



A FÍSICA NA PREVENÇÃO DOS ACIDENTES DE TRÂNSITO EM UMA ABORDAGEM COM OS ALUNOS DO 1º ANO DO ENSINO MÉDIO.

LAERTE GONÇALVES SILVA

Dissertação de Mestrado apresentada à Universidade Federal Rural do Semi-Árido (UFERSA), no Curso de Mestrado Nacional Profissional em Ensino de Física (MNPEF), como parte dos requisitos necessários para obtenção do título de Mestre em Ensino de Física.

Orientadora: Profa. Dra. Jusciane da Costa e Silva – UFERSA

**MOSSORÓ-RN
2019**

A FÍSICA NA PREVENÇÃO DOS ACIDENTES DE TRÂNSITO EM UMA
ABORDAGEM COM OS ALUNOS DO 1º ANO DO ENSINO MÉDIO.

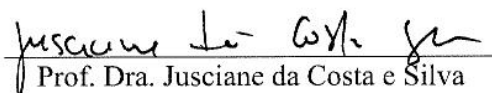
Dissertação apresentada ao Mestrado Nacional Profissional em Ensino de Física (MNPEF) do Departamento de Ciências Exatas e Naturais (DCEN) da Universidade Federal Rural do Semi-Árido (UFERSA), como parte dos requisitos necessários para a obtenção do título de Mestre em Ensino de Física.

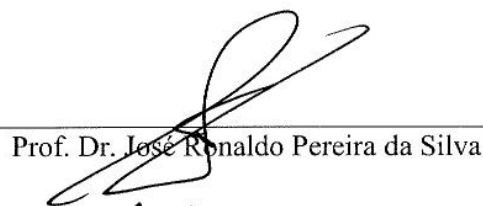
LAERTE GONÇALVES SILVA

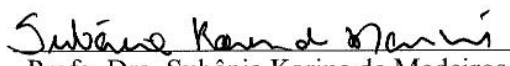
Orientadora:

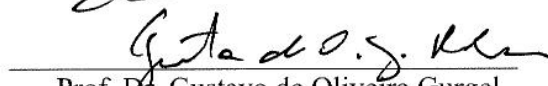
Profa. Dra. Jusciane da Costa e Silva

Aprovada em 18 de janeiro de 2019 por:


Prof. Dra. Jusciane da Costa e Silva


Prof. Dr. José Ronaldo Pereira da Silva


Prof. Dra. Subênia Karine de Medeiros
Néo


Prof. Dr. Gustavo de Oliveira Gurgel
Rebouças

© Todos os direitos estão reservados a Universidade Federal Rural do Semi-Árido. O conteúdo desta obra é de inteira responsabilidade do (a) autor (a), sendo o mesmo, passível de sanções administrativas ou penais, caso sejam infringidas as leis que regulamentam a Propriedade Intelectual, respectivamente, Patentes: Lei nº 9.279/1996 e Direitos Autorais: Lei nº 9.610/1998. O conteúdo desta obra tornar-se-á de domínio público após a data de defesa e homologação da sua respectiva ata. A mesma poderá servir de base literária para novas pesquisas, desde que a obra e seu (a) respectivo (a) autor (a) sejam devidamente citados e mencionados os seus créditos bibliográficos.

S586f Silva, Laerte Gonçalves.
A física na prevenção dos acidentes de trânsito
em uma abordagem com os alunos do 1º ano do
ensino médio / Laerte Gonçalves Silva. - 2019.
149 f. : il.

Orientadora: Jusciane da Costa e Silva.
Dissertação (Mestrado) - Universidade Federal
Rural do Semi-árido, Programa de Pós-graduação em
Física, 2019.

1. Física. 2. Trânsito. 3. Aprendizagem
significativa. I. Silva, Jusciane da Costa e,
orient. II. Título.

O serviço de Geração Automática de Ficha Catalográfica para Trabalhos de Conclusão de Curso (TCC's) foi desenvolvido pelo Instituto de Ciências Matemáticas e de Computação da Universidade de São Paulo (USP) e gentilmente cedido para o Sistema de Bibliotecas da Universidade Federal Rural do Semi-Árido (SISBI-UFERSA), sendo customizado pela Superintendência de Tecnologia da Informação e Comunicação (SUTIC) sob orientação dos bibliotecários da instituição para ser adaptado às necessidades dos alunos dos Cursos de Graduação e Programas de Pós-Graduação da Universidade.

AGRADECIMENTOS

Inicialmente, agradeço a Deus que me capacitou e deu-me sabedoria durante minha longa e árdua caminhada de três anos nesta instituição.

Aos meus pais pelo apoio, carinho e compreensão durante essa longa jornada.

À minha esposa, Milena Fontenele, por estar sempre ao meu lado, estimulando-me e não me deixando desistir.

Aos meus amigos de mestrado, Andreázio, Felipe, Hamilton, Farnésio, Maxwell, Napoleão, aos quais compartilhei momentos inesquecíveis durante o mestrado.

À Universidade Federal Rural do Semi-Árido, juntamente com os coordenadores do Mestrado Nacional Profissional em Ensino de Física, ocasião em que destaco a participação dos professores Geovani Ferreira, Erlânia Lima e Gustavo Rebouças, pelo apoio e orientações.

A todos os professores da UFRSA que contribuíram na minha formação e fortalecimento do conhecimento.

Agradeço imensamente à querida professora, Dra. Jusciane da Costa e Silva, por tanta dedicação e paciência ao longo desses meses. Sua ajuda foi fundamental para o desenvolvimento deste trabalho, e sem dúvidas serei eternamente grato pelo seu trabalho de orientação.

Ao meu amigo Junior, pelo empenho e dedicação na construção do gibi, sempre traduzindo através da arte o que eu queria repassar no meu produto educacional.

Aos meus alunos do 1^a ano do ensino médio que contribuíram nessa pesquisa, que tanto se dedicaram esse processo no ensino de física através de aulas divertidas e significativas.

“Educação é aquilo que fica
depois que você esquece o que a
escola ensinou.”
Albert Einstein

Dedico a minha esposa, aos meus pais, aos familiares e aos amigos, por todo incentivo e por depositarem tanta confiança em meu potencial, dedico-lhes essa conquista com muito carinho.

RESUMO

A FÍSICA NA PREVENÇÃO DOS ACIDENTES DE TRÂNSITO EM UMA ABORDAGEM COM OS ALUNOS DO 1º ANO DO ENSINO MÉDIO.

LAERTE GONÇALVES SILVA

Orientadora: Profa. Dra. Jusciane da Costa e Silva – UFERSA

O número de acidentes e fatalidades no trânsito aumentam a cada ano, sendo maiores os índices de mortes entre motoristas jovens que possivelmente passaram recente pelo ensino médio. Pensando nessa questão social relevante, foi desenvolvido um gibi intitulado “Física no Trânsito: uma aula que salva vidas”, que relaciona as leis da física e as leis de trânsito criado com base nos pressupostos da Teoria da Aprendizagem Significativa (TAS) de David Ausubel e na prática docente da pedagogia de Paulo Freire, para alunos do 1º ano do ensino médio. Os objetivos gerais contemplam a importância da prevenção de acidentes pela assimilação de conhecimentos e comportamentos que melhorem a convivência no trânsito através das leis da física, estimulando o processo ensino-aprendizagem por medidas que promovam uma reflexão crítica e conscientização voltada para atitudes e responsabilidades no trânsito e respeito à vida. A elaboração do material teve como base tópicos de física como Velocidade Relativa, Leis de Newton, Força de atrito, Momento Linear e Colisões, pertinentes aos assuntos contemplados na série em estudo e com ênfase nos fenômenos físicos e situações do cotidiano no trânsito. Após a aplicação do produto educacional os resultados mostram que o interesse e motivação dos alunos se renovam, quando se consegue uma prática docente junto com nova metodologia por meio de novas ferramentas e que instiguem a criatividade e a participação do aluno no processo de ensino- aprendizagem. E diante desse entusiasmo demonstrado pelos alunos, foi possível atingir resultados significativos na compreensão dos conteúdos trabalhados em sala de forma satisfatória.

PALAVRAS – CHAVE: Física, Trânsito, Aprendizagem Significativa.

**MOSSORÓ-RN
2019**

ABSTRACT

THE PHYSICS IN THE PREVENTION OF TRANSIT ACCIDENTS IN A APPROACH WITH THE STUDENTS OF THE 1ST YEAR OF MIDDLE SCHOOL.

LAERTE GONÇALVES SILVA

Advisor: Profa. Dra. Jusciane da Costa e Silva - UFERSA

The number of accidents and fatalities in traffic increases every year, with higher rates of death among young drivers who may have passed recent high school. Thinking about this relevant social issue, a comic book called "Physics in Traffic: A Life-Saving Class" was developed, which relates the laws of physics and traffic laws created on the basis of the assumptions of Significant Learning Theory (TAS) by David Ausubel and in the pedagogical practice of Paulo Freire's pedagogy, for students in the 1st year of high school. The general objectives contemplate the importance of accident prevention by assimilating knowledge and behaviors that improve the coexistence in traffic through the laws of physics, stimulating the teaching-learning process by measures that promote a critical reflection and awareness focused on attitudes and responsibilities in traffic and respect for life. The preparation of the material was based on topics of physics as Relative Velocity, Newton's Laws, Friction Force, Linear Moment and Collisions, pertinent to the subjects contemplated in the series under study and with emphasis on the physical phenomena and everyday situations in traffic. After the application of the educational product the results show that the interest and motivation of the students are renewed, when a teaching practice is achieved along with new methodology through new tools and that instigate the creativity and student participation in the teaching-learning process.

KEYWORDS: Physics, Traffic, Significant Learning.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1– Atuação das leis de Newton em acidente de trânsito.....	41
Figura 2– Referencial inercial ou não.....	42
Figura 3– Ação da terceira lei de Newton na ilustração do cavalo puxando a pedra.....	45
Figura 4– Veículo realizando uma curva sem inclinação.....	48
Figura 5– As forças que atuam sobre o bloco em repouso.....	49
Figura 6– Visão do carro na curva com inclinação sem atrito.....	52
Figura 7– Veículo em uma trajetória curva com inclinação e atrito.....	53
Figura 8– Veículo em velocidade crítica de capotamento em curva plana.....	56
Figura 9– Velocidade crítica de tombamento em curva com inclinação.....	63
Figura 10– Ângulos em relação aos c.m. dos veículos em coordenadas x,y.....	71
Figura 11– Interação de dois corpos durante uma colisão.....	75
Figura 12– Curva da intensidade da força variável no tempo.....	76
Figura 13– Forças atuantes nas rodas dianteiras e traseiras.....	81
Figura 14– Air bag em ação.....	85
Figura 15– Princípio de funcionamento do air bag.....	85

LISTA DE GRÁFICOS

Gráfico 1 – Desempenho dos alunos no Pré-Teste.....	88
Gráfico 2 – Desempenho dos alunos no Pós-Teste.....	94

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 – Número de feridos em acidentes de trânsito no Brasil.....	144
Tabela 2 – Número de mortos em acidentes de trânsito no Brasil.....	144
Tabela 3 – Número de mortos em acidentes de trânsito no Ceará.....	145
Tabela 4 – Número de mortos em acidentes de trânsito em Fortaleza.....	145
Tabela 5 – Tipos de acidentes de trânsito mais comum.....	146

SUMÁRIO

Capítulo 1 INTRODUÇÃO.....	14
Capítulo 2 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA.....	18
2.1 Teorias da Aprendizagem.....	18
2.2 Teoria da Aprendizagem Significativa	19
2.2.1 Mapas Conceituais.....	24
2.2.2 Unidade de Ensino Potencialmente Significativa	26
2.3 Teoria Sócio-Interacionista.....	27
2.4 Aprendizagem e formação crítica.....	28
Capítulo 3 METODOLOGIA.....	33
Capítulo 4 ALGUNS ASPECTOS DA FÍSICA NOS ACIDENTES DE TRÂNSITO.....	41
4.1 As leis de Newton e sua relação com os acidentes de trânsito.....	41
4.2 Movimento circular uniforme.....	46
4.2.1 Velocidade crítica de derrapagem em curva plana.....	48
4.2.2 Velocidade crítica de derrapagem em curva com inclinação sem atrito.....	51
4.2.2.1 Velocidade crítica de derrapagem em curva com inclinação e atrito.....	53
4.2.3 Velocidade crítica de capotagem.....	55
4.2.4 Velocidade crítica de tombamento em curva com inclinação.....	62
4.3 Conservação de energia e a deformação veicular.....	65
4.4 Colisões e suas aplicações.....	69
4.5 Conservação do momentum linear envolvido na colisão.....	70
4.6 Coeficiente de restituição e sua importância no estudo das colisões.....	73
4.7 Impulso e força máxima.....	75
4.8 Avaliação da velocidade pela ruptura do para-brisa.....	77
4.9 Cálculo da velocidade inicial na colisão veicular.....	78
4.10 A frenagem em função da geometria do veículo e da ação dos freios.....	80
4.11 Tempo de reação em uma situação de trânsito.....	83

4.12 Segurança veicular.....	84
Capítulo 5 ANÁLISES E RESULTADOS.....	87
Capítulo 6 CONSIDERAÇÕES FINAIS.....	96
Capítulo 7 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	98
APÊNDICE A: MATERIAL INSTRUCIONAL.....	103
APÊNDICE B: PRODUTO EDUCACIONAL.....	115
APÊNDICE C: QUESTIONAMENTOS DE TRÂNSITO DISCUTIDOS EM SALA.....	142
APÊNDICE D: VÍDEOS RELACIONADOS AOS ACIDENTES TRÂNSITO.....	143
APÊNDICE E: ESTATÍSTICAS DE TRÂNSITO.....	144
APÊNDICE F: MAPAS CONCEITUAIS.....	147

Capítulo 1

INTRODUÇÃO

Segundo o Departamento Nacional de Transito (DENATRAN), o número de vítimas por acidentes de trânsito é muito elevado. Uma forma de diminuir esse número de acidentes no transito é através da conscientização dos jovens. O presente trabalho tem como objetivo estudar a física envolvida em situações cotidianas do trânsito e assim conscientizar os jovens quanto à prevenção de acidentes, conforme afirma a Revista da Faculdade de Ciências Médicas de Sorocaba (2008).

O conhecimento de física e sua relação com as leis de trânsito devem ser repassado aos nossos jovens de forma contextualizada, começando em casa e continuada na escola, uma vez que a sala de aula é um lugar onde os jovens passam boa parte do seu tempo, portanto é um ambiente de aprendizagem e formação sobre o que é importante para a vida. Assim, acreditamos ser relevante abordar a física aplicada ao trânsito em sala de aula, colaborando para um ensino significativo e também para suscitar valores e compreensões importantes para a educação no trânsito, como respeito à vida, prudência, conscientização de toda ciência envolvida neste campo, refletindo sobre a importância da educação frente a esse tipo de violência.

O número de acidentes e fatalidades aumentam a cada ano, sendo maiores os índices de mortes entre motoristas jovens. Quando analisamos os casos de vítimas no trânsito, percebe-se o grande número de jovens envolvidos nesse tipo de violência, segundo a Organização Mundial de Saúde (2015).

De acordo com a Revista de Saúde Pública (2011), diante desses casos, o governo tem na saúde pública um custo expressivo, na manutenção e tratamento dessas vítimas, já que muito desses acidentes poderiam ser evitados, não onerando os cofres públicos. Portanto, conscientizar pode ser um processo árduo e demorado, mas necessário quando se busca preservar a vida dos nossos semelhantes.

Para colaborar no processo de educação e conscientização dos jovens para essa problemática, deve-se analisar situações que possam contribuir de forma efetiva, verificando as causas e entendendo suas consequências. Por esse motivo, deve-se ter estratégias que aliem o conteúdo da sala de aula com causas sociais relevantes, para que cada vez mais se obtenham resultados satisfatórios na busca da melhoria de vida no trânsito e menos acidentes. Ou seja, não basta apenas mostrar o que é certo ou errado no

transito, é preciso contextualizar e mostrar os efeitos físicos causados diante dos descumprimentos ou desconhecimentos das leis que regem a natureza, e de forma participativa envolver os jovens nessa causa na busca de um trânsito mais seguro para todos.

O estudante apresenta mais facilidade para compreender fenômenos físicos quando estes se aplicam ao seu dia a dia, se considerar que o uso do automóvel está cada vez mais acessível e o desejo de dirigir é sempre muito presente nos jovens, segundo a Revista Digital “Compartilhando Saberes” da Secretaria de Estado da Educação da Paraíba (2016). Abordar sobre os acidentes de trânsito é discutir sobre algo que está presente nos meios de comunicação, nas estatísticas, nas políticas públicas, e, portanto, reforçar essa pauta se faz cada vez mais necessário.

Muitos dos acidentes acontecem por falta de conhecimento dos fenômenos, e por esse prisma, se faz necessário estudar as leis da física na prevenção dos acidentes de trânsito e sua relevância em ser abordado nas escolas, principalmente na 1ª série do ensino médio, já que nessa turma os alunos têm o primeiro contato com os conhecimentos de física de forma mais detalhada.

Os estabelecimentos de ensino, de maneira geral, têm um papel importante na conscientização do jovem quanto à educação no trânsito, pois além de um espaço aberto ao conhecimento, na escola o jovem está envolvido no estudo de áreas do saber que tratam diretamente dessa problemática. Esse chamado para uma abordagem relacionada em respeito ao trânsito se fez no momento em que o número de veículos cresceu absurdamente, e por conseqüência, o trânsito tornou-se mais complexo, e portanto um aumento no número de ocorrências envolvendo motociclistas, pedestres e ocupantes de veículos. Sendo assim, surgiu o questionamento, o que realmente vem sendo feito para diminuir esse número expressivo de vítimas no trânsito?

Segundo a Revista de Saúde pública (2011) em 2008 o número de acidentes de trânsito aumentou em 19% (passando de 30890 em 1998 para 36666 mortes), enquanto que população brasileira aumentou 17% no mesmo período. Esses números preocupantes colocam o Brasil no ranking dos países com o maior número de óbitos em acidentes de trânsito, tanto que segundo o DPVAT (Seguro de Danos Pessoais Causados por Veículos Automotores de Vias Terrestres), no ano de 2015 foram em torno de 43 mil vítimas fatais, o que mostra a importância dessa discussão nas escolas com nossos alunos.

No Brasil e no Mundo os acidentes de trânsito representam a principal causa de morte entre os jovens e muito se atribui ao número de veículos que a cada dia passam a circular nas cidades, basta observar os números e casos chocantes divulgados diariamente nos meios de comunicação. Importante registrar também que além das falhas humanas na condução dos veículos temos como fatores que elevam esses números as condições das vias que muitas das vezes não oferecem a segurança necessária para se deslocar a certas velocidades e as condições de uso dos veículos por não apresentarem manutenção adequada.

Dados das OMS (Organização Mundial de Saúde) colocam o Brasil em quarto lugar em número de acidentes de trânsito nas Américas exatamente por apresentar mais de 47 mil mortes por ano e mais de 400 mil feridos, o que acarreta aos cofres públicos um montante de 56 bilhões de reais, dinheiro esse que poderia ser investido em construção de milhares de escolas e hospitais.

Portanto, fica cada vez mais evidente que não basta apenas investir na engenharia de tráfego, no melhoramento das vias, nem em obras visando a separação de pedestres, ciclistas e motoristas, e que não basta também apenas criar sistemas de fiscalização e controle como lei seca ou radares de velocidades. É preciso mostrar que investir em educação tem que ser uma constante no processo e deve ocorrer desde muito cedo pela família e escola de forma que se possa educar nossos jovens com aplicabilidade do conhecimento discutido em sala de aula promovendo uma política de segurança para todos.

Diante desse tema tão relevante e de suma importância para a sociedade, torna-se mais evidente a necessidade de difundir essa questão nas escolas, buscando através do planejamento de disciplinas, como a física, tratar de forma bem precisa essa causa, e tornar o jovem um ser responsável desde cedo, de forma que se inicie nele a mudança que tanto se busca alcançar. A proposta das Diretrizes Curriculares Nacionais do Ensino Médio (BRASIL, 2012), traz uma abordagem que nos remete aos estudos dos fenômenos e conceitos de física que se mostram de grande importância nesse trabalho, pois aulas bem esclarecedoras e focadas no cotidiano dos alunos, em muito contribuirão nesse processo de ensino de forma significativa.

O Código de Trânsito foi idealizado com o objetivo de educar os motoristas para a obediência dos seus artigos, já que o desrespeito a essas leis acarretam multas e sanções administrativas. No entanto, só a punição não é suficiente, é preciso

desenvolver o senso crítico do motorista, principalmente dos jovens na condução de veículos, pois apesar de todos terem conhecimento das regras, insistem em desrespeitar por não refletir criticamente suas consequências.

A responsabilidade social que deve ser trabalhada em sala de aula será muito importante, pois conduzir um veículo motorizado não é apenas seguir regras de trânsito, e sim zelar pela integridade e segurança das pessoas de forma que o pedestre, o ciclista, o motociclista e os demais motoristas possam trafegar em vias públicas de forma segura, e que seus deslocamentos não se tornem riscos potenciais pela irresponsabilidade de condutores e seus excessos de velocidade, atrelados a outros elementos, como por exemplo, a bebida alcoólica e disputa de corrida não autorizada.

Além dos ensinamentos em física é preciso mostrar as consequências e o quão danoso à sociedade é o trauma vivido por quem se envolve em acidentes de trânsito. Assim, os educadores têm uma função relevante perante os jovens, motivando-os a refletir quanto à condução de veículos nas vias públicas e privadas.

Capítulo 2

FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

As Teorias da Aprendizagem são fundamentais para consolidar o conhecimento e nortear o ensino-aprendizagem dos conteúdos desenvolvidos em sala de aula pelos professores e alunos. Assim ao longo dessa seção apresentaremos algumas dessas teorias que acompanharam de perto a evolução observada na Psicologia e na Educação.

2.1 Teorias de aprendizagem

A Aprendizagem por Transmissão pode associar-se às perspectivas behavioristas ou comportamentais da aprendizagem. “O ensino por transmissão tem o seu fulcro nas exposições orais do professor, que transmite as ideias (estímulos) aos alunos, imprime-a em arquivadores dos conhecimentos e pede em troca, que os alunos usem a sua atividade mental para acumular, armazenar e reproduzir informações” (Santos & Praia, 1992 p.13).

As teorias behavioristas da aprendizagem escolar, buscam alcançar comportamentos apropriados por parte dos alunos por meio como apropriação e modificação de respostas. Assim, se a resposta emitida for desejada haverá reforço, cuja natureza dependerá, necessariamente, do nível etário e do esforço dos alunos por exemplo.

Nessa concepção o aluno não desenvolve a sua criatividade, é passivo, acrítico e memoriza informações, embora se possam respeitar os ritmos individuais, não se dá suficiente relevo à sua curiosidade e motivação intrínsecas. O aluno pode, inclusive, correr o risco de se tornar apático, por ser excessivamente dependente do professor.

Já alguns autores considerados neobehavioristas apresentam abordagens mistas, quer a nível metodológico quer a nível teórico (Pozo, 1989). Como exemplo, destacamos a teoria social cognitiva de Bandura (1977), ou a sua mais recente teoria de auto-eficácia (Bandura, 1986), ou mesmo a teoria da instrução de Gagné (1975, 1985).

Os objetivos de instrução, a que Gagné (1975) associa objetivos comportamentais, devem ser definidos em termos de performances humanas, bem como especificar a situação em que estas serão observadas. Esses objetivos devem ser elaborados no início do processo de instrução, pois são eles que determinam o que deve ser fornecido ao aluno. Para o professor constituem a base da instrução e o suporte de verificação dos resultados de aprendizagem.

A teoria sócio-cognitiva de Bandura (1977) preocupa-se com a aprendizagem que tem lugar no contexto de uma situação social e sugere que uma parte significativa daquilo que o sujeito aprende resulta da imitação, modelagem ou aprendizagem observacional (Cruz, 1997). Esta teoria representa uma teoria de aprendizagem com largas capacidades de adaptação e aplicação ao contexto escolar. Na sala de aula, a conduta do professor ou a ação de um colega podem facilmente originar uma aprendizagem modelada junto aos alunos. Nesta perspectiva, a aprendizagem é, essencialmente, uma atividade de processamento de informação, permitindo que condutas e eventos ambientais sejam transformados em representações simbólicas que servem como guias de ação (Bandura, 1986).

As teorias de Bandura (1977) e de Gagné (1975) não marcaram uma clara distinção entre o aluno passivo, mero reprodutor de informação, e o aluno ativo, que aprende, organiza e reestrutura a informação recebida. Assim, opondo-se a um modelo pedagógico predominantemente marcado, ao nível psicológico, pela corrente neobehaviorista, surge o modelo da Aprendizagem por Descoberta.

Bruner (1961) alega que a capacidade para descobrir o conhecimento de forma autônoma é mais importante que a aquisição do conhecimento. E os professores devem promover uma aprendizagem pela descoberta por meio de atividades exploratórias por parte dos alunos, provocando a curiosidade e interesse no desenvolvimento do pensamento.

A teoria cognitiva construtivista da aprendizagem, que imprimem um caráter determinante às concepções prévias dos alunos deve-se ao modelo piagetiano e de Ausubel, Novak e Hanesian (1981). Ao contrário dos behavioristas, esses autores preocuparam-se com o aprender a pensar e o aprender a aprender, e não com a obtenção de comportamentos observáveis.

2.2 Teoria da Aprendizagem Significativa

A Teoria da Aprendizagem Significativa, foi publicada em 1963 por David Ausubel, definiu que uma nova informação tem significado para o estudante através de uma espécie de conhecimentos relevantes preexistentes na estrutura cognitiva do ser. Essa aprendizagem significativa ocorre quando a nova informação encontra fundamento em conceitos ou proposições relevantes, na estrutura cognitiva do estudante, o qual chamou de subsunção.

A Teoria da Aprendizagem Significativa de Ausubel (1965) analisa os problemas que a prática docente enfrenta em sala de aula, busca solucionar e identificar os processos educacionais que afetam as estruturas organizadas de conhecimento, e promove o aproveitamento de uma aprendizagem que conduza a maior capacidade de solucionar situações-problemas, identificar os aspectos interpessoais e sociais que afetam a aprendizagem, motivação e a assimilação do conhecimento.

Esses fundamentos surgiram através dos conhecimentos da psicologia educacional em conjunto com os princípios das teorias da aprendizagem, numa busca pelo entendimento da aprendizagem, dos fatores que a influenciam e dos processos mentais existentes na estrutura cognitiva do aluno. Além disso, propõe uma explicação teórica do processo de aprendizagem, segundo o ponto de vista cognitivista, embora reconheça a importância da experiência afetiva.

Segundo Ausubel, para que o processo de ensino-aprendizagem tenha êxito, o professor deve considerar como fundamental o conhecimento prévio do aluno, pois o fator singular mais importante para a aprendizagem é o conhecimento prévio do aluno. Para ele, um fato isolado não reflete como aprendizagem significativa e o professor não deve ser considerado como transmissor de conhecimento, mas sim como mediador capaz de realizar negociação de significados, já que os alunos trazem consigo uma bagagem de conhecimento, além de criar situações para que haja uma reestruturação dos significados.

Segundo MOREIRA (2011), só há ensino, se houver aprendizagem, e esta deve ser significativa, e o material elaborado pelo professor deve conter estratégias e atividades que visem fomentar este tipo de aprendizagem sobre o assunto abordado. Assim, a estrutura cognitiva está constantemente se reestruturando durante a aprendizagem significativa. A experiência cognitiva não se restringe à influência direta dos conceitos já aprendidos sobre componentes da nova aprendizagem, mas abrange também modificações relevantes nos atributos da estrutura cognitiva pela influência da interação e de conceitos mais relevantes e inclusivos através de uma nova informação.

Para os autores Ausubel, Novak e Hanesian é necessário um pré-requisito para a aquisição significativa de novos conceitos, que é a apresentação de material potencialmente significativo aos alunos. Material este que proporcione uma facilidade de relacionamento pedagógico com o conhecimento estruturado do aluno.

No entanto, somente essa variável não garante a assimilação significativa do novo conhecimento, deve coexistir também a pré-disposição do indivíduo para promover a interação entre o conhecimento a ser aprendido e o conhecimento chave pré-existente na estrutura cognitiva do aprendiz. Uma vez que a aprendizagem tenha ocorrido significativamente, o novo conceito se torna um subsunçor para novos conhecimentos, pois a nova informação assimilada significativamente se torna um conhecimento prévio do estudante, resultando em um novo significado, aumentando as dimensões e a estabilidade de sua estrutura cognitiva (Novak & Gowin, 1996).

Portanto, a aprendizagem significativa decorre da interação de novos conhecimentos com conhecimentos prévios através de sucessivas interações e que aos poucos vai se adquirindo novos significados e se tornando cada vez ancoradouro para novas aprendizagens significativas. Assim, pode ocorrer do aluno não possuir alguns subsunçores necessários para o aprendizado adequado em determinado momento, mas, nesses casos recomenda-se a utilização de organizadores prévios, que são materiais introdutórios, onde servirão de âncora para a nova aprendizagem e levar ao desenvolvimento de conceitos que facilitem a Aprendizagem Significativa através de novos subsunçores.

Segundo Moreira (2011) o conceito de aprendizagem automática é a aprendizagem sem atribuição de significados pessoais, sem relação com o conhecimento preexistente, é mecânica, não significativa. Na aprendizagem mecânica, o novo conhecimento é armazenado de maneira arbitrária e literal na mente do indivíduo. O que não significa que esse conhecimento seja armazenado em um vácuo cognitivo, mas sim que ele não interage significativamente com a estrutura cognitiva preexistente, não adquire significados.

Assim, quando se ensina alguns conceitos em física, aspectos relevantes são inseridos na estrutura cognitiva preexistente do aluno, e o mesmo poderá ou não, interagir de forma significativa com essas novas informações, podendo ocorrer aprendizagem significativa, incorporando os novos conhecimentos à sua estrutura cognitiva gerando um novo significado para o indivíduo. Logo poderá não interagir significativamente com essas novas informações, por não ser motivado e disposto para assimilar as informações, e nesse caso não haverá interação e aprendizado.

Os autores Ausubel, Novak e Hanesian (1980, p. 48), definem três tipos básicos de aprendizagem significativa: a aprendizagem representacional, a aprendizagem de

conceitos e a aprendizagem proposicional. A aprendizagem representacional é o tipo mais básico de aprendizagem significativa e está relacionada com a aprendizagem do significado de determinados símbolos ou também conhecida como aprendizagem automática ou memorística. A aprendizagem de conceitos é semelhante à aprendizagem representativa, porém, esse conhecimento tem origem na combinação de símbolos particulares, que podem formar sentenças e resultar na representação de um conceito e não de objetos ou situações. E na aprendizagem proposicional, a tarefa de aprendizagem significativa não se reduz a aprendizado do que representam as palavras isoladamente ou à combinação das mesmas; refere-se antes de tudo, ao aprendizado do significado de novas ideias expressas de forma proposicional.

De acordo com Ausubel (2003, p. 92) o processo de assimilação na aquisição, retenção e organização de conhecimentos pode ocorrer por diferenciação progressiva e reconciliação integradora. A diferenciação progressiva ocorre quando novos conhecimentos são incorporados à estrutura cognitiva do indivíduo de forma que conceitos mais específicos são relacionados e assimilados a conceitos mais gerais, se apresentando de forma elaborada e inclusiva. Já a reconciliação integradora ocorre quando, num processo de desenvolvimentos de novos conceitos, e de ideias presentes no cognitivo do indivíduo são percebidos, podendo ocorrer o desenvolvimento de novos significados e a conciliação de significados controversos.

Para Ausubel (1980, p. 23) a aprendizagem mecânica ocorre quando novas informações são adquiridas praticamente sem interagir com conhecimentos relevantes presentes na estrutura cognitiva do indivíduo. No entanto Moreira (2008, p. 23) cita a relação de importância entre aprendizagem significativa e a aprendizagem mecânica, servindo como base uma para a outra na formação de novos conhecimentos, já que a passagem da Aprendizagem Mecânica para a Aprendizagem Significativa não ocorre de forma natural ou automática e, assim é preciso que se atue de maneira a promover a migração dessas aprendizagens, sem que o aluno esqueça o conhecimento adquirido anteriormente, por isso é tão importante o uso de introdutórios prévios por parte da aprendizagem mecânica na transição para a aprendizagem significativa.

Segundo Ausubel (2003) e Moreira (2012), a aprendizagem significativa pode ser por recepção, onde a informação é apresentada ao estudante em sua forma final, e não por descoberta, situação em que o conteúdo a se estudar deve ser identificado pelo estudante. Moreira (2012) ressalta ainda, que não é preciso desvendar para aprender

significativamente e é um erro pensar que a aprendizagem por descoberta implica necessariamente em aprendizagem significativa, já que seria inviável para o estudante aprender significativamente se tivessem que descobrir o conhecimento o tempo inteiro.

Facilitar a aprendizagem significativa exige atividades essenciais, tais como os indicadores de conceitos e princípios no conteúdo a ser ensinado de forma a contemplar todos. Identificar os subsunçores mais relevantes à aprendizagem do conteúdo a ser ensinado, que o aluno deveria ter em sua estrutura cognitiva para aprender significativamente.

