



UNIVERSIDADE FEDERAL DE PERNAMBUCO
CENTRO DE ACADÊMICO DO AGRESTE
NÚCLEO DE FORMAÇÃO DOCENTE
CURSO FÍSICA-LINCENCIATURA

ERIDELSON JOSÉ GOMES JÚNIOR

FÍSICA QUE SALVA

CARUARU

2021

ERIDELSON JOSÉ GOMES JÚNIOR

FÍSICA QUE SALVA

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado ao Curso de Física-Licenciatura da Universidade Federal de Pernambuco, como requisito parcial para a obtenção do título de graduação em Física-Licenciatura

Área de concentração: Ensino de Física.

Orientador: Prof^o. Dr. João Eduardo Fernandes Ramos.

CARUARU

2021

Catálogo na fonte:
Bibliotecária – Simone Xavier - CRB/4 – 1242

G633f Gomes Júnior, Eridelson José.
Física que salva. / Eridelson José Gomes Júnior. – 2021.
42 f.; il. : 30 cm.

Orientador: João Eduardo Fernandes Ramos,
Monografia (Trabalho de Conclusão de Curso) – Universidade Federal de
Pernambuco, CAA, Licenciatura em Física, 2021.
Inclui Referências.

1. Física – Estudo e ensino. 2. Material didático. 3. Bombeiros. I. Ramos, João
Eduardo Fernandes (Orientador). II. Título.

CDD 371.12 (23. ed.) UFPE (CAA 2021-063)

ERIDELSON JOSÉ GOMES JÚNIOR

FÍSICA QUE SALVA

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado ao Curso de Graduação em Física-Licenciatura da Universidade Federal de Pernambuco, como requisito parcial para a obtenção do título de graduação em Física-Licenciatura.

Aprovada em: 17/05/2021.

BANCA EXAMINADORA

Profº. Dr. João Eduardo Fernandes Ramos (Orientador)
Universidade Federal de Pernambuco

Profº. Dr. Ernesto Arcenio Valdes Rodriguez (Examinador Interno)
Universidade Federal de Pernambuco

Profº. Dr. Augusto Cesar Lima Moreira (Examinador Externo)
Universidade Federal de Pernambuco

Dedico esse trabalho aos meus pais, Eridelson José Gomes e Maria de Lourdes da Costa Gomes, que sempre acreditaram no meu potencial.

AGRADECIMENTOS

Agradeço primeiramente a Deus pela dádiva da vida que me foi concedida, pois sem ela nada disso seria possível. Gostaria de agradecer aos meus pais, Eridelson e Maria de Lourdes, pela oportunidade que me proporcionaram, dedicando tempo e trabalho para que tanto eu quanto minha irmã, Nandara, pudéssemos ter o melhor ensino possível, além de nos proporcionar amor e carinho, contribuindo para que nos tornássemos motivo de orgulho da família e dos conhecidos. Meu agradecimento vai também para Isloana Karla que, com todo o seu amor e bondade no coração, sempre contribuiu para que nós crescêssemos não somente na relação de companheirismo, mas também profissional e academicamente, acompanhando meu trajeto desde quando eu estava sem perspectiva e nem chegava a imaginar a situação que vivo hoje, como aluno da UFPE e integrante do Corpo de Bombeiros Militar de Pernambuco.

Gostaria de agradecer aos meus amigos e colegas, que contribuíram não só em momentos de descontração, que aliviaram bastante muitos momentos de estresse, mas também que participaram de momentos de luta, de muitas madrugadas estudando. Perdoem-me os não lembrados, pois a correria que no momento estou passando não contribui para aumentar a lista: Andrew, Arley, Athos, Bruno, Eduardo, Everton, Isaque, Jéssica, Jupi, Mauro, professor Paulo Câmara, professor Ricardo, Wagner, entre outros que não estão sendo citados, mas que da mesma forma são importantes para mim e sabem disso, pois tenho certeza que depois que submeter esta monografia, exclamarei: “Eita, esqueci de fulano!”

Gostaria de agradecer também ao professor João Eduardo que, além de meu orientador, sempre foi paciente, procurando me ajudar nas perguntas que eu levava para ele.

Por último, mas não menos importante, agradeço ao meu próprio eu do passado, que acordou para a realidade e correu atrás do tempo perdido, se dedicando aos estudos e se tornando quem eu sou hoje, motivo de orgulho até para mim mesmo.

RESUMO

O presente estudo tem como interesse criar um material de cunho didático a partir de casos reais da profissão dos bombeiros, a fim de trazer a Física para mais próximo do cotidiano e mostrar aos alunos como ela está presente em várias situações, que em algumas vezes nem conseguimos imaginar. Este trabalho aborda alguns casos reais envolvidos na atividade dos bombeiros, mostrando como a Física do cotidiano pode ser abordada em sala de aula pelos professores, trazendo a Mecânica Clássica para explicar situações em três exemplos práticos: incêndio, salvamento e resgate.

Palavras-chave: Física do cotidiano. Proposta de ensino. Material didático. Prática dos bombeiros.

ABSTRACT

The present study is interested in creating didactic material from real cases of the profession of firefighters, in order to bring Physics closer to everyday life and to show students how it is present in various situations, which sometimes are not even we can imagine. This work addresses some real cases involved in the activity of firefighters, showing how everyday physics can be approached in the classroom by teachers, bringing Classical Mechanics to explain situations in three practical examples: fire, rescue and rescue.

Keywords: Everyday physics. Teaching proposal. Teaching material. Firefighters' practice.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 –	Relações para o ensino de Física	15
Figura 2 –	Bombeiros controlando um incêndio	24
Figura 3 –	Diagrama das forças atuantes no bombeiro	25
Figura 4 –	Bombeiros no treinamento de um salvamento	28
Figura 5 –	Diagrama de forças no sistema das polias	29
Figura 6 –	Bombeiros transportando uma vítima na prancha.....	31
Figura 7 –	Diagrama de forças do sistema da prancha	32

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO	10
2	FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA	13
2.1	FÍSICA DAS COISAS	13
2.2	BOMBEIRO MILITAR	17
2.3	MECÂNICA CLÁSSICA	19
2.3.1	Leis de Newton	19
2.3.2	Torque	21
3	METODOLÓGIA	23
4	ESTUDO DE CASO	24
4.1	INCÊNDIO	24
4.2	SALVAMENTO.....	28
4.3	RESGATE	30
5	CONSIDERAÇÕES FINAIS	37
	REFERÊNCIAS	38

1 INTRODUÇÃO

O processo de ensino-aprendizagem da disciplina de Física passou e ainda passa por muitas mudanças e dificuldades. Atualmente nos deparamos com o constante desinteresse dos alunos nas aulas de Física. Com isso, é possível observar que o aprendizado não se trata de um processo isolado. Muitas vezes, são necessários vários métodos de ensino para que se possa despertar o interesse em interagir com a aula seja através de experiências, brincadeiras, jogos, tecnologias, etc. (CÁRDENAS, 2012). Contudo, é válido ressaltar que toda a atividade proposta e trabalhada em sala de aula deve ser criada com o intuito de ensinar, contendo características que ajudem na aprendizagem.

Para Moreira (2003, p.1), a educação em ciência permite ao aluno “[...] manejar alguns conceitos, leis e teorias científicas, abordar problemas raciocinando cientificamente, identificar aspectos históricos, epistemológicos, sociais e culturais das ciências [...]”, o que oferece instrumentos para a formação de uma visão crítica do mundo. A motivação deve ser inicial e contínua, onde o educador deve buscar meios para conquistar o interesse do educando, sem prejuízo ao conteúdo que normalmente é exigido. Deve partir do conhecido do aluno, algo do cotidiano, para o desconhecido (REIS, 2006).

Diante disso, consequentemente, o cotidiano pode ser considerado o ponto de partida e de chegada do ensino-aprendizagem da Física. O que pode ser notado na abordagem tradicional, é que os conteúdos são apresentados sem um significado, ou seja, muito distantes de qualquer aplicação prática, criando, muitas vezes uma dificuldade de relacionar o conhecimento adquirido em sala com a utilização externa ao ambiente escolar (ARAÚJO, 2013).

Há mais de dois séculos a dinâmica constitui uma importante área da Mecânica Clássica, através das Leis de Newton. As Leis do movimento, a lei da gravitação e aplicações matemáticas, juntas, explicam muitos fenômenos físicos cotidianos, como em um sistema de roldanas móveis que diminuem a força exercida para erguer um objeto, facilitando resgates, por exemplo (ARAÚJO, 2003).

A Mecânica é uma área que se propõe a descrever os princípios básicos que regem os movimentos dos corpos no espaço enquanto o tempo flui. Dessa forma, para sua completa consistência, deve-se definir precisamente o que se entende por tempo, espaço e objeto. Carvalho (1989, p. 9) enfatiza que “a conservação da quantidade de movimento foi o germe da Física Clássica e desempenhou um papel básico na formulação das Leis de Newton. Com ela se estabeleceu uma rede de relações lógicas entre massa, velocidade, tempo, força, impulso e aceleração”.

O tema máquina simples vem sendo abordado em livros de uma forma diluída, mesmo sendo um dos principais assuntos motivadores para o desenvolvimento da Mecânica (BARBIERI, 2011). Em alguns livros, os capítulos formados por máquinas simples não reforçam seu conceito. Nos casos das polias, por exemplo, nenhuma explicação é dada sobre suas classificações (HALLIDAY, RESNICK, WALKER, 1996).

