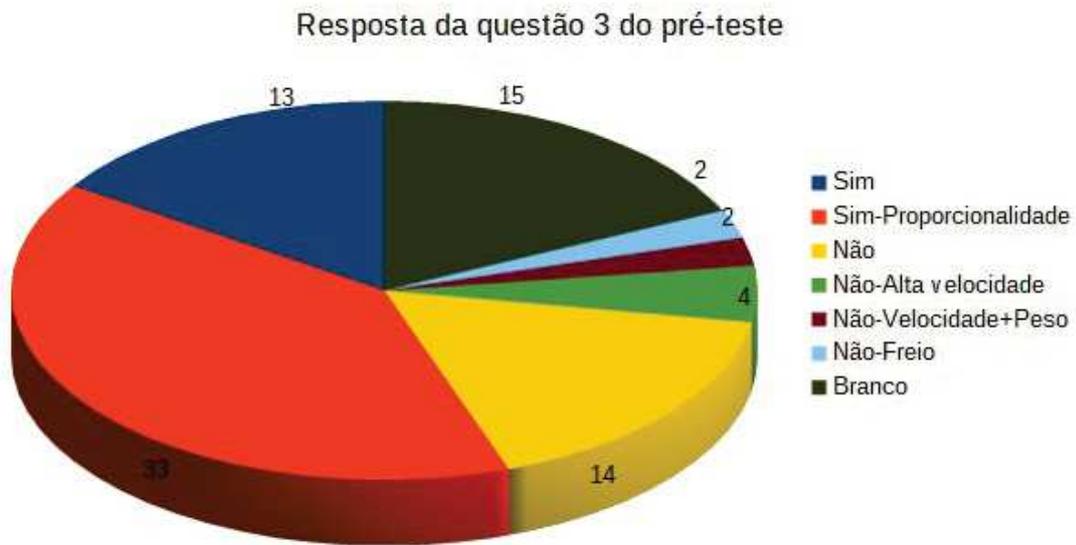
Questão 3:

Ônibus urbanos são projetados para trafegar a pouco mais de 50 km/h e o espaço necessário para que eles consigam parar totalmente é pouco mais de 30 metros, em condições ideais. Com uma velocidade de 100 km/h, e nas mesmas condições anteriores, você acha que seria possível este mesmo ônibus parar totalmente percorrendo uma distância de 60 m? Justifique sua resposta.

Essa questão aborda a relação da velocidade com energia cinética e distância de frenagem. Alguns alunos responderam apenas sim ou não, sem apresentar argumentos com algum conceito físico ou matemático. Entre os alunos que responderam sim e argumentaram sua resposta, a maioria se apoiou no conceito de proporcionalidade.

Alunos que responderam “não” e argumentaram sua resposta, destacaram conceitos de peso, alta velocidade do ônibus, e a dificuldade de frenagem desse tipo de veículo. Houve também alunos que não responderam a questão, talvez pela complexidade da pergunta. O gráfico a seguir mostra as categorias das respostas dos alunos.

Gráfico 3 - Síntese das respostas à questão 03



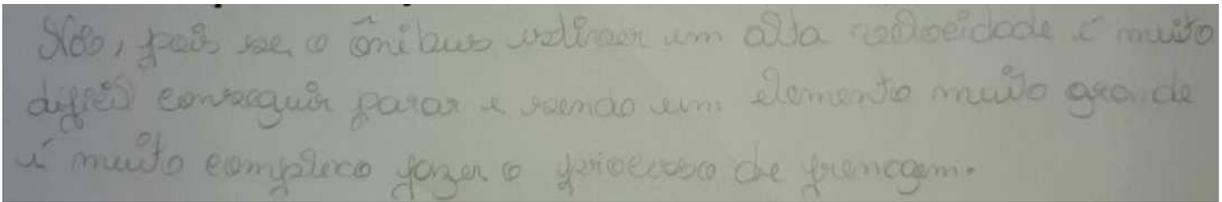
Fonte: Autoria própria

Observando o gráfico podemos constatar que o raciocínio mais usado nas respostas foi o de proporcionalidade. Muitos alunos julgam que pelo fato de a velocidade ter sido dobrada de 50 km/h para 100 km/h a distância de frenagem também seria o dobro. Apresentamos a seguir a resposta de um aluno que usou o argumento da proporcionalidade.

Sim pois se ele estiver a 100 km/h ele está o dobro do primeiro que é 50 km/h então 50 km/h precisa de 30m então 100 km/h precisa de 60m e é o número exato que temos nesse texto.

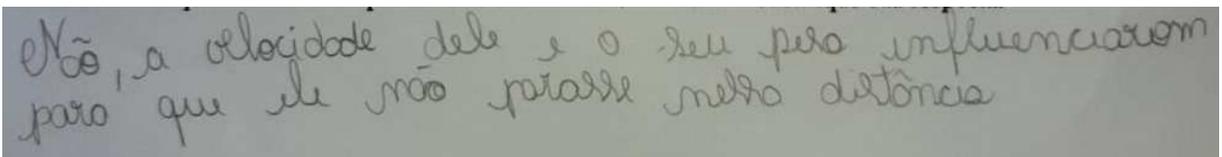
Um aluno afirmou que a distância de 60 m não seria suficiente para a frenagem do ônibus e usou como argumento a alta velocidade e a complexidade da

situação, mesmo sem ainda possuir os conhecimentos científicos necessários para constatar tal fato.



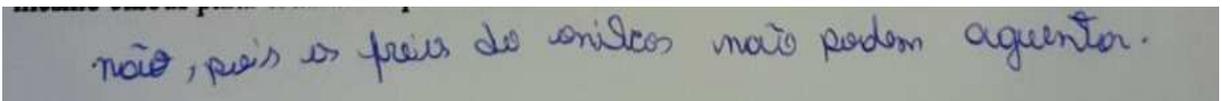
Não, pois se o ônibus estiver em alta velocidade é muito difícil conseguir parar e sendo um elemento muito grande é muito complexo fazer o processo de frenagem.

Outro conceito usado pelos alunos foi o peso do ônibus aliado à velocidade de 100 km/h, considerada alta por eles para este tipo de veículo. Provavelmente, nessas respostas os alunos confundem o conceito de peso com o conceito de massa.



Não, a velocidade dele e o seu peso influenciaram para que ele não parasse nessa distância.

Somente dois alunos usaram o argumento de que o freio do ônibus não seria suficiente para pará-lo na distância de 60 m. Não houve nenhuma menção ao atrito entre as rodas e o asfalto.



não, pois os freios do ônibus não podem aguentar.

A análise das respostas dadas à questão 3 indicam que nem sempre a noção intuitiva é suficiente para resolver questões um pouco mais complexas como esta, deixando evidente a necessidade de apreensão do conhecimento científico para uma abordagem mais fundamentada desses casos.

Questão 5:

Os automóveis atuais possuem muitos dispositivos de segurança para minimizar os danos aos passageiros durante possíveis colisões. Entre estes dispositivos podemos citar o Air-bag e o freio ABS (Antilock Braking System). Esses equipamentos tornaram-se obrigatórios em veículos fabricados no Brasil a partir de 2014. Argumente sobre o papel desses dispositivos para reduzir a gravidade dos acidentes.

Essa questão aborda o funcionamento dos dispositivos de segurança dos veículos, especificamente Air-bag e freio ABS. Pelas respostas dos alunos, percebe-se que eles conhecem os dispositivos citados, mas ainda assim tiveram dificuldades para produzir argumentos consistentes. Foram usados poucos conceitos físicos nas respostas. O gráfico 4 mostra as respostas divididas em quatro categorias:

Gráfico 4 - Síntese das respostas da questão 05



Fonte: Autoria própria

Quase todos alunos comentaram que o Air-bag impede o motorista de bater com a cabeça no volante, mas apenas um deles usou o termo impulso e mesmo assim de forma equivocada.

gravidade dos acidentes. Por exemplo, o carro bate, ao bater vai ser um impulso forte, o air-bag vai te ajudar

Dois alunos escreveram em suas respostas que o freio ABS não deixa que as rodas do carro fiquem travadas no momento de frenagem e por isso é um freio melhor e mais seguro para evitar acidentes mais graves.

gravidade dos acidentes.
O air-bag ajuda a pessoa não bater com a cabeça no volante se ele colidir com o carro e o freio ABS ajuda no carro frear sem deixar a roda travar e ele é um freio melhor.

Os freio ABS possuem uma tecnologia que faz o carro parar sem travar as rodas, isso evita que o carro derrape e perca o controle. O air-bag amortece o impacto do passageiro na hora da batida

A maioria das respostas apenas cita que o freio ABS é melhor que os freios comuns, deixando claro que os alunos não sabiam o motivo disso e não conheciam o funcionamento deste dispositivo. Um dos alunos demonstrou conhecer os dispositivos, mas confunde seu funcionamento. Na resposta ele indica que o freio ABS é mais eficiente porque trava as rodas do carro.

ajuda muito, pois sem Air-bag, você bateria a cara no volante, e o freio ABS trava as rodas e você para mais rápido

A partir das respostas dos alunos ao pré-teste constatamos que o conhecimento que eles possuíam sobre o tema tinha como base observações de situações cotidianas (senso comum). Poucos esboçaram um conhecimento mais elaborado. Ficou claro também que esse conhecimento não era suficiente para resolver os problemas apresentados, indicando a necessidade do aprimoramento do conhecimento científico.

6.2 MÓDULO 2 - ATIVIDADE EXPERIMENTAL: CÁLCULO DO TEMPO DE REAÇÃO DE UMA PESSOA ENTRE SENTIR E AGIR, E VER E AGIR

Este módulo foi composto por três aulas, nas quais os alunos realizaram duas atividades experimentais em grupo, responderam a um questionário, também em grupo, e, por fim, foram submetidos a uma situação-problema para aplicar os conceitos abordados. O quadro da análise das atividades encontra-se a seguir:

Quadro 5 - Síntese da análise do Módulo 2

MÓDULO 2	
ATIVIDADE EXPERIMENTAL PARA CÁLCULO DO TEMPO DE REAÇÃO DE UMA PESSOA ENTRE SENTIR E AGIR, E VER E AGIR	
Habilidades/Competências PCN+	Elementos abordados na atividade

<p>→ Elaborar comunicações analisar e sistematizar eventos, fenômenos, experimentos.</p> <p>→ Analisar, argumentar e posicionar-se criticamente em relação a temas de ciência e tecnologia.</p> <p>→ Identificar em dada situação-problema as informações ou variáveis relevantes e possíveis estratégias para resolvê-la.</p> <p>→ Relação entre conhecimentos disciplinares, interdisciplinares e interáreas.</p>	<p>→ Atividade experimental lúdica em grupo para coleta de dados com a finalidade de calcular o tempo de reação médio de uma pessoa.</p> <p>→ Utilizar a equação de queda livre para obter os valores de tempo de queda da régua.</p> <p>→ Calcular a média dos valores obtidos nos experimentos.</p> <p>→ Compreender que os impulsos nervosos não são instantâneos, mas tem uma velocidade limite, e que por isso o tempo de reação pode diferir entre as várias partes do corpo.</p> <p>→ Responder ao questionário com perguntas relativas aos conceitos abordados durante a aula.</p>
Conteúdo	Objetivo da atividade
Conceitual	Entender o que é o tempo de reação de uma pessoa
Procedimental	Coleta dos dados das atividades utilizando instrumentos como um cronômetro e régua milimetrada.
Atitudinal	Saber trabalhar em grupo e entre os grupos
ATIVIDADE EXPLORANDO O TEMPO DE REAÇÃO EM SITUAÇÕES COTIDIANAS	
<p>→ Elaborar comunicações analisar e sistematizar eventos, fenômenos, experimentos.</p> <p>→ Analisar, argumentar e posicionar-se criticamente em relação a temas de ciência e tecnologia.</p> <p>→ Identificar em dada situação-problema as informações ou variáveis relevantes e possíveis estratégias para resolvê-la.</p> <p>→ Relação entre conhecimentos disciplinares, interdisciplinares e interáreas.</p>	<p>→ Através de um experimento simples(medir o tempo de queda da borracha), revisar e consolidar conceitos abordados nas aulas anteriores como: tempo de reação, equação de queda livre, cálculo de média aritmética.</p>
Conteúdo	Objetivo da atividade
Conceitual	Entender a influência do tempo de reação em situações do cotidiano do trânsito
Procedimental	Analisar a diferença entre os valores de tempo obtidos utilizando o cronômetro para explicitar o tempo de reação de cada pessoa.
Atitudinal	Conscientizar os alunos sobre a influência do tempo de reação em situações cotidianas do trânsito, trabalhar em grupo.

Fonte: Autoria própria

6.2.1 Análise das atividades de cálculo de tempo de reação entre sentir e agir, e entre ver e agir

Na primeira atividade os alunos foram levados para a quadra da escola, pois era necessário um espaço amplo para realizá-la. Cada grupo posicionou-se em um local da quadra e, formando um círculo de mãos dadas, registraram, com o cronômetro do celular, o tempo que um sinal (aperto de mão) leva para percorrer toda a roda. A Figura 25 mostra esse momento da atividade.

Figura 25 - Alunos medindo o tempo de reação entre sentir e agir



Fonte: Autoria própria

A foto anterior retrata o momento em que uma das alunas, do grupo mais próximo, posicionada no centro da roda (ver seta), mostra para seus colegas o celular com o tempo de um dos registros. A Figura 26 mostra o momento em que a aluna anota o valor na folha de registro da atividade que foi distribuída aos grupos.

Figura 26 - Aluna registrando o tempo aferido no cronômetro



Fonte: Autoria própria

Os registros fotográficos ajudam a analisar os procedimentos dos alunos frente a tarefa que lhes foi dada. Segundo Zabala (1998) para avaliar os conteúdos procedimentais devemos propor situações que permitam a observação sistemática de cada um dos alunos. É preciso conhecer até que ponto eles sabem dialogar, debater, trabalhar em equipe, utilizar um instrumento etc.

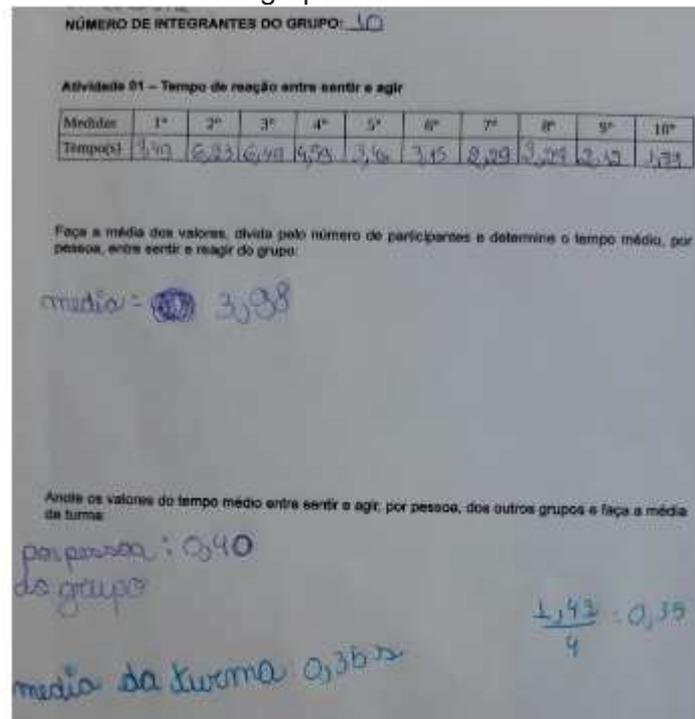
Nesta atividade, de certa forma, também foi possível avaliar os conteúdos atitudinais dos alunos. Segundo Zabala (1998) pode-se conhecer os avanços dos conteúdos atitudinais dos alunos por meio da observação sistemática das opiniões, das atuações nas atividades grupais, nos debates, na distribuição de tarefas e responsabilidades. Nessa tarefa, o professor apenas explicou como a atividade deveria ser desenvolvida. A escolha do líder, qual aluno ficaria encarregado de fazer as anotações, qual aluno deveria registrar o tempo com o celular, foram decisões tomadas por consenso entre os integrantes de cada grupo.

A posição de líder de cada grupo gerou um certo conflito no início, mas apenas momentâneo. Esse fato também corrobora para a avaliação dos conteúdos atitudinais. Segundo Zabala (1998), em um modelo em que não se observe a possibilidade do conflito, dificilmente pode-se observar os avanços e as dificuldades de progresso do aluno em situações dessa natureza.

Muitos alunos consideraram esta atividade como uma das melhores da sequência didática. Entendemos que o fato de eles poderem sair de sala de aula e realizar a atividade na quadra foi um dos fatores determinantes para seu sucesso, além é claro, dos méritos da própria atividade.

Durante sua realização foi possível perceber que os alunos estavam interessados e motivados para concluir o experimento. A cada rodada percebiam que o tempo de reação do grupo ia diminuindo e isso os incentivava a tentar diminuir ainda mais o tempo. A Figura 27 mostra os valores obtidos por um dos grupos, em que o tempo consecutivo foi sempre menor que o anterior.

Figura 27 - Registro dos tempos de reação de um dos grupos de trabalho



Fonte: Autoria própria

Outro fato interessante que ocorreu durante a atividade foi a tentativa de competição entre os grupos. Eles começaram a disputar qual grupo teria o menor tempo. Quando tinham uma folga, enquanto os líderes anotavam os valores, os alunos perguntavam aos colegas dos outros grupos qual teria sido o menor tempo obtido para saber quem estava sendo mais rápido.

Retomando o exemplo da Figura 27 pode-se observar que os valores de tempo foram diminuindo à cada medição: 7,49s – 6,23s – 6,49s – 4,59s – 3,46s – 3,15s – 2,29s – 2,27s – 2,12s – 1,79s. Na discussão das atividades o professor

procurou problematizar esses valores, indicando possíveis motivos de o tempo ir diminuindo.