Ausubel (2003) em sua Teoria da Assimilação define três formas de Aprendizagem Significativa: subordinada, subordinante e combinatória. Na aprendizagem subordinada, o novo conceito encontra relação com a estrutura cognitiva do aprendiz de forma subordinada. Ele pode ser encarado como um exemplo de um conceito específico já existente na estrutura cognitiva, pode apenas ilustrar uma proposição geral, ser considerada uma extensão, modificação ou qualificação de conceitos previamente aprendidos, dentre outros.

A aprendizagem subordinada é mais comum, receptiva e ocorre interação de novos conhecimentos com conhecimentos prévios importantes na estrutura cognitiva, podendo ser por subsunção derivativa em que a nova informação está ligada à ideia subordinante e sua continuidade e a subsunção correlativa em que a nova informação está ligada à ideia qualificando ou alterando-a.

Na aprendizagem subordinante, o novo conceito, potencialmente significativo, é mais geral e inclusivo do que as ideias já existentes na estrutura cognitiva do estudante. Assim, esses conceitos assumem posição de subordinação em relação a esse novo conceito, ou seja, passam a representar aspectos mais específicos do novo. Durante esse processo, as ideias já existentes passam a ser vistas como relacionadas. Assim, essas ideias existentes podem reorganizar-se e adquirir novos significados, ocorrendo, portanto, a reconciliação integrativa e o novo conhecimento mais geral e inclusivo do que os conhecimentos já existentes na estrutura cognitiva do indivíduo. Assim, os conceitos já existentes assumem posição de subordinação em relação a esse novo conceito mais geral e abrangente (Ausubel, 1963, p. 1).

Na aprendizagem combinatória as novas proposições que não apresentam relação subordinada nem subordinante com ideias relevantes já adquiridas anteriormente na estrutura cognitiva do estudante não estão relacionadas

hierarquicamente, porém se encontram no mesmo nível, não sendo a ideia nova nem mais específica nem mais inclusiva do que outras idéias. É relacionada às ideias já existentes na estrutura cognitiva do aprendiz, assim, ao invés de se relacionar com um conceito específico, se relaciona com um conteúdo amplo. É como se fosse potencialmente significativa por ser relacionável a estrutura cognitiva como um todo.

Nesse processo, também ocorre à reconciliação integrativa. Ou seja, a diferenciação progressiva e a reconciliação integrativa são processos relacionados que ocorrem durante a aprendizagem combinatória, o novo conhecimento se relaciona com os conhecimentos já existentes na estrutura cognitiva do indivíduo.

Segundo Moreira (1999) o material instrucional potencialmente significativo deve se relacionar com a estrutura cognitiva do estudante de forma não-arbitrária e não-literal, e o mesmo deve apresentar uma predisposição para aprender significativamente esse novo conteúdo, essas são condições para que ocorra uma aprendizagem significativa, do contrário dificilmente se alcançará o objetivo desejado.

Ausubel (2003) para facilitar a Aprendizagem Significativa, fez referência a alguns princípios, são eles: diferenciação progressiva: princípio segundo o qual as ideias e conceitos mais gerais e inclusivos do conteúdo devam ser apresentados no início da instrução e, progressivamente, diferenciados em termos de detalhe e especificidade. Reconciliação integradora: princípio segundo o qual, num episódio de ensino e aprendizagem, devem-se explorar relações entre conceitos, apontar similaridades e diferenças e reconciliar discrepâncias reais ou aparentes. Organização sequencial: princípio no qual a programação do conteúdo seja organizada de forma a sequenciar os tópicos e conceitos de modo coerente com as relações de dependência naturalmente existentes neste e, Consolidação: princípio no qual, antes de introduzir novos materiais instrucionais, deve-se insistir no domínio do que está sendo estudado.

A Teoria da Aprendizagem Significativa de Ausubel apresenta muitas possibilidades de aplicação no produto educacional em questão, já que os subsunçores serão uma estratégia que norteará a abordagem dos assuntos através de um diagnóstico dos conhecimentos prévios dos alunos no desenvolvimento das discussões no campo da cinemática, dinâmica e estática abordadas na 1ª série do Ensino Médio.

2.2.1 Mapas conceituais

Uma ferramenta facilitadora para a Aprendizagem Significativa é o Mapa Conceitual, que pode desenvolver um papel importante nesse processo, averiguando o conhecimento prévio (NOVAK, 1984). Para Novak (1984), os mapas conceituais têm por objetivo representar relações significativas entre conceitos na forma de proposições. As proposições consistem em dois ou mais termos conceituais ligados por palavras de modo a formar uma unidade semântica, esse foi desenvolvido especificamente para estabelecer comunicação com a estrutura cognitiva do aluno e para exteriorizar o que o mesmo já sabe de forma que tanto ele quanto o professor percebam isso.

Aconselha-se que os conceitos sejam representados no interior de quadros e as palavras ou frases de ligação fiquem localizados entre dois conceitos para dar significado a uma proposição. Cada ligação entre dois conceitos configura-se uma proposição, portanto, uma afirmação. Para Novak (1984), os mapas conceituais devem ser representados hierarquicamente, com conceitos mais abrangentes em sua parte superior e os conceitos menos abrangentes em sua parte inferior, já para Moreira (2012), os mapas conceituais não precisam necessariamente possuir esse padrão, desde que os conceitos contextualmente mais importantes, os conceitos secundários e os conceitos mais específicos estejam bem delimitados. Ausubel, Novak e Hanesian (1980) reforçam a importância na organização dos conceitos na estrutura cognitiva do aprendiz, pois para os autores, os seres humanos interpretam a experiência perceptual em termos de conceitos próprios de suas estruturas cognitivas.

Os Mapas conceituais contribuem para a organização da estrutura do tema abordado e dão ao aluno condições de identificar a parte principal e as partes secundárias por meio de conceitos, além da disponibilidade de definições mais abrangentes, como as leis científicas, e mais específicas, constituindo um aspecto importante nos processos necessários para a aprendizagem significativa de novos conceitos.

Com a Teoria da Aprendizagem Significativa, pode-se afirmar que o processo de aprendizagem consiste em verificar e filtrar o conhecimento do aluno, determinando quais são os conceitos mais relevantes na estrutura cognitiva do mesmo a contribuir com a aprendizagem do conteúdo a ser ensinado, para que assim possa ser estruturado um material potencialmente significativo. Os mapas conceituais podem ser utilizados não somente para a obtenção de conhecimentos prévios dos estudantes e mas também

para integrá-lo ao próprio material potencialmente significativo, além de ser utilizado como ferramenta de avaliação.

2.2.2 Unidades de Ensino Potencialmente Significativa

As Unidades de Ensino Potencialmente Significativas (UEPS) são, segundo Moreira (2011), sequências de ensino fundamentadas teoricamente voltadas para a aplicação em sala de aula, que priorizam a Aprendizagem Significativa em detrimento da Aprendizagem Mecânica. O objetivo das UEPS é estabelecer um passo a passo de como desenvolver uma unidade de ensino que seja potencialmente facilitadora da aprendizagem significativa de tópicos específicos de conhecimentos procedimentais.

Fundamenta-se nos princípios de que o conhecimento prévio é variável e que influencia a aprendizagem significativa e que pensamentos e ações estão integrados no ser que aprende, além dessa integração ser positiva e construtiva, nesse caso quando há aprendizagem é significativa e o aluno deve decidir se quer aprender significativamente determinado conhecimento e os organizadores prévios mostram a relação entre novos conhecimentos e conhecimentos prévios e nesse caso são as situações-problema que dão sentido a novos conhecimentos e elas devem ser criadas para despertar a intencionalidade do aluno para essa aprendizagem.

As situações-problema devem ser propostas em níveis crescentes de complexidade frente a uma nova situação, de maneira a construir na memória de trabalho, um modelo mental funcional, que seja análogo a essa situação. A diferenciação progressiva, a reconciliação integradora e a consolidação devem ser levadas em conta na organização do ensino e a avaliação da aprendizagem significativa deve ser feita em termos de buscas de evidências, pois a aprendizagem significativa é progressiva. O professor é o provedor da situação-problema, além de organizar o ensino e ser o mediador da captação de significados de parte do aluno e da interação social e da linguagem.

Moreira (2011) estabeleceu procedimentos importantes na elaboração de uma UEPS, tais como definir o tópico específico a ser abordado, identificando seus aspectos declarativos e procedimentais, criando questionário e mapa conceitual, ou situação-problema, que leve o aluno a manifestar seu conhecimento prévio relevante para a aprendizagem significativa, de forma a propor situações-problema, em nível bem introdutório, que valorize esse conhecimento. Estas situações-problema podem

envolver, desde já, o tópico em pauta, mas não para começar a ensiná-lo. Tais situações-problema podem funcionar como organizador prévio são situações que dão sentido aos novos conhecimentos. E essas situações iniciais uma vez desenvolvidas, podem apresentar o conhecimento a ser ensinado e aprendido, levando em conta a diferenciação progressiva, dando uma visão inicial do todo, do que é mais importante na unidade de ensino, mas logo exemplificando, e abordando aspectos específicos.

Ao mesmo tempo retomar os aspectos mais gerais, e possibilitar novos exemplos, destacar semelhanças e diferenças relativamente às situações e promover a reconciliação integradora de forma que possa propor alguma outra atividade colaborativa que leve os alunos a interagir socialmente, negociando significados, tendo o professor como mediador para esta atividade nesse processo significativo.

Aspectos declarativos são aqueles que podem ser verbalizados, declarados de alguma maneira e os procedimentais são aqueles que consistem de habilidade cognitiva em saber fazer, e é baseado em ações. O importante não é a estratégia, em si, mas o modo de trabalhar o conteúdo da unidade, pois novas situações-problema devem ser propostas e trabalhadas em níveis mais altos de complexidade em relação às situações anteriores que possam ser resolvidas através de atividades colaborativas.

A avaliação da aprendizagem através da UEPS deve ser feita ao longo de sua implementação, registrando tudo que possa ser considerado evidência de aprendizagem significativa do conteúdo trabalhado, e, além disso, deve haver uma avaliação para verificar a capacidade de transferência, a UEPS somente será considerada efetiva se a avaliação do desempenho dos alunos fornecerem evidências de aprendizagem significativa com o domínio de um campo conceitual de maneira progressivo e que seja perceptível.

2.3 Teoria Sócio - Interacionista

Segundo Vygotsky, o conhecimento é influenciado pelo meio, ele destaca a explicação para aparecimento de inovações e mudanças no desenvolvimento a partir do mecanismo de internalização. O autor também enfatiza um aspecto interacionista, pois considera que é a partir da intersubjetividade, ou seja, nas relações interpessoais, que as funções mentais superiores se originam.

Para o mesmo autor o desenvolvimento é um processo que se dá de fora para dentro e a relação do homem com o mundo ocorre de maneira mediada, e para que isso

aconteça há dois elementos: os símbolos e os instrumentos. Os instrumentos têm a função de regular as ações sobre os objetos, já os símbolos revelam as ações sobre o psiquismo das pessoas, e são por elas utilizadas para controlar ou orientar sua conduta. Assim o indivíduo se utiliza desse recurso para interagir com o mundo e a partir da interiorização desses signos ele cria o que Vygotsky chama de sistemas simbólicos.

Vygotsky desenvolveu, a partir de suas pesquisas, o que ele chamou de Zona de Desenvolvimento Proximal que é a distância daquilo que o ser humano já sabe com o que ele vai aprender, e é nesse campo que a educação deve atuar: estimulando o desenvolvimento, que sozinha não completa o processo de aprendizagem. É feita uma avaliação daquilo que é conhecido, o que o aprendiz é capaz de fazer sozinho. Pensamento e linguagem são palavras-chave para Vygotsky, que se preocupa com as funções psicológicas superiores desenvolvidas a partir das formas simples e involuntárias da realidade. A partir dessa busca Vygotsky mostra a interação entre os sujeitos, fator que determina as formas de aprendizagem em um determinado momento histórico.

O aprendizado é muito mais do que aquisição de capacidades para pensar; é acima de tudo a capacidade de pensar sobre várias coisas ao mesmo tempo e a partir desse pensar construir o conhecimento. É pela aprendizagem mediada, ou seja, pela relação com os outros que os conhecimentos são adquiridos – é a partir do meio que o homem se transforma, de acordo com Vygotsky do ser biológico para o ser humano.

No dia a dia, a mediação se dá pela linguagem utilizada pelo adulto e no contexto das situações vivenciadas; já nas instituições de ensino, a mediação acontece com a orientação deliberada no que diz respeito à aquisição do conhecimento sistematizado pelas crianças, de maneira que ela tenha como tarefa particular entender as bases do sistema científico que se difere do sistema conceitual.

2.4 Aprendizagem e formação crítica

Os conceitos sobre a prática docente, visa interligar os elementos necessários para alcançar o objetivo principal, isto é, um ensino de física de qualidade e aplicável, para obtermos melhores rendimentos. E com a reformulação da educação básica brasileira, o ensino tradicional, tornou-se o sinônimo de ensino sem sentido, aplicabilidade, ou significado para o aluno, sendo o ensino de física, deslocado da

realidade dos alunos. Atualmente, o ensino passou a ter a função de formar para a cidadania, aquilo que o estudante necessita para uma boa condução de sua própria vida.

O professor hoje se comporta como um mediador do conhecimento, sendo a aprendizagem significativa, lúdica e aplicável necessária para a evolução de seus alunos. A prática docente necessita avaliar sua atuação na sala de aula, buscando sempre o progresso como um todo dos seus discentes. Analisaremos alguns autores que discorrem a respeito disto.

De acordo com Paulo Freire (1996) o que caracteriza uma boa formação não são as instituições ou as titulações obtidas no decorrer da vida do educador, mas o conhecimento e a reflexão daquele que se propõe a estudar, e a aperfeiçoar seus conhecimentos além do que são exigidos. O principal objetivo do educador é formar indivíduos críticos e reflexivos, capazes de participar ativamente na sociedade. Ainda segundo Paulo Freire (1996, p. 92) “O professor que não leve a sério sua formação, que não estude, que não se esforce para estar à altura de sua tarefa não tem força moral para coordenar as atividades de sua classe.”

Segundo Schon (2000, p. 20) “faz-se urgente o repensar de propostas de formação nas universidades, possibilitando processos de construção da identidade dos docentes bem como seus conhecimentos profissionais”. É aproximar do educador o que se têm na teoria e o que se apresenta na prática, sendo necessário o mesmo identificar-se dentro do contexto que será inserido, constituindo-se como um ser reflexivo capaz de entender a relação do ensino e da aprendizagem dos seus educandos, desviando-se do modelo alienante da escola tradicional. Para distanciar-se deste modelo o professor deve buscar refletir sobre a práxis e para isso é imprescindível que o mesmo pesquise para tornar-se um ser transformador. Segundo Alarcão (1996, p. 176) seguido por Schon:

Aquele que reflete na ação e sobre a ação como formas de desenvolvimento profissional precisa, além de articular saberes práticos aos saberes teóricos relacionados à vivência da sala de aula, compreender que a sua atuação é mais abrangente e deve estar a favor da construção de uma política de sociedade democrática.

O educador deve saber valorizar as crenças, os saberes sociais, saberes teóricos e socioculturais que são apresentados pelos educandos durante o seu processo de formação como um ser integral e social.

Para a formação de professores reflexivos e críticos, deve-se levar em consideração os saberes que contribuem para a constituição dos mesmos. Tardif (2002) afirma que os docentes devem ser constituídos pelos seguintes saberes:

Saber da formação profissional – conjunto de saberes transmitidos pelas instituições de professores. Não se limitam a produzir conhecimentos, mas procuram também incorporá-los à prática do professor [...] esses conhecimentos se transformam em saberes destinados à formação científica ou erudita dos professores, e, caso sejam incorporados à prática docente, esta pode transformar-se em prática científica, em tecnologia de aprendizagem. [...] A articulação entre essas ciências e a prática docente se estabelece concretamente através da formação inicial ou contínua dos professores (p.36-7).

Saber disciplinar – saberes de que dispõe a nossa sociedade, tais como se encontram hoje integrados nas universidades, sob forma de disciplina [...]. Os saberes disciplinares (por exemplo, matemática, história, literatura, etc.) são transmitidos nos cursos e departamentos universitários independentes das faculdades de educação e dos cursos de formação de professores (p.38).

Saber curricular – estes saberes correspondem aos discursos, objetivos, conteúdos e métodos a partir dos quais a instituição escolar categoriza e apresenta os saberes sociais por ela definidos e selecionados como modelos da cultura erudita e de formação para a cultura erudita. Apresentam-se concretamente sob a forma de programas escolares que os professores devem aprender a aplicar. (p.38).

Saber experiencial – baseados em seu trabalho cotidiano e no conhecimento de seu meio. Esses saberes brotam da experiência e são por validados (p.39).

O docente que se propõem a incorporar tais saberes durante a sua formação torna-se capaz de obter o conhecimento científico e transformar em sua prática científica de ensino, além de relacionar os conhecimentos aos estudos experimentais, ou seja, valorizar o que advém do social.

O educador precisa ter a consciência de que precisa formar indivíduos reflexivos capazes de contribuir com a sociedade. Deve buscar desenvolver as habilidades e conhecimentos que o aluno possui. Nota-se que o professor é o maior exemplo dentro da sala de aula para o aluno. Por consequência é imprescindível que o educador possua os conhecimentos necessários para o ensino de física aos educandos. Além disso, é necessário acompanhar e colaborar com a aprendizagem do aluno, criando estratégias desafiadoras para mover os alunos levando em conta suas limitações, para isso precisa conhecer seu aluno para melhor ajudá-lo e saber que sua responsabilidade é formar alunos de sucesso.

O ensino de física, historicamente atrelado ao modelo positivista, tem-se realizado mediante a apresentação de conceitos, leis e fórmulas, de forma desarticulada, distanciados do mundo vivido pelos alunos e professores e não só, mas também por isso, vazios de significado. Privilegia-se a teoria e a abstração desde o primeiro

momento, em detrimento de um desenvolvimento gradual da abstração que, pelo menos, parta da prática e de exemplos concretos (BRASIL, 2000)

Dessa forma, o trabalho docente deve ser entendido como atividade pedagógica do professor na busca de objetivos que permitam ao aluno domínio do conhecimento e desenvolvimento de capacidades, habilidades e criatividade. Para isso ao professor cabe ter o domínio do conteúdo que leciona, compreender sua relação com a vida prática, manter-se em investigação, e conhecer os vários métodos de ensino.

É necessário entender como os professores de Física pensam, organizam e efetivam sua prática docente, observando os processos de organização, articulação e reflexão, diante das diferentes perspectivas teóricas. Além disso, há de se investigar as práticas pedagógicas que contribuem para a formação do professor, inclusive outras perspectivas de práticas e o cenário que está inserido o aluno.

No ensino de física, muitas indagações aparecem sobre as concepções, abordagens, conhecimentos pedagógicos e influências realizadas na prática docente na sala de aula. E a mudança de postura do professor é uma necessidade social, já que urge, na sociedade, a busca de práticas que superem a fragmentação e a reprodução do conhecimento, ultrapassando-se antigos paradigmas. Nesse advento de mudança, nasce a necessidade de discutir sobre a transformação da prática pedagógica.

É necessária a inserção de um novo paradigma de ensino pautado na perspectiva reflexiva do professor, para obter uma formação satisfatória e assim possibilitar um ensino de gere possibilidades de desenvolvimento de uma prática mais humana, contextualizada, didática, crítica e inovadora proporcionada pelos professores.

Novas concepções do professor sobre o ensino de física trazem conclusões e constatações oriundas da análise e interferências de modo a ajudara alcançar os objetivos desejados. Algumas características da prática docente do professor de física são de fácil percepção, tal como a falta de articulação com conhecimentos pedagógicos, o que acaba gerando entrave na melhoria do ensino.

As diretrizes apontam que seja qual for sua área de atuação, deve ser um profissional investigativo e atuante, capaz de trabalhar com as diversas formas do saber. De maneira que se construa um profissional completo diante de um perfil geral, estabelecendo perfis específicos, de modo que a formação em física, na sociedade contemporânea, possa oferecer alternativa satisfatória na sua vivência.

Assim, a cada dia se cria uma expectativa cada vez maior que professores de física possam se dedicar à disseminação do saber científico em diferentes instâncias sociais, seja através da atuação no ensino escolar formal, seja através de novas formas de educação científica, como vídeos, ou outros meios de comunicação, atuando de forma interdisciplinar, e instrumental em conexão com outras áreas do saber.

Entende-se que muito pode ser melhorado nas práticas docentes, visto que é uma disciplina que aborda uma vasta variedade de fenômenos. Também se devem incluir os acontecimentos e a evolução tecnológica que tem a física como fundação, as vastas possibilidades de temas controversos e conflituosos que envolvem a atividade científica, colaborando para uma visão de mundo mais crítica, solidária e sustentável.

Contudo sabemos que o processo de ensino e aprendizagem corresponde ao equilíbrio de vários fatores, e está condicionado à realidade na qual estão inseridos professores e alunos. Assim compreendemos que a iminência de mudança para uma epistemologia da prática é essencial e fundamental para transformar a forma de ensinar, de formar e de aprender.

Portanto, é necessário que a prática docente e as concepções adotadas no processo de ensino - aprendizagem, sejam uma constante de empenho e que essa ação se mostre repleta de novas perspectivas reflexivas, críticas e acima de tudo motivadoras, de forma que possa alcançar através de seus ensinamentos o tão importante e indispensável conhecimento. E que a cada dia possa surgir professores de física criativos e dispostos a quebrar os paradigmas engessados por anos, a fim de elevar cada vez mais o nosso saber de forma significativa a todos os discentes.

Finalizo esse capítulo enfatizando que a base da fundamentação teórica dessa dissertação e do produto educacional tiveram como referência a teoria da aprendizagem significativa de David Ausubel e de Antonio Moreira, e dos ensinamentos da prática docente e formação crítica de Paulo Freire.

Capítulo 3

METODOLOGIA

A escola de ensino médio que foi aplicado o produto educacional é administrada pelo Estado do Ceará, e fica localizada na área periférica da cidade de Fortaleza, no bairro Serrinha. Tem aproximadamente 1000 alunos, distribuídos em três turnos, nas séries de 1º, 2º e 3º anos, em média, com 40 alunos cada turma. Possui um espaço físico com salas de aulas, biblioteca, secretaria, sala de professores, sala de vídeo, cozinha, campo de futebol e quadra esportiva.

As metodologias de ensino e de pesquisa estão entrelaçadas, e podem ser aplicadas na investigação realizada e os instrumentos de coleta de dados utilizados, através do emprego e delineamento em sala de aula, elaborados a partir dos princípios da educação dialógica e emancipatória e das premissas da aprendizagem significativa. Os procedimentos metodológicos na proposta de ensino podem ser iniciados com a apresentação de algum organizador prévio. A função desse organizador é apresentar algo familiar ao aluno e tem como objetivo atuar como uma ponte entre o que o aluno sabe com o que desejamos ensinar e que o ensino parta de algo do cotidiano do aluno para incentivá-lo a aprender.

Acessar os conhecimentos dos alunos sobre determinado assunto, possibilita que a intervenção parta desse conhecimento para assim buscar a apropriação dos novos conceitos, através da participação ativa e da interação entre professor-aluno, provocando debates críticos sobre a questão proposta ou com os alunos expondo suas ideias e confrontando suas explicações com as dos outros colegas e que esse momento possa proporcionar ao aluno novas explicações e situações que mostre a importância da aquisição de novas informações.

Todas as etapas do saber devem ser conduzidas de forma gradativa, e à mediada que novas informações são apresentadas com diferentes abordagens, especificidades e complexidades, as semelhanças e diferenças entre as situações apresentadas se mostram entrelaçadas de modo que as contradições aparentes, ou reais, sejam compreendidas pelos estudantes e assim ocorra a ancoragem do conceito em sua estrutura cognitiva.

As abordagens devem ser contextualizadas ao cotidiano, numa situação concreta que permite a investigação e a reflexão sobre a realidade em que estão inseridos, analisando seus diversos aspectos, levando o aluno a compreender a importância e

aplicação do conhecimento que está estudando, assim acreditamos que ações realizadas por meio de uma abordagem dialógica e participativa, podem ser utilizadas para potencializar a aprendizagem significativa.

O envolvimento e interesse dos estudantes vêm se mostrando cada dia mais exigente, cobrando atividades mais bem elaboradas, que possam contribuir para aspectos que vão muito além das questões específicas do saber científico, podendo atingir objetivos vinculados à dimensão afetiva, respeito às opiniões divergentes e valorização de outros saberes, mostrando a importância do ensino de física e a intervenção que é necessária numa abordagem metodológica específica para constituir uma modalidade de ensino onde seus sujeitos apresentem e demandem práticas educativas diferenciadas, investigando fatores cognitivos e subjetivos que instigues os alunos na realização das tarefas de aprendizagem, procurando desenvolver instrumentos e procedimentos potencialmente úteis na observação das atividades em situações em sala de aula.

Esta investigação é do tipo qualitativo descritiva, de natureza exploratória e interpretativa. A escolha pela metodologia qualitativa tem como argumento o fato de que a finalidade da pesquisa não é testar hipóteses, uma vez que não existe uma realidade objetiva independente, ela é socialmente construída. O interesse central da pesquisa qualitativa está nos significados que as pessoas, em suas ações e interações, atribuem dentro de um contexto social.

Nessa ocasião, almeja-se investigar os impactos da aplicação de um Material Instrucional relacionado a alguns conteúdos de Cinemática, Dinâmica e Estática para a promoção da Aprendizagem Significativa, possibilitando a evolução da compreensão dos conceitos e fenômenos pelos alunos, através das respostas fornecidas para as questões contidas no material (gibi), de forma a potencializar as estratégias para a promoção do ensino-aprendizagem, sempre mapeando as opiniões dos estudantes durante a aplicação do material.

Os objetivos gerais contemplam a importância da prevenção de acidentes pela assimilação de conhecimentos e comportamentos que melhore a convivência no trânsito através das leis da física, estimulando o processo ensino-aprendizagem por medidas que promovam maior envolvimento do aluno para uma reflexão crítica diante dos conteúdos de física discutidos em sala de aula e conscientização voltada para atitudes e

responsabilidades no trânsito, compartilhando as vias públicas e respeito ao espaço de todos, e principalmente a vida.

Foi desenvolvido um gibi intitulado “Física no Trânsito: uma aula que salva vidas”, que relaciona as leis da física e as leis de trânsito desenvolvido com base nos pressupostos da Teoria da Aprendizagem Significativa (TAS) para alunos do 1º ano do Ensino Médio, com o objetivo específico de analisar a Unidade de Ensino Potencialmente Significativa (UEPS) e seus resultados, quanto ao rendimento dos alunos após a aplicação do gibi e do questionário utilizado como pesquisa diagnóstica. A elaboração do material teve como base tópicos de física pertinentes ao assunto contemplado na turma e com ênfase ao estudo dos fenômenos físicos e situações do cotidiano no trânsito.

O pré-teste foi aplicado continha 12 questões que envolvia conhecimentos de física, como velocidade relativa, leis de Newton, Energia Cinética, Conservação de Energia e Quantidade de Movimento, Colisões, e sua relação com as leis de trânsito.

O questionário inicial (pré-teste) tem como objetivo diagnosticar o perfil dos 32 alunos que participaram efetivamente dessa pesquisa e investigar conhecimentos prévios sobre conceitos básicos de física e trânsito. Tal questionário foi aplicado no início das aulas letivas, sendo disponibilizadas duas horas-aula para o preenchimento do mesmo.

A elaboração dos Mapas Conceituais (MC) tem como objetivo investigar os conhecimentos dos alunos acerca da temática, antes e depois da abordagem, além de despertar no aluno seus conhecimentos prévios e recordar os conceitos estudados.

Assim foram construídos mapas antes e depois da aplicação do gibi, em que foi observado os critérios de classificação qualitativos no que se refere aos graus de hierarquia e nos princípios programáticos de diferenciação progressiva e reconciliação integrativa (Novak & Gowin, 1996).

Desse modo, tornou-se possível avaliar a eficiência ou não do uso do gibi como um recurso a mais nas aulas de física, como forma de mostrar as leis e princípios físicos no cotidiano dos alunos de maneira interativa e reflexiva, abordados dentro dos conteúdos e da carga horária prevista no planejamento escolar, afinal não podemos esquecer que qualquer instrumento que se faça uso, não pode ser desenvolvimento sem um planejamento prévio e sua relação com as diretrizes estabelecidas pela escola quanto à carga horária.

No pós-teste, também foi aplicado o mesmo questionário do pré-teste e serviu de base para perceber as dificuldades dos estudantes e, a partir disso direcionar medidas a serem tomadas, além de auxiliar na elaboração de um guia para ser entregue aos estudantes, para que registrassem hipóteses, problemas apresentados nas atividades e sugestões para o posterior melhoramento da material.

Apenas o método tradicional de ensinar com livro e aula expositiva já não provocam mais a motivação necessária ao aluno e os resultados mostram cada vez mais ineficientes e não são mais utilizados para dar sentido aos fenômenos naturais a serem estudados, portanto, se faz necessário que novas técnicas pedagógicas e instrumentos educacionais capazes de despertar a curiosidade e interesse dos alunos para o entendimento e estudos dos fenômenos de forma mais expressiva e efetiva.

Moreira (1999) argumenta que é necessário que se ensine utilizando recursos e princípios que facilitem a aquisição da estrutura conceitual da matéria de ensino de uma maneira significativa. Assim, utilizar exemplos em sala que tenham conexões com o cotidiano dos estudantes pode ser fundamental no processo de ensino.

Assim, o produto educacional foi desenvolvido de forma que o conteúdo conseguisse avançar, retomando os conceitos mais gerais e estruturantes, sempre em nível mais alto de complexidade, conectando-os com os aspectos mais específicos do conteúdo, visando promover a ocorrência dos processos de diferenciação progressiva e reconciliação integradora, de acordo com o que foi posto na Unidade de Ensino Potencialmente Significativa (UEPS). Ao ser aplicado o material foram inclusas diversas questões para os estudantes responderem, de forma participativa e dinâmica para reforçar a discussão coletiva e promover o envolvimento da turma sobre as respostas obtidas de maneira efetiva.

Tal estratégia possibilitou aos alunos a reflexão e a exposição de suas opiniões sobre os aspectos relevantes do assunto abordado na aula e, conseqüentemente, seus conhecimentos prévios. Além disso, foram criados momentos de apresentação e debate com a participação de todos de forma ativa.

Também foram criados três grupos de discussão em que uma parte da sala representava os condutores de veículos (motoristas), o outro grupo representava as autoridades de trânsito que eram responsáveis em verificar se as regras estavam sendo cumpridas, e por fim o grupo dos pedestres, onde vários questionamentos foram

elaborados e lançados para os grupos debaterem, tendo como base as leis de trânsito e as leis da física na fundamentação das respostas.

Aconteceram simulações em sala que os alunos conseguiram refletir sobre os riscos de ultrapassagens, dirigir sobre efeitos de drogas e álcool e de não respeitar os limites de velocidades mencionadas no Código de Trânsito Brasileiro (CTB) para transitar em algumas vias, fazendo uso de uma breve descrição sobre o que pode ser visualizado ou simulado com o recurso utilizado e questões a serem respondidas pelos estudantes. O objetivo principal deste tipo de abordagem é possibilitar ao estudante a compreensão dos fenômenos que acontecem diariamente e quantos acidentes podem ser evitados com ações simples.

A utilização de vídeos e imagens em sala de aula facilitou o entendimento e a abstração possibilitando aos estudantes a reorganização dos seus conhecimentos sobre os fenômenos relacionados e suas variações. Dessa forma, obtiveram-se, inclusive, informações que serviram de contribuição para o processo de ensino e aprendizagem. Por consequência, alcançamos a coleta de dados que favoreceu a análise da aplicação do material e eventual mudança da estrutura cognitiva dos alunos, que após a conclusão das discussões foram submetidos à criação de oficinas sobre segurança no trânsito abordando todo o conteúdo estudado no gibi.

Os questionários de levantamento de conceitos iniciais e finais e as atividades com Mapas Conceituais (MC) foram parte integrante da sequência didática, permitiu a avaliação da aprendizagem ocorrida, possibilitando uma percepção maior do que devemos acrescentar no processo de ensino aprendizagem para alcançarmos melhores resultados para que possamos engrandecer as atividades, tornando muito mais dinâmicas e com mais participação dos alunos, visando maior engajamento e promoção de uma Aprendizagem Significativa.

Percebe-se que os alunos compreendem e aprendem de forma mais fácil, quando são engajados e passam a agir com o cognitivo, emocional e a ter comportamentos compartilhados durante a realização de uma atividade escolar, verificando que a situação de aprendizagem mobiliza outros aspectos dos alunos na atividade e na realização de atividades de aprendizagem como trabalho em grupo a partir das discussões e questionamentos.

Em relação ao tempo de aplicação do gibi, a carga horária utilizada foi de 16 horas/aula, tomando como base o conteúdo de física estudado no decorrer do ano letivo.

Na primeira aula, foi apresentado aos alunos o produto, com a finalidade de conscientizar os jovens no que diz respeito à prevenção de acidentes no trânsito através das leis da física.

Na segunda aula, exibimos os dados estatísticos sobre as vítimas de acidentes de trânsito e qual a participação dos jovens nesses números no Brasil. Na terceira aula, apresentamos o Código de Trânsito Brasileiro e seus artigos que evidenciam a importância da física na sua elaboração e aplicação.