O propósito deste trabalho é abordar os conceitos físicos que podem ser extraídos do trabalho exercido pelo Corpo de Bombeiros, trazendo uma melhor compreensão para os estudantes sobre alguns conceitos da Mecânica Newtoniana. Com isso, surgiu o interesse de elaborar um material didático para o ensino da Física, utilizando algumas atividades do cotidiano dos bombeiros, possibilitando uma melhor compreensão das Leis de Newton, exemplificando atividades que usam ferramentas como polias e que utilizam a força humana como ferramenta para manter o equilíbrio, descrevendo as grandezas atuantes em um sistema, descrevendo como elas funcionam na prática, como um salvamento utilizando um tripé de resgate pelos bombeiros ou ao utilizar uma mangueira para apagar um incêndio, explicando como as Leis de Newton se aplicam em cada caso.

O estudo e o aprofundamento no assunto da Mecânica Clássica se faz necessário para o aprendizado, seja para alunos de escola ou outras pessoas que desejam utilizar o sistema de multiplicadores de força em algo cotidiano, por exemplo. Contudo, é necessário focar em algo sobre este assunto que é tão abrangente. Logo, a pergunta de pesquisa é: Como as Leis de Newton se aplicam com a Física que salva?

O Objetivo Geral do trabalho é demonstrar a aplicação das Leis de Newton envolvidas em alguns exemplos de salvamentos e casos reais do Corpo de Bombeiro. Para alcançar o objetivo geral pretendido, os seguintes objetivos específicos foram determinados:

- Observar as grandezas envolvidas em algumas situações da atividade dos bombeiros;
- Verificar quais conceitos de Física Newtoniana podem estar relacionados em algumas situações da atividade dos bombeiros;
- Elaborar um material didático a ser utilizado como ferramenta para o ensino básico e superior.

O estudo está estruturado em 5 tópicos. No primeiro tópico estão apresentados introdução, pergunta de pesquisa, objetivos gerais e específicos. O segundo tópico descreve o referencial teórico embasado na bibliografia pesquisada, onde serão abordados os seguintes assuntos: Física das Coisas, Bombeiros e Mecânica Clássica. No terceiro tópico é abordada a metodologia do trabalho e como o mesmo foi desenvolvido. No quarto tópico são apresentados

os estudos de casos. No quinto tópico são apresentadas as considerações finais do trabalho e propostas de trabalhos futuros. Posteriormente serão apresentadas as referências do presente trabalho.

2 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

2.1 PANORAMA E PROJETOS DE ENSINO DE FÍSICA AO LONGO DOS ANOS

Todas as ciências precisam de tempo e dedicação para serem aprendidas de verdade. Com o ensino de Física não é diferente. Infelizmente, a realidade da sala de aula é que apenas duas aulas por semana não contribuem para o aprendizado do aluno. Além disso, em uma sala de aula existem diversos perfis de alunos, com diferentes níveis de conhecimento sobre o assunto. O ensino da Física é um desafio cotidiano para alunos e professores. Utilizando-se apenas do quadro, algumas coisas são mais difíceis de serem compreendidas, como por exemplo fazer abstrações para imaginar alguns conceitos sobre a eletricidade. Se fossem inseridos no cotidiano escolar exemplos reais, onde o aluno consiga visualizar, imaginar e até tocar, poderia facilitar bastante o aprendizado e poderia aumentar o interesse dos alunos no assunto abordado em sala.

A segunda metade do século XX foi muito importante para a área das Ciências. Os EUA começaram a investir em produção de materiais didáticos inovadores como forma de renovar o ensino nas escolas. “figuras exponenciais de todas as áreas, inclusive muitos laureados com prêmio Nobel, [...] para definir conteúdo, estratégia, atividades dos alunos nos laboratórios escolares e equipamentos de baixo custo.” (CHASSOT, 2004, p. 25). Os projetos estadunidenses elaborados do final da década de 1950 cobriram toda a grande área de Ciências da Natureza e a Matemática e, os de maior projeção foram: Physical Science Study Committee (PSSC); Introductory Physical Study (IPS), Biological Science Curriculum Study (BSCS), para a Biologia e; Chem Study e Chemical Bond Approach (CBA) para a Química; Science Mathematics Study Group (MSG), para a Matemática e o Earth Science Curriculum Project (ESCP) para as Geociências (QUEIROZ, 2016).

A Física ganhou destaque dentre as demais áreas devido aos lançamentos dos satélites russos. Conforme cita Maia (1973, p. 10) um trecho de um artigo da Scientific American, de 1958, “na discussão pública que se seguiu aos lançamentos dos satélites russos, a palavra Física ocorreu provavelmente com uma frequência maior que as próprias palavras ‘satélites’, ‘foguetes’ e ‘míssil’. [...]”. O PSSC surgiu em 1956, no Massachusetts Institute of Technology (MIT) e chegou ao Brasil em 1962 por meio do Instituto Brasileiro de Educação, Ciência e Cultura - Organização das Nações Unidas para a Educação, a Ciência e a Cultura (IBEC-UNESCO) com apoio do Ministério da Educação e Cultura (MEC), sendo primeiro inserido no

Estado de São Paulo. A implementação do PSSC no Brasil foi alvo de críticas por muitos educadores, principalmente pela inadequação das propostas à realidade do país (BARRA; LORENZ, 1986; KRASILCHIK, 1987; NARDI, 2005). Contudo, o movimento criou motivações para que projetos fossem criados de acordo com a realidade existente. Dentre os projetos, dois se destacaram: o Projeto de Ensino de Física (PEF) e o Física Autoinstrutivo (FAI) criados na década de 70 em São Paulo. O PEF foi desenvolvido na USP no instituto de Física pelos Professores Ernst Wolfgang Hamburger e Giorgio Moscati no período de 1970 a 1975. O FAI teve início em 1970 pelo Grupo de Estudos em Tecnologia do Ensino de Física (GETEF), coordenado pelos professores Fuad Daher Saad, Paulo Yamamura e Kazuo Watanabe, também professores do IFUSP (RODRIGUES; HAMBURGER, 1993).

A BNCC aponta para que a relação da escola e o aluno seja trazida para a realidade, sendo capaz de fazer uma ligação entre os saberes para dar conta do seu dia a dia, respeitando alguns princípios como: ética, justiça social e sustentabilidade ambiental. As escolas devem ir além do desenvolvimento intelectual, incluindo também o social, físico, emocional e cultural. A ideia é articular a aprendizagem a outras habilidades relacionadas às áreas do conhecimento (RICO, 2018).

Garcia (1999) diz que qualquer apresentação da teoria sobre determinado assunto deve ser exemplificado com casos práticos que facilitem a demonstração, ou seja, os conteúdos e as práticas devem andar em conjunto para auxiliar a compreensão dos alunos, fazendo um alinhamento entre o conteúdo dado e fatos do cotidiano para uma melhor compreensão. Villani et al. (1982) completa, dizendo que:

[...] não é produtivo ignorar a bagagem cultural do aluno e todo o conjunto de noções espontâneas que ele carrega ao se deparar com o ensino formal na escola. Se não se cuidar adequadamente da ‘física espontânea’ dos alunos, sobrarão duas estruturas superpostas, entre as quais eles escolherão uma, dependendo do contexto; em geral quando o problema envolver muitos elementos formais usarão a aprendizagem formal; quando o problema envolver elementos do dia-a-dia e com características bem figurativas ou capazes de estimular a percepção, usarão o esquema espontâneo.

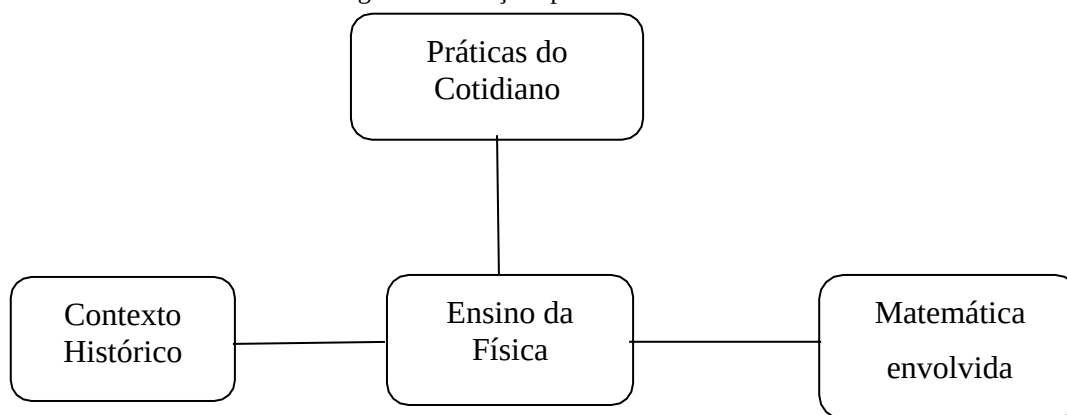
Os parâmetros curriculares assumem que o mundo vivenciado pelo aluno como ponto de partida para o desenvolvimento de conhecimentos práticos auxilia na aprendizagem, dando sentido ao que é ensinado na escola. Com isso, esses parâmetros mostram uma carência de uma física escolar enriquecida. O PCN e o PCN+ apontam o novo desafio para o ensino da Física, orientando tanto os conteúdos quanto as práticas. Todavia, os próprios parâmetros confirmam uma dificuldade para que as propostas se tornem efetivas e destacam a falta de material didático para um ensino mais didático e cotidiano, pode-se assim dizer, dentro da Física.

De acordo com o PCN+,

Para que todo o processo de conhecimento possa fazer sentido para os jovens, é imprescindível que ele seja instaurado por meio de um diálogo constante entre alunos e professores, mediado pelo conhecimento. E isso somente será possível se estiverem sendo considerados objetos, coisas e fenômenos que façam parte do universo vivencial do aluno, seja próximo, como carros, lâmpadas ou televisões, seja parte de seu imaginário, como viagens espaciais, naves, estrelas ou o Universo (BRASIL, 2000, p.83).