A partir desses registros, cada grupo calculava o tempo médio de reação do grupo e por pessoa do grupo. No caso do grupo ilustrado na Figura 27, o valor médio do tempo de reação entre sentir e agir por pessoa foi de aproximadamente 0,40s. No conjunto da turma, o tempo médio de reação entre sentir e agir por aluno foi de 0,35s.

A segunda atividade desse módulo foi medir o tempo de reação entre ver e agir. Para isso, o professor explicou o experimento de queda da régua aos alunos e solicitou que se organizassem em duplas.

Nesta atividade, foram registrados dois problemas que foram contornados ao longo da aula. O primeiro foi que alguns alunos estavam acompanhando o movimento da régua com o braço ao tentar segurá-la. Isso fazia com que a distância de queda não correspondesse à quantidade que a régua caiu de fato. Por isso, o professor interrompeu o experimento e pediu para que os alunos que fossem pegar a régua apoiassem o braço na carteira, e que o único movimento que poderiam fazer seria o de pinça com os dedos para tentar segurar a régua.

O segundo problema foi que muitos alunos não sabiam fazer a conversão da distância da queda de centímetros para metros. Sobre isso, o professor apenas orientou que bastava dividir o valor em centímetros por cem para obter a distância da queda em metros, e que esse era o valor que deveria ser utilizado para calcular o tempo de queda da régua. A Figura 28 retrata o momento em que os alunos estão realizando o experimento.

Figura 28 - Alunos realizando atividade para determinar o tempo de reação entre ver e agir



Fonte: Autoria própria

A seta na foto indica o momento em que um dos alunos está preparando a régua para ser largada, com a marcação do zero entre os dedos polegar e indicador do colega. Observa-se que o colega está com o braço apoiado na carteira, conforme orientado pelo professor.

Durante essa etapa também pudemos observar o envolvimento e o comprometimento dos alunos. Quando calculavam a média de seus tempos, imediatamente informavam ao professor para que este anotasse o valor no quadro e assim pudesse ser calculada a média geral da turma, que foi de aproximadamente 0,20 segundos. A Figura 29 mostra os registros do experimento da régua de uma das duplas.

Figura 29 - Valores coletados por uma dupla de alunos na atividade ver e agir

Atividade 02 – Tempo de reação entre ver e agir

Aluno 1: *[nome]*

Medidas	1ª	2ª	3ª	4ª	5ª	Média
Distância(m)	0,16	0,17	0,18	0,17	0,16	—
Tempo(s)	0,17	0,18	0,19	0,18	0,17	0,18

Aluno 2: *[nome]*

Medidas	1ª	2ª	3ª	4ª	5ª	Média
Distância(m)	0,17	0,19	0,18	0,18	0,19	—
Tempo(s)	0,18	0,19	0,17	0,18	0,19	0,18

Fonte: Autoria própria

De um modo geral, consideramos que as duas atividades foram bem sucedidas e ocorreram de acordo com o planejamento da sequência didática. Na sequência iremos analisar as respostas dos alunos às perguntas do questionário que foi disponibilizado logo após a realização das atividades experimentais. As duas primeiras perguntas tratavam apenas dos registros dos tempos médios de reação entre sentir e agir e ver e agir. Na sequência apresentaremos a análise das demais questões.

A terceira questão solicitava aos alunos que explicassem *por que o tempo entre sentir e agir é diferente do tempo entre ver e agir*.

O propósito dessa questão era promover um debate sobre os possíveis motivos da diferença entre os dois valores de tempo de reação encontrados nas atividades anteriores. Um dos pontos positivos desta atividade foi que os alunos se mostravam motivados a discutir a questão até chegarem a uma resposta. Isso pôde ser percebido nos registros do diário de bordo do professor:

“...alguns grupos começaram ter dificuldades e os questionamentos por parte dos alunos começaram a surgir:

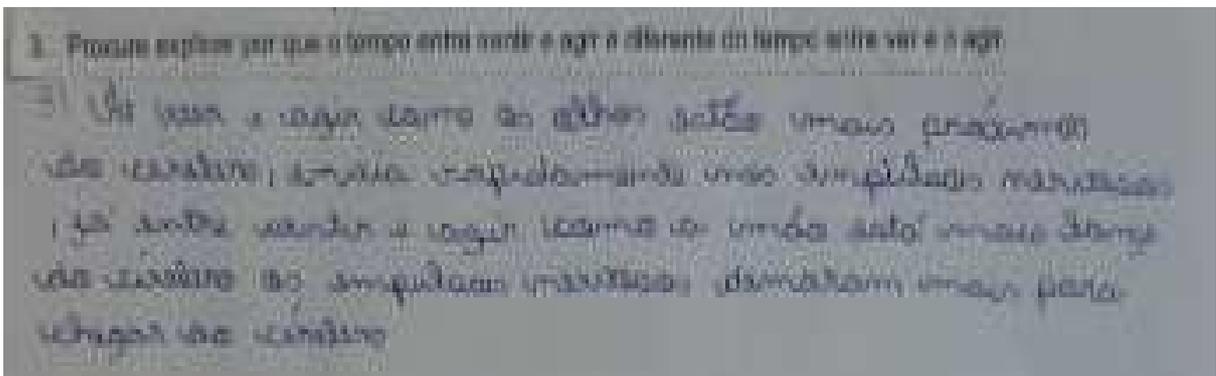
— “Como vamos explicar esta diferença de tempo? Não faço nem ideia.”

Para auxiliar os alunos o professor fez o seguinte questionamento:

— Sobre as duas experiências que foram feitas, em qual delas o impulso nervoso percorreu um maior caminho?

Dito isso, esperou alguns minutos para que os alunos chegassem a uma conclusão. Um dos grupos respondeu:

— Na experiência de sentir e agir. Porque nela o impulso nervoso vai da ponta de uma mão até a outra enquanto na experiência de ver e agir vai dos olhos até a ponta dos dedos.” As respostas registradas pelos grupos, mesmo que de formas diferentes demonstram a mesma compreensão.



A quarta questão pedia para que os alunos, a partir dos dados da experiência, procurassem *determinar a velocidade média dos impulsos nervosos no nosso corpo*.

Mesmo sem ter tido uma aula formal sobre o conceito de velocidade média, a maioria dos alunos conseguiu resolver esta questão. A dúvida comum entre os grupos foi sobre qual seria o valor para distância a ser utilizada em cada caso. Então, o professor sugeriu que fosse feita a medida da distância entre as pontas dos dedos de uma mão a outra de alguns alunos (envergadura), e que depois obtivessem a média das medidas. O valor encontrado foi de 1,75m. Depois eles calcularam a velocidade média do impulso nervoso dividindo esse valor por 0,35s, que foi o tempo médio entre sentir e agir. O valor encontrado para velocidade foi de 5 m/s.

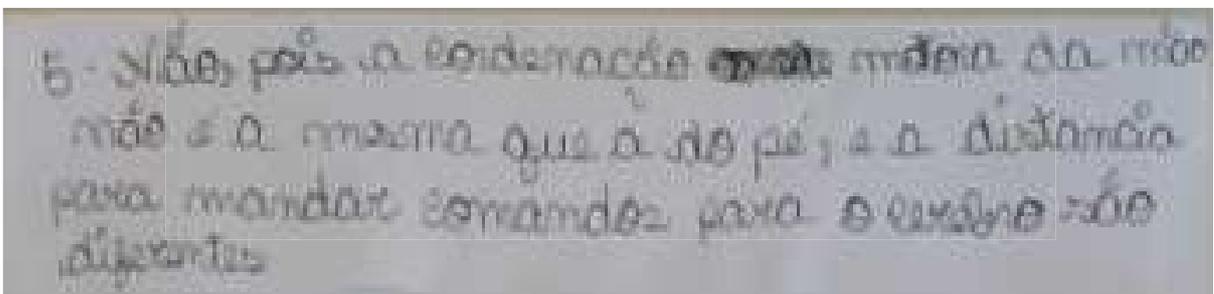
Um dos objetivos dessa questão era trabalhar o conceito de velocidade média antes de sua formalização matemática. A situação problematizadora foi essencial neste caso, pois os alunos conseguiram resolver a questão sem muitas dificuldades, a partir da ideia intuitiva de que o valor de uma velocidade é o resultado

da divisão de uma distância por um intervalo de tempo. Isso parecia obvio para os alunos e muitos escreveram a unidade m/s pela primeira vez nesta questão.

A quinta questão indagou se o tempo de reação para ver e agir com a mão é o mesmo que o tempo para ver e agir com o pé? E por quê?

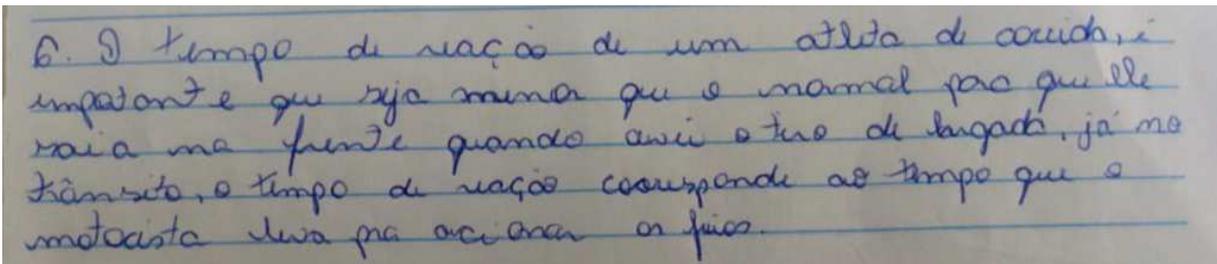
Essa questão ampliou a reflexão dos alunos sobre o assunto, deixando mais evidente para eles que o impulso nervoso não é instantâneo, e que o tempo de reação pode depender da distância que este deverá percorrer. Apesar de sabermos que biologicamente não é exatamente dessa forma que ocorre, a ideia era estimular os estudantes a analisar a situação a partir das hipóteses levantadas na questão anterior.

Durante a resolução dessa questão houve muito debate entre os alunos sobre situações em que as diferenças entre os tempos de reação seriam impactantes. Foram citadas situações do cotidiano do trânsito e também dos esportes. A troca de informações entre os alunos pode ser apontada como um dos pontos mais positivos da metodologia adotada para a SD. Neste caso, eles elencaram fatores relacionados à coordenação motora e à distância do percurso dos impulsos nervosos, com mostra a resposta de um dos grupos apresentada a seguir.



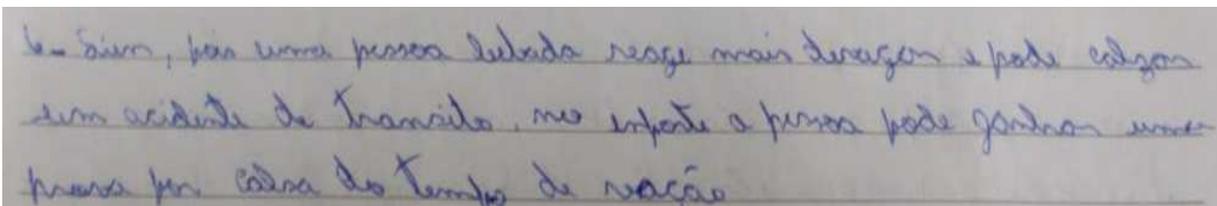
Na sequência, a questão 6 indagou se o tempo de reação influencia em situações de segurança no trânsito e nos esportes.

Os alunos não demonstraram dificuldade para responder a pergunta. Houve vários tipos de respostas. Destacamos duas que apresentaram situações que ainda não haviam sido discutidas com a turma. Um grupo associou o conceito de tempo de reação no trânsito ao fato de acionar rapidamente os freios, e nos esportes ao momento em que o atleta ouve o tiro da largada e reage.



6. O tempo de reação de um atleta de corrida, é importante que seja menor que o normal pois que ele vá a na frente quando ouvir o tiro de largada, já no trânsito, o tempo de reação corresponde ao tempo que o motorista leva pra acionar os freios.

Outro grupo aliou o fato de uma pessoa embriagada reagir mais lentamente no trânsito, e dessa forma ocasionar um acidente. Consideramos isso um indicativo de que essa forma de ensino ajuda na conscientização dos alunos sobre os perigos relacionados à condução de veículos desde a adolescência.



6. Sim, pois uma pessoa bebada reage mais devagar e pode causar um acidente de trânsito, no entanto a pessoa pode ganhar uma multa por causa do tempo de reação.

Foi observado também que os grupos apresentaram respostas distintas, o que, de certa forma, remete ao comprometimento dos alunos em responder as questões sem se ocupar em copiar a resposta de outro grupo. Além disso, vale ressaltar que os professores da escola encontram dificuldades em fazer com que os alunos resolvam provas com perguntas abertas. Geralmente as questões abertas retornam sem respostas. Nesta aula todos os grupos responderam as questões, e cada grupo descreveu um exemplo diferente. Consideramos que o fator determinante para isso tenha sido o interesse que a atividade despertou e o debate que o tema proporciona. Entendemos que isso contribuiu para o sucesso da aula.

A última questão teve a intenção de colocar em cheque as hipóteses construídas pelos alunos até então. Para isso, foi feita a seguinte pergunta: *Algumas espécies de dinossauros mediam cerca de 30 metros do topo da cabeça até a ponta de sua cauda. Supondo que a velocidade dos impulsos nervosos nesse dinossauro fosse igual à nossa (aquela que você calculou), quanto tempo ele levaria para reagir a uma mordida na ponta de seu rabo?*

Sabíamos que os alunos, provavelmente, iriam utilizar o mesmo raciocínio empregado para resolver a questão 4, e que o resultado poderia colocar em cheque argumentos utilizados em questões anteriores, ajudando a compreender como a ciência é feita.

Conforme esperado, não houve muita dificuldade na resolução da questão. Os grupos partiram do mesmo pressuposto usado para calcular a velocidade média dos impulsos nervosos no corpo humano. Alguns grupos só tiveram dúvida sobre qual o valor da distância que deveria ser utilizada, mas conseguiram chegar a uma resposta a partir da intervenção do professor e debatendo internamente com os colegas. A seguir apresentamos um exemplo de resolução apresentada por um dos grupos.

$v = \frac{d}{t}$ $f = \frac{30}{5}$ $f = 12s$
 $s = \frac{30}{t}$ $f = 6s$

O tempo total vai ser 12 segundos pois o impulso nervoso vai sair da ponta do rabo até a cabeça e depois vai voltar para o rabo então vai ser 6.2

Todos os grupos conseguiram resolver a questão, e chegar a um valor de aproximadamente 12 segundos. Porém, nenhum grupo comentou o fato de esse valor de tempo parece ser muito alto para uma reação. Nesse caso, entendemos que seria importante que o professor tivesse questionado o valor obtido por meio de um debate sobre o que isso significaria para sobrevivência da espécie. Infelizmente, pelo fato de aula estar terminando, não foi possível fazer a condução desse debate com a turma. Também seria uma oportunidade interessante para desenvolver um trabalho interdisciplinar com professores das áreas de biologia e química.

6.2.2 Análise da atividade explorando o tempo de reação em situações cotidianas

No início da aula foi exibido o vídeo: “Moto Perpétuo – Leis da Física, Leis do Trânsito”. Esse material faz parte de um programa do grupo Fiat Automóveis, da década de 1990, que visava chamar a atenção de alunos da escola básica para situações perigosas no cotidiano do trânsito e explicitar a relação existente entre as

leis da Física e as leis do trânsito. O vídeo foi previsto, originalmente, para ser apresentado na primeira aula da SD, antes da aplicação do pré-teste, mas, devido um imprevisto ocorrido na escola, isso não foi possível.

Durante a exibição do vídeo a turma manteve o silêncio e assistiram tudo com atenção. Quando não entendiam algum conceito ou algo que os atores do filme diziam, pediam para voltar o vídeo. Ao término da apresentação, os alunos se mostraram mais interessados pelo tema, e alguns deles procuraram o professor para tirar dúvidas sobre o vídeo e questionar algumas cenas. Consideramos esse fato um ponto positivo, o que nos leva a sugerir que em uma futura aplicação da sequência didática o professor poderia propor um debate mais ampliado sobre o filme.

Depois da exibição do vídeo a aula prosseguiu com o professor apresentando uma situação-problema a partir do seguinte experimento: segurando uma borracha a aproximadamente 1,5 metros do chão perguntou aos alunos se é possível saber quanto tempo a borracha leva para cair.

Segundo Delizoicov, Angotti e Pernambuco (2002) a problematização inicial é um importante momento pedagógico. É nessa etapa que se apresentam questões e/ou situações para discussão com os alunos, visando relacionar o estudo de um conteúdo com situações reais que eles conhecem e presenciam, mas que não conseguem interpretar completa ou corretamente porque provavelmente não dispõem de conhecimentos científicos suficientes. Ou seja, é na problematização que se deseja aguçar explicações contraditórias e localizar as possíveis limitações do conhecimento que vem sendo expressado. Nesse momento é conveniente que o professor tenha uma postura mais questionadora e que lance dúvidas sobre o assunto ao invés de fornecer respostas e explicações.