Na quarta aula, demonstramos a velocidade relativa de afastamento e aproximação e o cuidado que se deve ter nas ultrapassagens e suas consequências em caso de colisões. Na quinta aula, apresentamos a importância do uso do cinto de segurança e como a Primeira Lei de Newton (Lei da Inércia) justifica a obrigatoriedade dos ocupantes de veículo motorizado na utilização e os riscos quando não se respeita esse item de segurança veicular.

Na sexta aula, discutimos a questão dos deslocamentos em aclives e como fisicamente esse tipo de trajetória poderia provocar acidentes na condução de veículos. Na sétima aula, explicamos a situação-problema dos declives e a importância de se manter a distância de segurança, e como fisicamente a frenagem fica mais difícil nesse caso.

Na oitava aula, abordamos o respeito aos trechos que não permitem ultrapassagens, como por exemplo, a faixa dupla contínua e trechos curvilíneos, as quais pelas leis da física potencializam os riscos nesses trechos, seja através do somatório das velocidades em uma situação de colisão frontal ou pela ação da força centrípeta respectivamente.

Na nona aula, explicamos as colisões entre veículos, envolvendo colisões frontais e traseiras, com foco na conservação de energia cinética e quantidade de movimento.

Na décima aula, continuamos com o estudo das colisões, só que envolvendo colisões laterais e transversais, onde foi possível discutir um pouco do torque e momento angular. Na décima primeira aula, salientamos os casos de atropelamentos e sua gravidade, fazendo uma abordagem física quanto à massa e velocidade do veículo no momento do acidente.

Na décima segunda aula, analisamos o tombamento veicular e em quais casos podem ocorrer, levando em conta o centro de massa e velocidades desenvolvidas em

curvas. Na décima terceira aula, o tema estabelecido foi o capotamento veicular, quais as recomendações dadas pelo CTB e como ocorrem fisicamente.

Na décima quarta aula, discorremos sobre os choques em situações de acidente de trânsito envolvendo um veículo em movimento e um obstáculo físico (árvore, poste ou outro veículo parado) e o que a Lei de Conservação de Energia diz nesses casos.

Na décima quinta aula, abordamos sobre como conduzir veículos motorizados em situações adversas tanto pelas condições climáticas quanto pelas más condições das vias, que aumentam potencialmente os riscos de acidentes, e como as leis da física poderiam contribuir para diminuir esses casos. Nessa aula formamos três grupos para simularmos situações que envolvessem os pedestres, motoristas e autoridades de trânsito para discutir situações vivenciadas por eles e como poderiam contribuir com um trânsito mais seguro.

Na décima sexta aula e última, aplicamos um questionário envolvendo leis de trânsito e as leis da física de forma que o aluno explicasse fisicamente algumas situações propostas que ocasionaram acidentes.

As atividades desenvolvidas explicaram os fenômenos de física destacando a importância das aulas no desenvolvimento da autoestima e da capacidade de aprender além dos aspectos tradicionais, preparando os alunos para uma reflexão mais ampla e disciplinada e essas atividades foram desenvolvidas em sala de aula, tendo por base uma metodologia de ensino que privilegiou a problematização e a interação entre alunos que possuíam níveis de conhecimento distintos e a utilização de situações-problema envolvendo experimentos, onde percebemos o desenvolvimento das habilidades referentes à investigação e inferências feitas através dos conceitos relacionados à física.

Portanto, foram feitas discussões, reflexões e conexões das questões propostas, permitindo ao aluno um melhor entendimento sobre as concepções iniciais e a interpretação do material com as leis da física. A organização do material foi essencial para a compreensão dos fenômenos físicos e fixação do que o de fato é importante, de maneira orientada para as hipóteses levantadas, interpretação e exploração do material para a produção dos resultados.

Por conseguinte, levamos em consideração o conhecimento do professor da realidade estudada e sua sensibilidade para captar detalhes dos quais os conceitos que exteriorizam, possam ser utilizados e aprofundados no conhecimento de física de forma eficiente, seja através dos questionários aplicados, ou dos mapas conceituais elaborados

pelos alunos, de forma a obter dados acerca de seus conhecimentos prévios sobre as leis da física e das leis de trânsito, bem como contrapô-los com os possíveis novos conceitos incorporados à estrutura cognitiva durante a aplicação do material potencialmente significativo no decorrer das aulas.

E, portanto, expomos as contribuições de uma proposta de ensino de física fundamentada nas premissas da aprendizagem significativa e na educação dialógica e emancipatória, que adota a utilização de assuntos relevantes com conteúdos trabalhados em sala de aula como principal estratégia de ensino, possibilitando ampliar as discussões nas abordagens da física e sua importância para políticas públicas, como a relação física-trânsito na prevenção de acidentes e na preservação da vida.

O processo de conscientização deve ser conduzido inicialmente pelos professores continuado por todos os envolvidos no processo de forma que essa atividade propicie condições para que haja reflexão e análise por parte dos estudantes, a fim de que possa dar prosseguimento às ideias sobre observações e fenômenos com o propósito de produzir conhecimento.

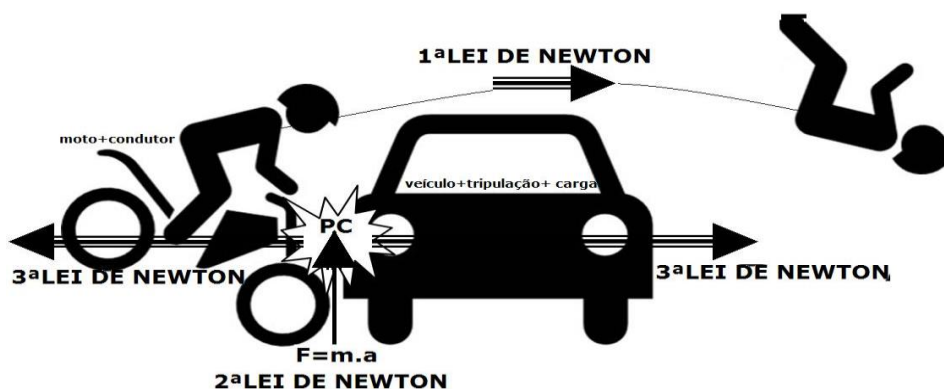
Capítulo 4

ALGUNS ASPECTOS DA FÍSICA NOS ACIDENTES DE TRÂNSITO

A física e seus fenômenos estão presentes em várias áreas do saber, e nesse capítulo estudaremos a Física envolvida nos acidentes de trânsito. Analisaremos as forças que atuam no evento, o movimento na trajetória retilínea ou curvilínea, a geometria do terreno plano ou inclinado, a eficiência da frenagem e o momento linear.

4.1 As Leis de Newton e sua relação com os acidentes de trânsito

Figura 1: Atuação das leis de Newton em acidente de trânsito



Fonte: <http://pfaconsultoria.com.br/artigos/fisica-do-aciente-de-transito-x-traumas/>

1ª Lei Newton ou Lei da Inércia – Considere um corpo sobre o qual não atue força resultante alguma. Se o corpo está em repouso, ele permanece em repouso. Se o corpo está em movimento com velocidade constante, ele permanecerá assim indefinidamente.

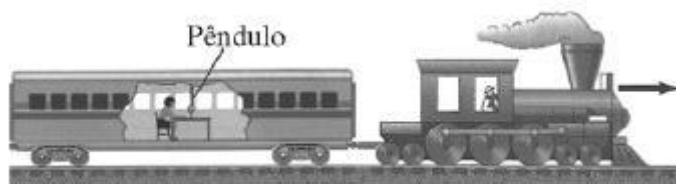
Assim, “Todo corpo persiste em seu estado de percurso, ou de movimento retilíneo uniforme, a menos que seja compelido a modificar esse estado pela ação de forças impressas sobre ele” (NUSSENZVEIG, 2013).

A primeira lei de Newton é de fato uma afirmação sobre referências, pois ela define os tipos de referenciais nos quais as leis da mecânica newtoniana são válidas. Dessa forma a primeira lei pode ser expressa como:

Se a força resultante sobre um corpo é nula, é possível encontrar referenciais nos quais aquele corpo não tenha aceleração.

Como mostra a Figura 2, podemos avaliar um determinado referencial para ver se ele é ou não inercial. Com o vagão em repouso, marque a posição do pêndulo parado sobre a mesa. Com o vagão em movimento, o pêndulo somente permanece sobre a mesa, se o vagão estiver se movendo em linha reta com velocidade constante. Se o vagão estiver aumentando ou diminuindo a velocidade ou estiver fazendo uma curva, o pêndulo se desloca da marca e o vagão é um referencial não-inercial.

Figura 2: Referencial inercial ou não



Fonte: <https://questoes.grancursosonline.com.br/questoes-de-concursos/fisica-teorias-e-leis/272192>

Essa lei traz o entendimento dos casos de momento linear e deslocamentos de corpos em frenagens e desacelerações bruscas, caso muito comum em acidentes de trânsito em que os ocupantes não estão usando o cinto de segurança. Por exemplo, quando um veículo freia bruscamente o nosso corpo vai para frente, já que a tendência do corpo é permanecer em movimento, e da mesma forma quando aceleramos bruscamente, nosso corpo vai para trás com respeito ao referencial do veículo, já que o mesmo tende a está em repouso.

2ª Lei de Newton ou Princípio Fundamental da Dinâmica- Uma das implicações da 1ª lei é que qualquer variação da velocidade de um corpo (em módulo ou em direção) em relação a um referencial inercial, ou seja, qualquer aceleração deve estar associada à ação de forças. Isso sugere procurar uma relação mais precisa entre força e aceleração.

Consideremos o exemplo da queda livre de um corpo. Já vimos que, neste caso, a aceleração é constante $a = g$, onde g é vertical e dirigido para baixo. Qual é a força que atua sobre ao corpo? Nesse caso a força (atração gravitacional) é também vertical, dirigida para baixo, e constante para um dado corpo, ou seja, a em qualquer altura, na vizinhança de um dado ponto da superfície da Terra.

Isso sugeri que a aceleração devida a uma força seja proporcional à força, ou seja $a = kF$. E o que podemos dizer sobre o coeficiente de proporcionalidade k ? Sabemos que a mesma força, quando aplicada a corpos diferentes, produz em geral acelerações diferentes. Logo, o coeficiente k mede uma propriedade do corpo, que caracteriza sua resposta à força aplicada.

Acelerar ou frear um carro requer uma força bem maior do que para uma bicicleta, para a mesma variação de velocidade (as conseqüências de uma colisão com um ou com outro, à mesma velocidade, também são bem diferentes).

Dizemos usualmente que um carro tem inércia muito maior que uma bicicleta, resistindo bem mais a variação de velocidade. O coeficiente de proporcionalidade k deve medir então uma propriedade inversamente proporcional à inércia do corpo.

Temos então $a = \frac{F}{m}$, onde o coeficiente de inércia m mede a quantidade de matéria do corpo, por experiência acelerações adquiridas por objetos diferentes submetidos à mesma força são inversamente proporcionais aos respectivos coeficientes de inércia.

Assim, temos:

$$\vec{F} = m\vec{a} \quad (1.0)$$

Onde F é força resultante, m é massa do corpo e a é a aceleração.

Apesar da formulação original de Newton, conforme equação 1.0, ele não começou definindo o que chamou de quantidade de movimento, também conhecido como momento linear, ou simplesmente momento. A definição de Newton foi: a quantidade de movimento e a medida do mesmo, que se origina conjuntamente da velocidade e da massa.

Ou seja: o momento linear \vec{p} de uma partícula é o produto de sua massa m por sua velocidade \vec{v} :

$$\vec{p} = m\vec{v} \quad (2.0)$$

Decorre imediatamente desta definição que \vec{p} é um vetor, e se m não varia com o tempo, ou seja, excluirmos sistemas de massa variável, obtemos, derivando em relação ao tempo ambos os membros da equação (2.0), a força resultante:

$$\vec{F}_R = \frac{d\vec{p}}{dt} = \frac{d(m\vec{v})}{dt} = m \frac{d\vec{v}}{dt} = m\vec{a} \quad (2.1)$$

O que corresponde à formulação de Newton da 2ª lei “A variação do momento é proporcional à força impressa, e tem a direção da força”. Ou seja: a força é a taxa de variação temporal do momento (NUSSENZVEIG, 2013).

Essa lei é fundamental na análise do momento linear quanto ao entendimento aplicado aos casos de colisões e de suas análises nos acidentes de trânsito. Ou seja, na ausência de forças externas, $\vec{F} = 0$, a derivada do momento linear com respeito ao tempo é zero. Logo o momento linear é constante, se conserva.

3ª Lei de Newton ou Lei da Ação e Reação – As forças existem em pares. Se um martelo exerce uma força sobre um prego, o prego exerce uma força igual e de sentido contrário sobre o martelo. Se nos apoiarmos numa parede de tijolos, a parede nos empurra de volta (Halliday, Resnick e Walker, 1993).

Toda ação (\vec{F}_{AB}) exercida por um corpo *A* sobre um corpo *B* corresponde uma reação exercida por *B* sobre *A*, de mesma intensidade e direção (\vec{F}_{BA}), mas de sentido contrário (Halliday, Resnick e Walker, 1993).

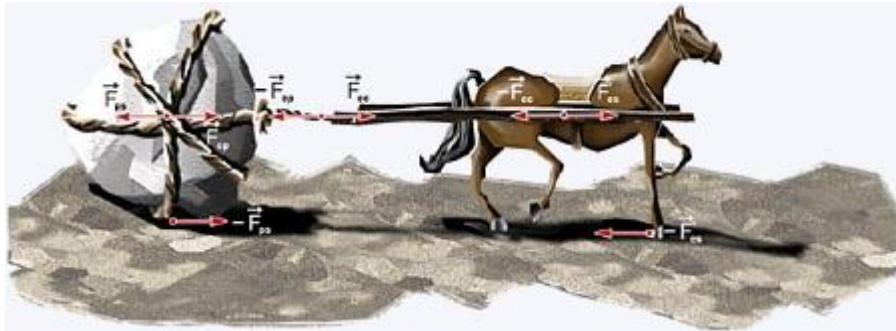
$$\vec{F}_{AB} = -\vec{F}_{BA} \quad (2.2)$$

Os dois membros do par ação e reação sempre se referem a corpos diferentes, de maneira que não há possibilidade de se cancelarem mutuamente. Se duas forças atuam no mesmo corpo, elas não são um par de ação e reação, mesmo que tenham módulos iguais e sentidos opostos.

Um exemplo que podemos identificar o par ação e reação, é o satélite em órbita, em que a única força que atua sobre ele é a força exercida pela atração gravitacional da Terra, onde a força de reação correspondente é à atração gravitacional do satélite e que seu ponto de aplicação efetiva é considerado o centro da Terra.

Situação ilustrada por Newton para realçar a 3ª lei “Se um cavalo puxa uma corda amarrada a uma pedra, o cavalo será igualmente puxado para trás pela pedra; com efeito, a corda distendida, pela mesma tendência a se encaixar ou soltar, puxará tanto o cavalo para a pedra como a pedra para o cavalo, e o obstruirá tanto o avanço de um deles quanto facilita o da outra”. Nessa situação Newton mostra como atuam os pares de ação-reação para as forças da horizontal.

Figura 3: Ação da terceira lei de Newton na ilustração do cavalo puxando a pedra



Fonte: http://www.cepa.if.usp.br/e-fisica/mecanica/basico/cap17/cap17_01.htm

As forças horizontais são as seguintes:

Relação ao cavalo e a corda:

A força de tração do cavalo \vec{F}_c sobre a corda, devido ao esforço muscular e a força $-\vec{F}_c$, que é a reação correspondente, aplicada ao cavalo que o puxa para trás pela pedra

Relação entre a corda e a pedra:

\vec{F}_p é a força de ação exercida pela corda sobre a pedra e $-\vec{F}_p$ é a reação correspondente aplicada à corda .

Relação cavalo sobre a estrada:

$-\vec{F}'_a$ é a força de atrito exercida pelo cavalo sobre a estrada e \vec{F}'_a é a reação correspondente aplicada ao cavalo.

Observe a fim de se deslocar para frente, o cavalo empurra o chão para trás de tal forma que a reação do atrito \vec{F}'_a é no sentido de impulsionar o cavalo para frente. Isso mostra que andamos por causa do atrito que empurra o chão para trás explica porque andamos.

As únicas forças horizontais aplicadas ao movimento do cavalo são \vec{F}'_a e $-\vec{F}_c$ onde a resultante dessas forças e a 2ª lei de Newton aplicada ao movimento do cavalo ao longo da estrada, daria:

$$\vec{F}'_a - \vec{F}_c = m_c \vec{a}_c \quad (2.3)$$

Onde m_c e a_c são respectivamente a massa e aceleração do cavalo. Por analogia se m_{co} e a_{co} são a massa e aceleração da corda e m_p e a_p da pedra, temos, aplicando a 2ª lei de Newton à corda e à pedra,

$$\vec{F}_c - \vec{F}_p = m_{co}a_{co} \quad (2.4)$$

e

$$\vec{F}_p - \vec{F}_a = m_p a_p \quad (2.5)$$

Se o sistema estiver se deslocando como um todo, de forma solidária, temos que $a_p = a_{co} = a_p = a$, onde a é a aceleração comum a todo sistema. E em um caso particular pode-se atingir o movimento uniforme, ou seja, $a = 0$, e nessas condições, pelas equações que

$$\vec{F}'_a = \vec{F}_c = \vec{F}_p = -\vec{F}_a \quad (2.6)$$

No caso de acidentes de trânsito, os veículos em estudo se comportam como corpo extenso, o que acarreta um bom entendimento na aproximação de resultados, através da 3ª lei de Newton.

4.2 Movimento circular uniforme

Uma partícula esta em movimento circular uniforme quando se move num círculo ou num arco circular, de raio r , com velocidade constante v , e sua aceleração aponta para o centro do círculo. A sua aceleração centrípeta tem módulo constante dado por:

$$a = \frac{v^2}{r} \quad (3.0)$$

Onde \vec{a} é o vetor aceleração; \vec{v} é o vetor velocidade e r o raio da curvatura.

A aceleração centrípeta é devido a uma força centrípeta que atua sobre o corpo, direcionando para o centro do círculo. Esta força tem módulo constante dado pela segunda lei de Newton:

Se o corpo evolui com movimento circular uniforme, a direção da trajetória muda constantemente, o que implica a existência de uma força externa responsável por essa alteração. Mostra-se que a força responsável pelo movimento circular uniforme está dirigida para o centro da circunferência (perpendicular à trajetória, portanto) e é conhecida por força centrípeta (TIPLER, 2000).

Onde \vec{F} é centrípeta, m a massa do veículo; \vec{v} a velocidade e r o raio de curvatura.

Se essa força não existir, o corpo não se manterá em movimento circular. Tanto a aceleração quanto a força centrípeta são grandezas vetoriais que têm módulo constante, mas suas direções variam continuamente, de modo a manter o sentido sempre apontando para o centro do círculo. Se o corpo em movimento circular é, por exemplo, um disco de borracha girando preso a um cordão, situação em que a força centrípeta é devido a tensão no cordão. Para a Lua, em seu movimento circular uniforme (aproximadamente) em torno da Terra, a força centrípeta se deve à atração gravitacional da Terra. Logo a força centrípeta não é um novo tipo de força; pode ser uma força de tensão, uma força gravitacional ou qualquer outra.

Se analisarmos um carro fazendo uma curva quando estamos sentados no meio do banco traseiro, movendo-se em alta velocidade por uma rodovia plana, e de repente o motorista dobra à esquerda, descreve-se um arco circular, deslizando pelo assento em direção à direita e somos pressionados contra a lateral interna do carro. Isso ocorre porque no momento que o carro está percorrendo um arco circular, está em movimento circular uniforme.

E nesse caso a força centrípeta responsável pelo movimento é causada pelo atrito dos pneus sobre a estrada. Esta força aponta radialmente para o interior do arco do círculo, abrangendo os quatro pneus. Neste caso como a força de atrito não é suficiente grande, deslizamos sobre o banco. A força lateral que comprime o passageiro no banco traseiro é a força centrípeta.

Outra situação que mostra a ação da força centrípeta é um corpo em órbita da Terra, situação em que atração gravitacional nos mantém e a espaçonave em movimento circular uniforme, onde essa força é dirigida radialmente para o centro da Terra.

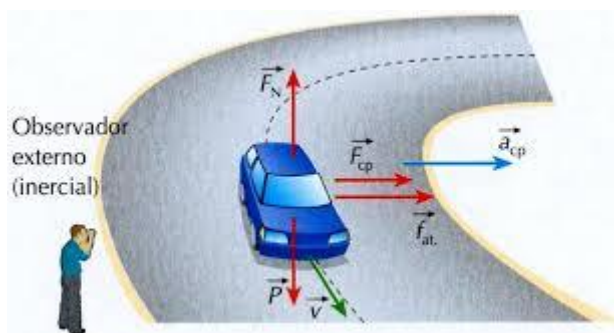
Nas duas situações ocorrem movimento circular uniforme submetido a uma força centrípeta, mesmo assim há diferença entre essas duas situações, pois no carro

somos comprimidos contra lateral interna do veículo, por outro lado na espaçonave em órbita, estamos flutuando como nenhuma força estivesse atuando sobre o passageiro.

E essa diferença se dá pela natureza das duas forças centrípetas, já que no carro a força centrípeta é uma força de contato, enquanto na espaçonave a força centrípeta é uma força volumétrica, porque a atração gravitacional da Terra é aplicada sobre todos os átomos, tanto do nosso corpo quanto da espaçonave, assim nenhuma parte de nosso corpo sofre compressão.

4.2.1 Velocidade crítica de derrapagem em curva plana

Figura 4: Veículo realizando uma curva sem inclinação



Fonte: <https://mundoedu.com.br/uploads/pdf/5568f2545b7c3.pdf>

A lei da Inércia estabelece que para um veículo iniciar uma manobra com trajetória curva será necessário que uma força resultante não nula atue sobre este. Esta força, chamada de força lateral ou centrípeta, será desenvolvida pelo atrito gerado devido ao contato dos pneus do veículo com a superfície da via, sendo controlada através do sistema de direção pelo condutor.

Entretanto, existe um limite para a máxima força centrípeta que pode ser gerada, limitando, também, a geometria da trajetória curva que pode ser desenvolvida pelo veículo. Este limite depende, essencialmente, de três parâmetros: do raio da trajetória curva, do coeficiente de atrito devido ao contato entre os pneus do veículo e a superfície da via e da superelevação da via. A velocidade crítica de guinada ocorre somente quando o condutor do veículo gira o volante do sistema de direção, visando realizar uma manobra com trajetória curva, de tal forma se alcance o limite para a força centrípeta.

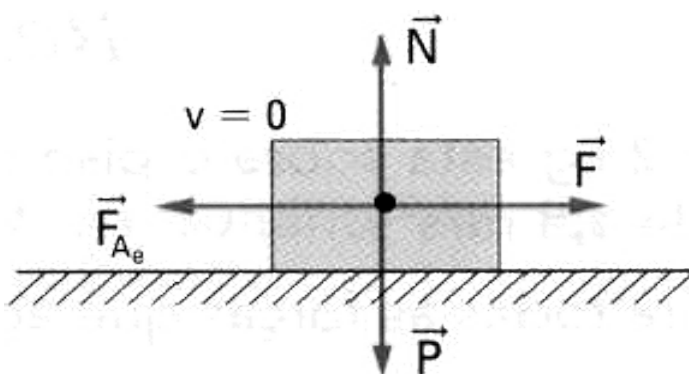
Este tipo de manobra produzirá marcas de pneus características do fenômeno, que permitirão o cálculo da velocidade. O conhecimento teórico e prático das leis da física que descrevem o fenômeno descrito, das hipóteses utilizadas para simplificar e

resolver o problema e da identificação e da medição dos vestígios produzidos são fundamentais para que análises incorretas e/ou imprecisas não ocorram nos locais de acidentes de trânsito.

A força de atrito no contato entre dois corpos sólidos, são forças tangenciais à superfície de contato. O atrito depende fortemente dos materiais e do estado das superfícies em contato como polimento, oxidação e as camadas fluídas (água, lubrificantes). Vamos analisar apenas o atrito em condições de superfície seca.

Considere um bloco que repousa sobre uma superfície horizontal, ao qual se aplica uma força \vec{F} também horizontal, a experiência mostra que se formos aumentando gradativamente \vec{F} a partir de zero, o bloco não entra em movimento enquanto \vec{F} não atingir um valor crítico que chamaremos de \vec{F}_e .

Figura 5: As forças que atuam sobre o bloco em repouso.



Fonte: www.ebah.com.br/content/ABAAfwa0AK/faisciculo-t-mec-11-classe-1-cap?part=2

No equilíbrio vertical a força-peso P do bloco e a reação normal de contato N , que se equilibram, e horizontalmente, a força F tem de ser equilibrada pela reação tangencial do plano, a força de atrito \vec{F}_{Ae} :

$$\vec{F}_{Ae} = -F \quad (4.0)$$

Para $F < F_e$, para esse resultado a força de atrito se ajusta automaticamente para equilibrar \vec{F} .

Importante salientar sobre o atrito que:

- i. A força de atrito máxima \vec{F} para qual o bloco começa a se mover, é proporcional ao módulo da força de contato \vec{N} entre as duas superfícies.

$$F = F_e = \mu_e N \quad (4.1)$$

- ii. O coeficiente de proporcionalidade μ_e , que se chama coeficiente de atrito estático, depende da natureza das duas superfícies em contato.
- iii. A força \vec{F}_e é independente da área de contato entre os dois corpos. Assim se colocarmos o mesmo bloco sobre a face de área menor, \vec{P} e \vec{N} não se alteram e por conseguinte \vec{F}_e também não, embora a área de contato agora seja menor.

A força F_e uma vez atingida, e o bloco comece a deslizar, verifica-se que geralmente há uma diminuição na força de atrito, o que permite equilibrá-la com uma força F de módulo menor, onde teremos a relação:

$$F = F_c = \mu_c N \quad (4.2)$$

Em que $\mu_c < \mu_e$, note que a partir de agora temos o coeficiente de atrito cinético.

Para o movimento circular de um carro em curva plana, a força de atrito é quem mantém o carro nessa trajetória circular, logo temos:

Que a força centrípeta será igual à força de atrito, ou seja:

$$F_c = F_{at} \quad (4.3)$$

Como

$$F_c = m \frac{v^2}{r} \quad (4.4)$$

e

$$F_{at} = \mu N, \quad (4.5)$$

Então combinando as equações (4.4) e (4.5), na equação (4.3), temos:

$$m \frac{v^2}{r} = \mu N \quad (4.6)$$

Para uma curva sem inclinação ou seja, um pista plana, conforme a Figura 4, temos em decorrência da equação (4.6):

$$m \frac{v^2}{r} = \mu mg \quad (4.7)$$

Sendo a força peso é $P = mg$ onde m é massa do corpo e g a aceleração da gravidade.

Explicitando a velocidade na equação (4.7), temos finalmente a velocidade crítica de derrapagem, teremos:

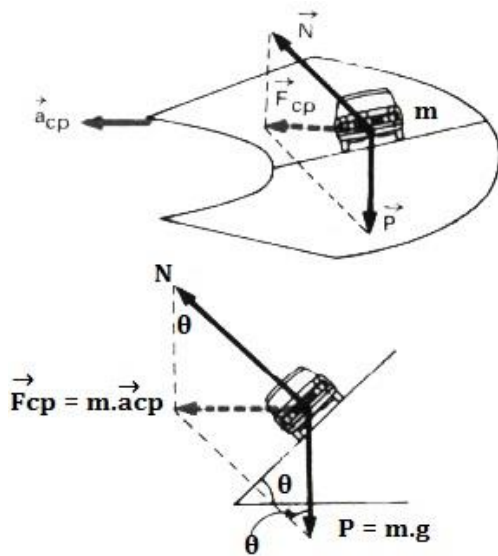
$$v_{cd} = \sqrt{\mu gr} \quad (4.8)$$

Onde v é a velocidade crítica de derrapagem; μ é o coeficiente de atrito da pista; g é a aceleração da gravidade e r o raio da curva.

4.2.2 Velocidade crítica de derrapagem em curva com inclinação e sem atrito

Agora considere um carro que faz uma curva numa estrada, trafegando com velocidade \vec{v} . A Figura 5 mostra a vista de cima do movimento e em corte vertical a estrada com desnível entre suas margens externa e interna, de tal forma que \vec{F}_{cp} seja componente horizontal da reação normal \vec{N} da estrada, a única força sobre o carro sendo então a força-peso, ou seja,

Figura 6: Visão do carro na curva com inclinação sem atrito



Fonte: <http://www.misclaneadoconhecimento.com/pericia/pericia1.html>

O que implica, escrevendo a componente horizontal e vertical na 2ª lei de Newton, que:

$$N_x = F_{cp} \quad (5.0)$$

$$N \sin \theta = m \frac{v^2}{r} \quad (5.1)$$

$$N_y = P \quad (5.2)$$

$$N \cos \theta = mg \quad (5.3)$$

Dividindo a equação (5.1) por (5.3) membro a membro, temos:

$$\operatorname{tg} \theta = \frac{v^2}{rg} \quad (5.4)$$

Ou o arco tangente

$$\theta = \operatorname{tg}^{-1} \frac{v^2}{rg} \quad (5.5)$$

Assim,

$$v_{cd}^2 = rgtg\theta \quad (5.6)$$

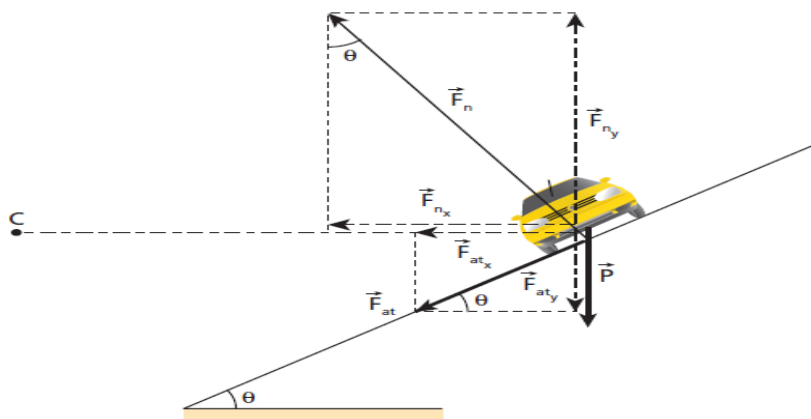
Portanto, a velocidade crítica de derrapagem para curva inclinada sem atrito ($\mu = 0$), é:

$$v_{cd} = \sqrt{rgtg\theta} \quad (5.7)$$

O que dá a velocidade ideal v em que a curva deve ser descrita para um dado desnível θ . Se o carro fizer a curva com velocidade maior que dada pela equação (5.7), a força centrípeta adicional necessária para que ele permaneça num círculo de raio r só pode provir do atrito entre os pneus e a estrada. Se for excedido o limite da força de atrito que pode ser assim desenvolvida, o carro tende a derrapar na direção radial. Assim quanto menor for o ângulo θ , menor será a velocidade capaz de provocar derrapagem.