A figura 1 ilustra como os aspectos, a exemplo das práticas do cotidiano, contexto histórico e a matemática envolvida estão relacionados com o ensino da Física:

Figura 1 - Relações para o ensino de Física



Fonte: REIS (2006)

O ensino da Física deve construir uma visão científica que esteja voltada para a formação de um cidadão ativo, onde se possa compreender, intervir e participar do mundo em que vive. A preocupação com o cotidiano do aluno no processo de ensino-aprendizagem vem se destacando no campo da Física. Fica evidente que para uma melhor compreensão por parte dos alunos é necessário relacionar o conteúdo com dia a dia do aluno (ARAÚJO, 2013).

Segundo Pinto (1999) a Física ainda está longe de ser uma das matérias favoritas dos alunos, na maioria das escolas. Sendo assim, é fundamental a mudança do ensino da Física, oferecendo algo mais atrativo, tendo o objetivo de explicar e fundamentar diversos tipos de fenômenos, construindo uma nova visão sobre assuntos abordados.

Os professores com metodologias tradicionais precisam mudar para algo mais inovador, buscando despertar os interesses dos alunos, fugindo da metodologia de “decorar”, mas buscar a metodologia do entendimento dos diversos assuntos abordados. (BARBOSA et al., 2017). Para Silvério (2001), os professores precisam se empenhar em mudar as metodologias e conteúdos ultrapassados, e se conscientizar de que alguns alunos aprendem melhor com outras metodologias. Mesmo focando na mudança da metodologia aplicada pelos professores, não se pode deixar de lado o fato que o professor não é o único responsável, pois ele precisa de suporte,

como ferramentas e estruturas para oferecer uma pedagogia diferente. A escola tem por obrigação oferecer recursos financeiros e didáticos adequados para aulas dinâmicas.

Barbosa et al. (2017) afirmam que ao fazerem uma análise com algumas turmas de Física do ensino médio, concluíram que a prática docente tem ênfase na memorização de fórmulas, resolução de exercícios que se repetem e que, muitas vezes, não são contextualizados à Física do cotidiano. Outro desafio é a educação bancária – conceituada por Paulo Freire, onde o aluno não é levado a pensar ou refletir, apenas induzido a aceitar tudo que lhe é passado, não tendo uma aprendizagem significativa e não desenvolvendo senso crítico (MOREIRA, 2017).

No processo de ensino-aprendizagem, o professor se tornou um mediador entre o conhecimento e o educando. Assim, é necessário que o docente tenha domínio entre várias metodologias possíveis, para que dessa forma ele tenha opções a serem aplicadas nas diversas turmas. Essas novas metodologias devem estar associadas com a vida social dos alunos, gerando assim uma maior compreensão e assimilação por partes dos mesmos (SILVA, 2007).

As aulas de Física, em sua maioria, são através de livros didáticos ou apostilas que apresentam um resumo sobre as teorias da Física, com exercícios, de modo a produzir uma repetição sistemática de procedimentos. Infelizmente é comum limitar o ensino da Física a aplicações de fórmulas com pouco significado para os estudantes. A história da Física, seu desenvolvimento, sua trajetória e alguma aplicação tecnológica são limitados a poucos parágrafos, que muitas vezes são ignorados pela rotina escolar.

Para que a Física seja abordada, uma alternativa consiste na leitura e análise de textos de divulgação científica, que sejam voltados para o ambiente escolar. Escrever sobre a Física ou qualquer outra área da Ciência para um público com pouco conhecimento não é uma tarefa fácil e requer uma habilidade para oferecer uma linguagem acessível, com uma precisão conceitual adequada. Não se trata de menosprezar os conceitos, mas é apenas uma questão de levar o conhecimento para mais próximo de pessoas que possuem uma barreira para a Física. Este trabalho tem como ponto inicial trazer uma abordagem ao ensino das Leis de Newton, trazendo exemplos do cotidiano dos bombeiros, para que o no futuro possa ser usado em uma escola como material de apoio tanto para os professores quanto para os alunos, mostrando que é possível aprender um assunto que pode ser considerado um pouco confuso de forma mais acessível com exemplos mais interessantes, aguçando a curiosidade e despertando o interesse dos alunos, trazendo uma linguagem fácil para o público jovem e pouco conhecedor dos assuntos tratados.

2.2 BOMBEIRO MILITAR

A criação dos Corpos de Bombeiros no mundo está ligada geralmente à ocorrência de grandes incêndios em algum período da história, tendo a necessidade de defender a vida e o patrimônio (COSTA, 2002). O homem, desde a sua existência, se preocupa com a segurança contra incêndios, principalmente por saber seu poder de destruição, se não controlado na sua fase inicial (SOUZA JUNIOR, 1999).

O Corpos de Bombeiros Militares no Brasil são, na maioria, estaduais, onde cada um atua de acordo com as políticas locais. Com isso é válido ressaltar que a existência do Corpo de Bombeiros se resume em: *Alienam Vitam et Bona Salvare!* - Vidas alheias e Riquezas Salvar! (COSTA, 2002).

O Corpo de Bombeiros pode ser dividido operacionalmente por quatro funções básicas, tais quais:

- Bombeiros Marítimos: responsáveis por resgate e busca de vítimas no meio aquático.
- APH: Atendimento Pré-Hospitalar, compreende o resgate a vítimas no meio terrestre, prestando os primeiros socorros a diversos tipos de ocorrência, inclusive de acidentes de trânsito.
- Incêndio: atuando na prevenção e combate a incêndios.
- Salvamento: responsáveis por resgate de pessoas em condições adversas, como estruturas colapsadas, deslizamentos, entre outros tipos.

Nos dispositivos legais e constitucionais, os bombeiros além de fazer parte da execução das atividades de defesa civil, têm a missão de salvaguardar vidas e bens. A categoria realiza os serviços de prevenção e extinção de incêndios; busca e salvamento; perícias de incêndio; prestação de socorros nos casos de inundações, desabamentos ou catástrofes, sempre que haja ameaça de destruição de haveres, vítimas ou pessoas em iminente perigo de vida. Além disso, o Corpo de Bombeiros estuda, analisa, planeja, exige e fiscaliza todo o serviço de segurança contra incêndios do Estado e, em casos de mobilização do Exército, coopera junto a ele, no serviço de Defesa Civil (LBM, 2008)

Fisicamente, o trabalho dos Bombeiros Militares é uma atividade exigente e que requer uma boa aptidão física (JAHNKE et al.,2015). Alguns dos seus trabalhos estão vinculados a atividades rústicas, intensas e vigorosas, como por exemplo, carregar vítimas de acidentes, rebocar ou arrastar pessoas ou objetos, puxar ou empurrar, amarrar, suspender, segurar, transportar algo ou alguém, levantar com ou sem pesos extras ao corpo, etc. (GLEDHILL E

JAMNIK, 1992). É possível enxergar a Física em muitas dessas atividades, em especial a Mecânica Clássica.

A força é o resultado através da contração muscular da produção do movimento humano com uma pequena ou ampla variação do músculo usado para vencer uma resistência imposta (GOBBI, VILLAR, ZAGO, 2005). Pretende-se, com o material didático proposto nesta monografia, fazer uma ligação entre alguns conceitos da Mecânica Clássica e a atividade dos bombeiros, com foco no salvamento, resgate e incêndio, trazendo assim este material para dentro da sala de aula para o conhecimento e uma certa aproximação com a realidade dos estudantes.

Há alguns trabalhos e apostilhas que exemplificam bem a ligação entre a Física e a atividade dos Bombeiros. O trabalho de Gonzaga Júnior em “O uso de sistemas multiplicadores de força nas ocorrências de salvamento do Corpo de Bombeiros Militar do Estado de Goiás no âmbito do 1º BBM” fala bem sobre o uso dos multiplicadores de força para o salvamento e de como podem ser usados. Levantar grandes pesos acima de sua capacidade muscular sem que houvesse meios eficazes para facilitar esta ação seria impossível para o ser humano. Com isso, para levantar e locomover pesos acima de sua capacidade, criaram-se mecanismos para ampliar a força aplicada. Essas ferramentas estão muito presentes em nosso cotidiano, como por exemplo: o fato de abirmos uma torneira, chaves de fenda, macacos hidráulicos, alicates, entre outros, “multiplicadores de Força, são mecanismos utilizados com o intuito de multiplicar a força, aumentando a vantagem mecânica de modo a facilitar o deslocamento de um peso” (CB-PMESP, 2006, p. 59).

No “Manual operacional de bombeiros: resgate pré-hospitalar”, que trata sobre a cinemática do trauma, existem avaliações das cenas dos acidentes, analisando e até mesmo determinando as forças que estão envolvidas no acidente e os possíveis movimentos durante o acontecimento, tento assim, como estimar as possíveis lesões. A colisão pode ser dividida em: colisão entre objetos; colisão entre objeto e corpo; e colisão de órgãos internos do corpo humano, exemplo, carro com carro, corpo humano contra o solo. No momento do impacto é que acontecem as transferências de energia, ocasionando os danos e causando os movimentos envolvidos no sinistro. A Energia Cinética está intimamente ligada ao conceito de movimento, de velocidade e a Lei de Conservação da Energia (MANUAL OPERACIONAL DE BOMBEIROS, 2016).

2.3 MECÂNICA CLÁSSICA

A Física possui um grande apelo prático. O movimento de corpos sob a ação da gravidade, de forças elásticas e de atritos são exemplos dinâmicos presentes no nosso dia a dia. Até hoje é difícil precisar quando a Mecânica começou a ser descrita. Um marco importante é a descrição de Aristóteles (384-322 AC) sobre o movimento dos corpos. Para ele, todos os movimentos seriam retilíneos, circulares ou uma combinação de ambos, pois eram considerados por ele os únicos movimentos perfeitos (GLEICK, 2004).