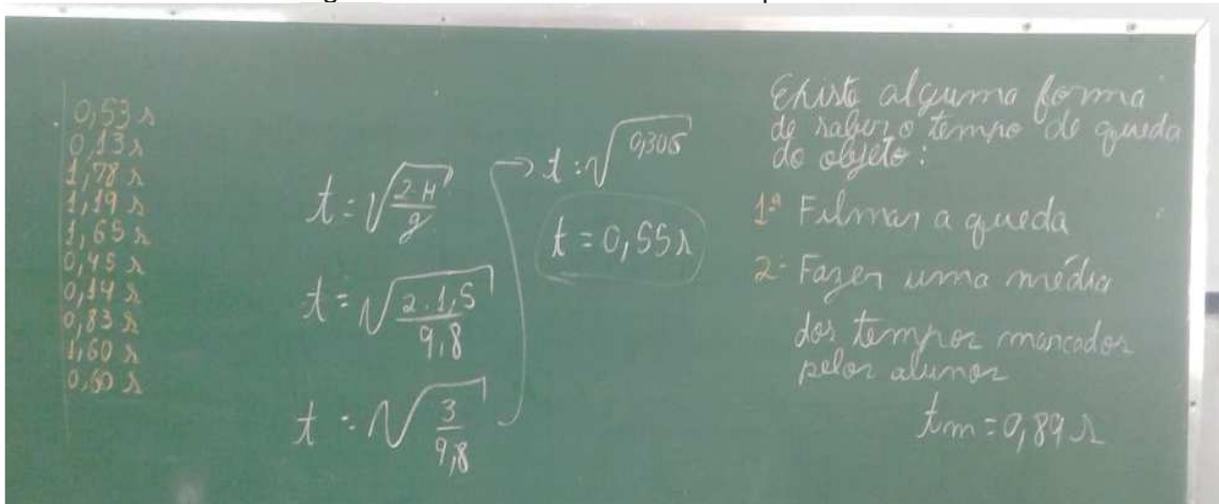
A partir desse questionamento, alguns alunos responderam que poderíamos filmar a queda, outros também disseram para usar um cronômetro. Depois de uma breve discussão optamos por utilizar o cronômetro dos celulares para a medição do tempo de queda.

O professor direcionou a atividade fazendo vários questionamentos para despertar nos alunos a vontade de participar ativamente da aula. Isso realmente aconteceu. Em momentos como a medição do tempo de queda da borracha houve até disputa entre os alunos para ver quem iria medir os tempos e sempre que era feita uma pergunta muitos alunos levantavam o braço querendo responder. A participação também foi evidente no cálculo da média dos tempos de queda. Alguns

alunos ao perceberem que foram mensurados vários tempos com valores diferentes, calcularam a média em seu próprio caderno e pediram que fosse anotada no quadro pelo professor.

A Figura 30 mostra o registro no quadro dos valores medidos pelos alunos com o cronômetro do celular. Também podemos ver o tempo de queda calculado a partir da equação de queda livre e a média dos tempos.

Figura 30 - Valores cronometrados pelos alunos



Fonte: Autoria própria

Pela atitude e comportamento dos alunos durante a coleta dos dados, ficou evidente a compreensão do conceito de tempo de reação, trabalhado nas aulas anteriores. Percebe-se que alguns valores registrados são bem menores que o tempo calculado. Isso indica que os alunos disparavam e paravam o cronômetro antes dos eventos, tentando antecipar o tempo de reação. Os alunos que perceberam essa atitude dos colegas chegaram a protestar com o professor, o que demonstra que estavam atentos à atividade proposta.

Ao final da aula os alunos perceberam a inviabilidade de fazer a medição do tempo de queda com o cronômetro em função do tempo de reação necessário para dispará-lo e pará-lo novamente. Assim, consideramos que o objetivo da aula foi alcançado. Além disso, essa atividade permitiu que os alunos expressassem suas ideias de forma individual, expondo aquilo que haviam aprendido sobre o assunto.

6.3 MÓDULO 3 – OS PERIGOS DA VELOCIDADE NO TRÂNSITO

Este módulo teve início com a seguinte problematização inicial: “O que você considera mais perigoso, uma queda do quinto andar de um prédio ou a colisão de um veículo a 100 km/h?”. A partir dessa questão, o professor direcionou a discussão dos alunos procurando chamar a atenção para o tema que seria abordado. O quadro 6 a seguir apresenta a síntese da análise desta aula:

Quadro 6 - Síntese da análise do Módulo 3

MÓDULO 3	
ATIVIDADE Os perigos da velocidade no trânsito	
Habilidades/Competências PCN+	Elementos abordados na atividade
<ul style="list-style-type: none"> → Elaborar comunicações analisar e sistematizar eventos, fenômenos, experimentos. → Analisar, argumentar e posicionar-se criticamente em relação a temas de ciência e tecnologia. → Identificar em dada situação-problema as informações ou variáveis relevantes e possíveis estratégias para resolvê-la. 	<ul style="list-style-type: none"> → Através de uma situação problematizadora, apresentar a equação $V=gt$ para calcular a velocidade de queda de um objeto de uma certa altura; demonstrar como converter da unidade m/s para km/h → Apresentar o vídeo “A diferença entre 60 km/h e 65 km/h” com a finalidade de conscientizar os alunos sobre os perigos da velocidade no trânsito e introduzir o conceito de energia cinética.
Conteúdo	Objetivo da atividade
Conceitual	Entender como utilizar a equação de queda livre para calcular a velocidade de um objeto; introdução inicial do conceito de energia cinética.
Procedimental	Fazer estimativas, cálculos e conversões de unidades; reforçar os conceitos trabalhados anteriormente.
Atitudinal	Participar da aula tanto em grupo quanto individualmente, conscientizar os alunos sobre os perigos da velocidade no trânsito

Fonte: Autoria própria

6.3.1 Análise da primeira aula do módulo

A proposta desta aula foi sistematizar alguns conceitos que já haviam sido discutidos ou apresentados por meio das experiências e das problematizações anteriores e incorporar novos conceitos. A partir da nova situação-problema os

alunos foram induzidos à apropriação de conceitos e à aplicação de algumas fórmulas sobre o tema abordado.

O artifício da situação-problema é usado para fugir do método tradicional de ensino em que o aluno apenas tenta decorar conceitos e fórmulas que muitas vezes não fazem sentido, por não estarem contextualizadas em situações do seu cotidiano. Para Delizoicov e Angotti (1990), a finalidade desse momento pedagógico é propiciar um distanciamento crítico do aluno ao se defrontar com as interpretações das situações propostas para discussão, e fazer com que ele sinta a necessidade da aquisição de outros conhecimentos que ainda não detém.

Essa estratégia mostrou-se eficaz em atrair a atenção dos alunos para o tema abordado, que se sentiram desafiados a buscarem uma solução para a situação apresentada. O simples fato de o professor lançar o questionamento já estimulou os alunos a pensar em possíveis soluções para o problema. Nesta aula já foi possível perceber um forte engajamento dos alunos. Foram apresentados vários questionamentos, individuais e em grupos. Isso foi destacado nas anotações do professor:

“Apresentada a situação-problema muitos alunos começam a questionar fazendo perguntas como: “ A pessoa vai cair de cabeça no chão ou de pé?”
“E a pessoa no carro, está usando o cinto de segurança?”

Para que todos analisassem a situação, a partir dos mesmos parâmetros, ficou decidido que a pessoa do veículo não estaria de cinto de segurança. Para direcionar a discussão o professor solicitou que os alunos se concentrassem em como comparar as duas situações. Qual o fator comum que poderia indicar a situação mais perigosa?

Alguns alunos, após uma breve discussão, responderam que deveríamos saber qual velocidade é alcançada na queda do quinto andar, mas não sabiam como fazer isso. Outro aluno comentou:

— “Essa velocidade vai depender da altura não é mesmo?”

A partir daí foram feitos outros questionamentos pelo professor para direcionar a turma:

— Qual é a altura do quinto andar de um prédio? Como podemos estimar essa altura?”

A discussão foi conduzida pelo professor por meio de outros questionamentos, até que possíveis respostas comesçassem a surgir. Para resolver a

situação-problema foi preciso passar por várias etapas, como: estimar a altura do quinto andar de um prédio, calcular o tempo de queda, estimar a velocidade com que o corpo chegaria ao solo; e, por fim, calcular essa velocidade final.

Todas as etapas foram feitas em conjunto com a turma, que foi muito ativa nesta aula, com o professor e os alunos discutindo e chegando conjuntamente às conclusões. No final do processo foi passado um questionário com o objetivo de sistematizar o conteúdo discutido nas duas últimas aulas.

Mesmo que as perguntas já tivessem sido respondidas durante a discussão da situação problema, entendemos que esse tipo de avaliação é importante porque permite que os alunos possam expressar os conceitos apreendidos, e que o professor tenha a possibilidade de checar o entendimento destes. Assim, no momento de responder o questionário, os alunos podiam debater suas ideias, opiniões e as possíveis respostas em grupo. Dessa forma, esse instrumento torna-se uma fonte de informações para se conhecer os avanços nas aprendizagens e também o desenvolvimento dos conteúdos atitudinais e procedimentais, por meio da observação sistemática das atuações dos alunos no decorrer da atividade.

Além disso, o questionário cumpre o papel da terceira etapa dos momentos pedagógicos que envolve a aplicação do conhecimento. Segundo Delizoicov, Angotti e Pernambuco (2002), essa etapa destina-se a empregar o conhecimento do qual o estudante vem se apropriando para analisar e interpretar as situações propostas na problematização inicial e em outras situações que possam ser explicadas e compreendidas pelo mesmo conceito. A seguir apresentamos a análise de algumas respostas.

6.3.2 Análise das Questões

Questão 1 – *É possível medir o tempo de queda de um objeto próximo ao solo? Descreva alguma(s) maneira(s) de fazer esta medida.*

Pela resposta a seguir pode-se observar a apropriação do conhecimento científico por parte dos alunos. Antes eles consideravam que a única forma de medir o tempo seria utilizando o cronômetro, mas agora entendem que o tempo de queda também pode ser obtido por meio de uma fórmula matemática.

maneira(s) de fazer esta medida. Existem várias formas de fazer isso. Antes eu achava que o único jeito seria usar um cronômetro, mas não seria um valor muito correto por causa do tempo de reação e na aula eu aprendi que posso usar esta fórmula $t = \sqrt{\frac{2H}{g}}$ para saber o tempo.

Questão 2 – Porque os tempos de queda medidos pelos alunos são diferentes? Com base nos conhecimentos adquiridos nas aulas anteriores explique sua resposta o mais detalhadamente possível.

Dois grupos disseram que o motivo dos diferentes tempos de queda medidos pelos alunos, seria pelo fato de que cada pessoa possui um tempo de reação diferente, e este dependeria de vários fatores como altura, agilidade etc.

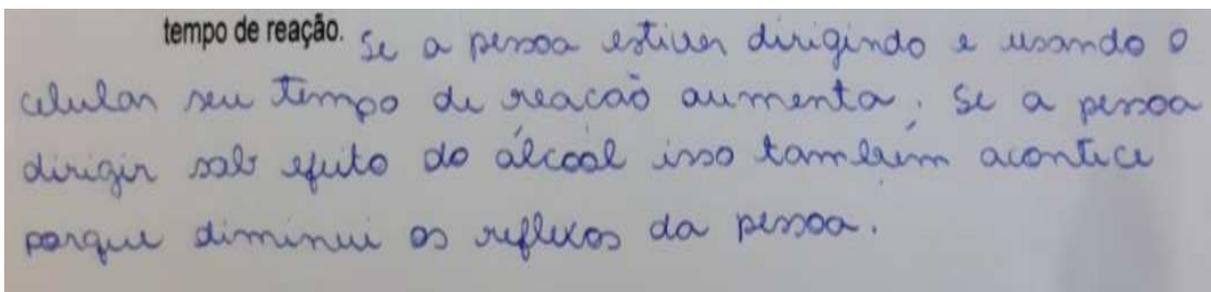
possível. Porque cada pessoa tem um tempo de reação diferente que depende de vários fatores diferentes como agilidade tamanho da pessoa, pois quanto maior, mais distante é o caminho do impulso nervoso.

Porque o tempo de reação de cada pessoa é diferente, e também varia de pessoa para pessoa por vários fatores, como: tamanho e agilidade do corpo e mente etc...

Analisando as respostas, podemos concluir que houve uma boa compreensão do conceito de tempo de reação. As atividades propostas propiciaram aos alunos a percepção de que o tempo de reação não depende somente de características humanas como agilidade, reflexos e tamanho da pessoa, mas também do tipo de situação em que o indivíduo se encontra, como por exemplo, dirigir alcoolizado ou falando ao celular. Isso pode ser observado tanto nas respostas quanto as atitudes dos alunos, durante a realização das atividades.

Questão 3 – Dê dois exemplos de situações do cotidiano do trânsito que são diretamente impactadas pelo tempo de reação.

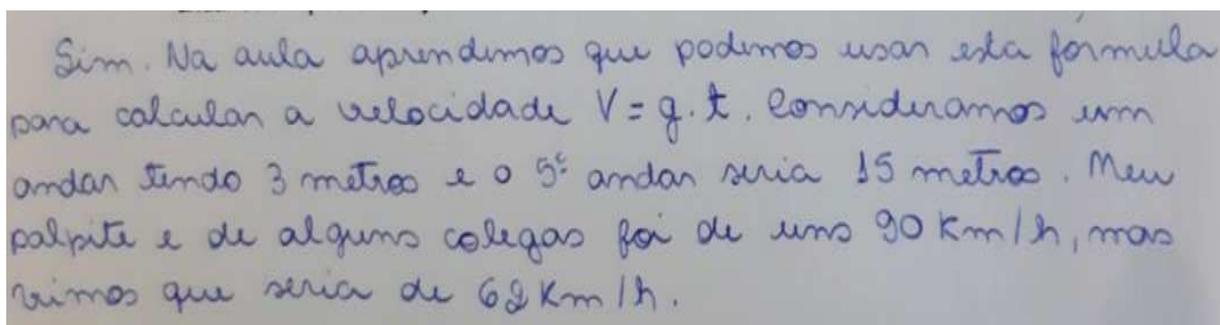
Um dos grupos respondeu que o fato de dirigir usando o celular ou dirigir alcoolizado aumenta o tempo de reação de uma pessoa. O que nos leva a observar o efeito conscientizador da atividade que chama a atenção dos alunos, desde jovens, para os perigos desses comportamentos imprudentes.



tempo de reação. Se a pessoa estiver dirigindo e usando o celular seu tempo de reação aumenta. Se a pessoa dirigir sob efeito do álcool isso também acontece porque diminui os reflexos da pessoa.

Outros grupos evidenciaram em suas respostas que o tempo de reação é um fator decisivo para evitar acidentes, em momentos que o condutor do veículo deve frear bruscamente quando, por exemplo, o veículo da frente freia repentinamente ou quando um pedestre passa inesperadamente pela via. Em todas as situações ficou claro que os alunos já dominam esse conceito a ponto de aplicá-los em situações diversas.

Questão 4 – *É possível saber a velocidade com que um corpo chega ao chão em uma queda do quinto andar de um prédio? Faça uma estimativa desta velocidade e da altura de queda.*



Sim. Na aula aprendemos que podemos usar esta fórmula para calcular a velocidade $V = g \cdot t$. Consideramos um andar tendo 3 metros e o 5º andar seria 15 metros. Meu palpite e de alguns colegas foi de uns 90 km/h, mas vimos que seria de 62 km/h.

As respostas dadas pelos grupos indicam que os alunos compreenderam os conceitos abordados durante a aula. A seguir podemos observar os cálculos realizados por um dos grupos.

Calculos:

Questão 1 -

$$t = \sqrt{\frac{2 \times 15}{9,8}} \rightarrow t = \sqrt{\frac{30}{9,8}} \rightarrow t = \sqrt{3,06} \rightarrow t = 1,75$$

Questão 4 -

$$v = g \cdot t$$

$$v = 9,8 \cdot 1,75$$

$$v = 17,15 \text{ m/s} \times 3,6$$

$$v \approx 62 \text{ km/h}$$

É importante destacar que, para maioria dos alunos, era a primeira vez que estavam tendo contado com as equações que descrevem o movimento dos corpos.

Questão 5 – *O que você considera mais perigoso, uma queda do quinto andar de um prédio ou a colisão de um veículo a 100 km/h?*

Apesar de a quinta questão retomar a problematização inicial da aula, houve muitas respostas interessantes. Alguns grupos mostraram que mudaram de opinião após tomarem conhecimento dos conceitos abordados durante a aula. Destacamos a resposta apresentada um grupo que considerava mais perigoso uma queda do quinto andar, pois.

Sempre achei que seria mais perigoso cair do 5º andar porque quando chegamos perto da laje de um terraço já ficamos tonto e com medo de cair e quando estamos de carro a 100 km/h não sentimos medo. Por isso esse tipo de colisão é muito perigoso, porque a velocidade de queda do 5º andar é bem menor que 100 km/h.

Entendemos que trata-se de uma comparação complexa e que há inúmeras variáveis que podem interferir no fenômeno. Porém, procuramos focar no nosso

objetivo principal que era chamar a atenção dos alunos para os perigos da velocidade no trânsito, e isso foi alcançado.

6.4 MÓDULO 4 – UTILIZANDO DO SOFTWARE TRACKER

Este módulo foi composto por duas aulas e teve como situação problematizadora a seguinte questão: *Como podemos saber se os motoristas que trafegam pelas ruas da cidade, ou pelas ruas de seu bairro, estão respeitando os limites de velocidade?* O quadro 7, a seguir, apresenta a síntese da análise.

Quadro 7 - Síntese da análise do Módulo 4

MÓDULO 4	
ATIVIDADE Utilizando o software Tracker para medir a velocidade de automóveis	
Habilidades/Competências PCN+	Elementos abordados nas atividades
<ul style="list-style-type: none"> → Ler, articular e interpretar símbolos e códigos em diferentes linguagens e representações: sentenças, equações, gráficos. → Elaborar comunicações analisar e sistematizar eventos, fenômenos, experimentos. → Analisar, argumentar e posicionar-se criticamente em relação a temas de ciência e tecnologia. → Identificar em dada situação-problema as informações ou variáveis relevantes e possíveis estratégias para resolvê-la. 	<ul style="list-style-type: none"> → Apresentação do software Tracker como recurso para analisar o movimento de veículos. → Abordar os conceitos de velocidade média, velocidade instantânea, gráfico velocidade x tempo e espaço x tempo; → Apresentação de vídeos análises feitas pelos grupos. → Pesquisa sobre funcionamento de um radar de lombada.
Conteúdo	Objetivo da atividade
Conceitual	Compreender os conceitos de velocidade média e velocidade instantânea; Desenhar gráficos VxT e SxT.
Procedimental	Filmar e analisar o movimento dos veículos com o software Tracker, apresentar as análises para a turma.
Atitudinal	Trabalhar em grupo, conscientizar os alunos sobre a importância de respeitar os limites de velocidade nas ruas das cidades.