4.2.2.1 Velocidade crítica de derrapagem em curva com inclinação e atrito

Figura 7: Veículo em uma trajetória curva com inclinação e atrito



Fonte: <http://pir2.forumeiros.com/t133552-forca-centripeta>

Equilíbrio na vertical :

$$F_{ny} = F_{aty} + P \quad (6.0)$$

$$F_n \cos\theta = \mu F_n \operatorname{sen}\theta + mg \quad (6.1)$$

$$F_n \cos\theta - \mu F_n \operatorname{sen}\theta = mg \quad (6.2)$$

$$F_n (\cos\theta - \mu \operatorname{sen}\theta) = mg \quad (6.3)$$

$$F_n = \frac{mg}{(\cos\theta - \mu \operatorname{sen}\theta)} \quad (6.4)$$

Equilíbrio horizontal:

$$F_{cp} = F_{nx} + F_{atx} \quad (6.5)$$

$$\frac{mv_{cd}^2}{r} = F_n \operatorname{sen}\theta + \mu F_n \cos\theta \quad (6.6)$$

$$\frac{mv_{cd}^2}{r} = F_n (\operatorname{sen}\theta + \mu \cos\theta) \quad (6.7)$$

Substituindo (6.4) em (6.7), temos:

$$\frac{mv_{cd}^2}{r} = \frac{mg}{(\cos\theta - \mu \operatorname{sen}\theta)} (\operatorname{sen}\theta + \mu \cos\theta) \quad (6.8)$$

$$\frac{v_{cd}^2}{r} = \frac{g}{(\cos\theta - \mu \operatorname{sen}\theta)} (\operatorname{sen}\theta + \mu \cos\theta) \quad (6.9)$$

$$v_{cd}^2 = \frac{rg(\operatorname{sen}\theta + \mu \cos\theta)}{(\cos\theta - \mu \operatorname{sen}\theta)} \quad (6.10)$$

Dividindo o numerador e denominador do segundo membro por $\cos\theta$, temos:

$$v_{cd}^2 = \frac{\frac{rg(\text{sen}\theta + \mu \text{cos}\theta)}{\text{cos}\theta}}{\frac{(\text{cos}\theta - \mu \text{sen}\theta)}{\text{cos}\theta}} \quad (6.11)$$

$$v_{cd}^2 = \frac{rg(\text{tg}\theta + \mu)}{1 - \mu \text{tg}\theta} \quad (6.12)$$

Temos para a equação crítica de derrapagem em pista inclinada e com atrito ($\mu \neq 0$):

$$v_{cd} = \sqrt{\frac{rg(\text{tg}\theta + \mu)}{1 - \mu \text{tg}\theta}} \quad (6.13)$$

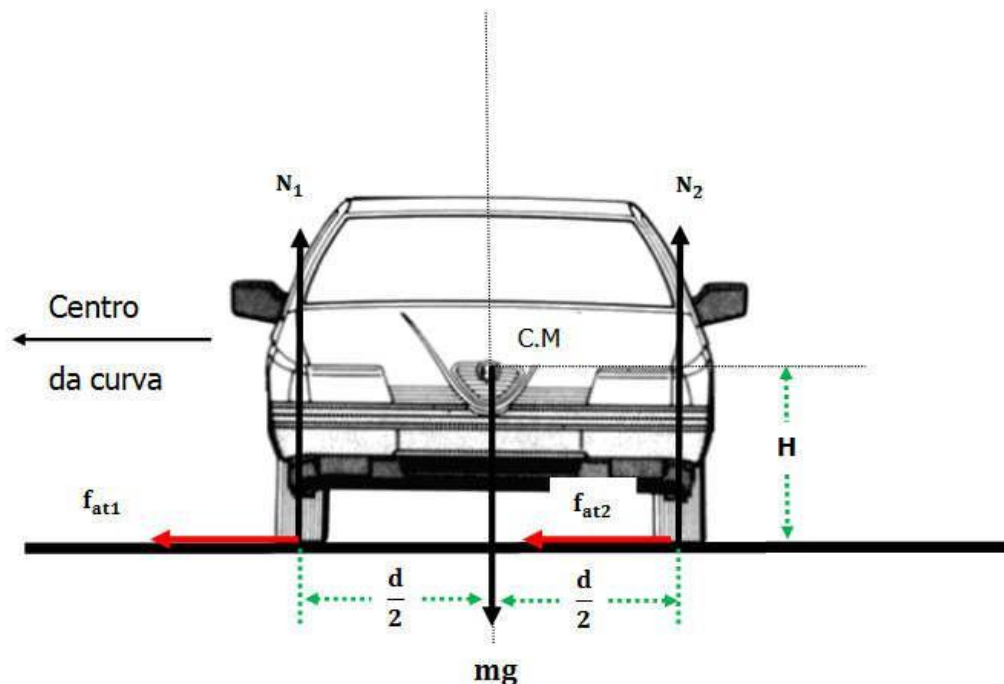
4.2.3 Velocidade crítica de capotagem

Veículo com centro de gravidade mais baixo, atingem velocidades críticas mais elevadas para um mesmo raio de curvatura, em razão de seus fatores geométricos.

Em situações que a velocidade está abaixo da velocidade crítica, o veículo embora não estando na iminência do capotamento, poderia apenas tangenciar a curva. Para raciocinar sobre isso, vamos considerar que no tangenciamento, que é a pura derrapagem, as reações normais em ambos os pares de rodas sejam iguais. Continua existindo a aceleração centrípeta dirigida para o centro da curva, suprida pela força de atrito, também iguais em ambos os lados do veículo.

Supomos um automóvel, de massa m , fazendo uma curva circular de raio R , com velocidade escalar v . Supondo que seu centro de massa coincida com o centro de gravidade e está a uma altura H acima da estrada e localizado transversalmente a meio caminho das rodas, como mostra a Figura 8. A distância entre as rodas é d e supondo que o coeficiente de atrito entre os pneus e a estrada seja suficientemente grande para evitar que o carro deslize para o lado externo da pista.

Figura 8: Veículo em velocidade crítica de capotamento em curva plana



Fonte: <file:///C:/Users/pc/Desktop/Lu%C3%ADs%20Carlos%20Silva%20transito%20e%20fisica.pdf>

As forças que atuam são mostradas na figura acima. As forças normais N_1 e N_2 e as de atrito F_{at1} e F_{at2} representam a soma das respectivas forças atuando nos pares das rodas laterais esquerda e direita do veículo.

Adotando um sistema de eixos cartesianos (x,z) e tomando o sentido positivo do eixo x para o centro da curva e z perpendicular, lembrando que o versor cartesiano do eixo z é \hat{k} , teremos:

$$\vec{N}_1 = N\hat{k} \quad (7.0)$$

$$\vec{N}_2 = N\hat{k} \quad (7.1)$$

$$\vec{P} = mg(-\hat{k}) \quad (7.2)$$

Como o carro está numa situação de movimento circular uniforme, deve experimentar uma força centrípeta ao longo da direção x , assim se:

$$v = \omega r \quad (7.3)$$

Então, substituindo na equação (4.4) temos:

$$F_{cp} = mr\omega^2 \quad (7.4)$$

O atrito será responsável por fornecer a necessária aceleração centrípeta e das condições do problema:

$$\sum F_z = 0 \Rightarrow (N_1 + N_2 - mg)\hat{k} \quad (7.5)$$

$$\sum F_x = ma_{cp} \Rightarrow (fat_1 + fat_2 = mr\omega^2) \quad (7.6)$$

$$\sum F_x = ma_{cp} \Rightarrow (fat_1 + fat_2 = mr\omega^2) \quad (7.7)$$

$$N_1 + N_2 = mg \quad (7.8)$$

$$fat_1 + fat_2 = mr\omega^2 \quad (7.9)$$

A equação expressa o fato de que a força centrípeta total necessária para conservar o carro na sua trajetória circular é suprida pelas forças de atrito entre os pneus e a estrada. Os quatro valores N_1, N_2, fat_1 e fat_2 , são desconhecidos. Precisamos de quatro equações para determiná-los. Outra equação pode ser obtida tomando os momentos das forças em torno de algum ponto conveniente. No entanto é muito mais simples tomar os momentos em torno do centro de massa.

$$N_2 \frac{d}{2} - N_1 \frac{d}{2} - (fat_1 + fat_2)H = 0 \quad (7.10)$$

A soma dos momentos é zero, já que o carro não tem qualquer aceleração angular em torno do eixo que passa pelo centro de massa, fazendo uso da equação (7.9) e substituindo na equação anterior, fica:

$$(N_2 - N_1) \frac{d}{2} - mr\omega^2 H = 0 \quad (7.11)$$

Para resolver o sistema do exemplo, supomos que as forças de atrito são proporcionais às forças normais em ambos os pares de roda e que seja o mesmo em ambos os lados dos veículos, o que é fisicamente razoável.

$$fat_1 = \mu N_1 \quad (7.12)$$

$$fat_2 = \mu N_2 \quad (7.13)$$

Logo, temos:

$$\frac{fat_1}{N_1} = \frac{fat_2}{N_2} \quad (7.14)$$

Esta equação completa o conjunto de quatro equações necessárias para que as quatro incógnitas sejam determinadas. Resolvendo o sistema de equações, para N_1 , temos:

$$N_1 + N_2 = mg \Rightarrow N_2 = mg - N_1 \quad (7.15)$$

Substituindo na equação (7.9), fica:

$$(mg - N_1 - N_1) \frac{d}{2} - mr\omega^2 H = 0 \quad (7.16)$$

$$mg - 2N_1 = \frac{mr\omega^2 H}{d} \Rightarrow 2N_1 = mg - \frac{mr\omega^2 H}{d} \quad (7.17)$$

Isolando, fica:

$$N_1 = \frac{mgd - 2mr\omega^2 H}{2d} \quad (7.18)$$

$$N_1 = \frac{mg}{2} - \frac{mr\omega^2 H}{d} \quad (7.19)$$

$$N_1 = mg \left(\frac{1}{2} - \frac{r\omega^2 H}{gd} \right) \quad (7.20)$$

Resolvendo N_2

$$N_1 + N_2 = mg \Rightarrow N_1 = mg - N_2 \quad (7.21)$$

Substituindo na equação (7.9), temos:

$$[N_2 - (mg - N_2)] \frac{d}{2} - mr\omega^2 H = 0 \quad (7.22)$$

$$2N_2 - mg = \frac{mr\omega^2 H}{d} \Rightarrow 2N_2 = mg + \frac{mr\omega^2 H}{d} \quad (7.23)$$

Isolando N_2 , fica:

$$N_2 = \frac{mgd + 2mr\omega^2 H}{2d} \quad (7.24)$$

$$N_2 = \frac{mg}{2} + \frac{mr\omega^2 H}{d} \quad (7.25)$$

$$N_2 = mg \left(\frac{1}{2} + \frac{r\omega^2 H}{gd} \right) \quad (7.26)$$

Derivando N_1 e N_2 em relação à ω , fica:

$$\frac{dN_1}{d\omega} = \frac{2mr\omega H}{d} \quad (7.27)$$

$$\frac{dN_2}{d\omega} = \frac{2mr\omega H}{d} \quad (7.28)$$

O resultado diz que N_1 decresce com a velocidade angular, enquanto que N_2 cresce. Logo haverá um instante em que N_1 irá se anular. Isso ocorrerá na iminência do capotamento, pois o veículo perderá força de contato com o solo.

Substituindo os valores N_1 e N_2 na equação (7.14), fica:

$$\frac{fat_1}{N_1} = \frac{fat_2}{N_2} \Rightarrow fat_1 = fat_2 \left(\frac{N_1}{N_2} \right) \quad (7.29)$$

$$fat_1 + fat_2 = mr\omega^2 \Rightarrow fat_2 \left(\frac{N_1}{N_2} \right) + fat_2 = mr\omega^2 \quad (7.30)$$

$$fat_2 = \left(1 + \frac{N_1}{N_2} \right) = mr\omega^2 \quad (7.31)$$

$$fat_2 = \frac{mr\omega^2}{1 + \frac{N_1}{N_2}} \quad (7.32)$$

Substituindo os valores para N_1 e N_2 , temos:

$$fat_2 = \frac{mr\omega^2}{1 + \frac{mg\left(\frac{1}{2} - \frac{r\omega^2 H}{dg}\right)}{mg\left(\frac{1}{2} + \frac{r\omega^2 H}{dg}\right)}} \quad (7.33)$$

$$fat_2 = \frac{mr\omega^2}{\frac{\left(\frac{1}{2} + \frac{r\omega^2 H}{dg}\right) + \left(\frac{1}{2} - \frac{r\omega^2 H}{dg}\right)}{\left(\frac{1}{2} + \frac{r\omega^2 H}{dg}\right)}} \quad (7.34)$$

Resolvendo a divisão de fração, fica:

$$fat_2 = \frac{\left(\frac{1}{2} + \frac{r\omega^2 H}{dg}\right) mr\omega^2}{\left(\frac{1}{2} + \frac{r\omega^2 H}{dg}\right) + \left(\frac{1}{2} - \frac{r\omega^2 H}{dg}\right)} \quad (7.35)$$

Organizando os termos, resulta:

$$fat_2 = \frac{mr\omega^2}{2} + \frac{mr\omega^4 H}{gd} \quad (7.36)$$

E portanto, temos para fat_2 :

$$fat_2 = mr\omega^2 \left(\frac{1}{2} + \frac{r\omega^2 H}{gd} \right) \quad (7.37)$$

Resolvendo para fat_1 , temos:

Da equação (7.27), substituindo fat_2 , então fica:

$$fat_1 = \frac{mg\left(\frac{1}{2} - \frac{r\omega^2 H}{gd}\right)mr\omega^2\left(\frac{1}{2} + \frac{r\omega^2 H}{gd}\right)}{mg\left(\frac{1}{2} + \frac{r\omega^2 H}{gd}\right)} \quad (7.38)$$

$$fat_1 = \frac{mr\omega^2}{2} - \frac{mr^2\omega^4 H}{gd} \quad (7.39)$$

$$fat_1 = mr\omega^2\left(\frac{1}{2} - \frac{r\omega^2 H}{gd}\right) \quad (7.40)$$

Das equações, vê-se que quando $\omega = 0$, no caso do carro estar em repouso,

$$N_1 + N_2 = mg \text{ e } fat_1 = fat_2 = 0 \quad (7.41)$$

Se a velocidade do carro aumenta, a força normal N_2 e a força de atrito fat_2 das rodas do lado direito aumentam, enquanto que as forças correspondentes N_1 e fat_1 do lado esquerdo decrescem.

Se ω for suficientemente grande, a força N_1 , dada pela equação (7.18) tende à zero. Nesse ponto, as rodas do lado esquerdo do carro podem sair da estrada, desaparecendo agora a força exercida por aquelas rodas na estrada e a força de reação igual e oposta N_1 , e então o carro tombará ou capotará.

O valor de ω para o qual N_1 torna-se nulo é obtido igualando N_1 a zero, ou seja, para uma velocidade angular crítica fica:

$$N_1 = 0 \quad (7.42)$$

$$N_1 = \frac{mg}{2} - \frac{mr\omega^2 H}{d} \quad (7.43)$$

$$\frac{mg}{2} = \frac{mr\omega^2 H}{d} \quad (7.44)$$

Assim,

$$\omega_{crítico} = \sqrt{\frac{gd}{2rH}} \quad (7.45)$$

E sabendo que a velocidade linear é:

$$v = \omega_{crítico} r \quad (7.46)$$

Temos, portanto:

$$v = \sqrt{\frac{gd}{2rH}} r \quad (7.47)$$

Elevando os dois membros da equação ao quadrado, temos:

$$v_{cc} = \sqrt{\frac{gdr}{2H}} \quad (7.48)$$

No caso, essa velocidade é a velocidade máxima que poderá ser atingida antes do veículo capotar. Logo os fatores geométricos são importantes, pois conforme esse resultado, para que v seja maior possível, o carro seria projetado de tal modo que a distância d entre as rodas fosse a máxima possível e a altura H do centro de massa o menor possível.

4.2.4 Velocidade crítica de tombamento em curva com inclinação

Tombamento é qualquer manobra na qual o veículo gira 90 graus ou mais em torno do eixo longitudinal, com o corpo do veículo mantendo contato com o solo. Esse tipo de acidente é típico de veículos pesados se deslocando em curvas, sendo esse tipo

de acidente mais comum em curvas de menor velocidade, que apresentam raios pequenos e maior aceleração lateral.

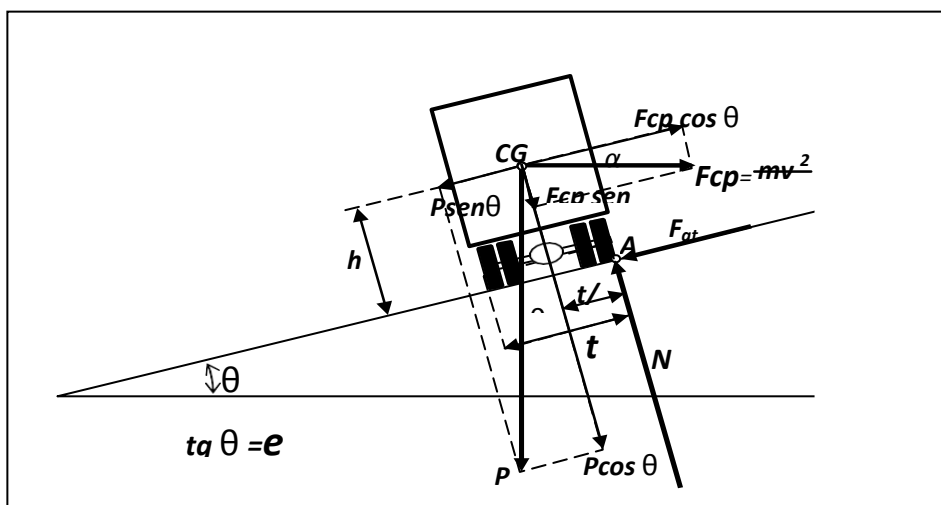
A estabilidade lateral de veículos é aferida através do limite de tombamento estático (WORMLEY et. al.,2002) . Segundo Gillespie (1992, p. 311), o tombamento lateral estático é a aceleração máxima lateral em regime estacionário na qual o tombamento começa. O limite de tombamento lateral é fortemente dependente da geometria do veículo, diminuindo com uma maior altura do centro de gravidade e aumentando com uma maior bitola (distância entre uma extremidade e outra do eixo) do veículo.

Esse tipo de acidente, é o resultado da interação dos seguintes fatores relacionados, tais como via de condução (raio de curvatura horizontal, superelevação e alinhamento longitudinal); veículo(dimensões básicas, articulações,freios, pressão dos pneus ,rigidez da suspensão e tipo de carga); e por fim o condutor (sobre-esterçamento em curvas, excesso de velocidade, aceleração e frenagens em curvas horizontais).

A figura representa esquematicamente o modelo e equilíbrio de forças, onde a força peso (\vec{P}) e força centrípeta (\vec{F}_{cp}) do movimento circular uniforme são ambas decompostas em componentes ortogonais entre si.

Com essas premissas o limite da condução de equilíbrio na iminência do tombamento, admitindo que não ocorra escorregamento, pode ser obtido através do equilíbrio do Momento de Tombamento (M_T) e de Resistência (M_R) do ponto A.

Figura 9: Velocidade crítica de tombamento em curva com inclinação



Fonte: [file:///C:/Users/pc/Desktop/Dissertacao_Sergio_Ejzenberg_final%20\(1\).pdf](file:///C:/Users/pc/Desktop/Dissertacao_Sergio_Ejzenberg_final%20(1).pdf)

Onde:

F_{cp} = força centrípeta;

N = normal;

m = veículo;

h = altura do centro de gravidade;

θ = ângulo de inclinação;

P = força peso

CG = centro de gravidade

r = raio de curvatura

e = superelevação

t = bitola

$$M_T = M_R \quad (8.0)$$

$$(F_{CP} \cos\theta - P \sin\theta)h = (F_{CP} \sin\theta + P \cos\theta)b \quad (8.1)$$

Desenvolvendo, obtém-se:

$$(F_{CP} h \cos\theta - F_{CP} b \sin\theta) = (P h \sin\theta + P b \cos\theta) \quad (8.2)$$

Dividindo por $\cos\theta$ e substituindo ($e = tg\theta$), têm-se:

$$F_{cp}(h - be) = P(he + b) \quad (8.3)$$

Substituindo F_{cp} na equação (8.3), dividindo por h e explicitando $\frac{v^2}{rg}$, temos:

$$m \frac{v^2}{r} (h - be) = mg(he + b) \quad (8.4)$$

$$\frac{v^2}{rg} = \frac{(he + b)}{(h - be)} \quad (8.5)$$

Considerando que $b = \frac{t}{2}$

$$\frac{v^2}{rg} = \frac{(he + \frac{t}{2})}{(h - \frac{t}{2}e)} \quad (8.6)$$

Colocando em evidencia o termo $2h$, fica:

$$\frac{v^2}{gr} = \frac{2h(e + \frac{t}{2h})}{2h(1 - \frac{t}{2h})} \quad (8.7)$$

Temos assim:

$$\frac{v^2}{gr} = \frac{(e + \frac{t}{2h})}{(1 - \frac{t}{2h})e} \quad (8.8)$$

E portanto, a velocidade crítica de tombamento é :

$$v_{ct} = \sqrt{gr \frac{(e + \frac{t}{2h})}{(e - \frac{t}{2h})e}} \quad (8.9)$$

4.3 Conservação de energia e a deformação veicular

No estudo das deformações muitos métodos e procedimentos são utilizados para compreender seus efeitos, nas mais diversas situação e composição dos corpos caracterizados por suas massas, volumes e da energia que os move ou transforma.

Entre as modalidades de energias, uma se destaca por sua importância pela média do produto da massa m pelo quadrado da velocidade v .

$$E_c = \frac{1}{2} mv^2 \quad (9.0)$$

Pelo princípio da conservação de energia depreende-se que num sistema de forças não conservativa, a energia no início E_i de um processo é igual à energia final E_f , acrescida da energia adicionada E_a ou subtraída da energia dissipada E_d .

Outro conceito físico que devemos ter presente nessa ocasião é o trabalho W , que é realizado quando uma força F atua sobre um corpo por uma certa distância d , e se entende também como trabalho a medida do efeito que a força teve nas mudanças ou modificações sofridas por um corpo.

$$W = Fd \quad (10.0)$$

A dinâmica do impacto de um veículo automotor realmente representa um problema de certa complexidade e diante disso é preciso adotar procedimentos que facilitem o entendimento e verificar a possibilidade da relação entre força de impacto por unidade de largura e de profundidade de deformação permanente ser possível avaliar a velocidade de impacto.

O primeiro equacionamento foi dado por Richard Emori em 1968 que do estudo de 1956 veículos concluiu que os setores frontal e posterior dos veículos comportam-se como molas plásticas lineares pelo que a energia cinética do veículo se iguala a energia potencial elástica da mola:

$$\frac{1}{2} m v^2 = \frac{1}{2} k x^2 \quad (11.0)$$

Portanto, a real compressão da mola (x) dependeria da constante de compressão (k) da mola, tudo isso deixa patente que analogia com uma mola plástica linear foi adotada para estimar quantidade de energia dissipada pela deformação permanente num veículo acidentado.

A força F exercida por uma mola é dada por:

$$F = -kd \quad (12.0)$$

Onde d é o deslocamento p da extremidade livre da mola em relação à posição em que se encontra quando está relaxada e k é a constante de mola (uma medida de rigidez da mola)

Já o trabalho realizado por uma ocorre quando um objeto é deslocado de uma posição inicial x_i para uma posição x_f , dado por :

$$W = \frac{1}{2} kx_i^2 - \frac{1}{2} kx_f^2 \quad (13.0)$$

E se fizermos $x_i = 0$ e $x_f = x$, temos:

$$W = -\frac{1}{2} kx^2 \quad (13.1)$$

E se tomarmos a energia potencial dessa configuração de referencial igual a $U(x_0) = 0$ e supondo a única força presente seja a da mola temos:

$$U(x_0) = 0 - \int_0^x (-kx) dx \quad (14.0)$$

$$U(x) = \frac{1}{2} kx^2 \quad (14.1)$$

Essa equação permite calcular qualquer a energia potencial da mola para qualquer valor compressão ou distensão x . Se consideremos um sistema de um bloco preso a uma mola e apoiado numa superfície sem atrito após a ação de uma força externa agir sobre o bloco empurrando ou comprimido a mola, ele oscila e temos um sistema massa-mola:

$$E = \frac{1}{2} kx^2 + \frac{1}{2} m v^2 \quad (15.0)$$

Pelo Teorema do Trabalho-Energia Cinética podemos reescrever a segunda lei de Newton, para relacionar o trabalho total w realizado sobre um corpo com variação ΔK da energia cinética.

Considere uma partícula de massa m que esteja se movendo ao longo eixo x sob o efeito de uma força $F(x)$ dirigida o longo do mesmo eixo. O trabalho da realizado pela força sobre a partícula enquanto se move de uma posição inicial x_i para uma posição final x_f é dado por

$$W = \int_{x_i}^{x_f} F(x) dx = \int_{x_i}^{x_f} ma dx \quad (16.0)$$

Usando a segunda lei de Newton, temos:

$$ma dx = m \frac{dv}{dt} dx \quad (16.1)$$

Pela regra da cadeia, fica:

$$\frac{dv}{dt} = \frac{dv}{dx} \frac{dx}{dt} = \frac{dv}{dx} v \quad (16.2)$$

Então,

$$ma \, dx = m \frac{dv}{dx} v \, dx = mv \, dv \quad (16.3)$$

Substituindo na equação (16.0), fica:

$$W = \int_{v_i}^{v_f} mv \, dv = \int_{v_i}^{v_f} v \, dv \quad (16.4)$$

Portanto:

$$W = \frac{1}{2} mv_f^2 - \frac{1}{2} mv_i^2 \quad (16.5)$$

Observe que quando mudamos a variável x por v tivemos que expressar os limites da integral em termos da nova variável.

Partindo dessa analogia, após ensaios práticos, Richard Emori indicou que a deformação permanente de um veículo, resultante de um impacto contra uma barreira de teste, é diretamente proporcional á velocidade de impacto, chegando a seguinte relação (Ranvier Feitosa, 2009):

$$C = 0,9 \text{ ou } V = 1,1 C$$

Em que:

C : é a profundidade do dano médio permanente

V: é velocidade do veículo

A Velocidade do veículo em uma colisão contra um ponto fixo, pelo teorema trabalho energia, o trabalho (W) realizado por uma força, fornecendo ou retirando energia (E_c) do sistema, portanto é:

$$W = \Delta E_c \quad (16.6)$$

A equação (16.6) pode ser escrita matematicamente como:

$$Q \cdot d = m_p \frac{(V_p^2 - V_{op}^2)}{2} \quad (16.7)$$

Onde Q é a força cortante aplicada (Q = carga acidental); d = deslocamento do ponto fixo relativo à base de engaste (fixação); m_p = massa parcial deslocada do ponto fixo; V_p = velocidade com que o ponto fixo é impulsionado; V_o = velocidade correspondente ao repouso do ponto fixo (nula).

4.4 Colisões e suas aplicações

Uma das aplicações mais importantes das leis de conservação de energia e do momento linear é o estudo dos processos de colisões. Quando dois corpos colidem, eles entram em contato durante um intervalo de tempo muito pequeno quando comparado ao tempo durante o qual os corpos são observados.

Durante a colisão, os corpos entram sujeitos a uma força que varia com o tempo de maneira complicada. Forças como essa, que atuam durante um intervalo curto de tempo, comparado com o tempo de observação do sistema, são denominadas de forças impulsivas.

Assim, se não houver forças externas, o momento linear total não varia durante o processo de colisão. As forças impulsivas que atuam na colisão são forças internas que não influenciam na conservação do momento linear total do sistema.

Embora o momento linear total seja sempre conservado durante uma colisão, a energia cinética pode ou não ser conservada.

As colisões podem ser classificadas conforme a conservação, ou não, da energia cinética. Se a energia cinética é conservada, a colisão é dita colisão elástica, e também há conservação do momento linear. E a velocidade relativa de aproximação dos corpos antes é igual à velocidade relativa de separação depois da colisão.

Quando a colisão é dita inelástica, os corpos permanecem juntos após a colisão. Por definição, a energia cinética não se conserva. A energia cinética final deve ser menor do que seu valor inicial e a diferença é convertida, por exemplo, em calor ou em energia potencial de deformação. Também, a energia cinética final pode exceder a inicial, quando uma determinada energia potencial for liberada durante a colisão. Em qualquer caso, a conservação do momento linear e da energia total ainda será mantida.

Colisão parcialmente elástica: No decorrer da deformação mútua entre os corpos, a energia cinética inicial transforma-se parcialmente em energia potencial elástica, e a outra parte da energia cinética em energia térmica, causando aquecimento entre os corpos que colidem e por fim uma parte é usada como trabalho nas deformações e ou energia sonora por conta do impacto. Ou seja, na colisão parcialmente elástica, a energia final do sistema é menor do que a energia inicial.

4.5 Conservação do momentum linear envolvido na colisão

Em física, o termo conservação se refere a algo que não muda. Isto significa que a variável de uma equação que representa uma grandeza conservada é constante ao longo do tempo. A variável tem o mesmo valor antes e depois de um evento.

Existem muitas grandezas que se conservam na física e suma de importância nas previsões de situações que de outra forma seriam muito complicadas. Na mecânica, existem três grandezas fundamentais que são conservadas: momento linear, energia e momento angular. A conservação do momento é usada principalmente para descrever colisões entre objetos.

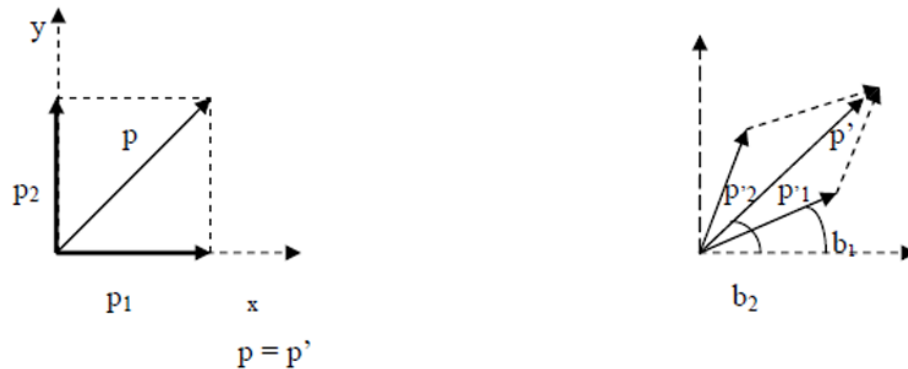
Assim como em outros princípios de conservação, o momento aplica-se somente a um sistema isolado de objetos. Neste caso um sistema isolado é aquele que não recebe nenhuma força externa ao sistema, ou seja, não há nenhuma força externa. O que isso significa, no exemplo prático de uma colisão entre dois objetos, é que precisamos incluir ambos os objetos, e qualquer outra coisa que aplique uma força em qualquer um dos objetos por algum período de tempo no sistema.

Sendo o momento $\vec{p} = (m\vec{v})$ antes da colisão e $\vec{q}_1 + \vec{q}_2$ denotam o momento inicial e final de objetos em um sistema após a colisão, então o princípio da conservação do momento diz:

$$\vec{p}_1 + \vec{p}_2 + \dots = \vec{q}_1 + \vec{q}_2 + \dots \quad (17.0)$$

Considerando que a colisão é perpendicular, o momento linear resultante terá direções e sentidos, conforme Figura 10.

Figura 10: Ângulos em relação aos c.m. dos veículos em coordenadas x,y



Fonte: (NEGRINI NETO, 2012).

Os ângulos devem ser medidos com relação ao deslocamento dos centros de massas (c.m.) dos veículos, a partir do sítio de colisão, não importando os giros descritos individualmente (o método gráfico acima pode ser utilizado para resolver complicados acidentes de trânsito).

Adotaremos como \vec{p} os momentos antes da colisão e os \vec{q} momentos após a colisão. Temos a seguinte equação:

$$\vec{p}_1 + \vec{p}_2 = \vec{q}_1 + \vec{q}_2 \quad (17.1)$$

Decompondo-se os vetores no eixo **x** e **y**:

Eixo x:

$$p_1 \cos(a_1) + p_2 \cos(a_2) = q_1 \cos(b_1) + q_2 \cos(b_2) \quad (17.2)$$

Eixo y:

$$p_1 \sin(a_1) + p_2 \sin(a_2) = q_1 \sin(b_1) + q_2 \sin(b_2) \quad (17.3)$$

Associando as equações (17.1) e (17.2) podemos obter as equações finais, temos:

$$p_2 = \frac{q_1 \sin(b_1 - a_1) + q_2 \sin(b_2 - a_1)}{\sin(a_2 - a_1)} \quad (17.4)$$

Este resultado após algum esforço algébrico nos leva a:

$$p_1 = \frac{q_1 \text{sen}(a_2 - b_1) + q_2 \text{sen}(a_2 - b_2)}{\text{sen}(a_2 - a_1)} \quad (17.5)$$

Para escrever as expressões em função das velocidades, basta substituir $p_1 = m_1 v_1$, e assim temos:

Para v_1 :

$$v_1 = \frac{u_1 \text{sen}(a_2 - b_1) + \frac{m_2}{m_1} u_2 \text{sen}(a_2 - b_2)}{\text{sen}(a_2 - a_1)} \quad (17.6)$$

Para v_2 :

$$v_2 = \frac{\frac{m_2}{m_1} u_1 \text{sen}(b_1 - a_1) + u_2 \text{sen}(b_2 - a_1)}{\text{sen}(a_2 - a_1)} \quad (17.7)$$

As equações (17.6) e (17.7) expressam o Princípio da Conservação da Quantidade de Movimento - PCQM ou Princípio da Conservação do Momentum Linear - PCQML. E de posse dos valores das massas, das velocidades finais e dos ângulos, resolvemos o acidente por completo, encontrando os valores das velocidades iniciais dos veículos.

É importante notar que as velocidades v_1 e v_2 são funções dos ângulos relativos $(a_i - b_j)$ e $(a_2 - a_1)$. Nas colisões perpendiculares, $a_1 = 0^\circ$ e $a_2 = 90^\circ$ e assim temos:

$$v_1 = u_1 \cos b_1 + \frac{m_2}{m_1} \cos b_2 \quad (17.8)$$

$$v_2 = \frac{m_1}{m_2} u_1 \text{sen} b_1 + u_2 \text{sen} b_2 \quad (17.9)$$

Observe que as equações (17.8) e (17.9) fornecem a informação sobre o quanto o veículo 1 e 2 foi afastado de sua trajetória inicial pelo impulso recebido no embate contra o veículo 2 e 1.

O Princípio da Conservação da Quantidade de Movimento leva em conta que parte da energia é dissipada na interação entre os corpos, e é justamente esse fato que

faz com que suas velocidades sejam diferentes antes e após a colisão. Sendo a energia cinética de um corpo em movimento dada por:

$$E_c = \frac{mv^2}{2} \quad (18.0)$$

No acidente de trânsito, os veículos entram com velocidade v e saem com velocidade u ; logo, existe uma perda de energia no acidente (esta perda só não ocorrerá nas colisões perfeitamente elásticas, em que não acontecem deformações).

4.6 Coeficiente de restituição e sua importância estudo das colisões

Quando dois corpos colidem, estes sofrem deformações, de modo que a área de contato entre os corpos aumenta até atingir um valor máximo, e a partir desse momento, dependendo das propriedades dos corpos, estes tendem a retomar a sua forma original, fazendo com que os corpos voltem a se afastar entre si. Se durante o contato entre os corpos não houver perda de energia mecânica, estes terão rapidez de afastamento com o mesmo valor da rapidez de aproximação.