As ideias de Aristóteles são questionadas por Galileo (1564-1642), que introduz o que conhecemos hoje como método científico, que fala que conclusões sobre o comportamento natural devem ser comprovadas por experimentos cuidados e controlados, para que possam ser reproduzidos sob as mesmas condições. Galileo formula leis básicas do movimento de corpos sob a ação da gravidade, usa um telescópio para estudar o movimento dos planetas e formula o Princípio da Relatividade de Galileo. A conexão entre repouso e movimento retilíneo uniforme, observada por Galileo, atinge diretamente a Teoria Aristotélica (GLEICK, 2004).

Isaac Newton (1643-1727), um grande matemático e físico, surge organizando e unificando os conceitos mais importantes da Mecânica. Baseado em muitos estudos precedentes, Newton define conceitos como massa, quantidade de movimento, inércia, força e aceleração, discutindo também conceitos de espaço e tempo, considerados em última análise absolutos. Na área da Física, Newton ficou conhecido como o pai na Mecânica Clássica. Ele criou três leis, conhecidas como as três Leis de Newton, que demonstram como funcionam os movimentos dos corpos. Essas três leis formam a base da mecânica Clássica. Mesmo sendo reformulada por Lagrange e outros, essas ideias são fundamentais dentro do contexto não-relativístico e não-quântico até hoje.

2.3.1 Leis de Newton

A Primeira Lei de Newton ou Princípio da Inércia enuncia que “Todo corpo continua em seu estado de repouso ou de movimento uniforme em uma linha reta, a menos que ele seja forçado a mudar aquele estado por forças imprimidas sobre ele” (NEWTON, 2008, p. 54). Com essa Lei podemos concluir que o corpo continua em seu estado até que alguma força externa o faça parar ou mudar o seu movimento. Essa força pode ser expressa como sendo uma resistência do ar ou até mesmo a gravidade, pois ambas têm a capacidade de parar ou retardar um

movimento retilíneo (BORGES,2020), ou, seja, Newton refina mais a sua primeira lei acrescentando a Inércia, um conceito inventado por ele, chamando de massa inercial.

A Segunda Lei de Newton ou Princípio Fundamental da Dinâmica diz que “A mudança de movimento é proporcional à força motora imprimida, e é produzida na direção da linha reta na qual aquela força é imprimida” (NEWTON, 2008, p. 55).

A equação (1) para definir esta lei é dada por:

$$\vec{F} = \frac{d\vec{P}}{dt} \quad (1.1)$$

$$\vec{F} = m \frac{d\vec{v}}{dt} \quad (1.2)$$

$$\vec{F} = m \cdot \vec{a} \quad (1.3)$$

O Coeficiente de Inércia m é uma constante positiva do objeto. A força $\vec{F}$ deve ser obtida em última análise. A segunda lei diz que o estado de um objeto é determinado pela sua posição e velocidade em qualquer instante do movimento, pois qualquer derivada da posição de ordem maior ou igual a dois pode ser obtida a partir da equação (1) (BORGES,2020).

A Terceira Lei de Newton ou Princípio da Ação e Reação exprime que “a toda ação há sempre oposta uma reação igual ou, as ações mútuas de dois corpos um sobre o outro são sempre iguais e dirigidas a partes opostas” (NEWTON, 2008, p. 55). A terceira lei complementa a primeira, pois um objeto composto, onde os seus constituintes interagem somente entre si e não sofrem ação externa, obedecerá a Lei da Inércia. Toda força que é aplicada a um objeto, tende a reagir a essa ação com a mesma intensidade, porém, em sentido contrário, dada pela equação (2) (BORGES,2020):

$$\vec{F}_{a,b} = -\vec{F}_{b,a} \quad (2)$$

$\vec{F}_{a,b}$ é a força que o corpo/partícula a exprime no corpo/partícula b e, o $-\vec{F}_{b,a}$ é a força que o corpo/partícula b exprime no corpo/partícula a e, o sinal negativo é justamente para representar que se encontram em sentidos opostos. Brennan (1998, p.36), completa dizendo que:

A partir da terceira lei de Newton, pode-se ver que a força gravitacional é mútua. As atrações que dois corpos exercem um sobre o outro são sempre iguais, embora se exerçam em direções opostas. A maçã é atraída pela superfície da Terra, mas a Terra também é atraída pela maçã. A Terra exerce uma força gravitacional sobre a Lua e,

ao mesmo tempo, está sujeita a uma força gravitacional desta. A quantidade de força gravitacional exercida por cada corpo — a maçã, a Lua ou a Terra — é diretamente proporcional à massa desse corpo.

Essas leis exercem a compreensão e a aplicação para o movimento e a determinação da relação entre a aceleração e a força resultante que atuam em um sistema, descrevendo os princípios básicos que regem os movimentos dos corpos no espaço enquanto o tempo flui. Dessa forma, para sua completa consistência, deve-se definir precisamente o que se entende por tempo, espaço e objeto. Carvalho (1989, p. 65) enfatiza que “a conservação da quantidade de movimento foi o germe da Física Clássica e desempenhou um papel básico na formulação das Leis de Newton. Com ela se estabeleceu uma rede de relações lógicas entre massa, velocidade, tempo, força impulso e aceleração”.

2.3.2 Torque

Torque, ou momento de uma força, é a ação de girar ou torcer um corpo em torno do seu eixo por meio de uma força. Para que haja o torque, é necessário que se tenha uma força resultante não nula atuando tangencialmente ao eixo de rotação. Ele é um vetor perpendicular ao plano que contém o vetor da força e o raio de rotação, podendo ser calculado por meio do produto vetorial entre os vetores distância e força (HELERBROCK, 2018).

A unidade do torque é dada por Newton vezes metro (N.m). Quando o torque rotaciona no sentido horário seu torque é negativo, caso contrário, o torque é positivo. A direção e o sentido do vetor do torque são determinados por meio da regra da mão direita. A fórmula usada para calcular o torque pode ser dada pelo produto da força, distância e o seno do ângulo formado entre esses dois últimos, representada pela equação (HELERBROCK, 2018.):

$$\vec{\tau} = \vec{r} \times \vec{F} \quad (3.1)$$

$$\tau = r \cdot F \cdot \sin\theta \quad (3.2)$$

Onde:

- τ é o torque;
- r é o raio;
- F é a força;
- θ é o ângulo entre r e F .

O θ é o ângulo formado entre o raio de rotação (r) e a força (F). No caso em que a força é aplicada com um ângulo de 90° em relação ao raio (r), o seno do ângulo é igual a 1. O r é conhecido também como braço de alavanca. (HELERBROCK, 2018) nos diz que quanto maior o braço de alavanca de um corpo, mais fácil será para rotacionar.

Ao aplicarmos torque sobre um determinado corpo, esse corpo pode ganhar velocidade angular, passando a ter movimento rotacional. O momento angular é o análogo rotacional do momento linear, conhecido como quantidade de movimento, podendo entender que o momento angular é a quantidade de movimento rotacional de um corpo (HELERBROCK, 2018).

Existem vários artigos sobre pesquisas das Leis de Newton na Educação básica e há uma reflexão sobre o assunto estudado neste trabalho. O artigo "Abordagens das Leis de Newton em livros didáticos" de (DOS SANTOS, 2020) tem como principal debate a importância do conteúdo do livro didático e como ele precisa ser bem exemplificado para o bom entendimento do aluno. O autor cita Da Silva e Nonenmacher (2018, p.432), que relatam que “o ensino de ciências e o da Física, em particular, ocorre de forma fragmentada e descontextualizada, tornando-se vazio de significado para os alunos”, afirmando que o ensino de ciências precisa dar significado aos seus conhecimentos.

O trabalho de Borges (2020) "As Leis de Newton e sua interdisciplinaridade" aborda a compreensão das Leis de Newton, propondo aplicações em sala de aula para uma melhor compreensão dessas leis e suas interdisciplinaridades.

O artigo de Santos et al. (2019) "Uma sequência didática para o estudo das leis de Newton e suas aplicações" afirma que os professores precisam utilizar os recursos disponíveis a ele, como: jogos, computadores, brincadeiras, entre outros para fazer intervenções durante as aulas. O trabalho faz uma proposta de ensino que não apenas utilize Tecnologias da Informação e Comunicação, mas também explore principalmente a ludicidade na sala de aula. Usando essa metodologia em uma turma da primeira série do ensino médio técnico, posteriormente foi feita uma análise do interesse dos alunos ao usar o lúdico como recurso principal da sequência didática.

O artigo de Rosinski (2013), titulado de “Aplicações das Leis de Newton em nosso cotidiano”, faz uma reflexão das estratégias para o Ensino da Física na disciplina de Ciências, pretendendo buscar formas de utilizar a experimentação para abordar, discutir e comprovar conceitos relacionados com os conteúdos da Força e do Movimento, com ênfase nas Leis de Newton. O material de Intervenção Pedagógica, elaborado na forma de Unidade Didática, tem como proposta tornar os conteúdos de Física, inseridos na disciplina de Ciências, mais

acessíveis aos alunos do 9º ano do Ensino Fundamental, utilizando estratégias de forma que eles se tornem agentes ativos no processo de construção do conhecimento.

3 METODOLOGIA

Marconi e Lakatos (2004, p. 46) definem método como “o conjunto das atividades sistemáticas e racionais que, com maior segurança e economia, permite alcançar o objetivo - conhecimentos válidos e verdadeiros -, traçando o caminho a ser seguido, detectando erros e auxiliando as decisões do cientista”.