Fonte: autoria própria

6.4.1 Análise da primeira aula do módulo 4

Esta aula teve o propósito de apresentar o software Tracker como possível ferramenta para auxiliar a responder a situação problematizadora e, a partir disso, apresentar os conceitos de velocidade média e velocidade instantânea e os gráficos de velocidade por tempo e espaço por tempo.

Os alunos foram organizados em grupos de 3 integrantes e tinham a tarefa de filmar veículos que trafegavam nas ruas de seus bairros. Os movimentos dos veículos deveriam ser analisados com o software Tracker e cada grupo deveria fazer uma apresentação para toda turma, explicando os gráficos encontrados e qual a velocidade dos veículos de acordo com o Tracker.

Um dos problemas enfrentados foi que os alunos consideraram o uso do Tracker muito difícil. Mesmo o professor tendo dedicado uma aula do módulo para explicar o funcionamento do software, alguns alunos ainda tiveram dúvidas na hora de executar a tarefa proposta, em que deveriam filmar e analisar o movimento de veículos que se deslocam próximos às suas residências. O que nos leva a inferir que para utilização adequada desse software é necessário que haja uma melhor preparação dos alunos.

No dia da apresentação, apenas dois grupos conseguiram cumprir a tarefa, e somente um deles conseguiu realizá-la completamente, analisando todos os gráficos e explicando corretamente a diferença entre velocidade média e velocidade instantânea.

Apesar das dificuldades, principalmente relativas ao uso do software, muitos alunos consideraram a atividade interessante e de grande ajuda para a compreensão dos conceitos abordados. Alguns alunos relataram que após as apresentações de seus colegas começaram a entender melhor a utilização do Tracker. O que nos leva a sugerir que em aplicações futuras da sequência didática seja incorporada mais uma aula a este módulo, para que os alunos que tiveram maior facilidade no uso do Tracker possam auxiliar os grupos com maior dificuldade.

6.5 MÓDULO 5 – PROJETANDO UM DISPOSITIVO DE SEGURANÇA

O módulo 5 foi composto por três aulas e teve como problematização inicial algumas curiosidades sobre o trânsito coletadas no site do DETRAN-PR. Foram

apresentadas as seguintes questões: “Como o air-bag atua no corpo dos passageiros diminuindo as chances deste vir à óbito? Qual a Física relacionada ao funcionamento deste dispositivo de segurança?” O quadro 8 apresenta a síntese da análise deste módulo.

Quadro 8 - Síntese da análise do Módulo 5

MÓDULO 5	
ATIVIDADE <i>Projetando um dispositivo de segurança para colisão</i>	
Habilidades/Competências PCN+	Elementos abordados nas atividades
<ul style="list-style-type: none"> →Articulação dos símbolos e códigos de ciência e tecnologia → Elaborar comunicações analisar e sistematizar eventos, fenômenos, experimentos. → Analisar, argumentar e posicionar-se criticamente em relação a temas de ciência e tecnologia. <ul style="list-style-type: none"> → Identificar em dada situação-problema as informações ou variáveis relevantes e possíveis estratégias para resolvê-la. →Relações entre conhecimentos disciplinares, interdisciplinares e interáreas 	<ul style="list-style-type: none"> → Instigar os alunos a realizar a leitura de textos que abordam conceitos e o funcionamento do air-bag a partir da problematização inicial; → Abordar os conceitos de quantidade de movimento e impulso de uma força com exemplos práticos do cotidiano dos alunos; → Projetar, construir e testar um dispositivo de segurança que simula a atuação de um air-bag como plataforma de pouso para um ovo cru. → Compreender a presença dos conteúdos conceituais de Física no cotidiano, mais especificamente aqueles relacionados aos dispositivos de segurança dos veículos.
Conteúdo	Objetivo da atividade
Conceitual	Compreender os conceitos de quantidade de movimento e impulso. Compreender o funcionamento de um air-bag.
Procedimental	Leitura de textos e atividade em grupo para projetar um air-bag para colisão de um ovo.
Atitudinal	Trabalhar em grupo para solucionar a situação problema que envolve a construção do air-bag.

Fonte: autoria própria

6.5.1 Análise do módulo: *Projetando um dispositivo de segurança para colisão*

Neste módulo foram trabalhados os conceitos de quantidade de movimento e impulso de uma força. Para isso, na primeira aula, os alunos foram levados para

sala de informática para navegar no site do DETRAN-PR, que apresenta algumas curiosidades envolvendo situações do trânsito no dia a dia. Essa aula teve o objetivo instigar a curiosidade dos alunos sobre o tema que seria abordado posteriormente. Logo que terminaram a leitura, começamos um debate sobre os fatos apresentados. Entre as várias curiosidades apresentadas, selecionamos uma para conduzir a discussão com os alunos:

Em uma colisão a 60 km/h, o peso é multiplicado por 50, uma mala de 7kg atinge 350 kg, um cachorro de 10kg atinge 500kg, uma criança de 20kg atinge 1.000kg, peso de um urso, uma mulher de 50kg atinge 2.500kg, peso de um rinoceronte, e um homem de 70kg atinge 3.500 kg, peso de um hipopótamo. (DETRAN-PR, s/n)

Esta afirmação causou muita estranheza e desconfiança por parte dos alunos, o que contribuiu de forma positiva para a condução da aula que iria tratar justamente dos conceitos de impulso e quantidade de movimento que ajudam a explicar tal fato.

A discussão mostrou que os alunos estavam suficientemente envolvidos e motivados para dar continuidade ao estudo do tema. Dessa forma, procuramos mostrar os conceitos físicos relacionados à situação, sem a preocupação de formalizar ou esgotar o tema. Mantivemos o propósito de apresentar a Física numa perspectiva contextualizada em que se procura estabelecer relações entre os conceitos físicos e situações do trânsito.

É importante ressaltar que algumas curiosidades apresentadas no site abordavam conceitos que já haviam sido contemplados em aulas anteriores, como por exemplo:

Para um carro bater num objeto fixo a uma velocidade de 60Km/h, equivale a cair de um prédio de 4 andares (numa altura de aproximadamente 14 metros). Se a velocidade for de 80 Km/h, o impacto equivale ao de uma queda livre de 25 metros. (DETRAN, PR, s/n)

Na aula seguinte foi dada continuidade à problematização inicial, com foco no dispositivo de segurança air-bag. Foi solicitada a leitura de dois textos cujos links estão no produto da dissertação e após isso, o professor explicou parcialmente os conceitos de quantidade de movimento e impulso, com exemplos do cotidiano e sem usar fórmulas.

Na discussão, vários alunos manifestaram suas opiniões, explicando o que haviam entendido para outros colegas que ainda apresentavam dificuldades na compreensão dos conceitos. Essa aula serviu ao segundo momento pedagógico, o

da Organização do Conhecimento (OC). De acordo com Delizoicov e Angotti (1990), nesse segundo momento os conhecimentos de Física necessários para a compreensão do tema e da problematização inicial devem ser estudados sob orientação do professor. Definições, conceitos, relações, leis, apresentadas no texto introdutório, vão sendo aos poucos aprofundados.

Na terceira aula, a partir dos conceitos abordados no módulo, os alunos foram desafiados a projetar um dispositivo de segurança para proteger um ovo cru de uma queda a partir de várias alturas diferentes. De acordo com a metodologia proposta, esta ação refere-se ao terceiro ao terceiro momento pedagógico, o da Aplicação do Conhecimento (AC). Essa última etapa aborda o conhecimento que vem sendo incorporado pelo aluno para analisar e interpretar tanto as situações iniciais que determinaram o seu estudo, como outras situações que não estejam diretamente ligadas ao motivo inicial, mas que são explicadas pelo mesmo conhecimento (DELIZOICOV; ANGOTTI, 1990). Conteúdos conceituais, procedimentais e atitudinais também puderam ser observados e analisados durante esta aula.

Para projetar o air-bag, os alunos tiveram que aplicar conceitos discutidos em aulas anteriores, e seguir os procedimentos necessários, que foram explicados pelo professor, para construção do air-bag e trabalhar em grupo.

Para a confecção dos dispositivos foram disponibilizados para cada grupo 10 folhas de jornal, 1,0 metro de fita adesiva e uma tesoura. Os dispositivos seriam utilizados em uma competição em que um ovo cru é solto de diferentes alturas. O papel dos dispositivos seria impedir que o ovo quebrasse. Ficou definido que a sequência das quedas seriam das alturas de 1,0m, 1,5m, 2,0m, 2,5m e assim por diante. Caso o ovo quebrasse ou fosse para fora do dispositivo, o grupo seria desclassificado; caso o ovo ficasse intacto seria solto novamente de uma altura maior.

Assim que terminaram de construir seus dispositivos, os alunos foram convidados para fora da sala da aula, para que a atividade fosse realizada num local com mais espaço. A figura 31 mostra um dos grupos apresentando seu dispositivo para amortecimento da queda do ovo.

Figura 31 - Grupo apresentando seu "air-bag" projetado para amortecer a queda de um ovo



Fonte: Autoria própria

O air-bag do grupo da figura 31 tinha a aparência de um ninho de pássaro. Com uma parte dos materiais disponíveis os alunos fizeram uma base em forma de ninho, e com o restante, preencheram o ninho com alguns pedaços de jornal picados e outros em forma de anel preenchidos com jornal amassado para amortecer a queda o ovo. Esse projeto foi o vencedor da competição.

A figura 32 mostra o projeto que ficou em segundo lugar, que consistia em várias folhas de jornal amassadas e emboladas em camadas. A vantagem deste dispositivo foi que as camadas de jornal foram melhor espaçadas, assim o amortecimento fornecido ao ovo foi mais eficiente em comparação aos outros projetos.

Figura 32 - Air-bag classificado em segundo lugar



Fonte: Autoria própria

Antes de começar a disputa o professor perguntou aos alunos qual dos dispositivos eles julgavam que seria o vencedor. Muitos respondem que seria aquele que se parecia com um “ninho”. O professor perguntou ao grupo responsável pelo dispositivo por que a turma o considerava como favorito, e uma aluna respondeu:

“— De todos os air-bags o nosso parece ser o mais “fofinho” e que vai dar maior amortecimento para o ovo. Acho que o problema é que ele pode amortecer tanto que pode jogar o ovo para fora.”

Durante a disputa, ouvia-se vários comentários dos alunos que demonstravam sua compreensão sobre o tema. Um dos grupos fabricou um air-bag em que as folhas de jornal estavam praticamente umas sobre as outras e antes do primeiro teste com o ovo alguns alunos já diziam:

“— Este não vai nem amortecer a queda, é como se o ovo caísse direto no chão” .

Outro aluno fez o seguinte comentário:

“— Professor, achei que nenhum dos air-bags fosse salvar o ovo nem de um metro de altura. Ai você vê como ele é importante nos carros.”

Analisando as atitudes e comportamentos dos alunos, pode-se constatar que esse tipo de atividade ajuda no aprendizado, porque motiva os alunos a buscarem a

compreensão dos conceitos para conseguir alcançar os objetivos que lhes são propostos. Sabemos que o conceito de Impulso de uma força é complexo, quando apresentado do modo convencional, e que muitos alunos têm dificuldades para compreendê-lo. Porém, a forma como ele foi apresentado nesta atividade parece possibilitar o entendimento do conceito que poderá levar a uma melhor compreensão futura desse tema, quando da sua formalização.

6.6 MÓDULO 6 – ELABORAÇÃO DOS CARTAZES SOBRE SEGURANÇA NO TRÂNSITO

O sexto módulo foi composto por duas aulas e teve como objetivo a conclusão da sequência didática, a partir da elaboração de cartazes com orientações sobre segurança no trânsito. O quadro 9 apresenta a síntese da análise das atividades do módulo 6.

Quadro 9 - Síntese da análise do Módulo 6

MÓDULO 6	
ATIVIDADE Elaboração de cartazes sobre segurança no trânsito com base nas leis da física	
Habilidades/Competências PCN+	Elementos abordados nas atividades
<p>→ Elaborar comunicações analisar e sistematizar eventos, fenômenos, experimentos.</p> <p>→ Analisar, argumentar e posicionar-se criticamente em relação a temas de ciência e tecnologia.</p> <p>→ Relações entre conhecimentos disciplinares, interdisciplinares e interáreas.</p>	<p>→ Aplicação do conhecimento adquirido nas aulas anteriores por meio da confecção de cartazes que relacionem a física estudada aos dispositivos de segurança dos veículos e às leis de trânsito como forma de conscientizar as pessoas sobre a importância dessa relação.</p>
Conteúdo	Objetivo da atividade
Conceitual	Expor conceitos e fatos que conscientizem os leitores.
Procedimental	Confecção de cartazes (escrever, colar, recortar, explicar, colorir, pintar...)
Atitudinal	Trabalhar em grupo, conscientizar alunos, colegas e o público em geral sobre a segurança e os perigos do trânsito.

Fonte: Autoria própria

6.6.1 Análise da elaboração de cartazes sobre segurança no trânsito com base nas leis da física

Este módulo teve como objetivo fazer a conclusão da sequência didática por meio da confecção de cartazes que deveriam abranger os conteúdos estudados nos módulos anteriores, fazendo uma associação entre os conceitos da Física e os dispositivos de segurança dos veículos. Além disso, os cartazes deveriam ter também um papel conscientizador sobre os perigos da imprudência no trânsito. Para isso, os alunos foram organizados em grupos com 3 integrantes.

Para contextualizar os conceitos de física foi apresentado um artigo, cujo link está no produto da dissertação, com uma linguagem mais simples, que continha várias estatísticas sobre acidentes de trânsito. O professor apresentou todas as estatísticas do artigo no quadro com o auxílio de um data show.

Com os grupos já formados, os alunos foram levados para sala de informática para fazerem suas pesquisas. Durante a pesquisa o professor auxiliava os alunos e tirava algumas dúvidas que ainda não haviam sido sanadas.

Como o último trabalho abordou o tema air-bag, muitos grupos escolheram falar sobre este dispositivo. Enquanto faziam a pesquisa algumas dúvidas surgiam. A mais comum foi relativa aos valores de tempo que eram usados para representar a duração de uma colisão.

Outro tema muito abordado pelos grupos foi o freio ABS. A dúvida mais comum sobre esse tema foi sobre como utilizar a equação de Torricelli para fazer os cálculos da distância de frenagem. Os alunos demonstraram compreender os conceitos de atrito estático e cinético, tanto durante a pesquisa quanto na apresentação dos trabalhos.

Os grupos que não conseguiram terminar a pesquisa durante a aula se reuniram ao longo da semana no turno da tarde, com a supervisão do professor.

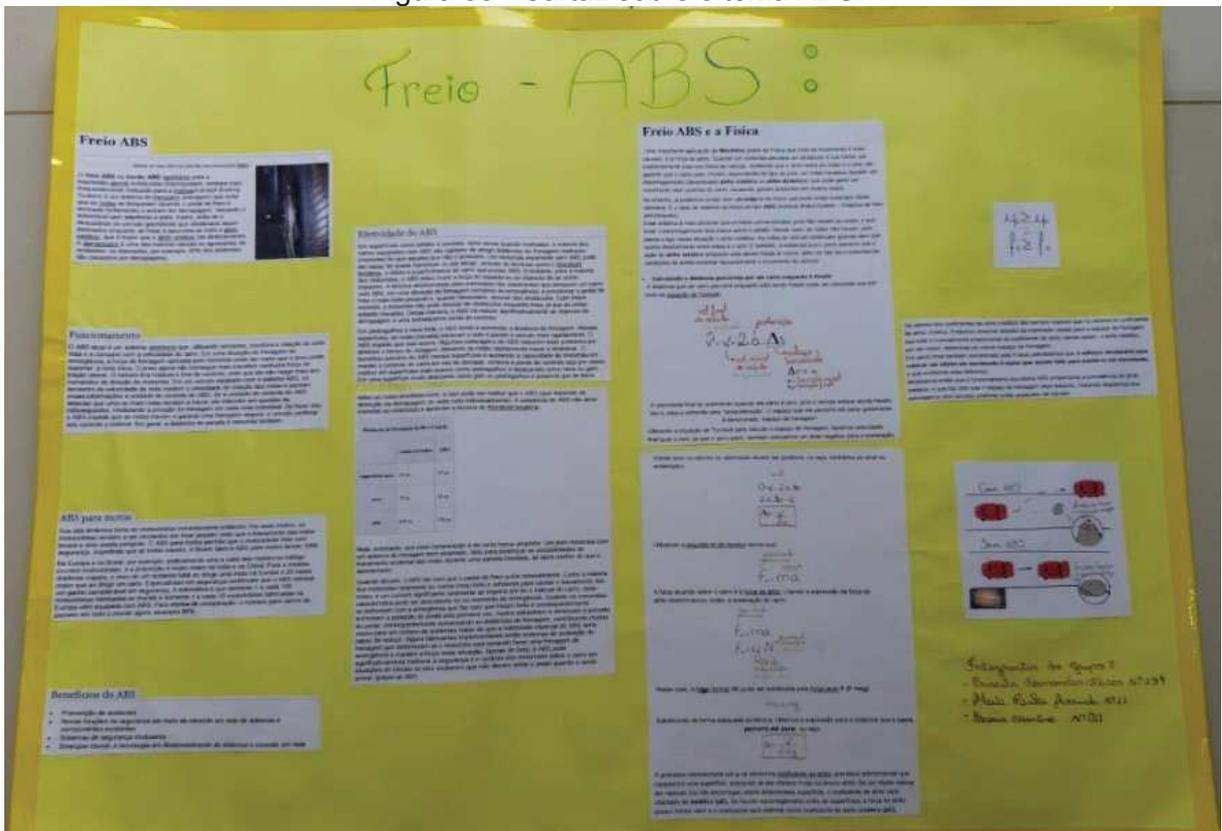
Foram elaborados um total de dez cartazes, sendo que um deles não estava de acordo com os pré-requisitos indicados para atividade. Dos nove computados para esta análise, quatro abordavam o funcionamento do air-bag e conceitos de impulso e quantidade de movimento, sendo que um deles trazia estatísticas sobre a eficácia do air-bag em salvar vidas. Um dos grupos apresentou um estudo da OMS sobre segurança no trânsito, que mostrava a importância de leis que regulamentam

o uso do capacete por motociclistas e a eficácia deste dispositivo em reduzir as lesões no crânio e salvar vidas.