Porém este tipo de colisão não ocorre no mundo macroscópico, onde sempre há perda de energia mecânica. Durante uma colisão, forças impulsivas, de curta duração e grande intensidade atuam sobre as estruturas dos corpos em contato, quanto maior for a rapidez de aproximação, tanto maior será o módulos das forças impulsivas, aumentando significativamente a perda de energia mecânica quando estas forças atingem intensidades suficientes para romper as estruturas dos corpos.

Para estudar as colisões entre os corpos há uma grandeza física útil, o coeficiente de restituição, que foi definido como sendo o quociente entre os módulos da impulsão de restauração e de deformação. Porém, pelo que foi exposto no parágrafo anterior, o coeficiente de restituição não deve depender somente das propriedades dos corpos que colidem, ele também deve depender da velocidade de aproximação entre os corpos.

O coeficiente onde F é o modulo da força de interação, m é a massa da partícula, v é a velocidade da partícula no instante t_i e u é a velocidade da partícula no instante t_f . Definindo w como a velocidade no instante de deformação máxima, posso escrever o coeficiente de restituição para as duas partículas como:

$$e = \frac{m_1 (v_1 - w)}{m_1 (w - u_1)} = \frac{(v_1 - w)}{(w - u_1)} \quad (19.0)$$

Da mesma forma, temos também:

$$e = \frac{m_2 (w - v_2)}{m_2(u_2 - w)} = \frac{(w - v_2)}{(u_2 - w)} \quad (19.1)$$

No instante em que termina o processo de deformação e se inicia o processo de restituição as duas partículas possuem a mesma velocidade, w , o que permite obter a equação (19.2) a partir das equações (19.0) e (19.1)

$$e = \frac{u_2 - u_1}{v_2 - v_1} \quad (19.2)$$

Com esta equação podemos estudar o coeficiente de restituição observando aspectos cinemáticos de uma colisão, isto é, as velocidades iniciais e finais de cada um dos corpos. Se as forças de deformação e de restauração forem iguais, as velocidades de aproximação de afastamento também serão iguais, neste caso o coeficiente de restauração será 1 (um) e a colisão será chamada de elástica.

O coeficiente de restituição normalmente é considerado constante para dadas geometrias e combinações de materiais em contato, mas de fato ele depende da velocidade de aproximação dos corpos e se aproxima da unidade à medida que a velocidade de aproximação diminui.

Geralmente, valores retirados de manuais não são muito confiáveis. Quando a esfera de vidro cai e colide com uma superfície horizontal, seja uma pedra apoiada sobre o chão ou o assento de madeira da cadeira, é perfeitamente possível desprezar a variação de velocidade da superfície, o que torna conveniente a escolha de um referencial em que a velocidade desta superfície seja nula, para poder simplificar a equação (4) e obter:

$$e = \frac{u_1}{v_1} \quad (19.3)$$

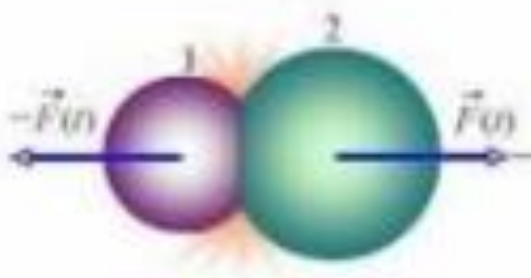
O coeficiente de restituição em uma colisão frontal e unidimensional é o quociente entre a velocidade relativa de afastamento (após o choque) e a velocidade relativa de aproximação (antes do choque)

A velocidade relativa é calculada como a soma das velocidades quando têm sentidos opostos e a subtração delas quando têm o mesmo sentido. Na prática o valor do coeficiente de restituição determina o tipo de colisão que ocorre. Se for igual a 1,0 teremos uma colisão aproximadamente elástica (impossível de ocorrer na prática). Se estiver entre zero e 1,0 caracterizará uma colisão parcialmente elástica (aquela que ocorre habitualmente). Se o coeficiente for igual a zero, a colisão será inelástica e os corpos permanecerão colados após o choque (situação especial).

4.7 Impulso e Força Máxima

Duas forças iguais e opostas, $\vec{F}(t)$ e $-\vec{F}(t)$ que agem durante uma simples colisão frontal entre dois corpos semelhantes a partículas e massas diferentes e essas forças irão variar o momento linear de ambos os corpos e o valor da variação dependerá não apenas dos valores médios das forças, mas também do tempo Δt durante o qual elas agem.

Figura 11: Interação de dois corpos durante uma colisão



Fonte: HALLIDAY, RESNICK e WALKER, 1993)

E para vermos isso quantitativamente, faremos uso da 2ª lei de Newton na forma:

$$\vec{F} = \frac{d\vec{p}}{dt} \quad (20.0)$$

Temos então:

$$d\vec{p} = \vec{F}(t) dt \quad (20.1)$$

Onde: $F(t)$ é a variação da força com o tempo.

Se integrarmos a equação acima sobre o intervalo de colisão Δt , ou seja de um tempo inicial t_i imediatamente antes da colisão a um tempo final t_f imediatamente após a colisão, obtemos:

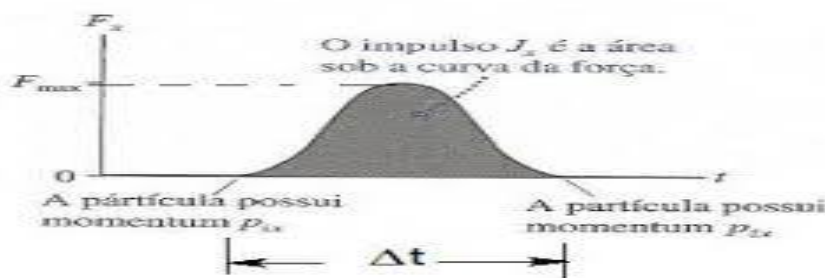
$$\int_{p_i}^{p_f} d\vec{p} = \int_{t_i}^{t_f} \vec{F}(t) dt \quad (20.2)$$

O lado esquerdo da equação é $p_f - p_i$, que é a variação do momento linear do corpo, enquanto que o lado direito da equação é uma medida da intensidade e da duração da força de colisão, que é denominado de impulso da colisão, assim definida:

$$I = \int_{t_i}^{t_f} \vec{F}(t) dt \quad (20.3)$$

A equação nos diz que o impulso é igual à área sob a curva da Figura 12

Figura 12: Curva da intensidade da força variável no tempo



Fonte: http://profs.if.uff.br/hisa2/lib/exe/fetch.php?media=cap09_impulso_e_momentum.pdf

A curva mostra a intensidade da força $F(t)$, variável no tempo que age sobre o corpo. A altura do retângulo representa a força média F , que age durante o intervalo de tempo Δt . As áreas sob a curva $F(t)$ e dentro do retângulo são ambas iguais ao módulo do impulso I .

Impulso é um termo que quantifica o efeito total de uma força atuando ao longo do tempo. É convencionalmente dado o símbolo **I** e sua unidade expressa em Newton - segundo (N.s). Para uma força constante:

$$I = F \cdot \Delta t. \quad (20.4)$$

Isso equivalente a uma mudança no momento e esta equivalência é conhecida como o teorema do impulso-momento. Por causa desse teorema, podemos fazer uma conexão direta entre como a força age sobre um objeto ao longo do tempo e o movimento do objeto.

4.8 Avaliação de velocidade pela ruptura do pára-brisa

É comum nos atropelamentos o pedestre chocar-se contra o pára-brisa do veículo, causando sua ruptura. Para ocorrer esta situação, é necessário que a pressão exercida contra a superfície do pára-brisa exceda a resistência do vidro. Ou seja, uma vez informado o valor da resistência do vidro, bem como sua deformação máxima antes de romper-se, é possível estabelecer a força mínima necessária para a ruptura e, por meio dela, avaliar a energia cinética do veículo.

A aplicação deste princípio ocorre da seguinte forma: um pára-brisa de veículo deve resistir à pressão do vento e impactos até certo limite, como estipula a Resolução nº 463/73 do CONTRAN. A pressão é a força que atua sobre superfície, portanto para romper o vidro, a força aplicada deve superar, no mínimo, a resistência do material à pressão aplicada (Resolução CONTRAN nº 463/73 do Código de Trânsito Brasileiro).

O trabalho desta força é igual ao seu produto pelo deslocamento, este trabalho, por sua vez, corresponde à energia mínima necessária para romper o vidro. Mas, de onde vem essa energia? Vem, principalmente, do movimento do veículo. Pode-se demonstrar, com base no PCQM, que, mesmo com a vítima em movimento, há pouca variação na velocidade do veículo. Esta seria a energia mínima.

O procedimento técnico para implementar o exposto acima, segue os seguintes passos:

- I. Verificar a resistência do vidro do pára-brisa;
- II. Avaliar a área atingida no impacto;
- III. Calcular a força em Newton;
- IV. Verificar a deformação máxima do vidro na iminência da ruptura

V. Aplicar a conservação da energia para avaliar a velocidade do veículo pela energia cinética desenvolvida.

A velocidade será expressa por:

$$V = \sqrt{\frac{2RA_d}{m}} \quad (21.0)$$

Onde: v é a velocidade do veículo, R é a resistência do vidro à compressão, A é a área atingida, d é a deformação e m é a massa do veículo.

Normalmente, a resistência vem expressa em kgf/cm^2 e a deformação em cm . Transformando-as respectivamente em N/cm^2 e m , a velocidade será dada em m/s . A área de impacto pode ser avaliada em cm^2 , pois esta unidade é cancelada nos cálculos, como se vê acima (NEGRINI NETO, 2012).

4.9 Cálculo da velocidade inicial na colisão veicular

No estudo da física, em alguns momentos temos que resolver algumas situações-problemas que envolvem Movimento Retilíneo e Uniformemente Variado (MRUV) fazendo uso da função horária dos espaços e da velocidade. Entretanto, é muito interessante utilizar uma equação que faça uma relação direta entre a velocidade (V) e o espaço (X) percorrido por um móvel, independentemente do tempo.

Um movimento retilíneo chama-se uniformemente acelerado quando a aceleração instantânea é constante, veja:

$$\frac{dv}{dt} = \frac{d^2x}{dt^2} = a = \text{constante} \quad (22.0)$$

Para determinar a lei horária de um movimento uniformemente acelerado, consideremos o movimento durante um intervalo de tempo (t_0 , t), onde t_0 é o instante inicial. Assim, façamos:

$$v(t) - v(t_0) = \int_{t_0}^t a dt = a(t - t_0) \quad (22.1)$$

Temos que

$$v(t) = v(t_0) \quad (22.2)$$

Com isso, temos:

$$v(t) = v_0 + a(t - t_0) \quad (22.3)$$

Que mostra que a velocidade é uma função linear do tempo no movimento uniformemente acelerado. A velocidade média num intervalo é a média aritmética das velocidades nos extremos do intervalo, ou seja:

$$x(t_2) - x(t_1) = a(t_2^2 - t_1^2) + b(t_2 - t_1) \quad (22.4)$$

Adaptando a equação (17.4), temos:

$$x(t) - x(t_0) = \int_{t_0}^t v(t') dt' \quad (22.5)$$

$$x(t) - x(t_0) = \int_{t_0}^t v(t') dt'$$

Ou seja

$$x(t) - x(t_0) = v_0 (t_2 - t_1) + \frac{1}{2} a(t_2 - t_1) \quad (22.6)$$

Fazendo $x(t_0) = (x_0)$, temos para a lei horária do movimento retilíneo uniformemente acelerado:

$$x(t) - x_0 + v_0 (t - t_0) + \frac{1}{2} a(t - t_0)^2 \quad (22.7)$$

Onde x_0 e v_0 são valores iniciais da posição e da velocidade no instante t_0 .

Como também nos interessa exprimir a velocidade no movimento uniformemente acelerado em função da posição x (em lugar do tempo t). Para obter esta expressão, basta substituir a equação y na equação z , eliminando $(t - t_0)$.

O que resulta na seguinte expressão procurada:

$$v^2 = v_0^2 + 2a(x - x_0) \quad (22.8)$$

Adaptando as variáveis, temos:

$$V_v^2 = V_{in}^2 + 2a \Delta x \quad (22.9)$$

Sabe-se que, antes do impacto, o veículo deixou impresso 24,20 m de marcas de frenagem. Portanto a velocidade inicial do veículo, a partir do trabalho de frenagem, é:

$$V_{in} = \sqrt{V_v^2 + 2 \mu g x} \quad (22.10)$$

E considerando a velocidade inicial (V_{in}) sendo nula, chegamos à equação da velocidade de frenagem, dada pela equação:

$$V_v = \sqrt{2\mu g x} \quad (22.11)$$

Em que V_v é a velocidade do veículo após o impacto; μ = coeficiente de atrito médio entre o asfalto seco e os pneus em bom estado é 0,70; g = aceleração da gravidade ($9,81 \text{ m/s}^2$) e x = distância de deslocamento do veículo do impacto com o ponto fixo até a sua parada.

Para o cálculo das velocidades desenvolvidas por veículos na iminência de um acidente de trânsito, são fundamentais os vestígios de frenagem observados na pavimentação.

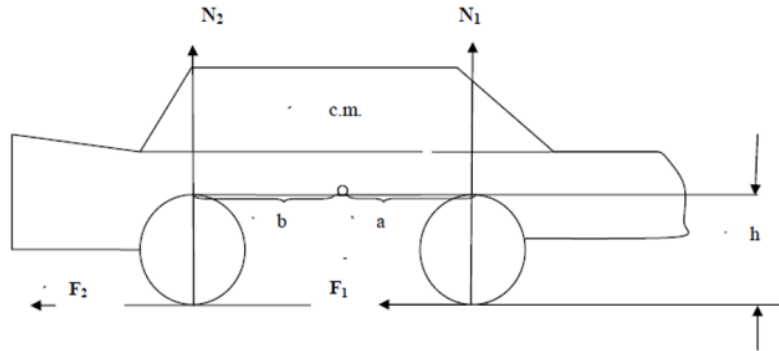
A velocidade inicial (v_i) de um veículo que, após demarcar uma distância x de frenagem e atingir outro veículo com uma velocidade residual (chamada de velocidade de impacto— v_{imp}), podemos calcular v_i com boa aproximação, através da equação (22.10):

A velocidade de impacto v_{imp} pode ser avaliada com base na conservação do momento dos veículos ou por meio de métodos aproximados. A expressão acima também é usada para fornecer uma velocidade inicial, quando v_{imp} , é impossível de ser avaliada, é tornada nula, supondo-se que o veículo parou ao fim dos vestígios.

4.10 A frenagem em função da geometria do veículo e da ação dos freios

Consideremos um veículo tipo automóvel, de massa m , em movimento no plano horizontal, desacelerado por ações de forças de atrito \vec{F}_1 e \vec{F}_2 atuando nas rodas dianteiras e traseiras, respectivamente. Eventuais desequilíbrios laterais provocados por forças externas ou torques são desprezados. A Figura 13 apresenta o esquema das forças atuantes:

Figura 13: Forças atuantes nas rodas dianteiras e traseiras



Fonte: (NEGRINI NETO, 2003)

As condições de equilíbrio no eixo vertical e dinâmica no eixo horizontal implicam:

$$N_1 + N_2 = P = mg \quad (23.0)$$

$$F_1 + F_2 = ma \quad (23.1)$$

A condição de equilíbrio rotacional, por sua vez, introduz:

$$N_1 a - N_2 b - (F_1 + F_2) h = 0 \quad (23.2)$$

A expressão empírica para as forças de atrito fornece as condições subsidiárias:

$$F_1 = \mu_1 N_1 \quad (23.3)$$

$$F_2 = \mu_2 N_2 \quad (23.4)$$

Substituindo as equações (23.3) e (23.4) na equação (23.2), temos para a :

$$a = \frac{g(\mu_2 a + \mu_1 b)}{a + b - (\mu_1 - \mu_2) h} \quad (23.5)$$

Da equação 23.5, observa-se que a aceleração $\alpha = \mu \cdot g$, normalmente utilizada como primeira aproximação para o cálculo de velocidades, é obtida ao se impor em: $\mu_1 = \mu_2 = \mu$, independentemente do valor do h .

O valor de α introduzido pela equação acima depende de diversos fatores. Mesmo no caso em que $a = b$, isto é, para veículos com o peso distribuído homogeneamente entre as rodas dianteiras e traseiras, α será função de μ_1 e μ_2 , $\mu_1 \neq \mu_2$. É o caso, por exemplo, de veículos que dispõem de freios a disco nas rodas dianteiras e a tambor nas traseiras, nos quais, em geral, $\mu_1 \geq \mu_2$, em decorrência da melhor eficiência dos freios a disco.

Outros casos similares ocorrem quando o veículo apresenta gasto nos pneus traseiros e estão bem conservados na dianteira ou quando os freios são dimensionados pela engenharia do veículo para melhor desempenho em um dos pares de rodas.

A força de atrito nos veículos modernos atua apenas em duas rodas, em virtude de serem equipados com freios de duplo circuito, sendo os mais comuns os que funcionam em diagonal (roda dianteira em conjunto com a traseira oposta). Atualmente quase todos os veículos são equipados com duplo-circuito em diagonal, interessa-nos analisar como se distribui a força de frenagem em relação ao c.m. do veículo.

Considere que cada roda contribui com metade da força total de frenagem. E neste caso quando restringimos para $\mu_1 = \mu_2$, e analisamos o caso, percebe-se que para um mesmo coeficiente de atrito, um veículo com $a = b$ apresenta uma força de frenagem maior nas rodas dianteiras, em virtude de se levar em conta à altura h de seu c. m.

Pode-se então, adiantar que, quando veículos de tipos distintos, com peso homogeneamente distribuído entre as rodas, apresentam extensões bem diferentes de vestígios de frenagem, este fato se deve a fatores ligados à engenharia do veículo, e não à sua geometria. Por ora, interessa-nos verificar se a aproximação feita baseado nos cálculos da equação:

$$a = \mu \frac{g}{2} \quad (23.6)$$

é válida dentro de certa precisão.

Para uma mesma velocidade inicial, veículos diferentes apresentam grandes variações nos comprimentos dos vestígios de frenagem. Isso significa que a utilização de um mesmo coeficiente de atrito para veículos distintos pode conduzir a erros que chegam a 20% nos cálculos de velocidade. Nesta seção, vamos mostrar que se os fatores

geométricos e tecnológicos, ou seja, o dimensionamento dos freios, forem convenientemente considerados, estas discrepâncias podem ser contornadas e o cálculo de velocidade é feito com boa aproximação.

Os dados apresentados na seção anterior sugerem que, para qualquer veículo, a distribuição das forças de frenagem entre as rodas dianteiras e traseiras depende: dos fatores de arraste acima definidos, que trazem informações sobre a geometria do veículo; da diferença entre os coeficientes de atrito na dianteira e na traseira do veículo que, por sua vez, dependem do estado dos pneus e do dimensionamento tecnológico dos freios.

4.11 Tempo de reação em uma situação de trânsito

A velocidade incide diretamente sobre a frequência e a gravidade dos acidentes de trânsito, por exemplo, no caso de atropelamento a gravidade das lesões causadas nas vítimas é consequência do valor da velocidade do veículo no momento da colisão. Por outro lado, a grande maioria dos acidentes de trânsito são causados por falta de atenção dos motoristas, e imprudência, como dirigir em alta velocidade.

Comumente temos contato com a grandeza velocidade em termos de quilômetro por hora (km/h), mas um acidente de trânsito acontece em uma dimensão espacial de metros e uma dimensão temporal de segundos. Isso significa, por exemplo, que ao dirigir um veículo a 80 km/h, o carro desloca-se 22,2 m em 1 segundo.

O ato de dirigir exige muita atenção do motorista e quando estamos dirigimos um veículo e percebermos alguma situação na via, levamos um certo tempo entre perceber a situação e praticar uma ação preventiva, por exemplo, acionar os freios, esse tempo é chamado tempo de reação, é o intervalo de tempo gasto entre a geração de um estímulo e uma ação motora. O tempo de reação é o intervalo de tempo existente entre a geração de um estímulo visual, audível e a ação motora.

Estudos mostram que condutores não reagem a uma situação inesperada em menos de 1,8 segundos durante o dia e em menos de 2,5 segundos durante a noite. Em situações de cansaço, enfermidades, idades avançadas, álcool e outras drogas, o tempo de reação pode chegar a 5,1 segundos. O tempo de reação de 0,75 segundos só corresponde à realidade em uma situação esperada e em condições externas favoráveis, como por exemplo, a espera pela mudança de cor de um semáforo.

Se tomarmos a velocidade do veículo e o tempo de reação do motorista é possível determinar a distância de reação, ou seja, a distância que o veículo percorre, desde o momento que você vê a situação de perigo até o momento em que pisa no freio. Essa distância é dada por:

$$D_r = \frac{v}{3,6} t_r \quad (24.0)$$

Onde: D_r é a distância (m) de reação; v é a velocidade (km/h); t_r é tempo de reação (s).

Podemos perceber que a imprudência em dirigir com velocidades excessivas aumenta consideravelmente a distância de reação. Por exemplo, dirigindo a uma velocidade de 110 km/h para um tempo de reação de 1,8s o veículo percorrerá 55 m, ou seja, qualquer obstáculo que surgir a menos de 55m haverá colisão sem que os freios sejam acionados. A partir desses dados é possível entender por que o fator velocidade está presente como causa principal na maioria dos acidentes de trânsito

4.12 Segurança veicular

Com o surgimento dos acidentes de trânsito, avultou-se o estudo pelas causas dos acidentes para aplicação de penalidades e por via de consequência forçou o reconhecimento de ações de risco potencial nas vias e a adoção de medidas técnicas que traduziram aperfeiçoamento na segurança dos veículos.

Desde a década de 60 vários estudos e pesquisas tem dado prosseguimento para melhorar a segurança dos veículos, como pára-choques deformáveis que diminuem a agressão contra pedestres no caso de atropelamentos; direções retráteis; chassi em longarina de seções deformáveis através do controle da rigidez do material e de avançada tecnologia usada para formar a estrutura veicular segura ao motorista.

Diante dessa necessidade surgira o air bag, o ABS nos freios, os controles de tração e de estabilidade, além de novos materiais para compor os carros como a poliamida, policarbonato, nylon entre outros, que por serem mais leves melhoram o desempenho pela relação peso/potência, que é um fator de segurança em algumas manobras, visto que esses materiais são tão resistentes quanto o aço.

Concernente à segurança veicular podemos falar de dois tipos, são elas: segurança ativa e segurança passiva que correspondem ao conjunto de elementos de controlabilidade (os sistema de freios, suspensão, direção, pneumáticos e potência do

motor) de um veículo que por seu caráter essencialmente dinâmico, intervêm ativamente proporcionando uma pilotagem confortável e segura. A segurança ativa compreende os sistemas de iluminação, de visibilidade e de dirigibilidade de forma a propiciar o mínimo possível de desprendimento de energia do motorista, ou seja, atua como uma forma preventiva de acidente.

Já a segurança passiva, está mais relacionada ao princípio da conservação de energia, e se a energia cinética do veículo em movimento se transforma, sobretudo, em energia de deformação, energia térmica e energia mecânica rotacional e translacional, tem a função de converter parte dessa energia em deformações estruturais direcionadas e controladas, com o propósito de minimizar o que vai incidir sobre os ocupantes dos veículos.

Importante salientar que o interior dos veículos devem ser desenvolvidos de forma que possam em caso de colisão, suportar a aceleração e forças atuantes sobre os ocupantes de maneira que possibilite espaço suficiente de sobrevivência e liberação das pessoas, e entre os fatores mais importantes podemos destacar a deformação progressiva que irá absorver e distribuir uniformemente a força no impacto antes que atinja a cabine de passageiros.

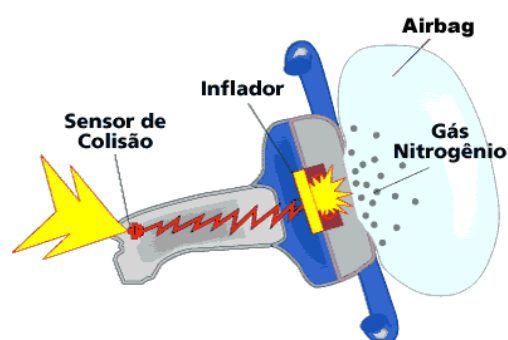
Entre os itens de segurança citados, falaremos um pouco mais por sua importância na preservação da vida em caso de acidentes de trânsito do air bag e seu princípio de funcionamento.

Figura14: Air bag em ação



Fonte: <http://meumecanicoweb.com.br/blog/?p=466>

Figura15: Princípio de funcionamento do air bag



Fonte: <https://auto.howstuffworks.com/car-driving-safety/safety-regulatory-devices/airbag1.htm>

Nos impactos frontais de menos intensidade e durante as frenagens bruscas, os dispositivos automáticos do cinto de segurança prendem o ocupante ao banco. No entanto, testes feitos pela General Motors do Brasil indicam que o cinto de segurança não é suficiente para proteger o motorista totalmente de um eventual impacto frontal a 50 km/h, pois nessa situação mesmo com o cinto de segurança, o motorista ainda impactaria a cabeça contra o volante em 90 milissegundos e caso o cinto de segurança não possuía essa pequena flexibilidade previamente estabelecida durante o evento, pelo tracionamento mais pronunciado pode causar forte pressão e lesões sobre o tórax.

É possível diminuir a pressão exercida mediante um dispositivo limitador de esforço que pré-tensiona o cinto de segurança em 7 milissegundos, entretanto nos embates maiores não evitaria alguns danos ao motorista. E para superar essa deficiência, minimizando o impacto, idealizou-se um dispositivo que em caso de acidente, inflaria uma bolsa entre o motorista e o volante de direção e entre o passageiro e o painel, e a esse dispositivo deu-se o nome de air bag.

Esse dispositivo é considerado como um item de segurança veicular passiva suplementar ao cinto de segurança, que visa proteger a integridade física, impedindo ou minimizando a severidade do impacto da cabeça, pescoço e tórax pela redução brusca de velocidade de deslocamento dos ocupantes à frente e distribuindo as cargas de retenção dos ocupantes por uma área maior do corpo durante o impacto.

Esse dispositivo tão importante funciona através do acionamento de sensores que estão programados para serem ativados em caso de colisão frontal, pois nesse tipo de acidente ocorre normalmente uma desaceleração de no mínimo $2,6g$, ou seja, 2,6 vezes a aceleração da gravidade, e nesse instante um sensor de desaceleração que está ligado a uma unidade de comando conectada ao módulo do air bag, aciona uma ignição que produz uma combustão de pastilhas propelentes, que gera o gás para encher a bolsa.

Importante salientar que os parâmetros de funcionamentos dos air bag variam para cada tipo e modelo de veículo, da mesma forma que o seu perfeito funcionamento está diretamente ligado ao uso correto do cinto de segurança e estatura dos ocupantes do veículo.

Capítulo 5

ANÁLISES E RESULTADOS

Essa análise tem como orientação a elaboração de uma UEPS proposta por Moreira (2011), segundo o qual um material de ensino poderá ser considerado exitoso, se a avaliação de desempenho realizada pelos alunos fornecer evidências da Aprendizagem Significativa (AS), se o aluno, por meio da captação de significados, consegue compreender, explicar e aplicar o novo conhecimento para resolver outras situações-problema diferentes das apresentadas anteriormente.

Ao elaborarmos o pré e o pós-teste mantivemos as mesmas questões, para que pudéssemos verificar o grau de evolução dos alunos quanto aos assuntos discutidos em sala. Dessa forma poderíamos avaliar o conhecimento do aluno antes e depois da aplicação do produto educacional.

Avaliação diagnóstica: Pré-teste e Pós-teste

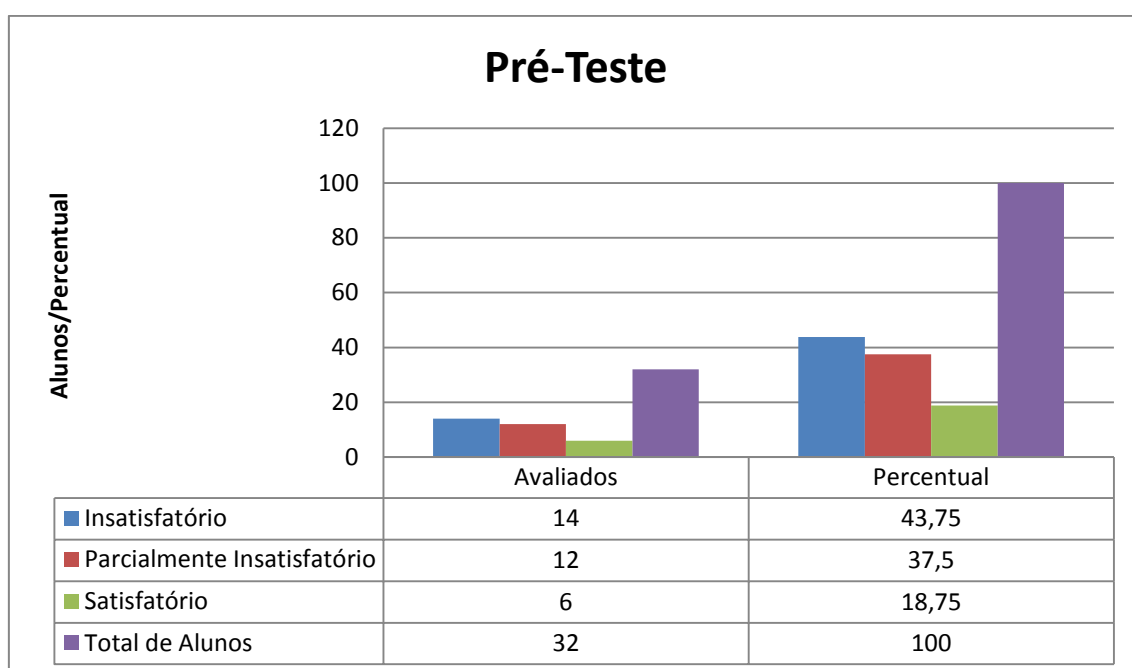
Questões:

1. Você conhece as leis de trânsito? Caso conheça, cite algumas.
2. Na elaboração do código de trânsito, foi levado em consideração conhecimentos de física? O que você acha?
3. Por que as ultrapassagens são consideradas manobras perigosas?
4. As colisões frontais entre veículos deixam normalmente vítimas fatais. Por quê?
5. Por que devemos manter uma distância de segurança entre um veículo e outro durante o deslocamento nas vias de trânsito?
6. Por que o excesso de velocidade aumenta o número de acidentes de trânsito?
7. Para que serve o cinto de segurança? Qual sua importância.
8. O motorista deve ter cuidado quando vai realizar curvas. Por quê?
9. Veículos maiores, como ônibus e caminhões, devem ter atenção redobrada quando transitam entre veículos menores. Por quê?
10. Muitas pessoas perdem a vida por conta dos atropelamentos. Quais as principais causas?
11. As estradas, rodovias e demais vias às vezes possuem superfícies desgastadas ou com pouca aderência. Isso aumenta o risco de acidente? Justifique sua resposta.
12. Podemos construir um trânsito mais seguro através dos conhecimentos de física? Justifique sua resposta. .

Para cada teste foi atribuído um conceito Insatisfatório de 0 até 30% de acerto; Parcialmente insatisfatório 31% até 70% de acerto e Satisfatório de 71% a 100% de acerto.

As avaliações do pré-teste foram aplicadas na turma de 40 alunos, porém somente 32 alunos participaram efetivamente do início ao fim do processo e após essa avaliação obtivemos os resultados indicados no Gráfico1. Isso nos remete a uma reflexão sobre os motivos que podem estar relacionados a esse resultado, dentre eles podemos citar o desconhecimento pelas leis de trânsito e a não percepção dessas leis e a física.

Gráfico 1: Desempenho dos alunos no pré-teste



Fonte: Própria

Na aplicação do pré-teste percebemos que os alunos tiveram mais dificuldades nas questões que envolvia conhecimento específico de física e resposta mais elaboradas, como foi o caso das questões (4), (8) e (11). e tiveram mais facilidades nas questões relacionadas ao trânsito,

⑭ - Isso significa que um condutor tentasse fazer ultrapassagem, talvez não de uma forma segura ou ainda em locais não permitidos, o excesso de velocidade também ajuda a aumentar o número de tragédias.

8- A ALTA VELOCIDADE, O ÂNGULO DAS CURVAS, AS CONDIÇÕES DA VIA, DO VEÍCULO E DA MOTORISTA, PODEM TIRAR O VEÍCULO DA FAIXA DE DIREÇÃO CAUSANDO ACIDENTES

11) Sem se a pista for lisa demais o atrito e em curvas de pista esburucada pode ocasionar acidentes e quebrar os amortecedores do veículo

E tiveram mais facilidades nas questões relacionadas ao trânsito, como foi o caso das questões (1) e (10), já que envolve conhecimentos mais gerais do cotidiano.

1) - normas de circulação e conduta dirigindo com a velocidade máxima permitida, lei da sinalização de trânsito, lei seca (nada de bebida alcoólica), lei sobre as noções, ultrapassagem perigosa.

10) A embriaguez e o excesso de velocidade são os maiores causadores de acidentes com vítimas fatais. Irresponsabilidade dos condutores.

Na aula inaugural foi apresentado o livro de física adotado pela escola e o produto educacional (gibi) que seria aplicado no decorrer das aulas e logo percebemos nessa apresentação a curiosidade e interesse deles pelo gibi.