Para construir um instrumento capaz de analisar as aplicações Newtonianas e, a fim de obter resultados coerentes para o estudo proposto, Gil (2002, p. 47) diz que, “a pesquisa metodológica é o estudo que se refere a instrumentos de captação ou de manipulação da realidade. Está, portanto, associada a caminhos, formas, maneiras, procedimentos para atingir determinado fim”. Neste trabalho serão abordados casos reais da atividade exercida pelo Corpo de Bombeiros, com o intuito de elaborar um material didático, que poderá ser usado posteriormente por professores, alunos de educação básica e superior, além de interessados na área. Menezes (2016) reforça dizendo que, deve-se utilizar instrumentos que transformem a aula em um processo envolvente, onde o estudante participe de forma ativa e perceba que a Física está presente no cotidiano, em profissões e na sociedade através de exemplos e situações que façam a “ponte” entre o conceito e a prática.

A pesquisa é de caráter descritivo. É descritiva, pois busca analisar as relações entre os fatos e fenômenos. Gil (2002, p. 42) ressalta que “têm como objetivo primordial a descrição das características de determinada população ou fenômeno ou, então, o estabelecimento de relações entre variáveis”. Ressalta-se ainda que para cada pesquisa descritiva, objetiva-se conhecer e interpretar a realidade sem nela interferir, visando assim descrever como as Leis de Newton são aplicadas em casos cotidianos, no que se refere a profissão de bombeiros.

O estudo de caso consiste em coletar e analisar informações sobre determinado indivíduo ou grupo, a fim de estudar aspectos variados de sua vida, de acordo com o assunto da pesquisa. É um tipo de pesquisa que se concentra em um estudo de caso particular. O estudo de caso tem uma abordagem qualitativa, no qual o investigador explora um sistema delimitado contemporâneo da vida real (caso ou casos), por meio de uma revisão bibliográfica detalhada em profundidade envolvendo múltiplas fontes de informações (SEVERINO, 2016).

De acordo com o que foi por Severino (2016), o estudo de caso foi composto por três imagens de casos reais das atividades dos bombeiros, a fim de exemplificar como a Física está

relacionada. Primeiramente serão usadas imagens reais e depois serão apresentadas edições nas imagens realizadas através do aplicativo *Paint*, para que haja uma melhor explicação da Física e de como poderia ser feito o material didático para melhor entendimento por parte dos alunos.

4 ESTUDO DE CASO

A questão da introdução de Física Clássica no ensino tem sido abordada por muitos pesquisadores, visto que o seu entendimento aparece como uma necessidade para compreender os fenômenos ligados a situações de algumas áreas de trabalho que fazem uso de ferramentas como polias e que utilizam a força humana como ferramenta para manter o equilíbrio. Neste capítulo, o trabalho desenvolvido se inicia com a demonstração das grandezas atuantes em cada exemplo apresentado, abordando os conceitos por trás dos casos e realizando um material didático, a fim de obter uma melhor compreensão dos assuntos discutidos anteriormente. Para isso, serão elencados três exemplos das atividades dos bombeiros: incêndio, salvamento e resgate.

4.1 INCÊNDIO

Figura 2: Bombeiros controlando um incêndio

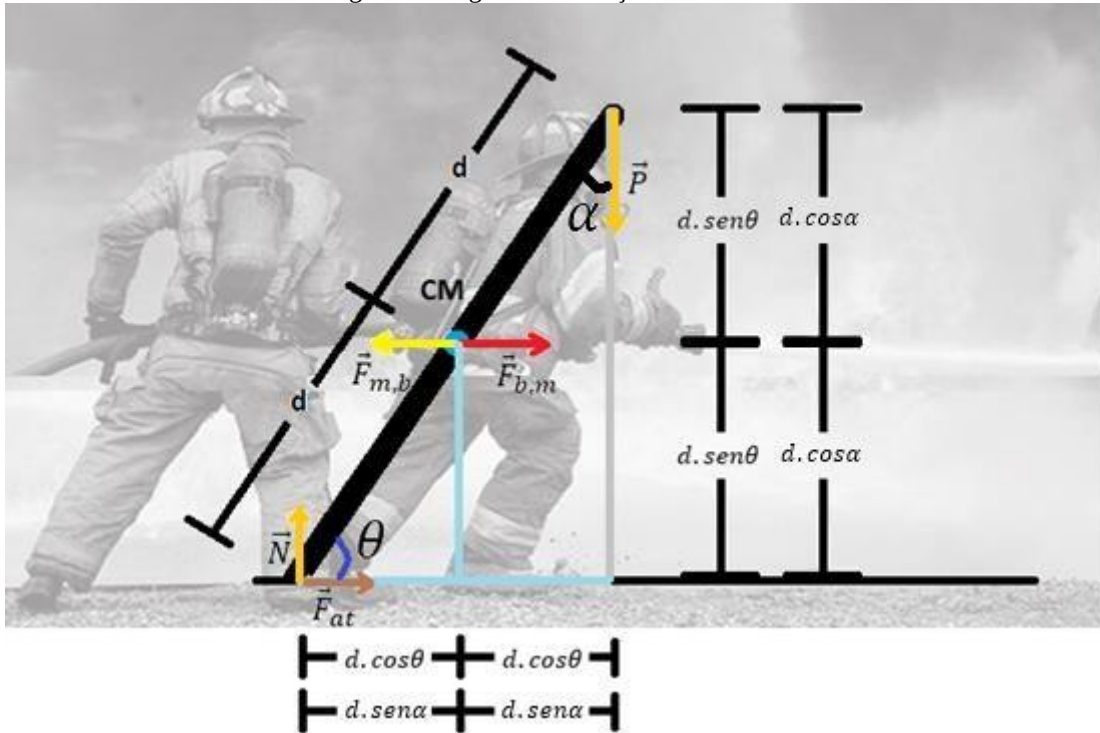


Fonte: SOUSA et al. (2020)

Tomando a figura 2 como exemplo, é possível ver que o bombeiro chefe da linha de mangueira, que segura o esguicho, está levemente inclinado para a frente, além de manter seus pés fixados aos pés do seu auxiliar. A mangueira, por sua vez, é fixada próximo ao centro de massa do bombeiro. Isso se dá para que haja uma melhor situação de equilíbrio estático e ele consiga combater o incêndio sem ser derrubado em decorrência da força que a mangueira exerce sobre ele.

Pode-se descrever tal situação por meio do diagrama de forças a seguir:

Figura 3: Diagrama das forças atuantes no bombeiro



Fonte: GOMES JÚNIOR (2021).

Será considerado no exemplo apenas o bombeiro que segura o esguicho. Uma vez que seu pé está apoiado em uma base firme, considerar-se-á que a força de atrito $\vec{F}_{at}$ será responsável por impedir o seu deslizamento sobre o solo. O bombeiro será descrito como um corpo extenso e uniforme, que possui centro de massa, identificado por CM. As forças que atuam nesse corpo serão a força de atrito $\vec{F}_{at}$, a força normal $\vec{N}$, a força Peso $\vec{P}$ e as forças que atuam na interação entre o bombeiro e a mangueira, sendo $\vec{F}_{b,m}$ a força que o bombeiro exerce sobre a mangueira e $\vec{F}_{m,b}$ a força que a mangueira exerce sobre o bombeiro, que possuem mesmo módulo e mesma direção, mas sentidos opostos, de acordo com a Terceira Lei de Newton.

Para que se mantenha em equilíbrio estático, é necessário que o torque resultante τ_{res} do sistema seja nulo, ou seja, que a soma de todos vetores envolvidos seja igual ao vetor nulo $\vec{0}$, tendo o módulo do torque resultante igual a zero:

$$|\tau_{res}| = 0 \quad (4.1)$$

De acordo com a figura 3, pode-se escrever o diagrama da seguinte forma:

$$\mathcal{F}_{at} + \mathcal{F}_N + \mathcal{F}_P + \mathcal{F}_{b,m} + \mathcal{F}_{m,b} = \vec{0} \quad (4.2)$$

$$|\mathcal{F}_{at}| + |\mathcal{F}_N| + |\mathcal{F}_P| + |\mathcal{F}_{b,m}| + |\mathcal{F}_{m,b}| = 0 \quad (4.3)$$

Como dito anteriormente, a componente necessária para realizar o torque não poderá ser paralela ao braço de alavanca. Logo, tomaremos as forças com os seus respectivos braços de alavanca adequados para que sejam realizados os torques. Considerando que no círculo trigonométrico os ângulos aumentam no sentido anti-horário, tomaremos tal sentido como sendo o positivo.

Tanto a força peso $\vec{P}$ quanto a força que o bombeiro exerce sobre a mangueira $\vec{F}_{b,m}$ geram torque sobre o corpo no sentido horário, logo, serão negativos. A força normal $\vec{N}$ e a força de atrito $\vec{F}_{at}$, como estão localizadas no eixo de rotação do corpo, serão nulas, logo, serão desconsideradas, uma vez que não há braço de alavanca para realizar torque. A força que a mangueira exerce sobre o bombeiro $\vec{F}_{m,b}$ gera Torque no sentido anti-horário, logo, será positiva.