Três cartazes abordavam o uso do cinto de segurança e a lei da inércia, além de vários dados estatísticos sobre o trânsito no Brasil. Os outros dois, explicavam o funcionamento do freio ABS e a física envolvida nesse dispositivo.

Dois trabalhos se destacaram entre os demais. Um que explicava o freio ABS, utilizando a equação de Torricelli e a segunda lei de Newton (Figura 33).

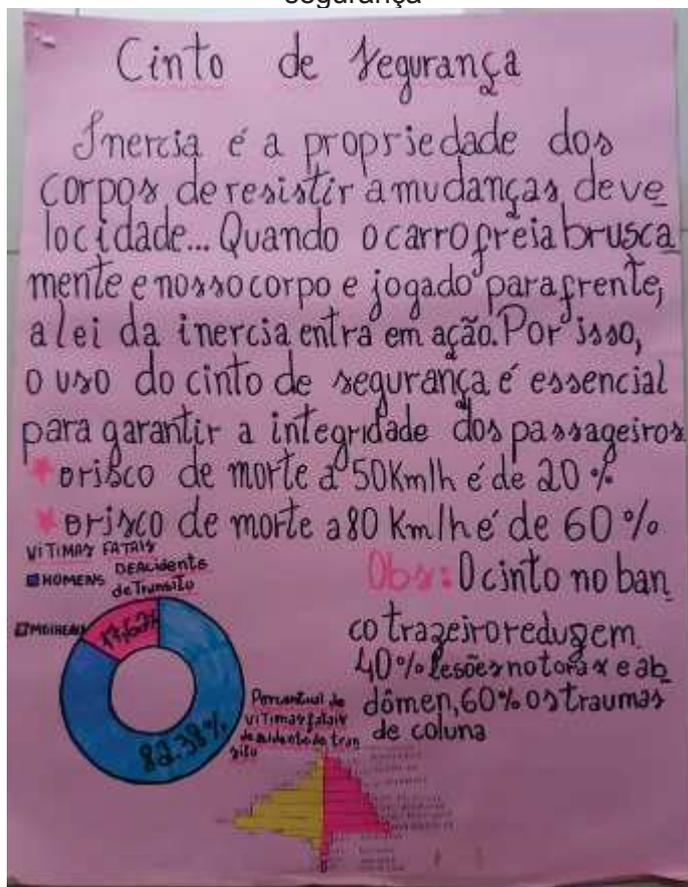
Figura 33 - Cartaz sobre o tema ABS



Fonte: Autoria própria

O outro cartaz (Figura 34) relacionava o conceito de Inércia ao uso do cinto de segurança, e trazia algumas estatísticas sobre o trânsito no Brasil. Um dos alunos que participou do grupo que elaborou este cartaz, relatou que apresentou o trabalho primeiramente para seus pais e que eles ficaram impressionados com as estatísticas mostradas. O aluno disse que sua família não tinha o hábito de usar o cinto de segurança, pois não trafegavam muito pelas estradas, somente dentro das cidades, mas que agora passariam a usar esse dispositivo sempre, pois entenderam que até em baixas velocidades ele faz a diferença.

Figura 34 - Cartaz sobre o uso do cinto de segurança



Fonte: Autoria própria

Analisando os trabalhos produzidos no Módulo 6 podemos constatar que a sequência didática conseguiu cumprir o objetivo de fazer uma aproximação entre as leis da Física e as leis do trânsito. Também ficou evidente o papel conscientizador que o projeto proporcionou. Muitos trabalhos mencionaram fenômenos físicos para justificar a importância do uso dos dispositivos de segurança para salvar vidas e da necessidade de respeitar as leis do trânsito.

Outro ponto relevante foi o fato de que mesmo não havendo uma apresentação formal de todos os conteúdos de Física abordados na sequência didática tivemos bons resultados em todos os módulos, o que indica que muitos conteúdos podem ser introduzidos de forma contextualizada por meio de atividades que explorem a capacidade investigativa dos alunos.

A introdução dos conteúdos de mecânica por meio de situações problematizadoras prendeu a atenção e despertou o interesse dos alunos para os conteúdos de ensino.

As problematizações – inerentes à metodologia dos três momentos pedagógicos, adota na condução da SD – fizeram com que os alunos se tornassem mais comprometidos em compreender os conceitos abordados para aplicá-los nas situações propostas, atribuindo significado ao conteúdo de ensino. Consideramos que esse tipo de recurso pode ser usado para abordar outros conceitos de física que não foram estudados nesta sequência, como por exemplo movimento circular e força centrípeta, analisando o movimento de um veículo em uma curva ou o uso de simuladores para análise de uma colisão de veículos.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

Durante os treze anos que leciono física, o que mais observei são professores, incluindo eu, que repetem ano após ano o conteúdo de ensino de forma tradicional, com aulas expositivas e descontextualizadas, enfatizando a educação bancária, focada exclusivamente na aprendizagem mecânica, desmotivando e inibindo a participação efetiva dos alunos nas aulas de física.

Neste trabalho procurei me desvincular ao máximo dessa metodologia de ensino tradicional, trazendo para minha prática docente várias atividades e experimentos que visam uma participação ativa dos alunos, em grupo ou de forma individual. Durante as aulas, os alunos foram incentivados a explorar o conteúdo de ensino na sua relação com situações do dia a dia, e minha função de professor não se limitou a passar o conteúdo, mas sim em mediar a informação e ajudá-los a construir seu próprio conhecimento. Os conceitos de Mecânica foram contextualizados por meio de situações-problema, envolvendo o trânsito e suas leis. Situações estas, que podem ser observadas ou, quem sabe, virem a ser vivenciadas pelos educandos. E, caso isso aconteça, esperamos que o aprendizado adquirido possa ajudá-los a enfrentá-las da melhor forma possível.

Nossa sequência didática foi elaborada de forma a sempre criar uma ligação entre uma atividade e outra, propiciando ao aprendiz a possibilidade de ir construindo, gradativamente, a compreensão sobre os temas estudados. Procuramos explicitar a relevância e a importância dos conceitos de física para compreensão dos fenômenos abordados, além de vários momentos destinados à educação para o trânsito, contribuindo para conscientização e reflexão dos educandos, mostrando que esses conceitos podem fazer a diferença em ações do dia a dia.

Analisando os trabalhos produzidos pelos educandos, constatamos que a maior parte dos objetivos almejados na SD foram alcançados. Os trabalhos revelavam um boa apropriação dos conceitos de física, mesmo que estes ainda não estejam consolidados. No contexto das atividades propostas, os alunos relacionaram satisfatoriamente os fenômenos observados às situações do cotidiano do trânsito. Destaca-se ainda o caráter conscientizador presente em praticamente todos os cartazes elaborados pelos estudantes, demonstrando que o tema: educação para o

trânsito, foi considerado relevante e pode ser utilizado como um bom contexto para explorar os conteúdos mecânica nas aulas de física da Educação Básica.

Para terminar essas considerações, tentaremos responder à pergunta feita no início deste trabalho: quem conhece os princípios da mecânica pode se tornar um melhor motorista? Quando compreendemos a Física envolvida nos acidentes de trânsito, fica mais evidente os limites que não podemos ultrapassar sem arcar com consequências indesejáveis, tornando-nos mais conscientes de nossos atos. Pelos resultados obtidos, acreditamos que a compreensão dos conceitos de física abordados na SD ajudou a conscientizar os alunos sobre os perigos da imprudência no trânsito. Como consequência, esperamos que esse aprendizado possa ajudá-los a se tornarem pessoas mais prudentes no trânsito, não no sentido de dominarem melhor o veículo que estiverem dirigindo, mas, principalmente, no respeito consciente às leis de trânsito, compreendendo os limites impostos pela natureza dos fenômenos físicos envolvidos. A reflexão sobre as relações entre as leis da física e as leis do trânsito poderá ajudá-los a tomar decisões mais sensatas, evitando acidentes e preservando a vida.

Por fim, agradeço ao programa de Mestrado Nacional Profissional em Ensino de Física pela oportunidade deste trabalho, que mudou completamente minha concepção de educação, tanto no trato com os educandos, quanto na forma de conduzir as atividades de ensino para alcançar uma melhor compreensão dos fenômenos físicos. A contribuição do MNPEF foi muito significativa para o meu crescimento pessoal e profissional, e espero que o produto oriundo deste trabalho possa contribuir para que outros professores e alunos alcancem uma compreensão mais efetiva da contribuição que o aprendizado de física pode trazer para a vida das pessoas.

REFERÊNCIAS

ALBUQUERQUE, Kleber Briz; DOS SANTOS, Paulo José Sena; FERREIRA, Gabriela Kaiana. Os Três Momentos Pedagógicos como metodologia para o ensino de Óptica no Ensino Médio: o **que é necessário para enxergarmos?**. Caderno Brasileiro de Ensino de Física, v. 32, n. 2, p. 461-482, 2015.

ANGOTTI, José André P. Fragmentos e totalidades no conhecimento científico e no ensino de ciências. 1991. Tese de Doutorado. **Tese de doutorado**. Universidade de São Paulo-USP. São Paulo (SP).

BEN-DOV, Y. **Convite à Física**. Rio de Janeiro, Editora Zahar, 1996.

BRASIL. Centro de Documentação e Informação. **Código de Trânsito Brasileiro**. 4ª ed. Edições Câmara: Brasília, 2010. Disponível em: http://transparenciaoficial.com/publish/Codigo%20de%20Transito-_798c8_Codigo%20de%20Transito%20Brasileiro.pdf. Acesso em: fev/2020.

BRASIL, Ministério da Educação. Secretaria de Educação Média e Tecnológica. **Parâmetros Curriculares Nacionais: Ciências da Natureza, Matemática e suas Tecnologias**. Brasília, DF, 2000.

BRUST, Alexandre. Física aplicada nas situações de trânsito. **Dissertação de Mestrado**, Centro Universitário Franciscano, Santa Maria, 2013.

DELIZOICOV, D (1982). Concepção problematizadora do ensino de ciências na educação formal. **Dissertação de mestrado**. São Paulo: IFUSP/FEUSP.

DELIZOICOV, D.; ANGOTTI, J. A. Física. São Paulo: Cortez, 1990

DELIZOICOV, D.; ANGOTTI, J. A.; PERNAMBUCO, M. M. **Ensino de ciências: fundamentos e métodos**. São Paulo: Cortez, 2002.

DETRAN-PR. **Departamento de Trânsito do Paraná**. Educação para o Trânsito. Curiosidades. Disponível em: <http://www.educacaotransito.pr.gov.br/pagina-221.html>. Acesso em mar/2019.

FREIRE, P. **Pedagogia da autonomia: saberes necessários à prática educativa**. São Paulo: Paz e Terra, 1996. (Coleção Leitura).

FREIRE, P. **Pedagogia do oprimido**. 13. ed. Rio de Janeiro: Paz e Terra, 1983.

GADOTTI, M. **História das ideias pedagógicas**. 2. ed. São Paulo: Ática, 1994.

GURGEL, Walldiney Pedra et al. Cálculo de velocidades em acidentes de trânsito: Um software para investigação em física forense. **Revista Brasileira de Ensino de Física**, v. 37, n. 4, p. 4305-1-4305-10, 2015.

HALLIDAY, David; RESNICK, Robert; WALKER, Jearl. **Fundamentals of physics**. John Wiley & Sons, 2013.

HEWITT, P. G. **Física Conceitual**. 9ªEd. São Paulo. Artmed. 2002

JONES, Griff. **Understanding Car Crashes: It's Basic Physics!**. Insurance Institute for Highway Safety https://education.ufl.edu/gjones/files/2013/04/teachers_guidePhysics.pdf, 2000.

KLERR, A.; THIELO, M.; SANTOS, A. A Física utilizada na investigação de acidentes de trânsito, **Caderno Catarinense de Ensino em Física**, v.14,n2: p.160-169, ago.1997.

MOREIRA, M. A. **Grandes desafios para o ensino da física na educação Contemporânea**. Rio de Janeiro, Brasil, 2014.

MUENCHEN, Cristiane et al. **A disseminação dos três momentos pedagógicos: um estudo sobre práticas docentes na região de Santa Maria/RS**. 2012.

MUENCHEN, Cristiane; DELIZOICOV, Demétrio. A construção de um processo didático-pedagógico dialógico: aspectos epistemológicos. **Ensaio Pesquisa em Educação em Ciências** (Belo Horizonte), v. 14, n. 3, p. 199-215, 2012.

NEGRINI NETO, **Oswaldo. Soluções eletrônicas para cálculos de velocidade em acidentes de trânsito**. Revista Brasileira de Ensino de Física, v. 24, n. 2, p. 124-128, 2002.

PIERSON, Alice Helena Campos. O Cotidiano e a busca de sentido para o Ensino de Física. 241p. 1997. **Tese de Doutorado**. Tese (Doutorado em Educação). Faculdade de Educação da USP, São Paulo, 1997.

PIETROCOLA, M.; POGIBIN, A.; ANDRADE, R.; ROMERO, T. R. **Física em contextos**. São Paulo. Brasil. 1996

SCHWARTZ, S. **Alfabetização de jovens e adultos: teoria e prática**. 3. ed. Petrópolis: Vozes, 2013.

SILVA, Ana Claudia Reis da; SANTOS, Eliana Alves dos; OLIVEIRA, Izabel Lucia dos Santos. Pensamento freireano: bases para uma educação revolucionária. **Estação Científica** (UNIFAP), Macapá, v. 5, n. 2, p. 39-48, jul./dez. 2015.

SOLINO, Ana Paula; GEHLEN, Simoni Tormölhen. O papel da problematização freireana em aulas de ciências/física: articulações entre a abordagem temática freireana e o ensino de ciências por investigação. **Ciência & Educação** (Bauru), . 21, n. 4, p. 911-930, 2015.

ZABALA, Antoni. **A prática educativa: como ensinar**; trad. Ernani F. Da. Porto Alegre: Artmed, 1998.

APÊNDICE:
PRODUTO EDUCACIONAL

Apresentaremos a seguir, a sequência didática desenvolvida como Produto Educacional analisado nesta dissertação.

MNPEF MESTRADO NACIONAL
PROFISSIONAL EM
ENSINO DE FÍSICA
POLO 24 - UFJF / IF Sudeste-MG

UNIVERSIDADE FEDERAL DE JUIZ DE FORA
INSTITUTO DE CIÊNCIAS EXATAS
MESTRADO NACIONAL PROFISSIONAL EM ENSINO DE FÍSICA

Guilherme Soares Mendonça Amaral

SEQUÊNCIA DIDÁTICA PARA O ENSINO DE MECÂNICA
LEIS DA FÍSICA, LEIS DO TRÂNSITO, UMA ABORDAGEM CONTEXTUALIZADA
PARA DA FÍSICA NA ESCOLA BÁSICA

Juiz de Fora

2021

Guilherme Soares Mendonça Amaral

SEQUÊNCIA DIDÁTICA PARA O ENSINO DE MECÂNICA
LEIS DA FÍSICA, LEIS DO TRÂNSITO, UMA ABORDAGEM CONTEXTUALIZADA
PARA DA FÍSICA NA ESCOLA BÁSICA

Produto educacional apresentado ao Polo 24 do Programa de Mestrado Nacional Profissional em Ensino de Física, da Universidade Federal de Juiz de Fora / Instituto Federal Sudeste de Minas Gerais, como requisito parcial à obtenção do título de Mestre em Ensino de Física. Área de concentração: Física na Educação Básica.

Orientador: Paulo Henrique Dias Menezes

Juiz de Fora
2021

AGRADECIMENTOS

O presente trabalho foi realizado com apoio da Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior - Brasil (CAPES) - Código de Financiamento 001.

SUMÁRIO

APRESENTAÇÃO DO PRODUTO EDUCACIONAL.....	4
MÓDULO 1 – APRESENTAÇÃO DO TEMA E AVALIAÇÃO DO CONHECIMENTO PRÉVIO DOS ALUNOS.....	9
MÓDULO 2 – A INFLUÊNCIA DO TEMPO DE REAÇÃO EM SITUAÇÕES COTIDIANAS.....	10
MÓDULO 3 – OS PERIGOS DA VELOCIDADE NO TRÂNSITO.....	16
MÓDULO 4 – UTILIZANDO O SOFTWARE TRACKER PARA MEDIR A VELOCIDADE DE AUTOMÓVEIS.....	18
MÓDULO 5 – PROJETANDO UM DISPOSITIVO DE SEGURANÇA DE COLISÃO	21
MÓDULO 6 – ELABORAÇÃO DE CARTAZES SOBRE SEGURANÇA NO TRÂNSITO COM BASE NAS LEIS DA FÍSICA.....	26
REFERÊNCIAS.....	28
APÊNDICE A – QUESTIONÁRIO PARA SONDAÇÃO INICIAL.....	29
APÊNDICE B – ATIVIDADE EXPERIMENTAL: MEDIDA DO TEMPO DE REAÇÃO	31
APÊNDICE C – QUESTIONÁRIO DA ATIVIDADE “TEMPO DE REAÇÃO”	35
APÊNDICE D – QUESTIONÁRIO DE FIXAÇÃO DO CONTEÚDO.....	36

APRESENTAÇÃO DO PRODUTO EDUCACIONAL

Este produto educacional é constituído por uma sequência didática (SD), composta por atividades diversificadas, que visa o estudo de conceitos de mecânica associados a situações do cotidiano do trânsito e da condução de veículos. O objetivo da proposta é promover o aprendizado da física associado a conscientização dos alunos sobre a temática segurança no trânsito.