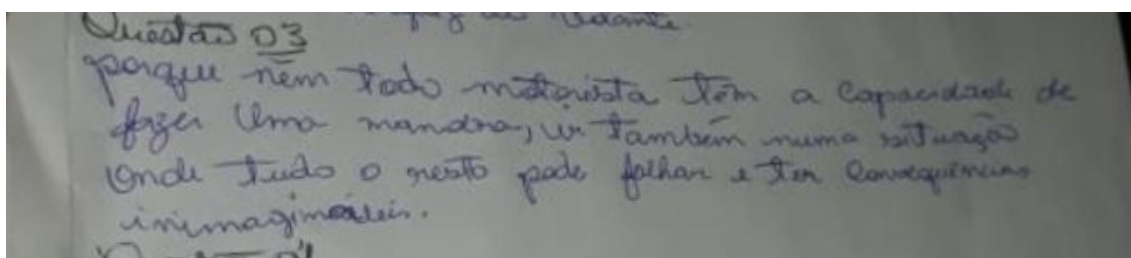
Ao longo das aulas percebi que os alunos possuíam dificuldades em compreender e interpretar os fenômenos, ficou evidente a dificuldade em transcrever o que entendeu sobre o assunto e faltava confiança na elaboração das repostas e com o uso do gibi nas aulas a turma discutia as situações apresentadas de forma mais significativa. Isso se deu por acharem a leitura do gibi mais simples de compreender os fenômenos e por ser menos formal em relação ao livro didático, o que os motivou a realizar leituras e discussões durante as aulas.

Nota-se também que durante as atividades que os alunos não tinham interesse pra ler o livro de física, em função da dificuldade declarada por eles em entender o material didático adotado na escola em razão da complexidade da leitura e interpretação dos fenômenos. E essas dificuldades, não superadas inicialmente, podem interferir no estudo de novos assuntos, prejudicando o aprendizado de física tanto na motivação quanto na interpretação dos casos estudados.

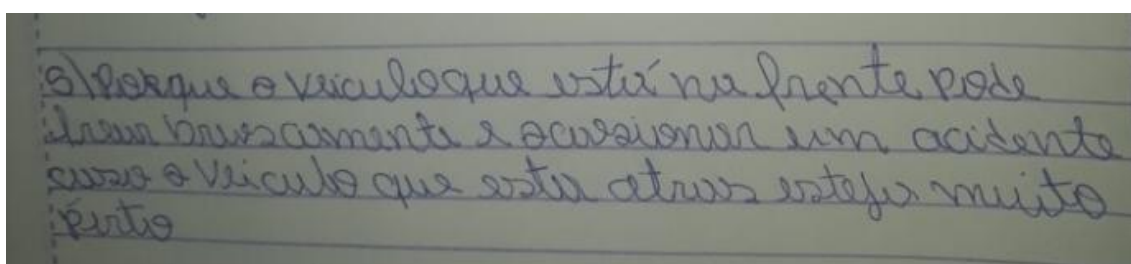
Verificou-se que os alunos que participaram das discussões nas aulas com o uso do produto educacional passaram a expor suas ideias e explicações sobre os fenômenos e conceitos abordados de forma mais confiante e assim mostraram melhores resultados tanto na parte escrita quanto nas discussões orais.

Percebe-se que os alunos desenvolveram conhecimentos significativos para a educação no trânsito por meio dos estudos realizados, passando a relacionar a importância dos conhecimentos de física para a educação no trânsito.

Sobre a questão (3) que envolve velocidade relativa tivemos uma participação significativa dos alunos, por apresentar um assunto de fácil entendimento.



Na questão (5) que fala da distância de segurança entre os veículos fizemos uma discussão bem interessante.



Na ocasião formamos três grupos representados pelos motoristas, outro pelos pedestres e o último pelas autoridades da lei. Criamos situações diversas para avaliarmos o tempo de frenagem, estudo das frenagens, no caso as marcas de pneus deixadas na pista em situações de atropelamentos.

No estudo da primeira lei de Newton na questão (7) também tivemos aproveitamento surpreendente por conta dos casos citados no dia a dia dos alunos, como

a importância do cinto de segurança, e o cuidado que devemos ter nas acelerações e freadas bruscas pelos de veículos, e isso facilitou bastante o entendimento do assunto da lei de Newton, por exemplo.

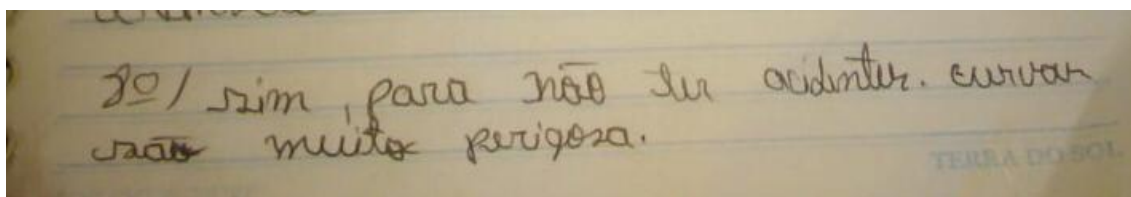
Na aula de força centrípeta tivemos bastantes discussões sobre o assunto, e algumas perguntas interessantes foram feitas, tais como: Se essa força serve para manter os veículos nas curvas, eles escapam como? E essa pergunta foi fundamental para mostrarmos o quanto é importante estudar essa força que às vezes fica esquecida nas discussões em sala de aula.

Outra situação que chamou atenção foi o estudo dos tipos de colisões, situação em que eles ficaram bem empolgados em saber quando a colisão era elástica inelástica ou parcialmente elástica, e essa curiosidade gerou perguntas interessantes, como por exemplo, se numa colisão o que seria mais importante, a velocidade ou a massa dos veículos envolvidos no acidente?

Um momento bem importante das aulas foi quando discutimos atropelamentos e as principais recomendações do código de trânsito, e o ponto mais interessante foi quando se discutiu de quem poderia ser a culpa. A maioria disse que seria dos pedestres, no entanto, debatemos que pode ser também do motorista, principalmente quando o mesmo não respeita a velocidade máxima da via. Alguns questionaram se tinha como saber a velocidade do veículo no momento do atropelamento, e mostramos que sim tanto pela deformação do veículo quanto pelas lesões na vítima.

Abordamos a velocidade de impacto e os casos em que ocorreu ruptura do pára-brisa, situação essa que é possível calcular também a velocidade do veículo no momento da colisão. E nessa ocasião foi discutida a desaceleração dos veículos pra evitar o atropelamento. A turma apresentou maior dificuldade no entendimento por envolver os conceitos de inércia e atrito.

Constatamos que há alunos que sabem efetuar os cálculos para encontrar os valores da velocidade, força e aceleração, mas que não sabem conceituá-las corretamente. Foi o caso (8) da questão, onde tivemos que falar da força centrípeta, e o cuidado que o motorista deve ter quanto à velocidade ao realizar uma curva.



Durante as aulas foi solicitado aos alunos que elaborassem Mapas Conceituais (MC), para que pudéssemos verificar se as informações estavam relacionadas com os assuntos estudados e assim analisar a evolução do conhecimento do aluno referente ao estudo do conteúdo. Os MC indicam se ocorreu alguma modificação nestes conhecimentos, ou seja, se ocorreu a aquisição de algum novo conceito e se houve diferenciação entre as relações atribuídas a estes conceitos.

Analisando o MC verificamos que falta conexão com o tema principal e que os alunos não conseguiam seguir uma ordem lógica na criação do mapa, situação que constatamos pouco interesse em produzir os mapas conceituais, em razão da baixa hierarquização de conhecimento que o aluno apresenta sobre o assunto abordado.

Verificamos que apesar dos MC terem apresentados uma evolução no decorrer das aulas, não chega a ser satisfatório, pois os alunos ainda não conseguem conceituar claramente sobre temas centrais, não estão bem definidos o que eles elaboram e assim não conseguem fazer conexão de palavras e termos, mas no geral houve um discreto progresso.

A proposta do produto educacional (gibi) era que os alunos expressassem seus conhecimentos, e que discutissem sobre os assuntos abordados, de forma mais divertida sem aquela característica tão marcante na física, que são os cálculos, que muitas das vezes distancia os alunos da disciplina por acharem difícil. Nas aulas, os alunos interagiram entre si buscando explicações aceitáveis para os fenômenos apresentados de uma forma mais lúdica e isso contribuiu bastante, pois se mostrou diferente da tradicional forma que eles já conhecem e temem, dificultando o aprendizado.

Através da introdução desse produto educacional nas aulas de física, os alunos demonstraram motivação e vontade de entender, relatando casos e situações do seu dia a dia, além disso, a participação efetiva desses alunos nas aulas, demonstraram que os mesmos apresentavam uma pré-disposição em aprender, fator importantíssimo para a ocorrência da aprendizagem significativa.

Durante as discussões, através das falas e associações feitas pelos alunos, era possível encontrar traços da diferenciação progressiva e da reconciliação integradora, pois os próprios alunos buscavam outras situações como comparação para tentar entender e explicar os fenômenos discutidos, isso os levava a associar os novos conhecimentos com os demais que já haviam sido abordados.

Com o passar do tempo e o avançar das aulas essas discussões dos conteúdos foram se tornando cada vez mais produtivas, pois os alunos foram se adaptando ao método de ensino e cada vez mais faziam perguntas pertinentes ao tema.

No decorrer das aulas de física, várias situações e discussões foram realizadas de maneira que os alunos pensassem e se envolvessem mais nas questões propostas, provocando um ganho de tempo e qualidade nas discussões, contribuindo para uma troca de ideias e conhecimentos de forma mais significativa.

É possível destacar também o entusiasmo dos alunos durante as aulas com o uso do gibi, a participação foi massiva e as discussões aconteceram de forma produtiva. De modo geral, todos os alunos passaram a ver significado e importância nas questões apresentadas, principalmente se contemplasse aspectos ligados a sua vida, preocupações e interesses.

A participação efetiva da turma pode ser explicada pelo fato do aluno ter percebido, por meio das situações-problema apresentadas, a relação dos conceitos físicos propostos com o seu cotidiano, verificando assim, a importância desse conhecimento.

A forma como o gibi foi trabalhado com os alunos, trouxe muitos questionamentos novos e atividades criativas, pois os conceitos não eram simplesmente mencionados e sim discutidos de forma participativa com os alunos, através de propostas, para estimular o pensamento e assim chegar a uma hipótese de explicação plausível para os fenômenos estudados.

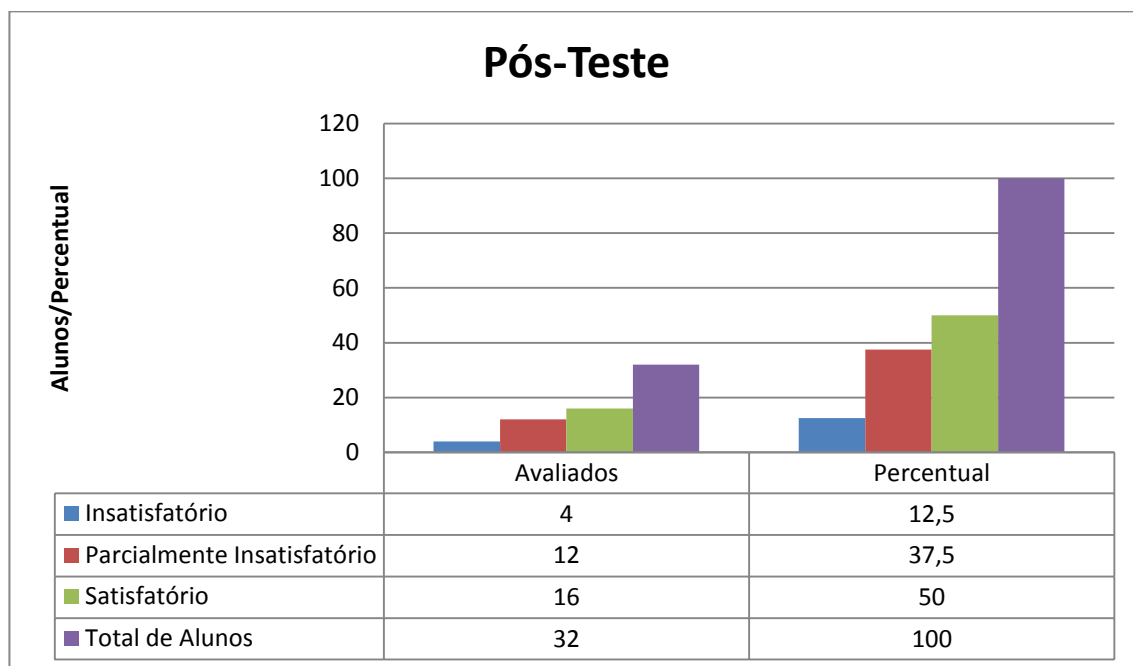
A aplicação do produto educacional (gibi) foi bastante positiva, devido ao modelo como os conteúdos foram apresentados, despertando características motivacionais, e mostrando situações cotidianas vivenciadas por eles na resolução de problemas propostos pertinentes aos assuntos trabalhados em sala.

Com a aplicação do produto educacional os estudantes conheceram fatos, conceitos e ideias básicas da disciplina dando condições para contextualizar socialmente o conhecimento científico. Foi possível verificar o que os alunos já sabiam sobre o trânsito e o que eles conseguiram aprender nas aulas de física a respeito da relação entre as leis de física e do trânsito.

Quando foi realizado o pós- teste os alunos responderam as questões com mais detalhes, e através de conceitos mais elaborados e coerentes com as situações

apresentadas, além de mostrarem mais desenvoltura na interpretação dos fenômenos físicos.

Gráfico 2: Desempenho dos alunos no pós-teste



Fonte: Própria

Percebeu-se que os alunos desenvolveram conhecimentos significativos para a educação no trânsito por meio dos estudos e conhecimentos de física realizados no decorrer das aulas. Ao comparar os resultados do pré-teste com o pós-teste, nota-se uma diferença significativa, pois verificamos que os alunos demonstraram melhor desempenho na solução dos problemas de trânsito e se mostraram bem participativos e atenciosos no cumprimento das atividades propostas, mas apesar do bom retrospecto, ainda temos muito a fazer para alcançarmos melhores resultados.

Após a aplicação do produto educacional, percebemos que houve uma evolução significativa em todas as questões do pós-teste. As questões que envolviam mais os conceitos de trânsito continuavam com respostas bem elaboradas, e as que envolviam mais fenômenos físicos teve uma evolução razoável para o grupo intermediário, já que boa parte das questões propostas foram respondidas de forma satisfatória.

No entanto, sempre tem alguns alunos que mesmo depois das aulas de física e por mais que inovemos na prática docente, ainda apresentam dificuldades quanto algumas questões, como foi o caso da questão (5) que fala da distância entre os

veículos, que tivemos algumas respostas insatisfatórias, por conta dos vários conceitos envolvidos nessa questão, tais como atrito, inércia, velocidade de impacto e frenagem.

Portanto, após aplicação do produto educacional e do pós-teste, concluímos pelos resultados encontrados, conforme Gráfico 2, que houve um avanço na interpretação dos fenômenos físicos e entendimento de algumas questões relevantes como a prevenção de acidentes de trânsito.

Capítulo 6

CONSIDERAÇÕES FINAIS

Essa dissertação contribuiu para inovar minha prática docente no ensino de física, antes pautado na lousa e livro e aulas expositivas tradicionais, pois diante da necessidade de superarmos um ensino de física de forma mecânico, tivemos que desenvolver um modelo em que o aluno seja colocado no centro de seu processo de aprendizagem para romper com a forma clássica de memorização e reprodução. Foi possível nesse processo, quanto professor, promover um ensino que facilitasse a construção de significados através da participação efetiva dos alunos durante aplicação do produto educacional.

A sequência didática implementada atendeu aos objetivos, uma vez que o produto educacional (gibi), foi bem recebido pelos alunos que participaram da pesquisa, o que demonstrou uma motivação renovada para o estudo da física e suas aplicações práticas e adequado ao estudo proposto, justamente por permitir a associação entre diversas ideias e contextos, além de integrar muitos outros conceitos físicos e de trânsito relacionados.

Ressalto também a importância e valorização dos conhecimentos prévios dos estudantes, que servem de ponte para a ampliação e aprofundamento de saberes. E a identificação das ideias prévias dos estudantes através de situações enfrentadas por eles no trânsito diariamente, enriqueceu bastante as aulas e as discussões, além de mostrar uma grande inter-relação entre ideias coexistentes, provenientes não apenas das vivências escolares dos sujeitos, mas da vida prática.

Nessa perspectiva, houve uma aprendizagem significativa e ao longo da aplicação da UEPS as atividades demonstraram uma ampliação gradual dos conceitos de física e de trânsito, desde uma apresentação inicial de ideias desconexas, até o momento final, de conceitos gerais e específicos bem elaborados, bem como a integração entre eles, dando a entender que eram capazes de compreender o conceito numa dimensão mais ampla, aplicável a diferentes contextos.

Observa-se que as atividades propostas conferiram aos alunos autoconfiança e iniciativa que passaram a demonstrar no transcorrer das atividades. Na medida em que eram desafiados, dependiam menos do direcionamento do professor para identificar novas possibilidades de solução.

Durante todo esse processo, vários foram os desafios para desenvolver um produto educacional capaz de despertar a atenção e interesse dos alunos e despertara motivação necessária para que houvesse a devida aprendizagem significativa. Ao mesmo tempo cresci também como educador, pois ensinar também é aprender, é descobrir a cada dia um pouquinho mais com nossos alunos.

As leituras, debates e discussões sobre os textos, nos mostraram perspectivas otimistas a serem vividas na sala de aula e na formação de nossos alunos no aprendizado que não se encerra aqui, pelo contrário deve continuar de forma organizada e gradual, tendo a mediação do educador como parte importante nos resultados atingidos.

Por isso, embora tenha chegado a esta etapa final do curso, esse projeto será desenvolvido também com as turmas do 2º e 3º anos do ensino médio, devido a excelente aceitação pelos alunos e pela direção da escola, que já manifestou total apoio à continuação desse trabalho.

Encerro essa etapa vislumbrando novos horizontes a serem explorados, quem sabe, em novas possibilidades de reflexões e estudos futuros e de desdobramentos da temática investigada, aprofundando o conceito de aprendizagem significativa.

Todavia, esse não deve ser considerado um modelo engessado a ser aplicado em sala de aula. Ao contrário, é um convite à criatividade e à reinvenção, de acordo com a necessidade e a realidade dos alunos e professores, levando em consideração seus valores, suas experiências e seus saberes.

Percebe-se ainda, que muito podemos fazer por nossos alunos nessa arte de ensinar, seja os tornando seres importantes no processo de ensino-aprendizagem, ou na ousadia do professor em quebrar paradigmas e resgatar o prazer em estudar e descobrir o conhecimento.

Finalizo aqui, destacando um ponto muito importante ao fim desse projeto que é um pedido dos alunos para que esse trabalho tenha continuidade em todas as séries e que no ano que vem, eles possam não só usufruir do produto educacional nas aulas de física, mas também que possam construir o seu próprio gibi.

Capítulo 7

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

AUSUBEL, David P. **A psicologia da aprendizagem verbal significativa**. Nova York: Grune e Stratton, 1963.

AUSUBEL, David P. **Psicologia educacional: uma visão cognitiva**. Nova York: Holt, Rinehart e Winston, 1968, 685 p.

AUSUBEL, David P., NOVAK, Joseph D., HANESIAN, Helen. **Psicologia educacional**. Tradução Eva Nick. Rio de Janeiro: Interamericana, 1980.

AUSBEL, David P. **Aquisição e retenção de conhecimentos: Uma perspectiva cognitiva**. Lisboa: Plátano, 2003.

ALARCÃO, Isabel. (Org.) **Formação reflexiva de professores: estratégias de supervisão**. Porto: Porto Editora, 1996.

ALMEIDA, Lino Leite. **Manual de perícias em acidentes de trânsito**. Campinas: Millenium, 2011.

ALMEIDA, Lino Leite. **Manual de perícias em acidentes de trânsito**. 2ª Ed. Campinas: Millennium, 2015.

ARAGÃO, Rosália Maria Ribeiro de. **Teoria da aprendizagem significativa de David P. Ausubel: sistematização dos aspectos teóricos fundamentais**. 1976. 97 f. Tese (doutorado) – Universidade Estadual de Campinas, Faculdade de Educação, Campinas. Disponível em: <<http://repositorio.unicamp.br/handle/REPOSIP/253230>>. Acesso em 17 dez. 2018.

ARAGÃO, Ranvier Feitosa. **Acidentes de trânsito**. 3. ed. Campinas: Millenium, 2003.

ARAGÃO, Ranvier Feitosa. **Acidentes de trânsito: análise da prova pericial**. 4. ed. Campinas: Millenium, 2009.

BANDURA, A. **Social learning theory**. Englewood Cliffs, N. J: Prentice-Hall, 1977.

BANDURA, A. **Social foundations of thought & action: A social cognitive theory**. New Jersey: Prentice-Hall, 1986.

BACCHIERI, Giancarlo; BARROS, Aluisio J. D. **Acidentes de trânsito no Brasil de 1998 a 2010: muitas mudanças e poucos resultados**. Revista saúde pública. Pelotas, v. 45, n. 4, p. 949-963, 2011. Disponível em: < <http://www.scielo.br/pdf/rsp/v45n5/2981.pdf>>. Acesso em: 17 dez. 2018.

BRASIL. Resolução Conselho Nacional de Trânsito nº 463, de 21 de agosto de 1973. **Dispõe requisitos de segurança para veículos automotores de fabricação nacional**. Diário Oficial da República Federativa do Brasil. Brasília, 21 ago. 1973.

Disponível em:< <https://www.legisweb.com.br/legislacao/?id=262151>>. Acesso em: 17 dez. 2018.

BRASIL. Lei Federal nº 9.503, de 23 de setembro de 1997. **Institui o Código de trânsito brasileiro**. Diário Oficial da República Federativa do Brasil. Brasília, 20 set. 1997. Disponível em:< http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/LEIS/L9503.htm>. Acesso em: 17 dez. 2018.

BRASIL. Departamento Nacional de Trânsito. **Frota nacional de veículos**, 2013. Disponível em:<www.denatran.gov.br/frota.htm>. Acesso em: 17 dez. 2018.

BRASIL. Secretaria de Educação Fundamental. **Parâmetros curriculares nacionais: terceiro e quarto ciclos do ensino fundamental: introdução aos parâmetros curriculares nacionais**. – Brasília: MEC/SEF, 1998. Disponível em:< <http://portal.mec.gov.br/seb/arquivos/pdf/introducao.pdf>>. Acesso em: 20 dez. 2018.

BRASIL, **Parâmetros curriculares nacionais bases legais**. Brasília: MEC, 2000. Disponível em:< <http://portal.mec.gov.br/seb/arquivos/pdf/blegais.pdf>>. Acesso em: 20 dez. 2018.

BRASIL. Secretaria de Educação Básica. Ministério da Educação. **Orientações curriculares para o ensino médio – linguagens, códigos e suas tecnologias**. Brasília, 2006.

Disponível em:<http://portal.mec.gov.br/seb/arquivos/pdf/book_volume_01_internet.pdf>. Acesso em: 20 dez. 2018.

BRASIL. Ministério da Saúde – DATASUS. **Estatística nacional de acidentes de trânsito**. Disponível em:< http://vias-seguras.com/os_acidentes/estatisticas/estatisticas_nacionais>. Acesso em: 20 dez. 2018.

BRUNER, J. The act of discovery. **Harvard educational review**, 1961.

DEPARTAMENTO ESTADUAL DE TRÂNSITO DO ESTADO DO CEARÁ – DETRANCE. **Comparativo de acidentes em geral Fortaleza ano 2017**. Disponível em:< <file:///C:/Users/pc/Desktop/Comparativo%20Acidentes%20-%20Tipo%202016-2017.pdf>>. Acesso em: 20 dez. 2018.

DIESEL, Aline; BALDEZ, Alda Leila Santos; MARTINS, Silvana Neumann. **Os princípios das metodologias ativas de ensino uma abordagem teórica**. Revista thema. Lajeados, v. 14, n. 1, p. 268-288, 2017. Disponível em:< <http://revistathema.ifsul.edu.br/index.php/thema/article/view/404/295>>. Acesso em: 20 dez. 2018.

EVANS, L. **Traffic Safety and the Drive**. Van Nostrand Reinhold, 1991.

FREIRE, Paulo. **Pedagogia da autonomia: saberes necessários à prática educativa**. 36. ed. São Paulo: Paz e Terra, 1996.

GIOVANELLA, L.; MENDONÇA, M.H.M. **Atenção primária à saúde**. In: GIOVANELLA, L. et al. (Org.) *Políticas e sistemas de saúde no Brasil*. Rio de Janeiro: Editora Fiocruz, 2012.

GILLESPIE, T. D. **Fundamentals of Vehicle Dynamics**. 7. ed. Warrendale, USA: Society of Automotive Engineers, 1992.

GAGNÉ, R. M. **Essentials of learning for instruction**. New York: Holt, Rinehart and Winston, 1975.

HALLIDAY, David; RESNICK, Robert; WALKER, Jearl. **Fundamentos de física**. 4. ed. Rio de Janeiro: Livros Técnicos e Científicos Editora S.A, 1996. v. 1.

HALLIDAY, David; RESNICK, Robert. **Fundamentos de física: mecânica**, 9. ed. Rio de Janeiro: Livros Técnicos e Científicos Editora S.A, 2014. v. 1.

LAJOLO, Mariana. **Trânsito no Brasil mata 47 mil por ano e deixa 400 mil com alguma seqüela**. Folha de São Paulo, São Paulo, 31 maio 2017. Disponível em:< <https://www1.folha.uol.com.br/seminariosfolha/2017/05/1888812-transito-no-brasil-mata-47-mil-por-ano-e-deixa-400-mil-com-alguma-sequela.shtml>>. Acesso em: 20 dez. 2018.

MERIAM, James L. **Dinâmica**. 2 ed. Rio de Janeiro: Livros Técnicos e Científicos Editora S.A, 1989. 219-222 p.

MOREIRA, Marco Antônio; BUCHWERTZ, Bernardo. **Mapas conceituais**. São Paulo: Moraes, 1987.

MOREIRA, Marco Antônio. **Aprendizagem significativa**. Brasília: Editora da UnB, 1999.

MOREIRA, Marco Antônio. **Mapas conceituais e aprendizagem significativa**. São Paulo: Centauro, 2010.

MOREIRA, Marco Antônio. **Física de partículas: uma abordagem conceitual & epistemológica**. São Paulo: Editora Livraria da Física, 2011.

MOREIRA, Marco Antônio. **Liberdade para ensinar e aprender literatura**. Bloomington: Palibrio, 2012.

NETO, Osvaldo Negrini. **Dinâmica dos acidentes de trânsito: análises e reconstruções**. Campinas: Millenium, 2003.

NETO, Osvaldo Negrini; KLEINÜBING, Rodrigo. **Dinâmica dos acidentes de trânsito: análises, reconstruções e prevenção**. 4. ed. Campinas: Millennium, 2012.

NOVAK, J. D. **Uma teoria de educação**. São Paulo: Pioneiro, 1981.

NOVAK, J. D.; GOWIN, B. D. **Aprender a aprender**. Lisboa: Plátano Edições Técnicas, 1996.

NUSSENZVEIG, Herch Moisés. **Curso de física básico** / Herch Moisés Nussenzveig. São Paulo: Edgard Blücher, 1981.

NUSSENZVEIG, Herch Moisés. **Curso de física básico 1: mecânica** / H. Moisés Nussenzveig. 5. ed. São Paulo: Blucher, 2003.

ORGANIZAÇÃO MUNDIAL DE SAÚDE - OMS. **Relatório global sobre o estado da segurança viária 2015**. Disponível em: <https://www.who.int/violence_injury_prevention/road_safety_status/2015/Summary_GSRRS2015_POR.pdf>. Acesso em: 20 dez. 2018.

PIAGET, Jean. **A construção do real na criança**. Tradução, prefácio e notas de Álvaro Cabral. Rio de Janeiro: Zahar, 1970. 360 p.

POZO, J. I. **Teorías cognitivas del aprendizaje**. Madrid: Morata, 1989.

SEARS, Francis; ZEMANSKY, Mark. **Mecânica – Hidrodinâmica**. Tradução, prefácio e notas de José de Lima Accioli. 1. ed. Rio de Janeiro: Técnicos e Científicos Editora S.A, 1978.

SEGURADORA, Líder. **Boletim estatístico 2015**. Disponível em: <<https://www.seguradoralider.com.br/Documents/boletim-estatistico/Boletim-Estatistico-Ano-05-Volume-04.pdf>>. Acesso em: 21 dez. 2018.

SCHÖN, Donald. **A Educação o profissional reflexivo: um novo design para o ensino e a aprendizagem**. Tradução, prefácio e notas de Roberto Cataldo Costa. Porto Alegre: Artmed, 2000.

SPARTI, Sonia C. M.; SZYMANSKI, Heloisa. **Jovens no trânsito: do sentido do dirigir ao desenvolvimento da consciência**. Revista da faculdade de ciências médicas de Sorocaba. Sorocaba, v. 10, n. 4, p. 18-21, 2008. Disponível em: <<http://revistas.pucsp.br/RFCMS/article/view/1518/989>>. Acesso em: 21 dez. 2018.

SOUSA, Rafaelle da Silva. **A física no dia a dia: materialização da interdisciplinaridade no ensino médio**. Revista digital da secretaria de estado da educação da Paraíba. Paraíba, n. 4, p.76-91, 2016. Disponível em: <<http://www.sec.pb.gov.br/revista/index.php/compartilhadosaberes/article/view/65/76>>. Acesso em: 21 dez. 2018.

TARDIF, Maurice. **Saberes docentes e formação profissional**. Petrópolis: Vozes, 2002.

TIPLER, Paul A. **Física para cientistas e engenheiros – mecânica**. 3. ed. Rio de Janeiro: Editora Guanaba Koogan S.A.,1994. v. 1.

TIPLER, Paul A. **Física – mecânica**. 4. ed. Rio de Janeiro: Editora Guanaba Koogan S.A.,2004. v. 1.

VYGOTSKY, L. S. **A formação social da mente**. São Paulo: Martins Fontes, 1984.

VYGOTSKY, L. S. **A formação social da mente**. 6. ed. São Paulo: Martins Fontes, 1998.

WALLON, Henri. **A evolução psicológica da criança**. São Paulo: Martins Fontes, 2007.

WORMLEY, D. N. et al. **Rating system for rollover resistance**. Washington, D.C., USA: NHTSA – National Highway Traffic Safety Administration/TRB – Transport Research Board, 2002.



**A FÍSICA NA PREVENÇÃO DOS ACIDENTES DE TRÂNSITO EM UMA
ABORDAGEM COM OS ALUNOS DO 1º ANO DO ENSINO MÉDIO.**

MATERIAL INSTRUCIONAL

MOSSORÓ-RN

2019

Sumário

INTRODUÇÃO.....	84
FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA.....	85
METODOLOGIA.....	87
SEQUÊNCIA DIDÁTICA.....	90
CONCLUSÃO.....	93

APÊNDICE A:

MATERIAL INSTRUCIONAL

1. INTRODUÇÃO

Esse Material Instrucional (MI) tem como objetivo o desenvolvimento e o fortalecimento e aplicação dos conteúdos de física estudado no 1º ano, com intuito de colaborar com o ensino- aprendizagem durante a prática docente com alunos do ensino médio e de forma que a aplicação do produto educacional seja motivadora e favorável na construção e adaptação aos conteúdos de física, aplicados a vivência dos alunos no cotidiano, e que diante da aprendizagem significativa, possa favorecer o desenvolvimento de operações do pensamento que propiciem a formação de habilidades necessárias ao aluno no entendimento e importância das leis da física na prevenção de acidentes de trânsito, fazendo uso do gibi como mais uma ferramenta ao docente na transmissão do saber.

O ensino tradicional durante um longo período se mostrou eficiente com apenas quadro negro e giz, porém na atual conjuntura esse modelo já não desperta a motivação dos alunos como em outrora. Diante disso, surge a necessidade do docente se reinventar para atrair novamente a atenção do aluno, de forma a garantir o ensino de forma significativa. Ao longo do tempo, a evolução das ciências e da tecnologia vem contribuindo para o aprimoramento da prática docente, uma diversificação para ensino e o desenvolvimento de algumas áreas específicas, o que vem provocando a quebra de alguns paradigmas e por consequência a criatividade e empenho maior do professor a cada dia.

O uso do gibi como uma forma de ensino, se encaixa perfeitamente nessa nova conjuntura, uma vez que a diversificação na via de comunicação com o aluno exige cada vez mais que o professor utilize meios lúdicos no seu ofício, principalmente para tratar de assuntos mais delicados como acidentes de trânsito, ocasião em que o uso desse produto educacional (gibi), torna possível uma abordagem mais suave, porém não menos importante para o tema, exigindo assim uma adaptação a novas formas de mediação.

Os alunos dessa geração têm muito mais facilidades quando comparado com os alunos de outras épocas no que diz respeito às possibilidades metodológicas, recursos

audiovisuais, enfim está mais conectado e por essa razão o docente deve buscar novas técnicas de ensino para acompanhar e dar continuidade na aprendizagem de forma interativa e motivacional, de maneira a diminuir a lacuna existente entre a forma de ensinar e a forma em que o aluno se sente à vontade para aprender na sua relação com o com o professor.