Assim, pode-se utilizar a equação (3.2) para rescrever a equação (4.2):

$$-P \cdot 2 \cdot d \cdot \text{sen}(\alpha) - F_{b,m} \cdot d \cdot \text{sen}(\theta) + F_{m,b} \cdot d \cdot \text{sen}(\theta) = 0 \quad (4.4)$$

Como a componente $d \cdot \text{sen}(\alpha)$ é equivalente a $d \cdot \cos(\theta)$, reescrevemos a equação (4.4):

$$-P \cdot 2 \cdot d \cdot \cos(\theta) - F_{b,m} \cdot d \cdot \text{sen}(\theta) + F_{m,b} \cdot d \cdot \text{sen}(\theta) = 0 \quad (4.5)$$

$$d \cdot [-2 \cdot P \cdot \cos(\theta) + (-F_{b,m} + F_{m,b}) \cdot \text{sen}(\theta)] = 0 \quad (4.6)$$

Dividindo os dois lados por d , onde $d \neq 0$:

$$-2 \cdot P \cdot \cos(\theta) + (-F_{b,m} + F_{m,b}) \cdot \text{sen}(\theta) = 0 \quad (4.7)$$

Somando $2 \cdot P \cdot \cos(\theta)$ aos dois lados:

$$(-F_{b,m} + F_{m,b}).\text{sen}(\theta) = 2.P.\cos(\theta) \quad (4.8)$$

Como havia sido dito anteriormente, $F_{m,b}$ possui mesmo módulo e direção de $F_{b,m}$, mas sentidos opostos. Logo: $F_{m,b} = -F_{b,m}$.

Assim:

$$2.F_{m,b}.\text{sen}(\theta) = 2.P.\cos(\theta) \quad (4.9)$$

Dividindo os dois lados por $2.\text{sen}(\theta)$:

$$F_{m,b} = P.\cot(\theta) \quad (4.10)$$

Logo, a Força da mangueira exercida no bombeiro $F_{m,b}$ deverá ser:

$$F_{m,b} = P.\cot(\theta) \quad (4.11)$$

De forma semelhante, o Peso P do bombeiro estará relacionado com a Força da mangueira $F_{m,b}$ da seguinte forma:

$$P = F_{m,b}.\tan(\theta) \quad (4.12)$$

Com isso, o equilíbrio do bombeiro dependerá da inclinação dele, pois, à medida que ele vai se inclinando para a frente, a força que a mangueira exerce sobre ele irá gerar um torque cada vez menor. Quanto mais leve o bombeiro for, mais inclinado ele deverá ficar, pois com o seu peso menor, aumentará o braço de alavanca do Peso P , que deverá ser compensado pelo braço de alavanca menor onde a força da mangueira $F_{m,b}$ atuará.

Além das forças atuantes e outras grandezas envolvidas no sistema ilustrado pela figura 3, alguns outros fatores podem influenciar em uma situação real, como por exemplo a vazão, com a utilização de uma mangueira com diâmetro maior, além do esguicho, que consegue controlar tanto a vazão quanto a pressão da água que sai da mangueira. Contudo, esses assuntos não serão abordados por não serem o foco deste trabalho.

4.2 SALVAMENTO

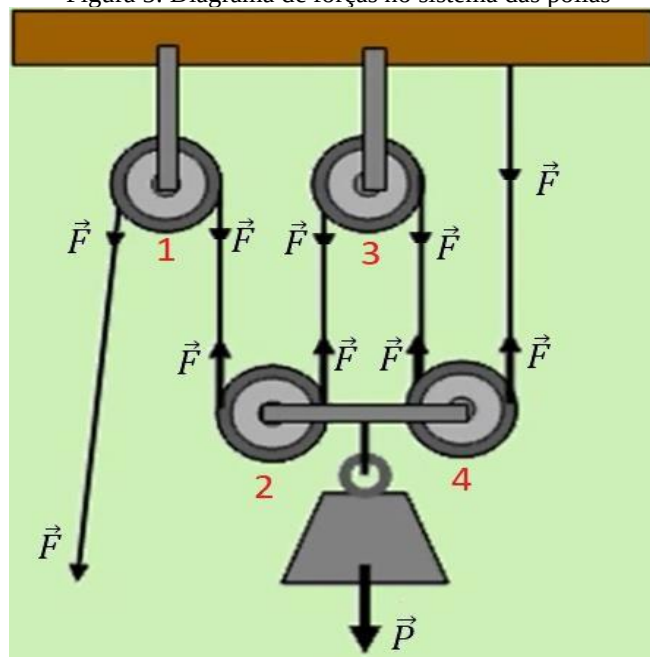
Figura 4: Bombeiros no treinamento de um salvamento



Fonte: SALVAMENTO EM ALTURA (2006)

A figura 4 mostra a utilização do tripé de resgate, onde são feitas ancoragens e utilização de cordas e polias, tanto fixas quanto móveis. O sistema descrito na figura 4 é o 4:1, que utiliza quatro polias, sendo duas fixas e duas móveis. A extremidade da corda desse sistema é fixada à ancoragem do tripé, podendo ser descrito conforme a figura 5, que está logo abaixo:

Figura 5: Diagrama de forças no sistema das polias



Fonte: JÚNIOR (2019) e GOMES JÚNIOR (2021).

Para a figura 5 consideraremos tanto as polias quanto a corda como sendo ideais. Podemos observar que tanto a polia 1 quanto a polia 3 são fixas. Já as polias 2 e 4 são móveis. As polias fixas servem apenas para desviar a tensão da corda, que é redirecionada de acordo com o que é exigido dela. De acordo com a Terceira Lei de Newton, a para cada ação de uma força há uma reação com uma força de mesma intensidade e direção, mas em sentido oposto. Logo, é possível notar que em cada ponto da corda, pode haver esses pares interagindo entre si, ao passo que, quando passam pela polia, que é a responsável por mudar a direção da corda, é possível tornar os pares na mesma direção e sentido, podendo ser somadas no sistema, para que juntas possam formar um equilíbrio com a força Peso $\vec{P}$.

Na situação de equilíbrio, a soma de todas as forças atuantes no sistema deverá ser igual a zero. Para isso, no diagrama formado pela figura 5, podemos ver que a força Peso $\vec{P}$ deverá equivaler às quatro forças $\vec{F}$, que é onde cada polia móvel possui um par de forças $\vec{F}$ e é capaz de se movimentar juntamente com a carga, de forma que cada uma consiga distribuir a força que atua sobre ela em duas forças $\vec{F}$ pela metade. Como há duas polias móveis, há dois pares de força $\vec{F}$ de módulo igual a F , totalizando 4 forças de módulo F atuando para cima. Logo, dizemos que:

$$F + F + F + F - P = 0 \quad (5.1)$$

Somando P dos dois lados da equação, teremos:

$$F + F + F + F = P \quad (5.2)$$

$$4 \cdot F = P \quad (5.3)$$

$$F = \frac{P}{4} \quad (5.4)$$

Assim, podemos dizer que a força mínima necessária para erguer uma carga de peso P será de apenas um quarto do peso dessa carga, ao passo que, à medida que vão sendo adicionadas mais polias móveis, cada uma será capaz de dividir a força necessária pela metade, podendo ser descritas através da expressão:

$$F = \frac{P}{2^n} \quad (5.5)$$

Onde n é um número inteiro que representa a quantidade de polias móveis.

Dessa forma, para que possamos reduzir o esforço ao erguer objetos mais pesados, devemos utilizar quantas polias móveis forem necessárias. Porém, devemos lembrar que o trabalho realizado para levantar a carga será o mesmo, independentemente da quantidade de polias. Como trabalho é dado pela expressão $W = F \cdot d \cdot \cos \theta$, sabemos que ao erguer o objeto, a força F e o deslocamento d terão mesma direção e sentido, ou seja, o ângulo formado entre eles será de 0° , logo, $\cos 0^\circ = 1$ e o trabalho será expresso por $W = F \cdot d$. Então, ao passo que a força aplicada sobre o objeto será aumentada (4. F no caso da equação 5.3), o deslocamento desse objeto deverá ser reduzido a um quarto da altura que ele subiria caso não fosse utilizada nenhuma polia móvel, para que o trabalho W permaneça o mesmo.

Há outros fatores que podem influenciar no caso de uma situação real, como por exemplo o tamanho e a massa das polias, que estão ligadas diretamente com o seu momento de inércia, que podem dificultar o movimento dos corpos. Porém, como tais pontos não estão no foco deste trabalho, não serão abordados.

4.3 RESGATE

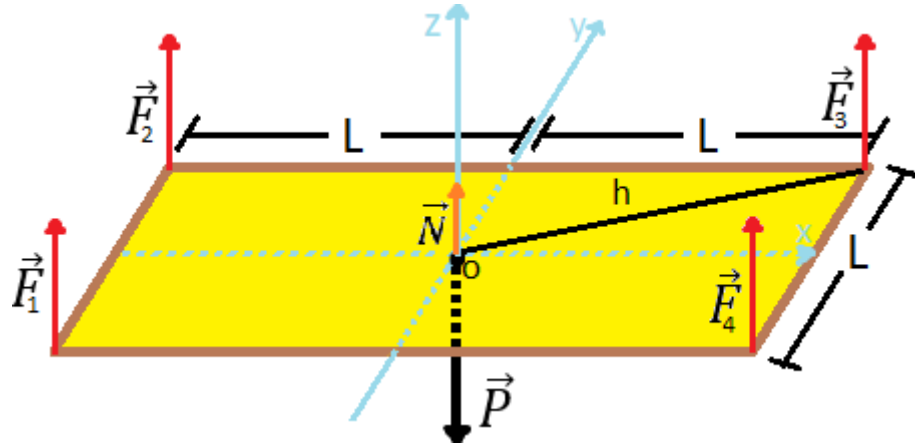
Figura 6: Bombeiros transportando uma vítima na prancha



Fonte: MANUAL OPERACIONAL DE BOMBEIROS (2016)

Na figura 6 é possível observar uma situação de resgate, onde os bombeiros transportam uma vítima presa a uma prancha. Os bombeiros são divididos de forma que cada um consiga aplicar uma força que seja capaz de erguer e mover a prancha e que essa força seja distribuída de forma que a prancha seja transportada em equilíbrio, garantindo a segurança da vítima. Embora a força aplicada por cada bombeiro forme um certo ângulo com o vetor normal $\vec{N}$, que é perpendicular ao plano da prancha (pois, se a força fosse paralela a esse vetor, a prancha não seria transportada horizontalmente), consideraremos, para efeitos didáticos, apenas a componente desse vetor força $\vec{F}$ que é paralela ao vetor normal, pois é essa componente capaz de realizar torque sobre a prancha, uma vez que a componente do vetor força $\vec{F}$ que é perpendicular ao plano da prancha será responsável, nesta situação, apenas para mover a prancha, já que todos eles caminharão para uma mesma direção e sentido. Podemos descrever a situação acima através da figura 7, que está logo abaixo :

Figura 7: Diagrama de forças do sistema da prancha



Fonte: GOMES JÚNIOR (2021)

Considerando o centro de massa da prancha como sendo a origem O de um plano xOy , onde a prancha é representada por um retângulo que possui lado maior de comprimento igual a $2L$, que vai de $-L$ a L no eixo x e lado menor de comprimento igual a L , que vai de $-\frac{L}{2}$ a $\frac{L}{2}$ no eixo y , sabemos que as distâncias da origem para cada extremidade, onde estão sendo aplicadas as forças de intensidade F podem ser obtidas através da trigonometria.