As atividades que compõem a SD procuram explorar diferentes dinâmicas de ensino em ambientes diversificados, a fim de fugir da metodologia tradicional das aulas expositivas, em que o professor explica o conteúdo e o aluno apenas houve de forma passiva a explicação dada.

A sequência didática foi dividida em seis módulos baseados na metodologia dos três momentos pedagógicos (TMP) de Delizoicov e Angotti (1990). Essa metodologia possui um caráter mais dialógico e problematizador do processo de ensino e aprendizagem, exigindo do professor uma postura de mediador/facilitador entre o conhecimento prévio que o aluno traz para a escola e o conhecimento formal da ciência. Com isso, é possível dar mais significado ao conteúdo de ensino, levando o aluno a buscar seu próprio entendimento.

Nessa metodologia dos três momentos pedagógicos, a dinâmica de atuação do professor ocorre em três etapas distintas: a problematização inicial (PI); a organização do conhecimento (OC) e a aplicação do conhecimento (AC).

A Problematização Inicial (PI) é a etapa em que se apresentam questões e/ou situações para discussão com os alunos, visando relacionar o estudo de um conteúdo com situações reais que eles conhecem e presenciam, mas que não conseguem interpretar, completa ou corretamente, porque, provavelmente, não dispõem dos conhecimentos científicos suficientes. É nessa etapa que se deseja aguçar explicações contraditórias e localizar as possíveis limitações do conhecimento que vem sendo expressado, quando este é cotejado com o conhecimento científico que já foi selecionado para ser abordado (DELIZOICOV, ANGOTTI e PERNAMBUCO, 2002). Portanto, esse primeiro momento é caracterizado pela compreensão e apreensão da posição dos alunos frente ao tema. É desejável que a postura do professor se volte mais para questionar e lançar dúvidas sobre o assunto do que responder e fornecer explicações.

A Organização do Conhecimento (OC) é o momento em que os conhecimentos de física necessários para a compreensão do tema de estudo e da problematização inicial devem ser sistematicamente estudados sob orientação do professor (DELIZOICOV; ANGOTTI, 1990). Definições, conceitos, relações, leis, apresentadas no contexto introdutório, serão agora aprofundados. É o momento em que os conhecimentos científicos necessários para a compreensão do tema problematizado serão estudados sob a orientação do professor (MUENCHEN; DELIZOICOV, 2012). Nessa etapa, o professor tem um papel mais ativo, mas não daquele que oferece respostas prontas e sim do que media a construção de novos conhecimentos, apontando caminhos e possibilidades, na tentativa de criar condições para que, junto aos alunos, possa promover a organização dos conhecimentos.

A Aplicação do Conhecimento(AC) é a etapa destinada à abordagem sistemática do conhecimento, que vem sendo incorporado pelo aluno, para analisar e interpretar tanto as situações iniciais que determinaram o estudo, como outras situações que não estejam diretamente ligadas ao motivo inicial, mas que são explicadas pelo mesmo conhecimento (DELIZOICOV; ANGOTTI, 1990). Esse momento é importante para que os alunos encontrem relações entre os temas abordados, não apenas através dos conceitos, mas também de fenômenos que possam ter alguma conexão com as informações apresentadas. O professor deve manter uma postura problematizadora, podendo trazer questionamentos que não foram levantados pelos alunos, como informações e problemas que surgiram no decorrer do processo. Além disso, é um bom momento para formalizar alguns conceitos que ainda não foram aprofundados pelos alunos (ALBUQUERQUE; SANTOS; FERREIRA, 2015).

Nessa etapa, o professor deve pensar nas mais diversas estratégias a fim de romper com as tradicionais atividades de exercícios de fixação e resolução de problemas fechados, que pouco estimulam reflexões críticas, restringindo-se, na maioria das vezes, em memorização e reprodução de conceitos, sem a aprendizagem de conteúdos procedimentais e atitudinais. A aplicação do conhecimento não deve ser confundida com uma avaliação. É desejável, nesse momento, que as atividades propostas possibilitem o diálogo, para que o professor possa analisar se o aluno adquiriu a capacidade de argumentar e de participar de

forma crítica das decisões que envolvem os temas/problemas contemporâneos (MUENCHEN, 2010).

Os seis módulos da SD foram organizadas com base nesses três momentos pedagógicos, totalizando 11 aulas. As atividades propostas procuram abordar conceitos físicos da Cinemática e da Dinâmica, tendo como elemento contextualizador o “trânsito” e suas leis. O quadro 1 apresenta um resumo da SD, que será detalhada logo em seguida.

Quadro 1: Resumo das atividades da sequência didática

Atividade	Nº de aulas	Objetivos
1) Teste com questões que relacionam conceitos de física às situações cotidianas do trânsito. Apresentação do vídeo Leis da Física e Leis de trânsito - Fiat moto perpétuo.	01	Identificar as concepções dos alunos sobre o estudo dos movimentos e sua relação com o trânsito; Problematizar e contextualizar conceitos de física que tem relação com situações do cotidiano da trânsito.
2) Cálculo do tempo de reação de uma pessoa.	03	Calcular o tempo de reação entre sentir e agir; Calcular o tempo de reação entre ver e agir; Explorar o papel do tempo de reação em situações cotidianas do trânsito.
3) Os perigos da velocidade no trânsito.	01	Compreender os efeitos da velocidade em acidentes de trânsito; Conscientizar os alunos sobre os perigos da velocidade em acidentes de trânsito usando o vídeo: A diferença entre 60km/h e 65km/h.
4) Medindo a velocidade de veículos com o software Tracker.	02	Utilizar o software Tracker para medir velocidades de automóveis a partir de vídeos feitos pelos próprios alunos; Compreender gráficos de velocidade X tempo e aceleração X tempo; Compreender a diferença entre conceito de velocidade média e velocidade instantânea; Entender o funcionamento de um radar de lombada.
5) Projetando um dispositivo de segurança para colisão de um ovo.	02	Compreender o papel da conservação da quantidade de movimento em eventos de colisão; Montar um dispositivo de segurança para proteger um ovo em queda livre; Compreender o funcionamento de um air-bag e outros dispositivos de segurança que tem relação com o conceito de impulso.
6) Elaboração de cartazes sobre segurança no trânsito com base nas leis da física	02	Elaborar cartazes que: relacionem conceitos de física aos dispositivos de segurança dos veículos; conscientizem pedestres e condutores sobre a importância do respeito às leis de trânsito; Apresentar (ou expor) os cartazes na forma de aula expositiva explicando os conceitos abordados.

Fonte: Autoria própria

O primeiro módulo é composto por um teste de concepções e um vídeo, que apresenta as relações entre as leis da física e situações do cotidiano do trânsito¹. O teste visa coletar os conhecimentos prévios dos alunos sobre o tema em questão e levantar situações problematizadoras para serem discutidas posteriormente.

O segundo módulo tem duração prevista de três aulas e foi organizado em torno de uma atividade que aborda o tempo de reação e suas implicações em diversas situações do cotidiano. Nessa atividade os alunos são estimulados a calcular, por meio de experimentos lúdicos, o tempo de reação médio de uma pessoa entre sentir e agir e entre ver e agir (OLIVEIRA; PANZERA, 1998). Após coletarem os dados, os alunos respondem em grupo a um questionário que procura problematizar os resultados obtidos e estabelecer relações entre o conceito de tempo de reação com situações cotidianas e do trânsito.

O terceiro módulo traz uma atividade que tem o objetivo de chamar a atenção dos alunos para os perigos da velocidade no trânsito, por meio de questionamentos feitos pelo professor e da problematização de uma situação que busca apurar a percepção dos alunos sobre a velocidade dos automóveis.

O quarto módulo inicia com um questionamento sobre o funcionamento dos radares. Na sequência, os alunos são apresentados ao software Tracker. Por meio de vídeos do YouTube, são demonstradas sua utilização e principais ferramentas. Depois disso, os alunos recebem orientações para filmar, com seus celulares, veículos em movimento em ruas próximas às suas residências e a fazer a análise desse movimento com o Tracker.

No quinto módulo iniciamos com uma problematização em torno de algumas curiosidades sobre o trânsito que estão disponíveis no sítio do Detran-PR². Depois disso, os alunos são estimulados a investigar sobre o funcionamento de um air-bag e sobre como esse dispositivo ajuda a salvar vidas quando usado junto ao cinto de segurança. Posteriormente são apresentados alguns conceitos sobre quantidade de movimento e colisões. Por fim, os alunos, organizados em grupos, são estimulados a montarem protótipos de air-bags que funcionem como dispositivos de segurança para proteger um ovo em queda (JONES, 2013).

1 Disponível em: <https://www.youtube.com/watch?v=s1YSTuD0cO8>

2 Disponível em: <http://www.educacaotransito.pr.gov.br/pagina-221.html>

O sexto módulo visa a aplicação dos conhecimentos adquiridos nas aulas anteriores por meio da confecção de cartazes que relacionem a física estudada com os dispositivos de segurança dos veículos e com as leis de trânsito, como forma de conscientizar as pessoas sobre a importância dessa relação.

Na sequência apresentamos a descrição detalhada de cada um desses módulos. No início apresentamos um quadro que mostra a organização em torno dos momentos pedagógicos e um resumo das atividades que serão realizadas. O número de aulas é uma sugestão para o professor, que poderá adaptá-las de acordo com a sua necessidade. Logo em seguida apresentamos uma explicação detalhada sobre como proceder durante a realização das atividades nos diferentes momentos pedagógicos. Os questionários e materiais utilizados estão disponibilizados no final de cada módulo.

MÓDULO 1 – APRESENTAÇÃO DO TEMA E AVALIAÇÃO DO CONHECIMENTO PRÉVIO DOS ALUNOS

Para realizar esta atividade o professor deve seguir os passos do Quadro 2 e as instruções seguintes:

Quadro 2: Organização do Módulo 1

Etapa	Aulas	Atividades
Problematização inicial	Aula 01	<ul style="list-style-type: none"> - Apresentação do filme produzido pela Fiat que demonstra diversas situações no trânsito explicando a Física envolvida. - Questionário com perguntas problematizadoras envolvendo situações do cotidiano do trânsito e as leis da física. - Coleta das respostas dos alunos para uma análise posterior.

Fonte: autoria do própria

Aula 1 – Problematização inicial

O professor deve começar a aula apresentando o vídeo “Leis da física, leis da estrada”, produzido pela Fiat, que aborda várias situações do cotidiano do trânsito e suas relações com os conceitos físicos. Este vídeo tem caráter problematizador e motivador para as aulas seguintes. Sua função é problematizar várias situações diferentes que vinculem as leis do trânsito às leis da física. Logo após o vídeo, o professor deve aplicar um questionário (Apêndice A) para coletar os conhecimentos prévios dos alunos, sobre o tema abordado. As perguntas devem possibilitar que os alunos externem suas concepções espontâneas sobre o tema. A partir da análise das respostas, o professor deverá organizar a intervenção pedagógica dos módulos subsequentes. A seguir apresentamos o link do vídeo da Fiat.

VÍDEO FIAT:

Física no trânsito.2011.(14m49s).Disponível em:<<https://www.youtube.com/watch?v=s1YSTuD0cO8>>.Acesso em: 25/09/2019.

MÓDULO 2 – A INFLUÊNCIA DO TEMPO DE REAÇÃO EM SITUAÇÕES COTIDIANAS

Para realizar esta atividade o professor deve seguir os passos do Quadro 3 e as instruções seguintes:

Quadro 3: Organização do Módulo 2

Etapa	Aulas	Atividades
Problematização inicial	Aula 02	- Pergunta problematizadora sobre o tema: tempo de reação de uma pessoa. - Breve discussão sobre o tema abordado
Organização do conhecimento	Aula 02 e 03	- Atividade experimental em grupo: medindo o tempo de reação entre sentir e agir e ver e agir - Questionário com perguntas relacionadas à atividade experimental da aula.
Aplicação do conhecimento	Aula 04	- Nova situação-problema para aplicar e aprofundar os conhecimentos adquiridos nas aulas anteriores.

Fonte: autoria própria

Aula 2 – Problematização inicial

Para introduzir a situação problematizadora e motivar os alunos o professor pode fazer a seguinte pergunta para turma:

"Quanto tempo decorre entre o instante que recebemos um estímulo e a nossa resposta ?"

Após a pergunta, pode-se debater junto aos alunos, mas sem dar as respostas aos seus questionamentos, apenas para aguçar a curiosidade e aumentar a motivação e o interesse pelo tema abordado. Caso o professor julgue necessário, também podem ser passados outros textos sobre o assunto para esclarecer o tema abordado. A seguir apresentamos uma sugestão de texto:

Por causa deste tempo, um assistente do astrônomo, chefe do observatório de Greenwich (Inglaterra), perdeu seu emprego em 1796 (Bolton 1974). Suas observações diferiam de meio segundo das do chefe, que por isso o despediu. O astrônomo alemão Bessel, intrigado com este fato, observou e comparou suas anotações com as de outros astrônomos e verificou que existia uma diferença consistente e sistemática. Bessel atribuiu essa diferença à velocidade com que cada um reage em relação aos estímulos. Cinquenta anos depois, o físico e médico alemão Helmholtz mostrou que os

impulsos nervosos se propagam nos nervos com velocidade finita e mensurável e não instantaneamente como se supunha. Inaugurou-se, assim, a era da "cronometria mental" e da psicologia experimental. (OLIVEIRA; PANZERA, 1998, p.302)

Terminada a introdução o professor deverá orientar os alunos sobre os experimentos que serão realizados nas próximas aulas.

Aulas 2 e 3 – Organização do conhecimento

Neste segundo momento serão realizadas duas atividades experimentais para obtenção do tempo de reação. Para coleta de dados dos dois experimentos o professor deverá fornecer as folhas de resposta apresentadas depois da descrição dos experimentos. Após a realização dos experimentos os alunos deverão responder um questionário que visa sistematizar o conhecimento adquirido. Antes de começar a atividade o professor deve explicar os dois experimentos aos alunos. É recomendado que o experimento do “tempo de reação entre sentir e agir” seja realizado em grupos com 8 a 10 alunos, e que o experimento sobre o “tempo de reação entre ver e agir” seja realizado em duplas. A seguir apresentamos as explicações das duas atividades experimentais que o professor deverá repassar aos alunos.

1ª Parte: Tempo de Reação entre Sentir e Agir

Um grupo de 8 a 10 alunos forma uma roda de mãos dadas (Figura 1). Um deles deverá segurar um cronômetro em uma das mãos (neste caso, o aluno ao lado que for segurar esta mão deverá fazê-lo pelo pulso para que a mão do colega fique livre para acionar e parar o cronômetro). Este aluno deverá disparar o cronômetro e simultaneamente apertar a mão direita (ou esquerda) do colega ao lado. Este, ao sentir o aperto na sua mão, aperta a mão do companheiro seguinte, e assim sucessivamente. Dessa forma o sinal (aperto de mão) irá percorrer toda a roda até retornar ao aluno que está com o cronômetro, que deverá pará-lo no momento em que o seu pulso, da mão que está segurando o cronômetro, for apertado.

Figura 1 - Atividade para medida do tempo de reação entre sentir e agir



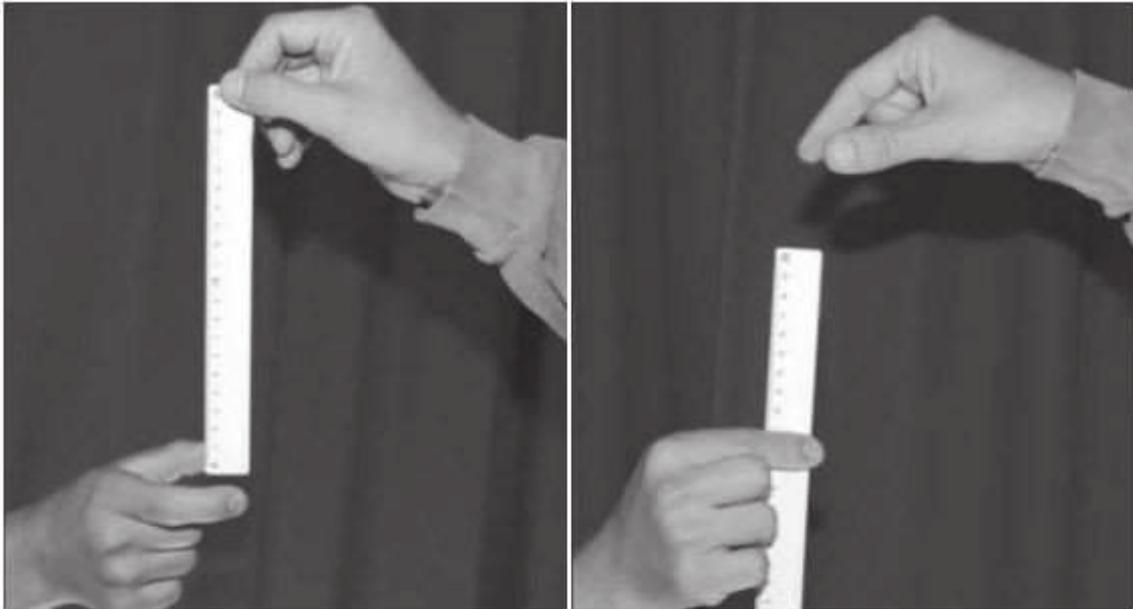
Fonte: Arquivo do autor

Para minimizar possíveis erros de medidas, sugerimos que esta atividade seja realizada com os olhos fechados, assim evita-se a antecipação do sinal pelo olhar e o aluno que estiver marcando o tempo com o cronômetro irá pará-lo somente no momento que tiver seu braço apertado pelo colega do lado. Deve-se repetir esse procedimento de 5 a 10 vezes e os dados devem ser anotados em uma tabela fornecida pelo professor (Apêndice B).