Cresce a responsabilidade dos docentes no que se refere à formação do indivíduo de forma mais ampla, mais crítica e pensante. Diante da preocupação de construir conhecimentos, é preciso fazer uso de subsunçores e de recursos técnicos que estejam a serviço do desenvolvimento e aprimoramento de ações voltadas para o ensino, capazes de construir novos conhecimentos de forma autônoma, de aplicar conhecimentos a problemas e situações novas, ou seja, pensar, imaginar, criticar e criar soluções e situações da problemática.

Usar meios inovadores na prática docente contribui para mediar o ensino de física e estimular a assimilação e compreensão dos desafios oferecidos na disciplina, a fim de que os alunos possam enfrentar e solucionar situações novas com imaginação e criatividade. Esse produto educacional, o gibi, vem a contribuir através de uma linguagem lúdica as operações de pensamento a serem trabalhados com os alunos do 1ª série do ensino médio, de forma que possa gerar debates e discussão de assuntos de física inerentes a esta série relacionando o conhecimento das leis de trânsito.

2. FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

Ensinar com o uso do gibi, é proporcionar uma aprendizagem, a qual está associada à ideia de fuga dos meios tradicionais, em que o aluno se apresenta como protagonista no processo de ensino, exigindo mais comprometimento e responsabilidade, com o intuito de uma compreensão notória.

No entanto, é preciso distinguir entre a simples apresentação de um gibi no ensino e seu desenvolvimento mais efetivo e participativo pelos alunos, de forma que para alcançar resultados satisfatórios não basta apenas o entendimento do produto educacional, mas sua construção através dos assuntos discutidos no decorrer das aulas de maneira sistemática, através de uma aprendizagem significativa, dirigida e organizada por intermédio de um material-guia especialmente preparado para esse fim.

De forma que se desenvolvam capacidades de abstração e entendimento através de conhecimentos relevantes e significativos compreendidos através da modificação das

estruturas cognitivas, exercendo operações de pensamento que propiciem o desenvolvimento de habilidades e capacidades necessárias ao aluno que está sendo formado.

Para isso deve ser destinado à aprendizagem nas condições em que o aluno tenha espaço para a iniciativa, criatividade e discussão no processo, quanto à percepção pessoal, proporcionando a informação para que o aprendiz se aproxime progressivamente de um conhecimento verdadeiro e não de fragmentos. Propor e estimular exercícios e atividades de investigação para oferecer espaço à descoberta, e propiciar momentos de reflexão encaminhados para o desenvolvimento cognitivo.

As Teorias da Aprendizagem são fundamentais para consolidar o conhecimento e nortear o ensino-aprendizagem dos conteúdos desenvolvidos e trabalhados em sala de aula pelos professores nas mais diversas situações. E esse produto terá como base a Teoria da Aprendizagem Significativa proposta por David Ausubel e Marco Antônio Moreira.

Ausubel constatou que uma nova informação tem significado para o estudante através de uma espécie de conhecimentos relevantes preexistentes na estrutura cognitiva do ser, a aprendizagem significativa ocorre quando a nova informação encontra fundamento em conceitos ou proposições relevantes, na estrutura cognitiva do estudante, o qual chamou de subsunção.

Essa teoria busca solucionar e identificar os processos educacionais que afetam as estruturas organizadas de conhecimento, e promover o aproveitamento de uma aprendizagem que conduza a maior capacidade de solucionar situações-problemas, identificar os aspectos interpessoais e sociais que afetam a aprendizagem, a motivação e a assimilação do conhecimento, logo a aprendizagem significa organização e interação na estrutura cognitiva e, ele se baseia na premissa que existe uma estrutura na qual essa organização e integração das ideias que se processam em uma área particular de conhecimento.

Segundo Ausubel, para que o processo de ensino-aprendizagem tenha êxito, o professor deve considerar como fundamental o conhecimento prévio do aluno, pois o fator singular mais importante para a aprendizagem é aquilo que o aluno já conhece, pois o fato isolado não reflete como aprendizagem significativa, o professor deve se comportar como mediador capaz de realizar negociação de significados com os alunos.

Só há ensino, se houver aprendizagem (MOREIRA 2011), e esta deve ser significativa, e o material elaborado pelo professor deve conter estratégias e atividades que visem fomentar este tipo de aprendizagem sobre o assunto abordado.

A aprendizagem significativa decorre da interação de novos conhecimentos com conhecimentos prévios através de sucessivas interações. Assim, pode ocorrer de o aluno não possuir alguns subsunçores necessários para o aprendizado adequado em determinado momento, mas, nesses casos recomenda-se a utilização de organizadores prévios, que são materiais introdutórios, onde servirão de âncora para a nova aprendizagem e levar ao desenvolvimento de conceitos que facilitem a Aprendizagem Significativa através de novos subsunçores.

3. METODOLOGIA

A metodologia utilizada tem com objetivo desenvolver o cognitivo e atitudes investigativas, possibilitando a conscientização de possíveis estratégias didático-pedagógicas inovadoras em sala de aula, apesar das dificuldades de ruptura com modelos pedagógicos tradicionais, a quebra de paradigma e discussões sobre novas abordagens são necessárias.

Nessa perspectiva temos como objetivos gerais, ações que contemplem a importância da prevenção de acidentes por meio de assimilação de conhecimentos, através de comportamentos que melhore a convivência no trânsito através das Leis da Física, promovendo maior envolvimento do aluno para uma reflexão crítica diante dos conteúdos de Física discutidos em sala de aula e na formação de uma conscientização voltada para atitudes e responsabilidades no trânsito.

Assim foi desenvolvido um gibi intitulado “Física no trânsito: uma aula que salva vidas”, que relaciona as leis da física e as leis de trânsito desenvolvido com base nos pressupostos da Teoria da Aprendizagem Significativa (TAS) para alunos do 1º ano do Ensino Médio, com o objetivo de analisar a Unidade de Ensino Potencialmente Significativa (UEPS) e as respostas fornecidas, levando em consideração também o rendimento dos alunos após a aplicação do gibi e do questionário utilizado como pesquisa diagnóstica.

A elaboração do material teve como base tópicos relevantes de física e pertinentes ao assunto contemplado na turma ao estudo dos fenômenos físicos e situações do cotidiano do aluno para efetuar um paralelo com as leis de trânsito.

Um pré-teste deve ser aplicado com os alunos do 1º ano contendo 12 questões envolvendo conhecimentos de Física, como velocidade relativa, leis de Newton, Energia Cinética, Conservação de Energia e Quantidade de Movimento, Colisões e Centro de Massa, de forma que fosse possível verificar a relação existente entre as Leis da Física e as Leis de Trânsito na prevenção de acidentes.

A aplicação do questionário inicial tem como objetivo realizar um diagnóstico do perfil de 32 alunos que participaram efetivamente dessa pesquisa e investigar seus conhecimentos prévios sobre conceitos básicos de física e trânsito, já que são assuntos estudados no ensino fundamental. Tal questionário foi aplicado antes do início do ano letivo com durantes de 2 horas / aula para essa atividade.

A análise dessas respostas vai determinar os ajustes necessários ao planejamento, direcionando a abordagem do conteúdo para atender as necessidades específicas desses sujeitos.

O instrumento foi desenvolvido de forma que o conteúdo conseguisse avançar, retomando os conceitos mais gerais e estruturantes, sempre em nível mais alto de complexidade, conectando-os com os aspectos mais específicos do conteúdo. Ao ser aplicado o gibi, foram inclusas diversas questões para os estudantes responderem, de forma participativa e dinâmica para reforçar a discussão coletiva e promover o envolvimento da turma sobre as respostas obtidas de maneira efetiva.

O pré-teste servirá de base para perceber as dificuldades dos estudantes e, a partir disso, planejar questionamentos e direcionamentos a serem tomados, além de auxiliar na elaboração de um guia para ser entregue aos estudantes, para que registrassem hipóteses, problemas apresentados nas atividades e sugestões para o posterior melhoramento da material.

Na apresentação e uso do gibi, deve ocorrer demonstração de situações-problemas em sala de aula, vídeos de curta duração, onde seja possível abordar, previamente, fenômenos que seriam estudados, seguidos de questões a serem respondidas no decorrer das discussões, como por exemplo, colisão entre veículos de massas diferentes, utilizado na a coleta de dados necessários para determinar a deformação e conservação (ou dissipação) de energia.

Também deverão ser criados três grupos de discussão em que uma parte da sala representava os condutores de veículos (motoristas), outro grupo que represente os Fiscais da Lei, e por fim um grupo que representará os pedestres, onde vários

questionamentos foram elaborados e lançados para os grupos debaterem quanto a quem está certo ou errado, tendo como base as leis de trânsito e as leis da física na fundamentação das respostas.

Crie simulações em sala em que os alunos consigam refletir sobre os riscos de ultrapassagens, dirigir sobre efeitos de drogas e álcool e de não respeitar os limites de velocidades mencionadas no Código de Trânsito Brasileiro (CTB) para transitar em algumas vias, fazendo uso de uma breve descrição sobre o que pode ser visualizado ou simulado com o recurso utilizado e questões a serem respondidas pelos estudantes.

O modo como o material complementar é introduzido e explorado deve oferecer recursos para mudanças e ser alterado, daí surge à necessidade de uma abordagem com as peculiaridades e estratégias pedagógicas eficazes, para através da motivação e da interação em sala de aula, haja realmente interesse do jovem em querer aprender.

As aulas devem ser conduzidas de forma gradativa, à mediada que novas informações são apresentadas com diferentes abordagens, especificidade e complexidade, as semelhanças e diferenças entre as situações apresentadas se mostram entrelaçadas de modo que as contradições aparentes, ou reais, sejam compreendidas pelos estudantes e assim ocorra a ancoragem do conceito em sua estrutura cognitiva.

As abordagens devem ser contextualizadas ao cotidiano, numa situação concreta que permite a investigação e a reflexão sobre a realidade em que estão inseridos, analisando seus diversos aspectos, levando o aluno a compreender a importância e aplicação do conhecimento que está estudando, assim acreditamos que ações realizadas por meio de uma abordagem dialógica e participativa, podem ser utilizadas para potencializar a aprendizagem significativa.

O ensino deve ultrapassar a construção de conteúdos e por esse prisma é preciso oferecer atividades que estimulem os alunos a desenvolverem o prazer pelo saber. Temos assim grandes desafios pelo caminho para um despertar da consciência sobre as potencialidades dos discentes.

Deve-se mostrar que mais importante do que o volume de informações e conteúdos é aprender a elaborar e a usar as informações acumuladas no desenvolvimento de operações mentais que favoreçam a aprendizagem, assim como a formação do cidadão capaz de raciocinar de forma crítica e criativa.

Usando a UEPS analisaremos e registraremos ao longo de sua implementação, anotando tudo que possa ser considerado evidência de aprendizagem significativa do

conteúdo trabalhado, e, além disso, deve haver uma avaliação para verificar a capacidade de transferência, a UEPS somente será considerada efetiva se a avaliação do desempenho dos alunos fornecerem evidências de aprendizagem significativa com o domínio de um campo conceitual de maneira progressivo e que seja perceptível.

Usaremos também os Mapas Conceituais (MC), para promover assimilação de significados fazendo uma ponte entre o significado que o aluno já tem com os novos significados propostos pela unidade de ensino.

A elaboração dos mapas conceituais tem objetivo de investigar os conhecimentos dos alunos acerca da temática, antes e depois da abordagem e os sujeitos desta intervenção já possuíam familiaridade com a técnica de mapeamento conceitual, o que facilitou a elaboração do mesmo, no sentido de despertar no aluno seus conhecimentos prévios e recordar os conceitos estudados. Assim foram construídos Mapas conceituais pelos alunos antes e depois da aplicação do gibi.

Os questionários de levantamento de conceitos iniciais e finais e as atividades com MC foram parte integrante da sequência didática, permitiu a avaliação da aprendizagem ocorrida, possibilitando uma percepção maior do que devemos acrescentar no processo de ensino aprendizagem para alcançarmos melhores resultados com mais participação dos alunos, visando maior engajamento e promoção de uma Aprendizagem Significativa.

4. SEQUÊNCIA DIDÁTICA

A Teoria da Aprendizagem Significativa de Ausubel apresenta muitas possibilidades de aplicação no produto educacional em questão, já que os subsunçores serão uma estratégia que norteará a abordagem dos assuntos através de um diagnóstico dos conhecimentos prévios dos alunos no desenvolvimento das discussões no campo da cinemática e dinâmica discutida na 1ª série do Ensino Médio.

Em relação ao tempo de aplicação do gibi, a carga horária utilizada foi de 16 horas/aula, tomando como base o conteúdo de física estudado no decorrer do ano letivo.

Na primeira aula, deve ser apresentado aos alunos o produto, com a finalidade de conscientizar os jovens no que diz respeito à prevenção de acidentes no trânsito através das Leis da Física.

Na segunda aula,deverá ser exibido os dados estatísticos sobre as vítimas de acidentes de trânsito e qual a participação dos jovens nesses números no Brasil, para sensibilizá-los sobre a importância do tema.

Na terceira aula, deve-se apresentar o Código de Trânsito Brasileiro e seus artigos que evidenciam a importância da física na sua elaboração e aplicação.

Na quarta aula, demonstraremos a velocidade relativa de afastamento e aproximação e o cuidado que se deve ter nas ultrapassagens e suas consequências em caso de colisões.

Na quinta aula, apresentaremos a importância do uso do cinto de segurança e como a Primeira Lei de Newton (Lei da Inércia) justifica a obrigatoriedade dos ocupantes de veículo motorizado na utilização e os riscos quando não se respeita esse item de segurança veicular.

Na sexta aula, discutiremos a questão dos deslocamentos em aclives e como fisicamente esse tipo de trajetória poderia provocar acidentes na condução de veículos.

Na sétima aula, explicaremos a situação-problema dos declives e a importância de se manter a distância de segurança, e como fisicamente a frenagem fica mais difícil nesse caso.

Na oitava aula, abordaremos o respeito aos trechos que não permitem ultrapassagens, como por exemplo, a faixa dupla contínua e trechos curvilíneos, as quais pelas leis da física potencializam os riscos nesses trechos, seja através do somatório das velocidades em uma situação de colisão frontal ou pela ação da força centrípeta respectivamente.

Na nona aula, explicamos as colisões (elásticas, inelásticas e parcialmente elásticas) entre veículos, envolvendo colisões frontais e traseiras, com foco na conservação de energia cinética e quantidade de movimento.

Na décima aula, continuaremos com o estudo das colisões, só que envolvendo colisões laterais e transversais.

Na décima primeira aula, salientamos os casos de atropelamentos e sua gravidade, fazendo uma abordagem física quanto à massa e velocidade do veículo no momento do acidente.

Na décima segunda aula, analisamos o tombamento veicular e em quais casos podem ocorrer, levando em conta o centro de massa e velocidades desenvolvidas em curvas.

Na décima terceira aula, o tema estabelecido foi o capotamento veicular, quais as recomendações dadas pelo CTB e como ocorrem fisicamente.

Na décima quarta aula, discorremos sobre os choques em situações de acidente de trânsito envolvendo um veículo em movimento e um obstáculo físico (árvore, poste ou outro veículo parado) e o que a Lei de Conservação de Energia diz nesses casos.

Na décima quinta aula, abordamos sobre como conduzir veículos motorizados em situações adversas tanto pelas condições climáticas quanto pelas más condições das vias, que aumentam potencialmente os riscos de acidentes, e como as leis da física poderiam contribuir para diminuir esses casos.

Na décima sexta aula, aplicaremos um questionário (pós-teste) aos alunos sobre o uso do gibi no ensino de física com perguntas discursivas abordando a aplicação e o entendimento dos conteúdos de física e sua importância em respeitar as leis de trânsito.

As atividades desenvolvidas devem explicar os fenômenos de física destacando a importância das aulas no desenvolvimento da autoestima e da capacidade de aprender além dos aspectos tradicionais, preparando os alunos para uma reflexão mais ampla e disciplinada e essas atividades foram desenvolvidas em sala de aula, tendo por base uma metodologia de ensino que privilegiou a problematização e a interação entre alunos que possuíam níveis de conhecimento distintos e a utilização de situações-problema envolvendo experimentos, onde percebemos o desenvolvimento das habilidades referentes à investigação e inferências feitas através dos conceitos relacionados à física.

Portanto, foram feitas discussões, reflexões e conexões das questões propostas, permitindo ao aluno um melhor entendimento sobre as concepções iniciais e a interpretação do material com as leis da física. A organização do material foi essencial para a compreensão dos fenômenos físicos e fixação do que o de fato é importante, de maneira orientada para as hipóteses levantadas, interpretação e exploração do material para a produção dos resultados.

5. CONCLUSÃO

As contribuições de uma proposta de ensino de física fundamentada nas premissas da aprendizagem significativa e na educação dialógica e emancipatória, que adota a utilização de assuntos relevantes com conteúdos trabalhados em sala de aula como principal estratégia de ensino, devem ampliar as discussões nas abordagens da

física e sua importância para políticas públicas, como a relação física-trânsito na prevenção de acidentes e na preservação da vida.

Desta forma, espera-se que após a aplicação do produto gere um processo de conscientização, conduzido inicialmente pelos professores e que essa atividade propicie condições para que haja reflexão e análise por parte dos estudantes, a fim de ocorra a continuidade das ideias, fortalecidas pelo entendimento sobre os fenômenos estudados com o propósito de produzir conhecimento significativo.

Assim, para se alcançar a aprendizagem de resultados, o aluno deve estabelecer uma relação entre a teoria e a prática, e a partir de questões relacionadas com a vida cotidiana que se constituam em problemas reais e desafiadores e que possibilitem reflexões acerca dos conceitos estudados e o diagnóstico sobre a compreensão dos fatos.

Portanto, apostar em novas possibilidades e experiências junto aos estudantes é cada vez mais necessário na busca de conhecimento e de aprendizagem, pois melhores resultados só serão alcançados efetivamente com novas técnicas e ousadias no ensino.



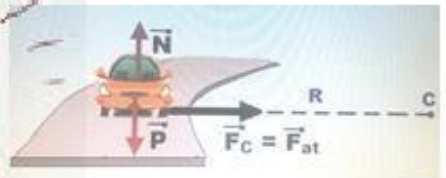
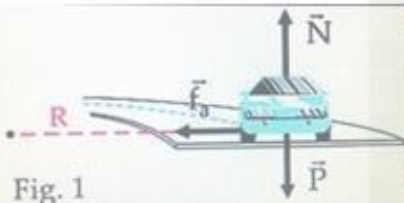
A FÍSICA NA PREVENÇÃO DOS ACIDENTES DE TRÂNSITO EM UMA ABORDAGEM COM OS ALUNOS DO 1º ANO DO ENSINO MÉDIO.

APÊNDICE B

PRODUTO EDUCACIONAL

MOSSORÓ-RN

2019



"Física no Trânsito: Uma aula que salva vidas"

Isaac Newton





Artes de : Junior Oliveira



Instagram: @junior_artes



facebok: @Junior Artes

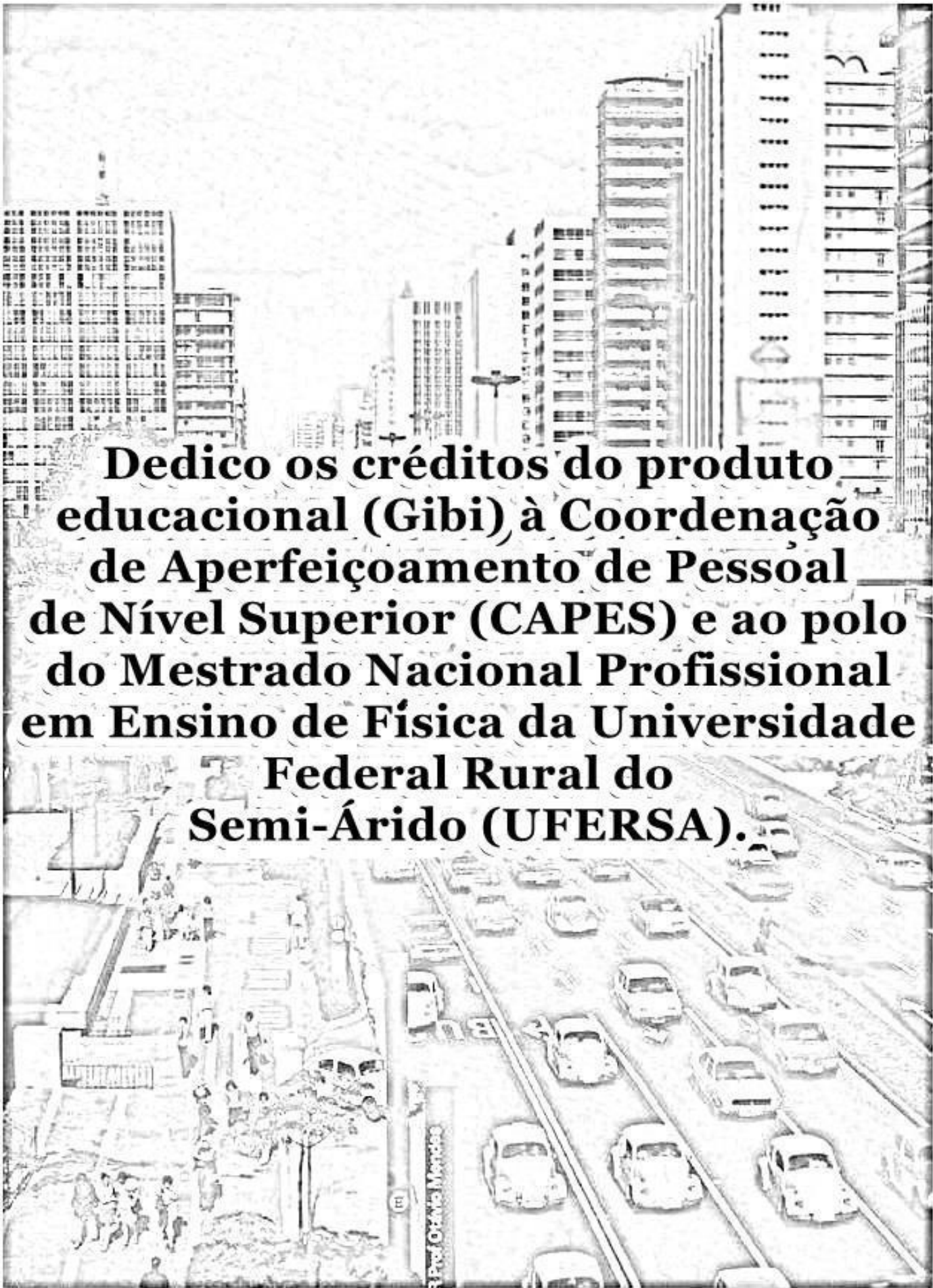
e-mail: ojuniortartes@gmail.com

*Textos De:
professor*

Laerte Gonçalves Silva

Orientação:

Professora Dra. Jusciane Costa e Silva



Dedico os créditos do produto educacional (Gibi) à Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES) e ao polo do Mestrado Nacional Profissional em Ensino de Física da Universidade Federal Rural do Semi-Árido (UFERSA).

Apresentando os personagens:







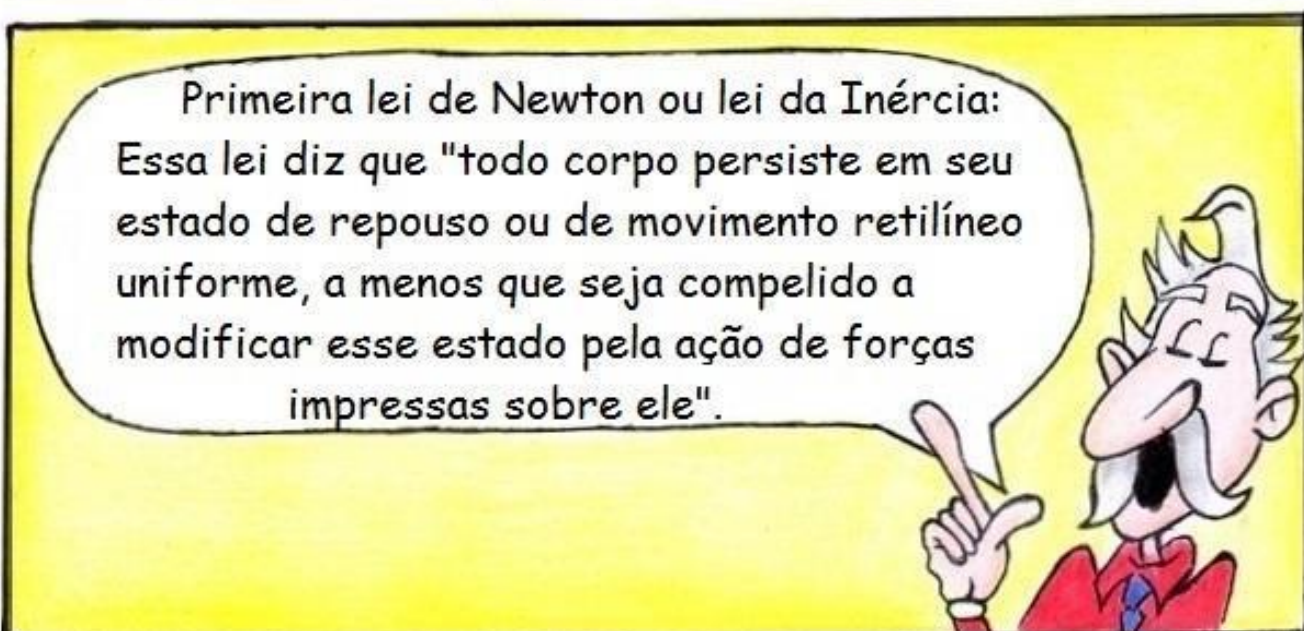
Nesse tipo de movimento além da velocidade e do raio de curvatura é importante analisar as forças que atuam no veículo durante a trajetória.

Forças ?
Como assim?

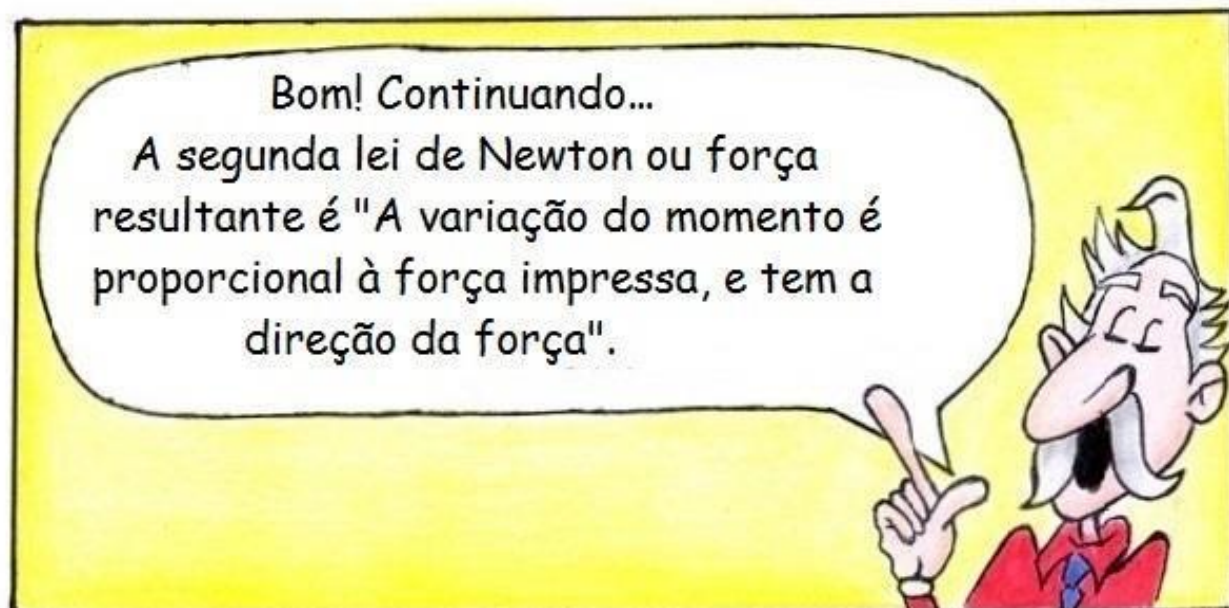
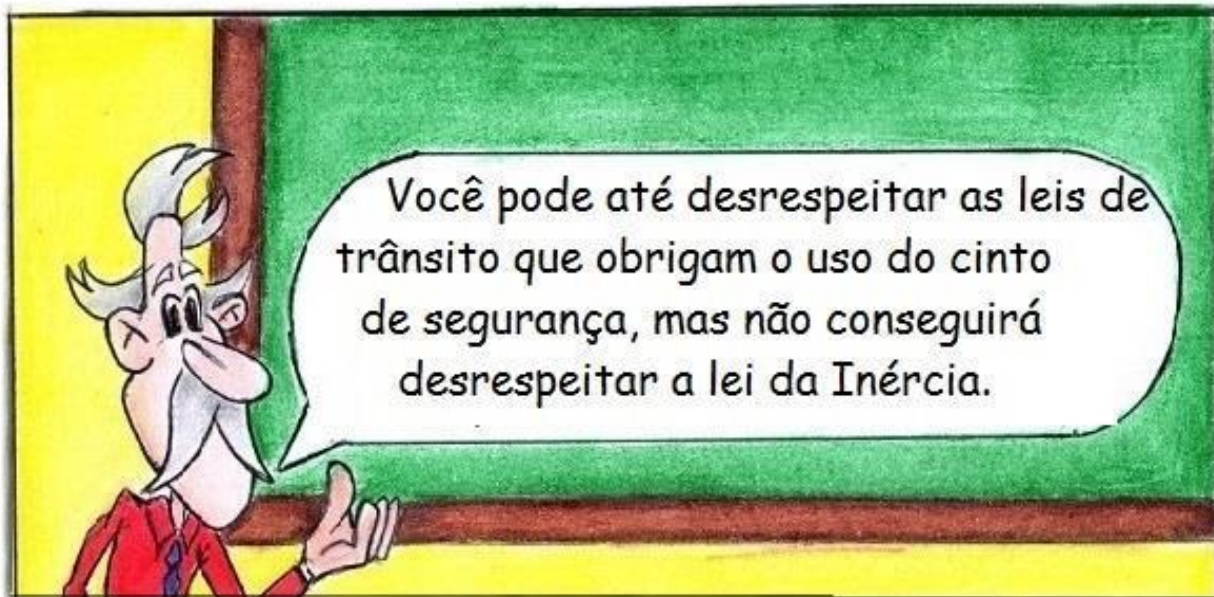
Calma Dênis, vamos primeiramente falar das leis de Newton, depois disso será mais fácil de entender.

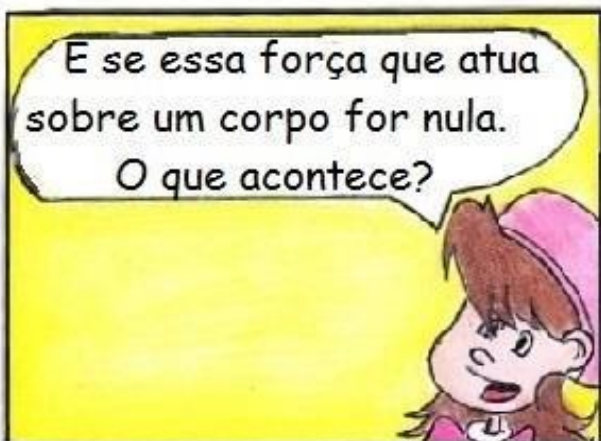
Huum!!
Professor quem foi Newton?

Isaac Newton foi um notável físico inglês do século XVII, que ficou conhecido por ter criado três leis físicas que levam seu sobrenome.

