A relação de Pitágoras estabelece que o quadrado da hipotenusa é igual à soma dos quadrados dos catetos. Logo, a distância da origem até o ponto do plano onde a força F_3 age, por exemplo, pode ser dada da seguinte forma :

$$h^2 = \left(\frac{L}{2}\right)^2 + L^2 \quad (6.1)$$

$$h^2 = \frac{L^2}{4} + L^2 \quad (6.2)$$

$$h^2 = \frac{L^2}{4} + \frac{4L^2}{4} \quad (6.3)$$

$$h = \pm \sqrt{\frac{5L^2}{4}} \quad (6.4)$$

Como o tamanho da hipotenusa é dado em módulo, consideraremos apenas a parte positiva :

$$h = \sqrt{\frac{5L^2}{4}} \quad (6.5)$$

$$h = \frac{L}{2}\sqrt{5} \quad (6.6)$$

Como o formato do objeto que aparece na figura 7 é um retângulo, todas as extremidades, embora estejam distribuídas em posições diferentes, estão à mesma distância do centro, logo poderão ser obtidas através da mesma expressão.

Sabemos que para esta situação, onde cada força será perpendicular ao seu braço de alavanca, seu Torque será dado pelo produto da distância pela força, pois a função seno do ângulo de 90° é igual a 1.

As quatro forças F_1 , F_2 , F_3 e F_4 possuem respectivos módulos iguais a F_1 , F_2 , F_3 e F_4 . Como as distâncias das extremidades para a origem são iguais, teremos braços de alavanca equivalentes. Logo, para que haja um equilíbrio é necessário o Torque resultante seja igual a zero, é necessário que todas as forças atuantes sejam iguais. Assim, analogamente às equações (4.1), (4.2) e (4.3), temos:

$$|\vec{\tau}_{\text{res}}| = 0 \quad (7.1)$$

$$\vec{\tau}_{F_1} + \vec{\tau}_{F_2} + \vec{\tau}_{F_3} + \vec{\tau}_{F_4} = \vec{0} \quad (7.2)$$

$$|\vec{\tau}_{F_1}| + |\vec{\tau}_{F_2}| + |\vec{\tau}_{F_3}| + |\vec{\tau}_{F_4}| = 0 \quad (7.3)$$

Como as quatro extremidades do retângulo são mantidas em equilíbrio pelas quatro forças exercidas nelas, considerar-se-á todos esses quatro pontos como sendo possíveis eixos de rotação, logo, os braços de alavanca terão comprimentos iguais às arestas não paralelas às forças aplicadas, para que sejam gerados os respectivos Torques. Tal situação será dividida em duas partes, que serão dadas pela visualização pelos planos xOz e yOz .

Para o plano xOz teremos a seguinte situação:

As forças F_1 e F_2 serão responsáveis por gerar Torques no sentido horário. Logo, serão considerados negativos. Já as forças F_3 e F_4 gerarão Torques no sentido anti-horário, que serão positivos. Assim, podemos escrever:

$$-F_1 \cdot 2L - F_2 \cdot 2L + F_3 \cdot 2L + F_4 \cdot 2L = 0 \quad (7.4)$$

$$(-F_1 - F_2 + F_3 + F_4) \cdot 2L = 0 \quad (7.5)$$

Dividindo ambos os lados por $2L$, sendo $L \neq 0$:

$$-F_1 - F_2 + F_3 + F_4 = 0 \quad (7.6)$$

Somando $F_1 + F_2$ a ambos os lados:

$$F_1 + F_2 = F_3 + F_4 \quad (7.7)$$

Para o plano yOz teremos a seguinte situação:

As forças F_1 e F_4 serão responsáveis por gerar Torques no sentido horário. Logo, serão considerados negativos. Já as forças F_2 e F_3 gerarão Torques no sentido anti-horário, que serão positivos. Assim, podemos escrever:

$$-F_1 \cdot L - F_4 \cdot L + F_2 \cdot L + F_3 \cdot L = 0 \quad (8.1)$$

$$(-F_1 - F_4 + F_2 + F_3) \cdot L = 0 \quad (8.2)$$

Dividindo ambos os lados por L , sendo $L \neq 0$:

$$-F_1 - F_4 + F_2 + F_3 = 0 \quad (8.3)$$

Somando $F_1 + F_4$ a ambos os lados:

$$F_1 + F_4 = F_2 + F_3 \quad (8.4)$$

Montando um sistema com as equações dos planos xOz e yOz :

$$\begin{cases} F_1 + F_2 = F_3 + F_4 \\ F_1 + F_4 = F_2 + F_3 \end{cases} \quad (9.1)$$

Somando as duas equações:

$$2.F_1 + F_2 + F_4 = 2.F_3 + F_2 + F_4 \quad (9.2)$$

Subtraindo $F_2 + F_4$ de ambos os lados:

$$2.F_1 = 2.F_3 \quad (9.3)$$

Dividindo ambos os lados por 2:

$$F_1 = F_3 \quad (9.4)$$

Logo, observando a equação 8.3, temos que:

$$F_2 = F_4 \quad (9.5)$$

Dessa forma, os pares das forças F_1 e F_3 e das forças F_2 e F_4 , que correspondem às forças que atuam concomitantemente nas extremidades diagonais, deverão ser iguais entre si, ou seja, mesmo que não haja atuação dos pares de força F_1 e F_3 , por exemplo, as forças F_2 e F_4 serão capazes de manter o equilíbrio, desde que sejam iguais. Caso alguma dessas forças, que deverão atuar em pares, seja diferente uma da outra, a prancha irá rotacionar, podendo levar a vítima a sofrer uma queda e um possível agravamento de seu estado de saúde.

Esses casos abordados são exemplos de como a Física está relacionada à profissão dos bombeiros, que podem servir como material didático para o ensino da Física na sala de aula, adicionando, por exemplo, números para quantificar as grandezas e facilitar o entendimento dos exemplos mostrados e criando situações mais próximas possíveis da realidade. Tais situações poderiam desenvolver um entusiasmo na sala de aula. Outra opção também seria uma visita ao quartel dos bombeiros, para que os alunos possam vivenciar algumas experiências e ver na prática o que foi visto em sala de aula.

Pode-se concluir através desses exemplos, que é possível trazer para os alunos casos simples e próximos de sua realidade, que podem fazer com que os alunos vejam a Física no seu dia a dia, como o uso de um pé de cabra, por exemplo, proporcionando uma aproximação maior entre o assunto abordado e o cotidiano. Esses exemplos mostram que por mais que no trabalho do bombeiro estejam incluídos o salvamento de uma vítima, o controle de incêndios, o resgate de vítimas, entre outros, há uma Física por trás e que, se ela não for colocada em prática da forma adequada, o bombeiro talvez não conseguirá desempenhar o seu trabalho ou até mesmo se acidentar ou causar um acidente na vítima. Isso poderá fazer com que a curiosidade em aprender mais sobre essas situações se transforme no interesse do aluno em aprender mais sobre a Física do cotidiano.

5 CONSIDERAÇÕES FINAIS

O trabalho teve como proposta a elaboração de um material didático que pode ser construído através da Física do cotidiano, que estuda a quantidade de movimento, conservação de energia, Leis de Newton, entre outros, trazendo a relação da Física com o trabalho dos bombeiros, onde talvez fosse válida até uma visita ao quartel para que os alunos pudessem vivenciar as experiências mostradas nas fotos e compreender melhor a Física envolvida nelas.

O número de aulas necessárias para o assunto dependerá das condições do ensino, ou seja, número de alunos por sala, quantidade de aulas disponíveis, entre outros fatores. É possível observar nas figuras apresentadas a relação das grandezas no trabalho dos bombeiros, como por exemplo a forma com que cada ação pode gerar uma reação, ou um torque, entre outras coisas.

Este trabalho é voltado para o exercício dos bombeiros. Contudo, ele pode servir de inspiração para que outras pessoas possam estabelecer uma relação da Física com outras atividades ou profissões, trazendo exemplos do cotidiano para o aprendizado dos estudantes, mostrando como a Física é importante na prática e aguçando sua curiosidade e fortalecendo o processo de aprendizagem.