2ª Parte: Tempo de Reação - Ver e Agir

Para medida do tempo de reação entre ver a agir os alunos devem ser organizados em duplas. Um dos alunos apoia o braço na mesa, deixando a mão livre para tentar segurar uma régua de 30 cm (ou maior), que será abandonada pelo outro colega entre os seus dedos polegar e indicador (Figura 2).

Figura 2:- Atividade para o cálculo do tempo de reação entre ver a agir



Fonte: fait.revista.inf.br

A escala da régua fica na vertical com o zero entre o indicador e o polegar do aluno que está com a mão apoiada. Em um dado instante, sem nenhum tipo de aviso prévio, o aluno que está segurando a régua deverá soltá-la e outro colega, quando observar que a régua foi solta, deverá tentar segurá-la o mais rapidamente possível, apenas com o movimento de pinça entre o polegar e o indicador. Com isso, obtém-se a distância de queda (d) da régua, entre o instante que o aluno viu a régua ser solta e o instante que ele a segurou.

Com essa distância é possível calcular o tempo de queda, que correspondente ao tempo de reação do aluno. Para isso, utiliza-se a equação $t = \sqrt{2d/g}$, em que $g = 10 \text{ m/s}^2$ (aceleração da gravidade) e “ d ” é a distância de queda da régua, em metros. Cada aluno deverá repetir esse procedimento de 3 a 5 vezes, registrando os dados na tabela fornecida pelo professor (Apêndice B) e, em seguida, calcular o tempo médio de reação.

Depois de coletados os dados, o professor deverá conduzir uma discussão em sala de aula para determinar o tempo médio de reação dos alunos entre sentir e agir (atividade 1) e ver a agir (atividade 2). Na sequência, os alunos devem ser organizados em grupos para responder às perguntas do questionário disponibilizado no Apêndice C. O professor deverá incentivar a discussão entre os alunos e só interferir quando for necessário.

Aula 4 – Aplicação do conhecimento

Para concluir o módulo 2, o professor deve lançar uma nova situação-problema, para que os alunos possam tentar resolvê-la utilizando os conhecimentos aprendidos nas aulas anteriores. Neste momento o professor também poderá aprofundar alguns dos conhecimentos necessários para a compreensão dos fenômenos abordados.

Para a nova situação-problema, sugere-se que o professor desafie os alunos a medir o tempo de queda de um objeto que sofra pouca interferência da resistência do ar, como uma borracha, por exemplo. Para isso, lança-se a seguinte questão: *É possível medir o tempo de queda dessa borracha aqui na sala?*

Provavelmente algum aluno responderá que isso pode ser feito utilizando um cronômetro. Feito isso, o professor deve sugerir que tentem fazer isso com o cronômetro do celular. Sugere-se que escolha alguns alunos (4 ou 5) para irem à frente da sala para realizar as medidas. O professor então solta a borracha para que os alunos meçam o tempo de queda com seus cronômetros. Os tempos obtidos devem ser anotados no quadro, e o experimento deve ser realizado ao menos duas vezes. A ideia é que eles observem que o tempo registrado é muito diferente, tanto entre os alunos, quanto nos registros do próprio aluno, entre a primeira e a segunda medida. Com os valores anotados no quadro, o professor deve fazer um novo questionamento: *Por que existe diferença entre os valores medidos? Deve-se deixar que os alunos discutam entre si e o professor deve apenas orientar a discussão. Espera-se que eles percebam que um dos motivos é a diferença no tempo de reação de cada um.*

Quando chegarem a essa conclusão, o professor poderá explicar mais detalhadamente a fórmula da queda livre e aplicá-la na situação-problema para calcular o tempo de queda da borracha e comparar com os tempos aferidos nos cronômetros e também com os tempos de reação encontrados pelos alunos nas experiências anteriores.

Para encerrar este módulo, o professor pode sugerir que os alunos se organizem em grupos para discutir as seguintes questões:

- 1) De que forma o tempo de reação pode ter influenciar em situações cotidianas do trânsito?

2) Quais fatores externos, ou do próprio condutor, podem influenciar no tempo de reação em situações cotidianas do trânsito?

MÓDULO 3 – OS PERIGOS DA VELOCIDADE NO TRÂNSITO

Para realizar esta atividade o professor deve seguir os passos do Quadro 4 e as instruções seguintes:

Quadro 4: Organização do Módulo 3

Etapa	Aulas	Atividades
Problematização inicial	Aula 05	- Apresentação da situação-problema. - Levantamento de questões sobre o tema: Os perigos da velocidade no trânsito - Breve discussão sobre o tema abordado
Organização do conhecimento	Aula 05	- Explicação dos conceitos relacionados ao tema na forma de aula expositiva.
Aplicação do conhecimento	Aula 05	- Resolução de um questionário com perguntas relacionadas ao tema abordado. - Apresentação do vídeo “A diferença entre 60km/h e 65km/h”

Fonte: autoria própria

Aula 5 – Problematização inicial

Esta aula deve ser iniciada com a seguinte situação problema:

— *O que é mais perigoso, uma queda do quinto andar de um prédio ou a colisão de um veículo à 100 km/h?*

Após a pergunta, deve-se deixar que a turma pense e discuta sobre os fatores que mais terão influência na situação-problema. Certamente, os alunos farão alguns questionamentos, como, por exemplo: O passageiro do veículo está usando o cinto de segurança? A pessoa que sofreu a queda, caiu no chão de pé ou de cabeça? O professor deverá guiar o raciocínio dos alunos para que eles se concentrem naquilo que é mais importante para resolver a questão, ou seja, a altura da queda e a velocidade com que o corpo atinge o chão. Incentive-os a estimar esses valores.

Aula 5 – Organização do conhecimento

Após a discussão, o professor poderá auxiliar os alunos a resolver a questão. Pode-se, por exemplo, fixar uma altura para o quinto andar em 15 metros e, a partir desse valor, calcular o tempo de queda utilizando a fórmula apresentada

na atividade do cálculo do tempo de reação entre ver e agir: $t = \sqrt{\frac{2 \times h}{g}}$. Neste momento, o professor pode formalizar que o movimento de queda livre é um movimento uniformemente variado e que a altura (h) de queda é dada por:

$$h = \frac{g \times t^2}{2}, \text{ e que a velocidade pode ser calculada por } v = g \times t.$$

A ideia é de que, a partir desses dados, os alunos consigam calcular a velocidade com que um corpo em queda do quinto andar de um prédio chega ao solo. Considerando 3 metros por andar, essa velocidade é de aproximadamente 60km/h. O que, em princípio, pode ser considerado menos perigoso que uma colisão a 100km/h. Porém, sensação de medo é maior na primeira situação

Aula 5 – Aplicação do conhecimento

No terceiro momento pedagógico desta aula, o professor deve pedir aos alunos que formem grupos para responder ao questionário disponível no Apêndice D, com perguntas relacionadas aos conceitos trabalhados na aula anterior, em que os alunos mediram o tempo de queda de um corpo próximo ao solo. Este questionário tem objetivo de consolidar os conceitos abordados e permitir que os alunos apliquem esse conhecimento. Durante a resolução do questionário o professor pode ajudar os alunos que ainda tenham alguma dificuldade.

Depois que os alunos terminarem de responder ao questionário, o professor pode passar o vídeo “A diferença entre 60km/h e 65km/h” para reforçar sobre os perigos da velocidade e introduzir o conceito de energia cinética.

Link do vídeo: <https://www.youtube.com/watch?v=OeDgcTOOYdo> (Acesso em 10/06/2021)

MÓDULO 4 – UTILIZANDO O SOFTWARE TRACKER PARA MEDIR A VELOCIDADE DE AUTOMÓVEIS

Para realizar esta atividade o professor deve seguir os passos do Quadro 5 e as instruções seguintes:

Quadro 5: Organização do Módulo 4

Etapa	Aulas	Atividades
Problematização inicial	Aula 06	-Problematizar com os alunos as seguintes questões: Vocês consideram importante que os limites de velocidade de ruas e rodovias sejam respeitados pelos motoristas? Existe alguma maneira ou ferramenta que possamos usar para saber se os motoristas que trafegam pelas ruas da cidade, ou pelas ruas de seu bairro, estão respeitando os limites de velocidades? - Breve discussão sobre o tema abordado
Organização do conhecimento	Aula 06	- Apresentação do software Tracker. - Tutorial sobre o software Tracker.
Aplicação do conhecimento	Aula 07	- Atividade experimental em grupo: utilizando o software Tracker para analisar movimentos de veículos e medir suas velocidades. - Apresentação pelos grupos de suas vídeo análises. - Pesquisa sobre o funcionamento dos radares chamados de lombadas eletrônicas.

Fonte: autoria própria

Aula 6 – Problematização inicial

Seguindo a estratégia traçada para a sequência didática, esta aula deve começar com o professor lançando os seguintes questionamentos: – Vocês consideram importante que os limites de velocidade de ruas e rodovias sejam respeitados pelos motoristas? Existe alguma maneira ou ferramenta que possamos usar para saber se os motoristas que trafegam pelas ruas da cidade, ou pelas ruas de seu bairro, estão respeitando os limites de velocidades?

O professor deve deixar que os alunos discutam sobre o assunto, que troquem experiências e elaborem outros questionamentos. Durante a discussão o professor deve atuar como mediador e pode intervir para promover ainda mais a 20

interação entre os alunos. Passado alguns minutos de discussão, o professor pode passar para apresentação do software Tracker.

Aula 6 – Organização do conhecimento

Nesta etapa o professor deve apresentar o software Tracker. Para isso o professor pode acessar os links, indicados abaixo, com os tutoriais sobre o funcionamento e instalação do Tracker.

- Tutorial 1 -
<http://trackernoensinodafisica.blogspot.com/p/tutoriais.html>
- Videotutorial -
<http://trackernoensinodafisica.blogspot.com/p/videos.html>

Também podem ser apresentados outros vídeos da internet que mostram o uso do software para análise de movimentos. É interessante que o professor faça uma demonstração do software na própria sala de aula, filmando, por exemplo, o movimento de queda de um corpo.

Os vídeos podem ser gravados com um celular e transferidos para um notebook com o software já instalado. Com o auxílio de um data show o professor pode projetar o vídeo e fazer a análise passo a passo com os alunos. É preciso que os alunos compreendam o funcionamento do Tracker e se sintam seguros para utilizá-lo na análise de outros movimentos.

Depois disso, os alunos devem ser organizados em grupos de 3 integrantes, e orientados para realizarem a seguinte tarefa: Cada grupo deverá filmar veículos trafegando nas ruas próximas às suas casas e analisar seus movimentos com o Tracker. Na aula seguinte, eles deverão apresentar suas videoanálises e dizer se os veículos estão trafegando abaixo ou acima da velocidade permitida na via.

Aula 7 – Aplicação do conhecimento

Esta aula será destinada à apresentação das videoanálises dos grupos. O professor deverá aproveitar para promover uma discussão sobre velocidade média e velocidade instantânea e discutir a similaridade do Tracker com os radares utilizados para medir a velocidade de veículos que trafegam pelas ruas. Terminada as apresentações o professor deverá retomar a problematização inicial do módulo e

poderá solicitar que os alunos façam uma pesquisa sobre o funcionamento dos radares de lombada.

MÓDULO 5 – PROJETANDO UM DISPOSITIVO DE SEGURANÇA DE COLISÃO

Para realizar esta atividade o professor deve seguir os passos do Quadro 6 e as instruções seguintes:

Quadro 6: Organização do Módulo 5

Etapa	Aulas	Atividades
Problematização inicial	Aula 08	<ul style="list-style-type: none"> - Levantamento de questões sobre o tema air-bag - Curiosidades sobre o tema trânsito retiradas do site Detran-PR. - Breve discussão sobre como o air-bag atua no passageiro podendo salvar sua vida
Organização do conhecimento	Aula 08	<ul style="list-style-type: none"> - Leitura dos textos da revista SuperInteressante³, com o título “Como funciona o air-bag” e o segundo, um texto da Brasil Escola com o título “Air-bags”⁴ - Explicação dos conceitos relacionados ao tema na forma de aula expositiva. - Resolução de exercícios
Aplicação do conhecimento	Aula 09	<ul style="list-style-type: none"> - Atividade experimental em grupo: desenvolver um dispositivo de segurança que atue como um air-bags - Questionário com perguntas relacionadas ao tema da aula - Breve discussão sobre funcionamento dos dispositivos projetados pelos alunos.

Fonte: autoria própria

Aula 8 – Problematização inicial

No primeiro momento o professor deve lançar algumas questões para criar uma situação problema que estimule os estudantes a discutir e formular suas hipóteses à respeito dos perigos de uma colisão automobilística. Para isso, sugerimos a utilização de algumas curiosidades sobre o trânsito de veículos disponíveis no site do Detran-PR⁵. O site do Detran/PR fornece uma lista com

3 Como funciona o air-bag. Disponível em: <https://super.abril.com.br/tecnologia/como-funciona-oairbag/> Acesso em 25 de julho de 2019

4 SILVA, Domiciano Correa Marques da. "Air-bags"; Brasil Escola. Disponível em: <https://brasilecola.uol.com.br/fisica/airbags.htm> Acesso em 25 de julho de 2019

várias curiosidades sobre colisões de veículos e a física envolvida nesses fenômenos. Além disso, traz estatísticas envolvendo número de acidentes que ocorrem por ano no Brasil, valores de multa, entre outros. O professor pode acrescentar ou retirar conteúdos da lista se achar necessário. A seguir apresentamos alguns itens para discussão.

Você sabia...

- Para um carro numa batida a 65km/h os passageiros sofrem um impacto equivalente a 820kg.
- Mais de 30 mil pessoas morrem no trânsito todos os anos. São mais de 80 pessoas por dia ou 1 a cada 18 min.
- No Brasil anualmente morrem mais de 6 mil pessoas atropeladas e ocorrem mais de 300 mil acidentes.
- No Japão a multa por dirigir falando no celular é de 90 dólares, na Espanha é de 100 dólares e em Cingapura chega a 600 dólares mais a suspensão da Carteira de Habilitação por 6 meses.
- Uma pessoa adulta só consegue suportar um peso que seja, no máximo, 3 vezes superior ao seu próprio peso?.
- Que se você estiver sem cinto de segurança, a força dos braços só é eficaz para evitar que você se machuque dentro do carro se ele estiver a 10Km/h?
- Mesmo que um veículo esteja numa velocidade de 20 Km/h, o impacto sob um objeto fixo resulta numa força superior a até 15 vezes ao peso da pessoa? Daí resultam os graves ferimentos, que em muitos casos, podem ser fatais..
- 40% das mortes em acidentes são causadas por choque em para-brisas ou contra o painel de instrumentos?
- 30% das lesões fatais em colisões foram causadas porque a vítima bateu contra o volante?
- Oito em cada 10 pessoas que não usavam cinto de segurança morreram em acidentes com pelo menos um dos veículos a menos de 20 Km/h?
- Que a cada 4.9 minutos é registrado um acidente em rodovias federais? Que uma pessoa perde a vida a cada 84 minutos e uma pessoa é ferida a cada 8.8 minutos?
- Para cada pessoa que morre no trânsito, duas ficam inválidas e sete ficam com sequelas.

- Que o acidente de trânsito é o segundo maior problema de saúde pública do Brasil, perdendo apenas para a desnutrição
- Que se o veículo estiver a 40 Km/h o motorista sem cinto de segurança pode ser atirado violentamente contra o para-brisas ou arremessado para fora do carro.
- Cerca de 75% dos acidentes ocorrem num raio de 30 Km da residência do motorista.

Após a leitura das curiosidades, o professor deve lançar alguns questionamentos para nortear a discussão entre os alunos: Qual o fundamento dessas informações? Isso faz sentido para você? Em sua opinião, o que causa a diferença na sensação do peso da pessoa que sofre a colisão? Qual ou quais fatores da colisão você considera determinante para sua gravidade? Feito os questionamentos, o professor deve deixar que os alunos pensem e discutam sobre o tema abordado. Neste momento não se deve fornecer as respostas para os alunos, mas instigá-los a construir suas próprias hipóteses. Durante a discussão pode ser que os alunos também formulem algumas questões. O professor deve anotar as perguntas para que os próprios estudantes as respondam num momento futuro.

Aula 8 – Organização do conhecimento

Passado o momento de discussão, o professor deve entregar textos sobre colisões para que os alunos possam incorporar alguns conhecimentos científicos sobre o tema abordado e formular respostas para as perguntas anteriores.

Neste momento, o professor deve demonstrar alguns conceitos científicos, relacionados ao tema da aula anterior, para que os estudantes tenham um melhor entendimento do funcionamento de um air-bag. Também podem ser usados exercícios de fixação e simulações. Como sugestão para este tema pode-se utilizar o simulador Phet⁵ na opção impulso e quantidade de movimento.

A metodologia dos três momentos pedagógicos destaca a importância do uso de atividades diversificadas para trabalhar e organizar a aprendizagem, como exposições, feitas pelo professor, de definições e propriedades dos fenômenos de estudo, formulação de questões, exercícios de fixação, textos e experiências. Pode-

5 https://phet.colorado.edu/pt_BR/

se acrescentar ainda mídias tecnológicas, como televisão, vídeos, filmes, programas tecnológicos, aplicativos de celulares, simulações, entre outros recursos.