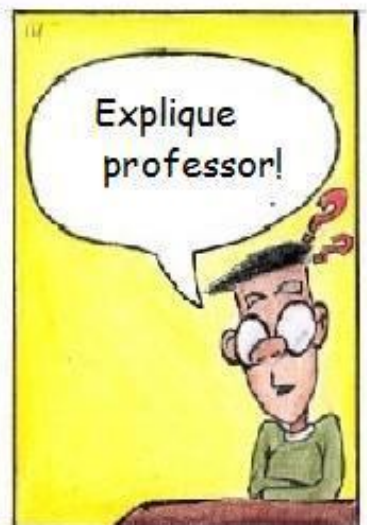
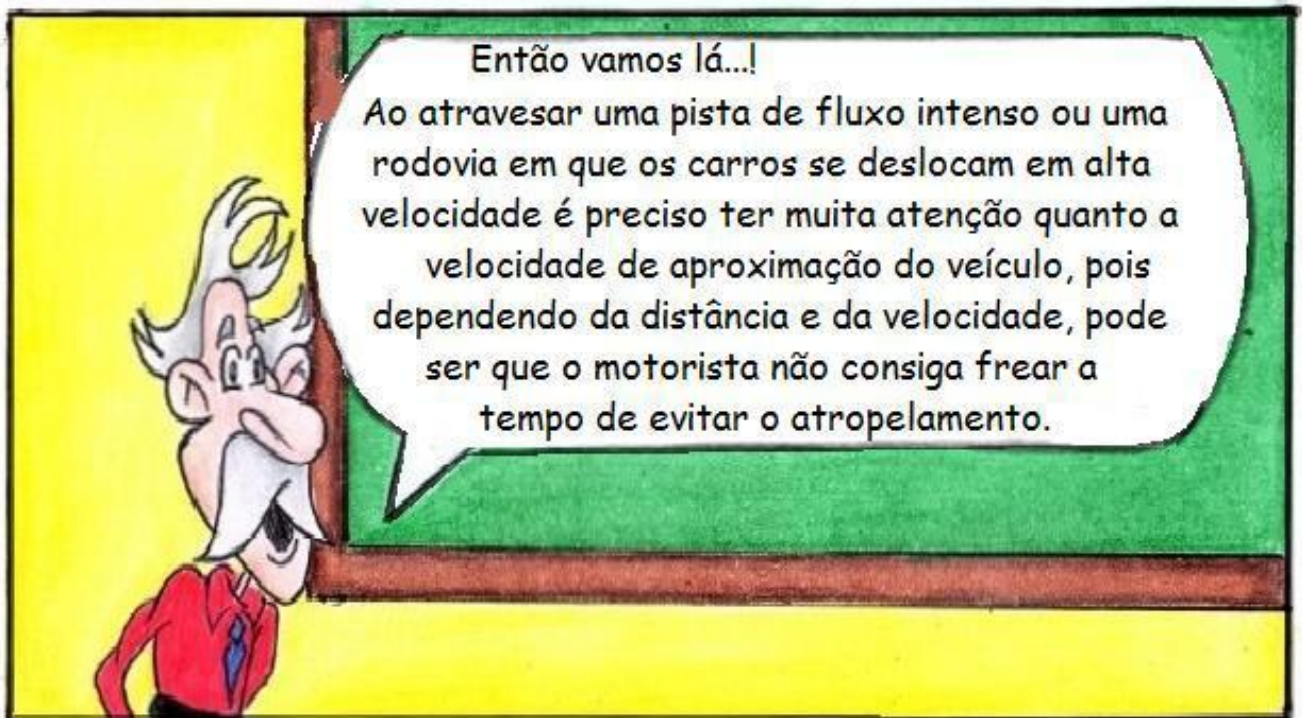
Derrapagem, é o deslizamento das rodas de um veículo por falta de atrito.

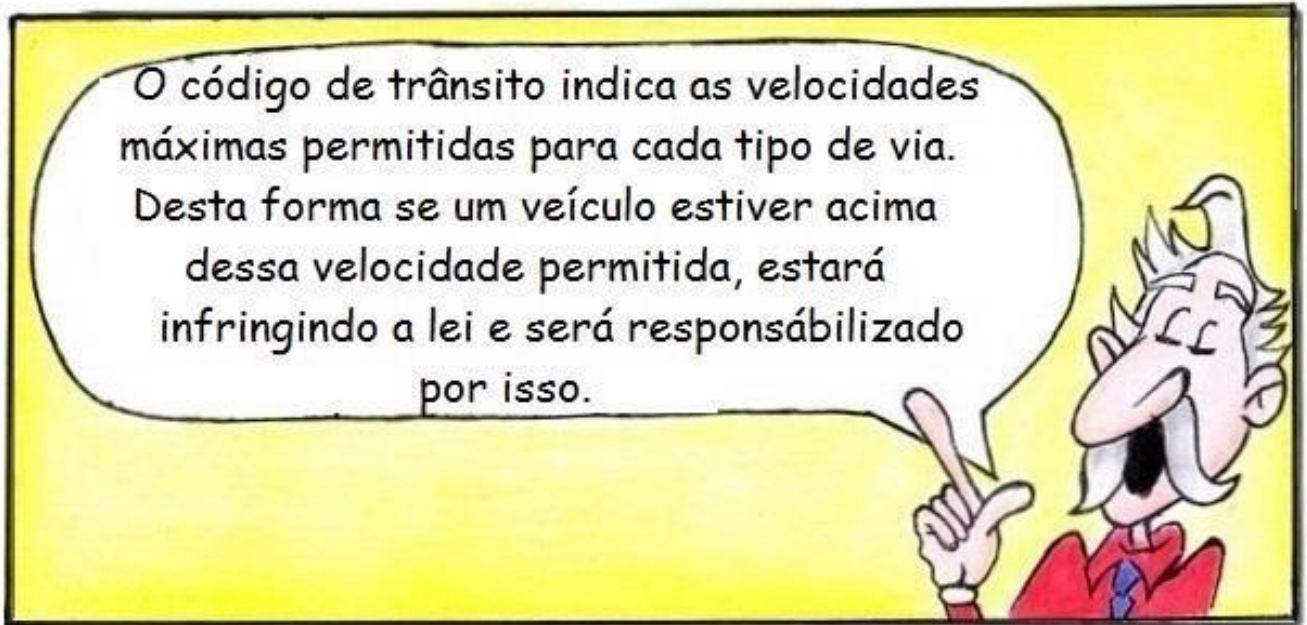


Capotagem: é quando o veículo perde a estabilidade, chegando a ficar com o lado de baixo para cima, por conta de ter ultrapassado a velocidade crítica.

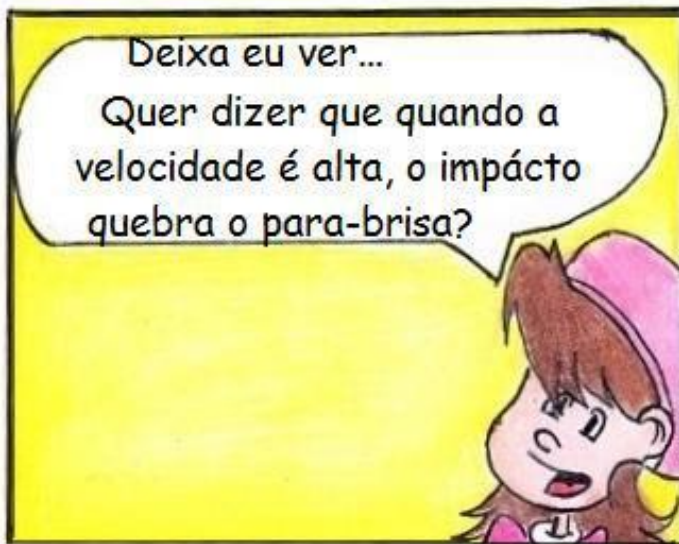
















Colisão elástica:
A velocidade de afastamento será igual a de aproximação após a colisão, e o coeficiente de restituição será $e=1$. Não ocorre deformações permanentes e os veículos ficam afastados depois do impacto.

Colisão parcialmente elástica:

Nesse caso a velocidade de afastamento será sempre menor que a de aproximação após a colisão. E seu coeficiente de restituição será compreendido entre 0 e 1 ou $0 < e < 1$.

Colisão inelástica:

Os corpos após a colisão não se afastam e continuam o movimento juntos. A velocidade de afastamento é zero e o coeficiente de restituição será $e=0$.



Bom!! veja só!
Veículos que se deslocam em sentido contrário,
as suas velocidades se somam no momento da
colisão. Já no caso de veículos que se deslocam
no mesmo sentido as velocidades são subtraídas.



Humm entendii!!
Professor posso
dar um exemplo?



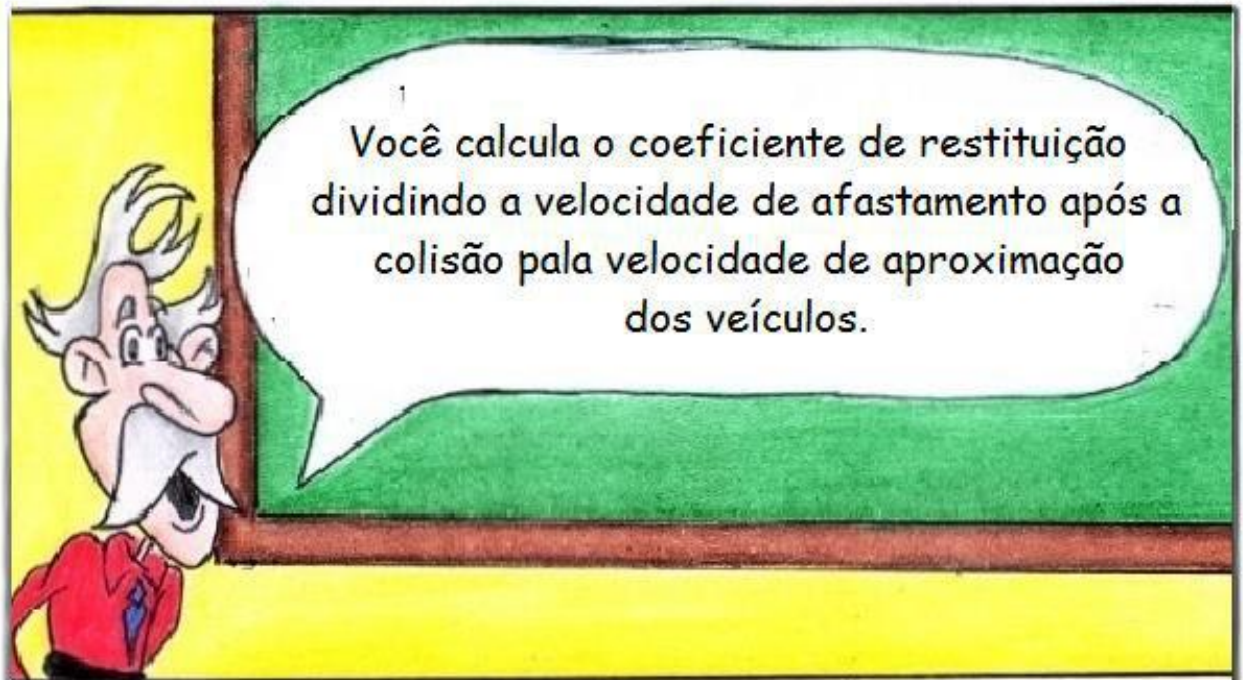
Sim!
Use o quadro negro
para explicar melhor.



Considere dois carros (A) e (B), colidindo frontalmente.



a velocidade no momento do impacto será de 180 km/h, velocidade que provoca graves lesões no corpo humano e por consequência á morte em muitos casos. já que haverá uma transmissão de energia de um corpo para o outro provocando a deformação dos mesmos.



Todos agora conseguem responder
a pergunta inicial?
Por que as colisões frontais deixam
muitas vítimas ?



Eu acho que sim !
Professor!



Com certeza !



Sem dúvidas!
Professor!!



Ótimo!
Na próxima aula vamos falar da
conservação da quantidade de movimento e
da energia cinética.
Tchauzinho!! E um forte abraço!!



Fim!

APÊNDICE C

QUESTIONAMENTOS DE TRÂNSITO DISCUTIDOS EM SALA

Questionamentos elaborados para serem discutidos pelos grupos formados em sala de aula durante a aplicação do produto educacional.

Questionamento 1: O código de trânsito fala que os veículos maiores devem dar preferência aos veículos menores. E o pedestre? Tem prioridade no trânsito?

Questionamento 2: Tem como a autoridade de trânsito aferir as velocidade dos veículos nas vias e punir seus transgressores?

Questionamento 3: Os motoristas não devem ingerir bebida alcoólica antes de dirigir, assim como devem respeitar os limites de velocidades. E o que mais eles podem fazer por um trânsito mais seguro?

Questionamento 4: O pedestre deve trafegar pelas calçadas e locais indicados na legislação de trânsito de forma que possa executar uma travessia segura. E quando não há sinalização indicando? Quais cuidados que devem ser tomados pelos pedestres?

Questionamento 5: Sabemos que os principais centros urbanos dispõem de equipamentos eletrônicos que facilitam o trabalho da autoridade policial, principalmente na identificação de motoristas imprudentes. Por que mesmo assim, esses motoristas não são impedidos de dirigir?

Questionamento 6: Estudos mostram que a maioria dos acidentes de trânsito com vítimas fatais ocorrem em razão do excesso de velocidade. Assim, por que os motoristas insistem em desrespeitar as leis da física e do trânsito?

APÊNDICE D

VÍDEOS RELACIONADOS AOS ACIDENTES DE TRÂNSITO

Durante as aulas foram apresentados aos alunos curtos vídeos relacionados aos acidentes de trânsito, como uma forma de chamar atenção para a gravidade quando não se respeita as leis da física e do trânsito.

Usar vídeos em sala de aula é uma boa estratégia educativa. Porém, apenas a ferramenta não é suficiente. Os professores devem se preocupar com a organização do plano de aula em geral para que o uso dos vídeos seja coerente e bem empregado, de acordo com as necessidades da matéria ensinada e dos alunos.

A maioria dos estudantes tem mais facilidade para aprender com elementos visuais, ou seja, vídeos, imagens, organogramas e cores. Assim ao invés de usar sempre as mesmas metodologias de avaliação, como redações, pesquisas e questionários, você pode usar os vídeos como ferramenta de apoio também.

Lista e endereços dos vídeos que foram utilizados nas aulas

https://www.youtube.com/watch?v=W7JniL_CQCs

<https://www.youtube.com/watch?v=VW34AjTNjQg>

<https://www.youtube.com/watch?v=65dHevPr9as>

<https://www.youtube.com/watch?v=4Lizme44JaQ>

<https://www.youtube.com/watch?v=ohcUuQcQiJg>

https://www.youtube.com/watch?v=y_pji8-J5IU

<https://www.youtube.com/watch?v=VWdx4Mu7OI4>

<https://www.youtube.com/watch?v=2UJXAbRekMY>

<https://www.youtube.com/watch?v=1dve35AJNC4>

APÊNDICE E

ESTATÍSTICAS DE TRÂNSITO

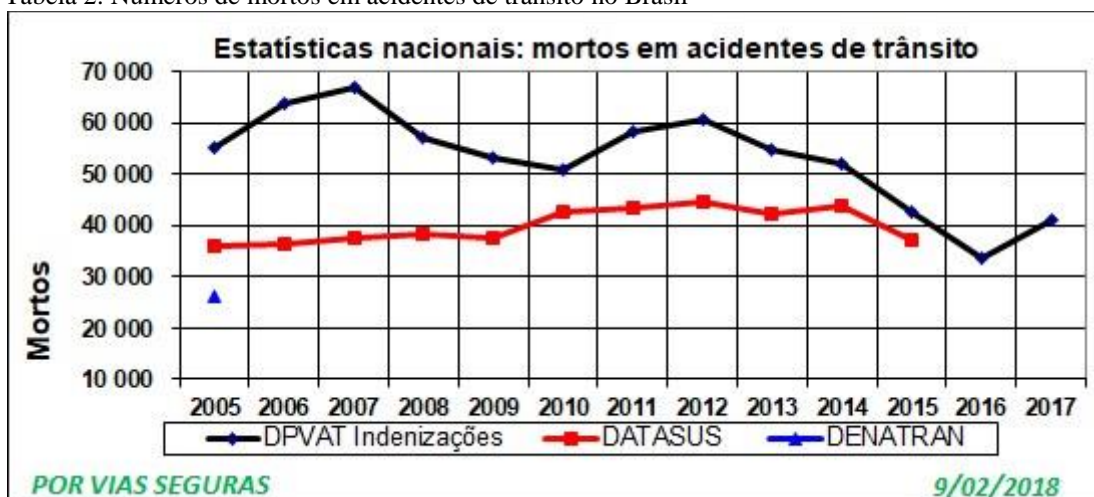
Tabela 1: Número de feridos em acidentes de trânsito no Brasil



Fonte: http://vias-seguras.com/os_acidentes/estatisticas/estatisticas_nacionais

Observe na Tabela 1 que o número de pessoas com invalidez apesar da redução segundo o DPVAT ainda continua alto.

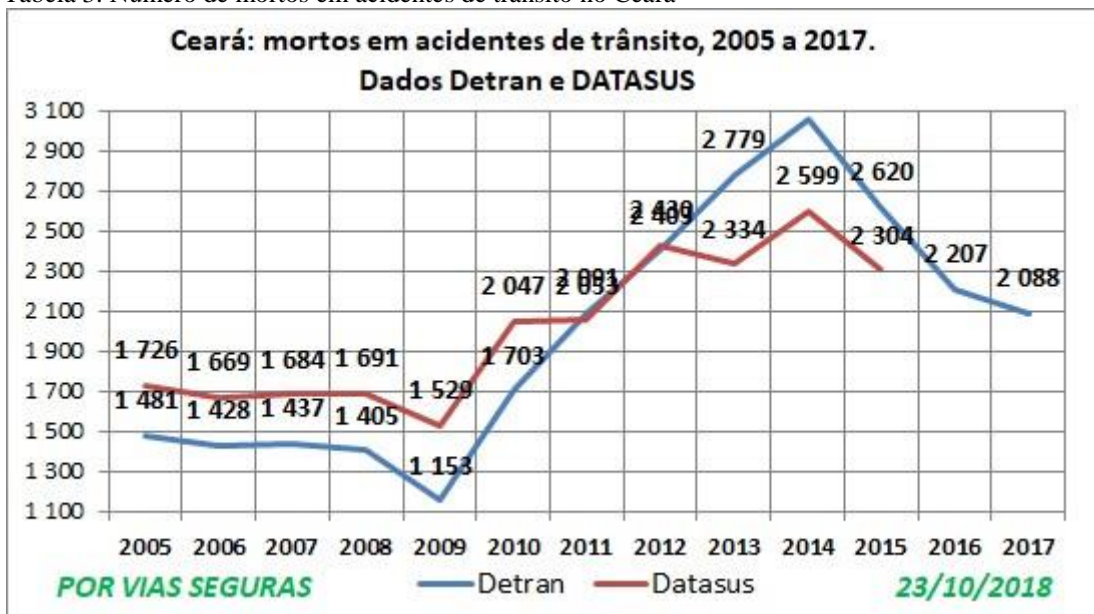
Tabela 2: Números de mortos em acidentes de trânsito no Brasil



Fonte: http://vias-seguras.com/os_acidentes/estatisticas/estatisticas_nacionais

Verificamos pela Tabela 2 que os dados do DPVAT quanto as indenizações sofrem uma oscilação maior que os dados do DATASUS que se mantém mais constante.

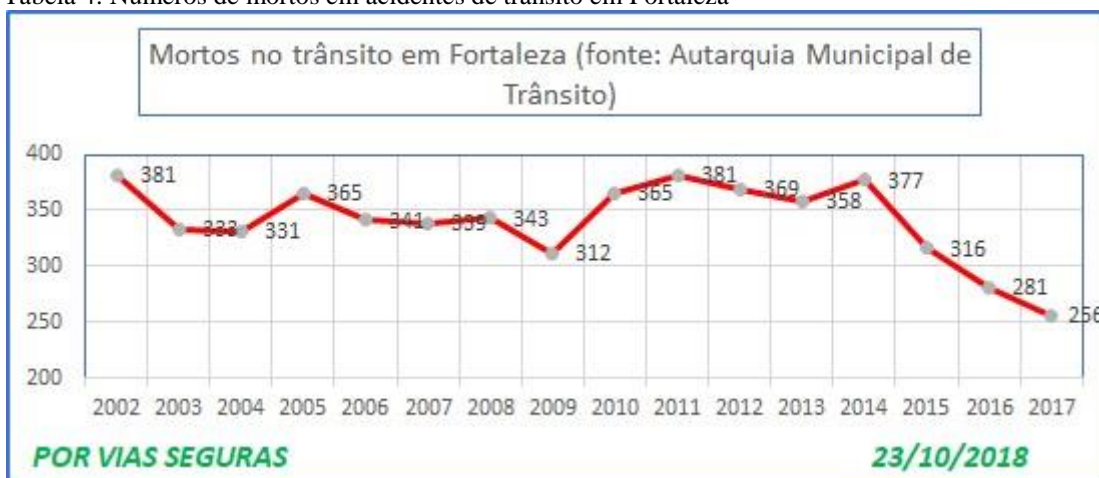
Tabela 3: Número de mortos em acidentes de trânsito no Ceará



Fonte: http://vias-seguras.com/os_acidentes/estatisticas/estatisticas_nacionais

Constatamos pelos dados apresentados na Tabela 3 que tanto o DETRAN quanto o DATASUS apresentam variações semelhantes quanto ao número de vítimas fatais.

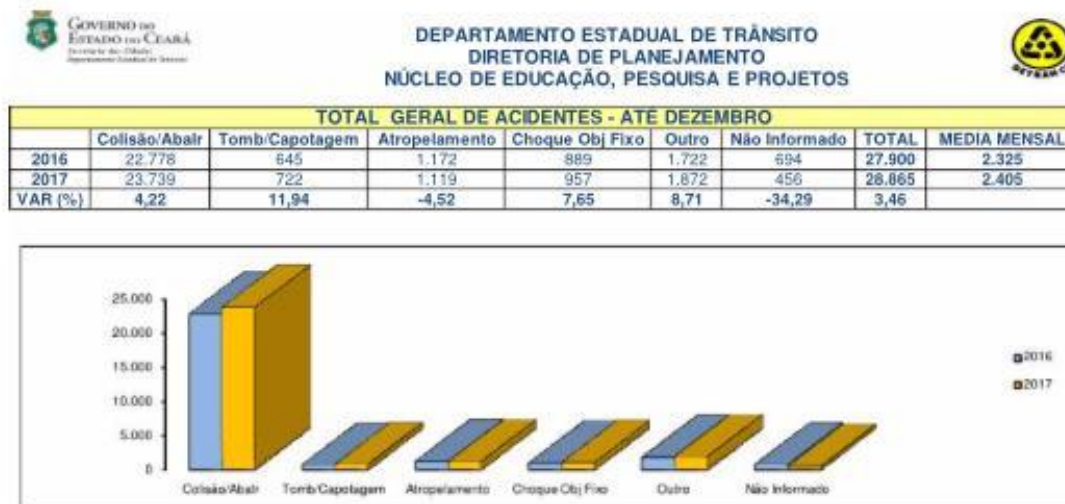
Tabela 4: Números de mortos em acidentes de trânsito em Fortaleza



Fonte: http://vias-seguras.com/os_acidentes/estatisticas/estatisticas_nacionais

A Tabela 4 mostra o número de mortos em acidentes de trânsito em Fortaleza (Autarquia de Trânsito) que em comparação ao estado do Ceará (DETRAN) representa 12,26% dos casos.

Tabela 5: Tipos de acidentes de trânsito mais comuns



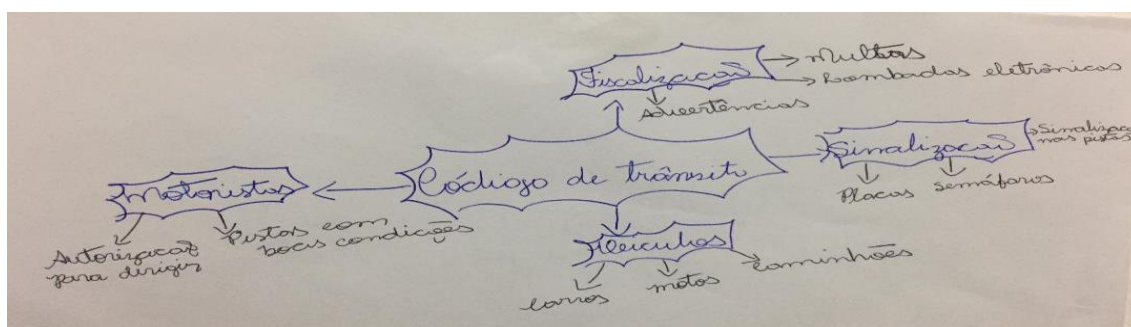
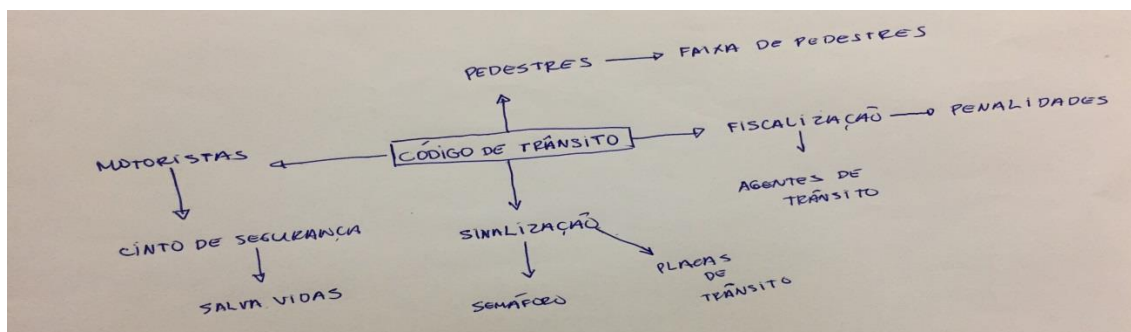
Fonte: <file:///C:/Users/pc/Desktop/Comparativo%20Acidentes%20-%20Tipo%202016-2017.pdf>

Na Tabela 5 encontramos os principais tipos de acidentes de trânsito, onde se destacam o número expressivo de colisões e abalroamentos.

APÊNDICE F

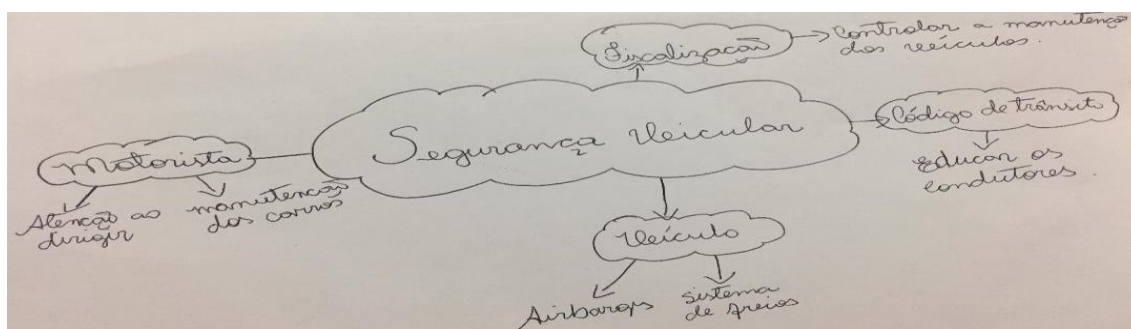
MAPAS CONCEITUAIS CONSTRUÍDO PELOS ALUNOS

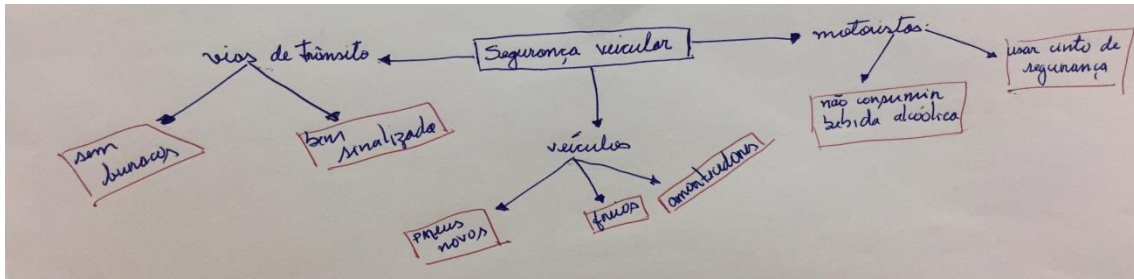
Na terceira aula foi discutido o Código de Trânsito, onde foi desenvolvido mapas conceituais com o entendimento deles a respeito do respectivo código.



Observa-se que o entendimento deles em relação ao assunto se mantém razoável, tendo como referencia o que já sabiam em relação ao tema.

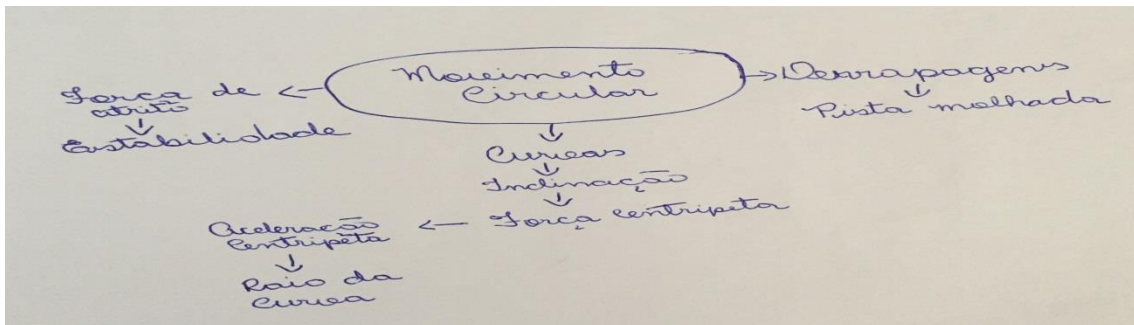
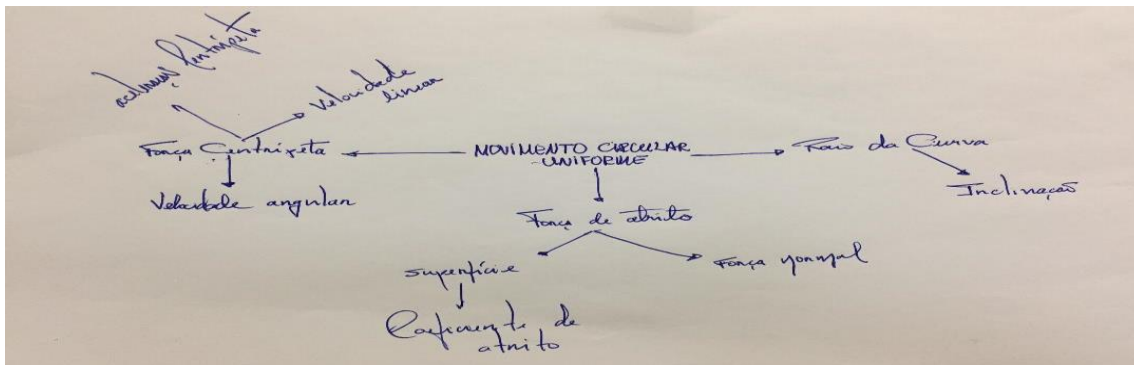
Na quinta aula falamos da segurança veicular e tivemos os seguintes mapas conceituais a respeito do tema.





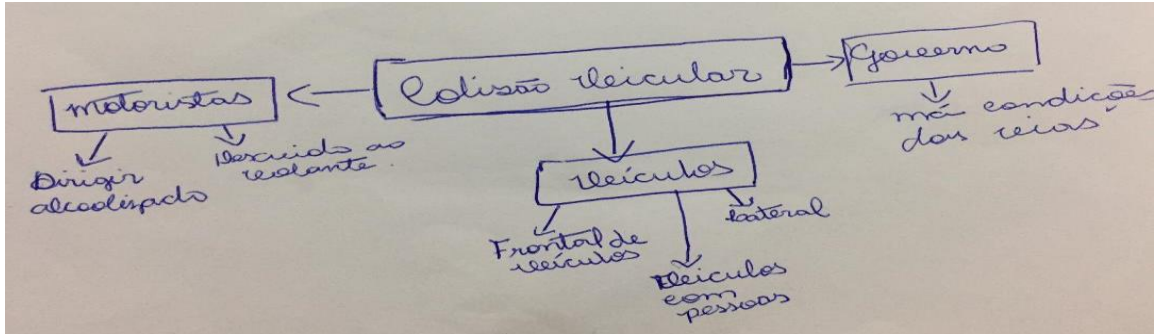
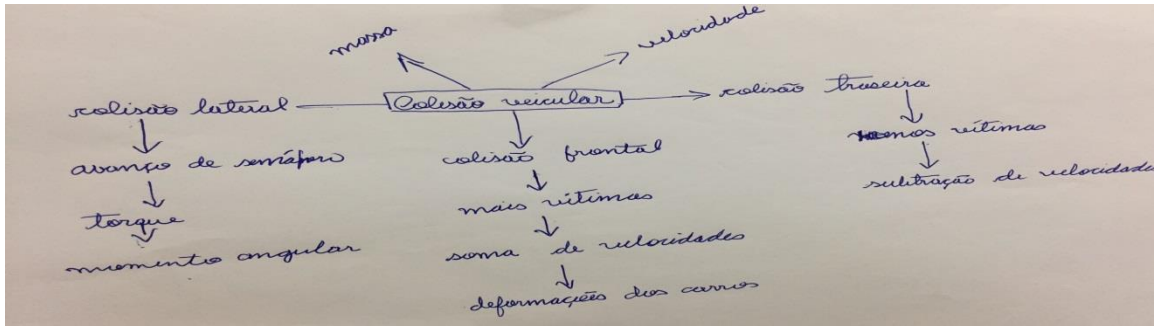
Percebemos que os mapas conceituais construídos continuam atendendo ao tema, visto que os assuntos ainda favorecem os conhecimentos prévios.

Na oitava aula o assunto abordado foi o movimento curvilíneo e a força centrípeta.



Ao observarmos a construção dos mapas conceituais acima, percebe-se que os alunos já apresentaram mais dificuldade para hierarquizar o tema proposto, e isso acontece à medida que vão ramificando os subtemas. Outro ponto importante é a pouca criatividade para expandir o mapa diante de um assunto mais específico de física, em razão da exigência de conhecimentos mais elaborados como aceleração centrípeta, força normal e inclinação de pista.

Na nona aula falamos dos diversos tipos de colisões e da conservação de energia e quantidade de movimento.



A elaboração dos mapas conceituais referentes a essa aula foram bem abaixo da expectativa, já que o tema exige do aluno um bom conhecimento de física para que possa desenvolver de forma satisfatória o tema. Assim muitos tiveram dificuldade em criar os subtemas e fazer as conexões necessárias, o que resultou diante dessa dificuldade apresentada mapas modestos.