Aula 9 – Aplicação do conhecimento

Nesta aula os alunos deverão projetar um dispositivo que funcione como um air-bag para proteger um ovo em queda, e assim aplicar os conceitos discutidos anteriormente. Para essa tarefa, os alunos devem ser organizados em grupos de 3 ou 4 integrantes, que irão participar de uma competição para averiguar qual o dispositivo mais eficiente. Cada grupo irá receber o seguinte material:

- 10 folhas de jornal;
- 01 metro de fita adesiva;
- 01 tesoura.

O professor deverá passar as seguintes orientações para a confecção dos dispositivos:

1. Os grupos podem usar menos, mas não mais que 10 folhas de papel e deverá informar ao professor a quantidade de papel utilizada para construir o dispositivo de segurança. Em caso de empate, o dispositivo construído com o menor número de folhas de papel será declarado vencedor
2. Os dispositivos de segurança de colisão devem estar livres, ou seja, as equipes não podem segurar seus dispositivos ou fixá-los em outra estrutura.
3. Nada poderá ser anexado ao ovo.
4. A tesoura não pode fazer parte do dispositivo de segurança de colisão.
5. Altura de queda é medida a partir do fundo do ovo, no ponto de liberação, até o topo do dispositivo de segurança de colisão.
6. Os ovos serão descartados por um membro da equipe.
7. Os ovos serão inspecionados antes e depois de cada queda para verificar se não apresentam rachadura.
8. No caso de ovos que resistirem ao impacto inicial, mas saírem do dispositivo e quebrarem, a equipe será desclassificada.

9. . Para simular colisões de carros com maior momento, os ovos serão lançados a partir de alturas sucessivamente maiores (1,0 m, 1,5 m, 2,0 m, 2,5 m).
10. Os dispositivos devem estar prontos dentro do limite de tempo de 20 minutos.

Antes de começar a disputa as equipes devem:

- ✓ Desenhar um diagrama grande do seu dispositivo de segurança de colisão.
- ✓ Explicar par a turma o raciocínio usado para desenvolver seu dispositivo.

O professor poderá estimular os grupos com um brinde (bombons, por exemplo). Após a competição, deverá ser feita a premiação da equipe campeã.

Durante e após a competição, outras questões podem surgir. Mesmo sem a formalização do conteúdo, é importante que os alunos compreendam que o “amortecimento” produzido pelos air-bags ou pelos dispositivos de segurança que eles montaram, está relacionado ao aumento do tempo de interação que irá produzir uma redução na força de impacto. Para sistematizar esse conhecimento, o professor pode solicitar que os alunos relacionem o tema abordado com outras situações do cotidiano, como por exemplo:

- Peça aos alunos que expliquem vários tipos de interações que reduzem efetivamente a força aumentando o tempo. Exemplos:
 - Bungee jumping;
 - Luvas de Boxe;
 - Redes de segurança de trapézio de circo.
- Em alguns veículos, quando ocorre um impacto, a lataria se “desmonta”. Solicite que expliquem por que isso ajuda a diminuir o impacto ao passageiro.
- Fabricantes de carros , na tentativa de torna-los mais seguros e preservar a vida de seus ocupantes na ocorrência de um impacto, desenvolvem tecnologias que aumentam o tempo de interação entre o corpo dos ocupantes e a estrutura do carro. Peça que façam uma pesquisa e cite alguns itens dos veículos desenvolvidos para esta finalidade.

MÓDULO 6 – ELABORAÇÃO DE CARTAZES SOBRE SEGURANÇA NO TRÂNSITO COM BASE NAS LEIS DA FÍSICA.

Para finalizar a sequência didática, será solicitado aos alunos que elaborem cartazes sobre segurança no trânsito, a partir dos conhecimentos adquiridos nas aulas anteriores. O Quadro 6 mostra a síntese da organização desta atividade.

Quadro 7: Organização do Módulo 6

Etapa	Aulas	Atividades
Problematização inicial	Aula 10	- Apresentar estatísticas sobre o trânsito para problematizar as seguintes questões: Por que acontece um grande número de acidentes todos os anos? Cidadãos menos conscientes e mais imprudentes no trânsito tem maior chance de provocar um acidente? - Artigo: Maio amarelo: Contextualizando as estatísticas de acidentes de trânsito no Brasil FGV DAPP
Organização do conhecimento	Aula 10	- Aula expositiva para explicar conceitos que os alunos ainda tenham dúvidas.
Aplicação do conhecimento	Aula 11	- Atividade em grupo: elaborar e apresentar cartazes que expliquem o funcionamento de dispositivos de segurança em veículos e os conceitos de Física envolvidos em seu funcionamento.

Fonte: autoria própria

Aula 10 – Problematização inicial

Para gerar a situação problematizadora o professor pode lançar as duas perguntas apresentadas no Quadro 6, a fim de promover o engajamento dos alunos e possibilitar que conversem sobre a situação. Após um tempo de discussão, o professor deve apresentar dados estatísticos sobre acidentes de trânsito no Brasil com objetivo de evidenciar os perigos de uma conduta imprudente dos condutores e passageiros, como conduzir veículos sem cinto de segurança ou capacete, ultrapassar os limites de velocidade, dirigir alcoolizado etc.

Aula 10 – Organização do Conhecimento

Na segunda parte da aula, o professor deve explicar o trabalho que os alunos irão realizar. Organizados em grupos de 3 ou 4 integrantes, eles devem confeccionar cartazes que expliquem como são aplicados conceitos de Física no funcionamento de dispositivos de segurança dos veículos. Nesse momento o professor pode fazer uma breve revisão dos conteúdos abordados e sanar alguma dúvida que possa surgir.

O objetivo é que os alunos façam cartazes que, além de explicar a base do funcionamento dos dispositivos de segurança, também tenham caráter conscientizador sobre a importância de uma conduta prudente no trânsito, vinculando, quando possível, dados estatísticos relacionados aos acidentes mais recorrentes.

Aula 11 – Aplicação do Conhecimento

A última aula será destinada à apresentação dos cartazes elaborados pelos grupos. Cada grupo terá um tempo de apresentação de 10 a 15 minutos. Sugere-se que após a apresentação, os cartazes sejam fixados em locais visíveis da escola para que outros alunos, professores, pais e funcionários, tenham acesso ao conteúdo, promovendo assim uma campanha de conscientização para toda comunidade escolar.

REFERÊNCIAS

ALBUQUERQUE, Kleber Briz; DOS SANTOS, Paulo José Sena; FERREIRA, Gabriela Kaiana. Os Três Momentos Pedagógicos como metodologia para o ensino de Óptica no Ensino Médio: o que é necessário para enxergarmos?. **Caderno Brasileiro de Ensino de Física**, v. 32, n. 2, p. 461-482, 2015

AZEVEDO, Ana; CONTARATO, Andressa; SANCHES, Danielle. **Maió amarelo**: Contextualizando as estatísticas de acidentes de trânsito no Brasil

OLIVEIRA, Jésum de; PANZERA, Arjuna Casteli. Medição de tempo de reação como fator de motivação e de aprendizagem significativa no laboratório de Física. **Caderno Brasileiro de Ensino de Física**, v. 15, n. 3, p. 301-307, 1998.

DELIZOICOV, D.; ANGOTTI, J. A.; PERNAMBUCO, M. M. **Ensino de ciências**: fundamentos e métodos. São Paulo: Cortez, 2002.

DELIZOICOV, D.; ANGOTTI, j. A. **Física**. São Paulo: Cortez, 1990

JONES, Griff. **Understanding Car Crashes**: It's Basic Physics!. Insurance Institute for Highway Safety. 2000. Disponível em: https://education.ufl.edu/gjones/files/2013/04/teachers_guidePhysics.pdf, Acesso em 10/06/2021.

MUENCHEN, Cristiane. **A disseminação dos três momentos pedagógicos**: um estudo sobre práticas docentes na região de Santa Maria/RS, 2012.

MUENCHEN, Cristiane; DELIZOICOV, Demétrio. A construção de um processo didático-pedagógico dialógico: aspectos epistemológicos. **Ensaio Pesquisa em Educação em Ciências** (Belo Horizonte), v. 14, n. 3, p. 199-215, 2012.

APÊNDICE A – QUESTIONÁRIO PARA SONDAÇÃO INICIAL

PRÉ-TESTE – LEIS DA FÍSICA, LEIS DO TRÂNSITO

NOME: _____

TURMA: _____

1) A luz de freio de um automóvel serve para alertar o motorista que vem atrás que o veículo à sua frente iniciou o processo de frenagem. Suponha que um motorista esteja dirigindo um carro a 110km/h e outro motorista de um caminhão, que estava 30m a sua frente, pisa bruscamente no freio fazendo-o parar quase imediatamente. O motorista do carro estava distraído e só percebe a frenagem do caminhão 1,0 segundo depois e aciona imediatamente os freios. Avalie a situação e diga se a manobra do motorista do carro irá evitar a colisão? Apresente seus argumentos.

2) As imagens das figuras (1) e (2) mostram a colisão de um veículo na traseira de um outro carro. Analise as duas situações e explique o motivo das diferenças entre elas.

Figura 1 - Imagem ilustrativa apresentada na Questão 02



Fonte: Primeira Lei de Newton
(tom369.blogspot.com)

3) Ônibus urbanos são projetados para trafegar a pouco mais de 50 km/h e o espaço necessário para que eles consigam parar totalmente é pouco mais de 30 metros, em condições ideais. Com uma velocidade de 100 km/h, e nas mesmas condições anteriores, você acha que seria possível este mesmo ônibus parar totalmente percorrendo uma distância de 60m? Justifique sua resposta.

4) Considere a seguinte situação: em um dia de chuva com a pista molhada, um motociclista imprudente entra em alta velocidade numa curva. Argumente sobre as chances de ele conseguir fazer a curva sem se acidentar. Quais fatores serão determinantes para que a manobra seja bem-sucedida.

5) Os automóveis atuais possuem muitos dispositivos de segurança para minimizar os danos aos passageiros durante possíveis colisões. Entre estes dispositivos podemos citar o Air-bag e o freio ABS (Antilock Braking System). Esses equipamentos tornaram-se obrigatórios em veículos fabricados no Brasil a partir de 2014. Argumente sobre o papel desses dispositivos para reduzir a gravidade dos acidentes.

6) O que você considera mais perigoso, cair do 5º andar de um prédio ou colidir com um carro a 80 km/h em um muro? Apresente seus argumentos.

APÊNDICE B – ATIVIDADE EXPERIMENTAL: MEDIDA DO TEMPO DE REAÇÃO⁶

MATERIAL NECESSÁRIO

- Régua milimetrada
- Cronômetro

OBJETIVO

Introduzir alguns procedimentos de medida de tempo, e análise de erros de medidas.

PROCEDIMENTOS

Atividade 01 – Tempo de reação entre sentir e agir

- a. Forme um grupo (entre 8 e 10 pessoas) em uma roda com as mãos dadas;
- b. Um dos membros do grupo deverá portar um cronômetro em uma das mãos, este membro será nomeado o líder do grupo e ficará encarregado do controle da atividade;
- c. O líder deverá solicitar que todas as pessoas fiquem com os olhos fechados (esse procedimento é importante para o bom andamento da atividade) e num dado instante, sem aviso prévio, ele irá disparar o cronômetro ao mesmo tempo em que aperta a mão do colega à sua esquerda. Esse colega ao perceber que a sua mão foi apertada, aperta a mão do colega ao lado, e assim, sucessivamente, até que o sinal percorra toda a roda chegando de volta à mão do líder;
- d. Neste instante o líder deve parar o cronômetro e registrar o tempo. Esse procedimento deve ser repetido por, no mínimo, 5 vezes.

⁶ Adaptado de OLIVEIRA e PANZERA (1998).

Figura 2: Medida do tempo de reação entre sentir e agir



Fonte: Arquivo do autor

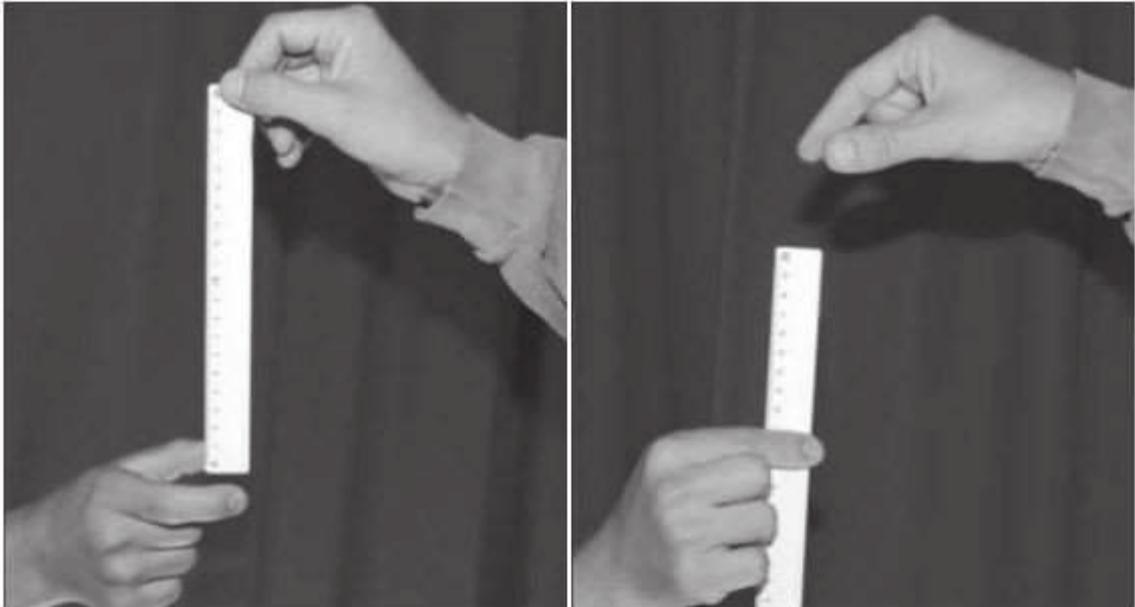
Atividade 02 – Tempo de reação entre ver e agir

Podemos medir o tempo de reação de uma pessoa comparando-o com o tempo de queda de uma régua. Para isso, siga os procedimentos indicados a seguir:

- a. Organize os alunos em duplas e providencie uma régua de no mínimo 30 cm para cada dupla. b)
- b. Um dos alunos irá posicionar a régua verticalmente com o zero entre os dedos polegar e indicador do outro colega, abertos em forma de pinça (ver figura abaixo).
- c. Em um dado momento, o aluno que está segurando a régua irá soltá-la, sem nenhum tipo de aviso, e o outros colega, quando o observar que a régua foi solta, tentará segurá-la, fechando os dedos.
- d. Esse procedimento deve ser repetido, pelo menos, por cinco vezes para cada membro da dupla.
- e. Usando a medida de distância média de queda da régua, os alunos poderão encontrar o tempo de reação entre ver e agir usando a equação da queda

livre: $h=2.g.t^2$, em que h é a distância de queda em metros, g é a aceleração da gravidade e t é o tempo de queda

Figura 5 - Atividade para cálculo do tempo de reação entre ver e agir



Fonte: fait.revista.inf.br

TABELAS PARA COLETA DE DADOS

GRUPO: _____

Número de integrantes do grupo: _____

Atividade 01 – Tempo de reação entre sentir e agir

Medidas	1°	2°	3°	4°	5°	6°	7°	8°	9°	10°
Tempos										

Faça a média dos valores, divida pelo número de participantes e determine o tempo médio, por pessoa, entre sentir e reagir do grupo:

Anote os valores do tempo médio entre sentir e agir, por pessoa, dos outros grupos e faça a média da turma.

Atividade 02 – Tempo de reação entre ver e agir

Aluno 1:

Medidas	1°	2°	3°	4°	5°	Média
Distância(m)						—
Tempo(s)						

Aluno 2:

Medidas	1°	2°	3°	4°	5°	Média
Distância(m)						—
Tempo(s)						

APÊNDICE C – QUESTIONÁRIO DA ATIVIDADE “TEMPO DE REAÇÃO”

QUESTÕES PARA DISCUSSÃO

1. Qual é o tempo médio de reação, por pessoa, entre sentir e agir?
2. Qual é o tempo médio de reação, por pessoa, entre ver e agir? Compare com o resultado da questão anterior.
3. Procure explicar por que o tempo entre sentir e agir é diferente do tempo entre ver e o agir.
4. Com base nos dados da experiência procure determinar a velocidade média dos impulsos nervosos no nosso corpo.
5. Você acha que o tempo de reação para ver e agir com a mão é o mesmo que o tempo para ver e agir com o pé? Por quê?
6. Como o tempo de reação influencia em situações de segurança no trânsito e nos esportes?
7. Algumas espécies de dinossauros mediam cerca de 30 metros do topo da cabeça até a ponta de sua cauda. Supondo que a velocidade dos impulsos nervosos nesse dinossauro fosse igual à nossa (aquela que você calculou), quanto tempo ele levaria para reagir a uma mordida na ponta de seu rabo?

APÊNDICE D – QUESTIONÁRIO DE FIXAÇÃO DO CONTEÚDO

- 1) É possível medir o tempo de queda de um objeto próximo ao solo? Descreva alguma(s) maneira(s) de fazer esta medida.

- 2) Com relação ao experimento realizada na aula anterior, porque os tempos de queda medidos pelos alunos são diferentes? Com base nos conhecimentos adquiridos nas aulas anteriores explique sua resposta o mais detalhadamente possível.

- 3) Dê 2 exemplos de situações do cotidiano do trânsito que são diretamente impactadas pelo tempo de reação:

- 4) É possível saber a velocidade com que um corpo chega ao chão em uma queda do quinto andar de um prédio? Faça uma estimativa dessa velocidade e da altura de queda.

- 5) O que você considera mais perigoso, uma queda do quinto andar de um prédio ou a colisão de um veículo a 100km/h?