Observa-se também que este trabalho pode ser mais aprofundado para um material didático mais complexo, trazendo variações que também podem ocorrer no dia a dia e situações hipotéticas para uma melhor compreensão dos estudantes. Esta monografia é apenas um ponto de partida para um trabalho que pode ser melhor desenvolvido futuramente e que possa servir de inspiração para as maiores relações da Física com o cotidiano, pois, transmitir os assuntos em uma linguagem didaticamente acessível aos estudantes é um desafio a ser enfrentado, sobretudo se o intuito for introduzi-los nos currículos escolares, a título de complementação. Se alguns professores estão despreparados para exercer a tarefa, é imprescindível que se tenha atenção sobre eles, para melhorar sua formação, dotá-los de recursos e meios para que possam ter um domínio suficiente sobre o conteúdo e transmiti-lo da melhor forma para seus alunos.

Os resultados aqui apresentados apontam para a continuidade de trabalhos nessa linha de pesquisa, verificando a possibilidade de uma proposta de uma melhor ‘formação’ dos professores e o uso de instrumentos para uma melhor contextualização dos conteúdos, no qual os estudantes possam exercitar os conceitos e modelos aprendidos no cotidiano, o que pode criar uma relação positiva frente à Física.

REFERÊNCIAS

- ARAÚJO, M. S.T.; ABID, M. L.V. S. - **Atividades experimentais no ensino de Física: diferentes enfoques, diferentes finalidades.** Revista Brasileira de Ensino de Física. vol.25. São Paulo (2003).
- ARAUJO, I. S.; MAZUR, E. **Instruções pelos Colegas e ensino sob medida: uma proposta para o engajamento do aluno no processo de ensino-aprendizagem de Física.** Cad. Bras. Ens. Fís., v. 30, n. 2: p. 362-384, agosto, 2013.
- AUSUBEL, David P. **A natureza e medida da criatividade.** Psychologia: An International Journal of Psychology in the Orient , 1978.
- BARBIERI, P. F. **Reavaliação e rememoração dos conceitos da Mecânica geral com análises geométricas e/ou gráficas: máquinas simples.** Parte II. Revista Brasileira de Ensino de Física, v. 33, n. 4, p. 4305-4305, 2011.
- BARBOSA FA, Machado CBH, Rodrigues Júnior E, Linhares MP. **Abordagem “Ciência, Tecnologia e Sociedade” (CTS) no ensino de Física: uma proposta na formação inicial de professores.** Rev Ens Pesqui. 2017; 15(1):158- 178.
- BARRA, V. M.; LORENZ, K. M. **Produção de materiais didáticos de ciências no Brasil: período: 1950 a 1980.** Ciência e Cultura, v. 38, n. 12, p. 1970-1983, dez. 1986.
- BORGES, Valter Divino. **As leis de newton e a sua interdisciplinaridade.** 2020.
- BRASIL. Ministério da Educação. Secretaria de Educação Fundamental. **Parâmetros Curriculares Nacionais+: Ensino Médio/Orientações Complementares aos Parâmetros Curriculares Nacionais.** Brasília, 2002. Disponível em: <<http://portal.mec.gov.br/seb/arquivos/pdf/cienciasnatureza.pdf>>. Último acesso em: 22 de novembro de 2020.
- BRASIL, **Parâmetros Curriculares Nacionais: Ensino Médio** (Ministério da Educação, Brasília, 1999).
- BRENNAN, R. **Gigantes da Física. Uma história da Física Moderna.** Através de oito biografias. Rio de Janeiro: ZAHAR, 1998.
- CÁRDENAS, Y. N. (2012). **O lúdico no processo de ensino e aprendizagem de crianças da 1ª a 4ª série.** Revista Digital EFDeportes 16(165). Disponível em : <https://www.efdeportes.com/efd165/o-ludico-no-processo-de-ensino-e-aprendizagem.htm>. Acesso: nov. 2020.
- CARVALHO, A. M. P. **Física: uma proposta construtivista.** São Paulo: EPU LTDA, 1989. 65p.
- CENTRO DE FORMAÇÃO E APERFEIÇOAMENTO DE PRAÇAS DO CORPO DE BOMBEIROS DO RIO DE JANEIRO – **Apostilha curso 2008 – Legislação do Bombeiro Militar** –
http://www.dgei.cbmerj.rj.gov.br/documentos/CFC_AUX_ENF_CFSD_MOT/Apostila_LBM_CFC.pdf.

COLETÂNEA DE MANUAIS TÉCNICOS DE BOMBEIROS – PMESP, **Salvamento em Altura**. 1ª Edição, Volume 26, 2006.

COSTA, Carlos MD'I. **Os corpos de bombeiros militares emancipados das polícias militares: prospecção e análise dos parâmetros norteadores do seu “desenho” organizacional**. 2002. 224 f. 2002. Tese de Doutorado. Dissertação (Mestrado em Administração Pública), Rio de Janeiro, Fundação Getúlio Vargas.

CHASSOT, A. **O Ensino de ciências no começo da segunda metade do século da tecnologia**. In: O currículo de ciências em debate. Campinas, SP: Papirus, 2004.

DA SILVA, Jonas. C.; NONENMACHER, Sandra. Elisabet. B. **O ensino das leis de Newton a partir das concepções prévias dos alunos e de mapas conceituais**. Ensino Em Re-Vista, Uberlândia-MG, v.25, n.02, p. 431-451, mai./ago. 2018. DOI: <http://dx.doi.org/10.14393ER-v25n2a2018-9>.

DOS SANTOS, Ramon Alves et al. **Abordagens das leis de newton em livros didáticos**. 2020

GARCIA, Carlos Marcelo. **Formação de professores—para uma mudança educativa, trad.** Isabel Narciso, Porto, Portugal: Porto Editora, 1999.

GIL, Antônio Carlos. **Como Elaborar Projetos de Pesquisa**.4. ed. São Paulo: Atlas, 2002.

GOBBI, S.; VILLAR, R.; ZAGO, A. S. **Bases teórico-práticas do condicionamento físico**. Rio de Janeiro: Guanabara Koogan, 2005.

GONZAGA JÚNIOR, H. L. **O uso de sistemas multiplicadores de força nas ocorrências de salvamento do corpo de bombeiros militar do estado de Goiás no âmbito do 1º BBM**. GOIÂNIA – GO. 2013.

GLEDHILL, N.; JAMNIK, V. K. **Characterization of the physical demands of firefighting**. Canadian journal of sport sciences, v. 17, issue 3, September, p.207-213, 1992.

GLEICK, James. **Isaac Newton: uma biografia**. Editora Companhia das Letras, 2004.

HALLIDAY, David; RESNICK, Robert; WALKER, Jearl. **Fundamentos de Física 1: Mecânica**. Rio de Janeiro: Livros Técnicos e Científicos, 1996.

HEIMBURG, E. V., MEDBO, J. I. **Energy cost of the trondheim firefighter test for experienced firefighters**. International Journal of Occupational safety and ergonomics, v. 19, n. 02, p. 211-225, 2013.

HELERBROCK, Rafael. **Torque**. Brasil Escola. 2018. Disponível em: <<https://brasilecola.uol.com.br/fisica/torque-uma-forca.htm>>. Acesso em 02 de maio de 2021.

JAHNKE, S.A. et al. **High-intensity fitness training among a National Sample of Male Career firefighters**. Safety and Health at work, 6, p. 71-74, 2015.

JÚNIOR, Joab Silas da Silva. **Roldanas**. Brasil Escola. 2019. Disponível em: <https://brasilecola.uol.com.br/fisica/roldanas.htm>. Acesso em 05 de maio de 2021.

KRASILCHIK, M. O professor e o currículo das ciências. São Paulo, EPU: EDUSP, 1987.
MAIA, L. P. M.; Guia Metodológico para cadernos MEC – Física. Rio de Janeiro: FENAME, 1973.

MARCONI, Marina de Andrade; LAKATOS, Eva Maria. **Metodologia científica**. - 4. ed. - São Paulo: Atlas 2004.

MANUAL OPERACIONAL DE BOMBEIROS: **RESGATE PRÉ-HOSPITALAR** /CORPO DE BOMBEIROS MILITAR DO ESTADO DE GOIÁS. – Goiânia: - 2016.

MENEZES, Luciene da Silva et al. **Sequência didática para aprendizagem ativa das Leis de Newton**. 2016.

MOREIRA, M. A. **A pesquisa básica em educação em Ciências: uma visão pessoal**. Porto Alegre: Instituto de Física, UFRGS, 2003. Disponível em: <https://www.if.ufrgs.br/~moreira/Pesquisa.pdf>. Acesso em: 12 de out. 2020.

MOREIRA, Marco Antonio. **Grandes desafios para o ensino da física na educação contemporânea**. Revista do Professor de Física, v. 1, n. 1, p. 1-13, 2017.

NARDI, R.. **Memórias da Educação em Ciências no Brasil: a pesquisa em ensino de Física**. In: Investigação em Ensino de Ciências – V10(1), PP. 63-101, 2005.

NEWTON, Isaac. **Principia: Princípios Matemáticos de Filosofia Natural** - Livro I. 2. ed. São Paulo: EDUSP, 2008. 325p.

PINTO, Alexandre Custódio; ZANETIC, João. **É possível levar a física quântica para o ensino médio?** Caderno Brasileiro de Ensino de Física, v. 16, n. 1, p. 7-34, 1999.

POPLIN, Gerald S. et al. **Fire fit: assessing comprehensive fitness and injury risk in the fire service**. International archives of occupational and environmental health, v. 89, n. 2, p. 251-259, 2016.

QUEIROZ, Maria Neuza Almeida; HOSOUME, Yassuko. **Ensino de física no brasil nas décadas de 1960-1970 na perspectiva dos projetos inovadores pssc, pef e fai**. XVI Encontro de Pesquisa em Ensino de Física – Natal – 2016.

ROSINSKI, M. I. **Aplicações das leis de newton em nosso cotidiano**. Paranaíba. 2013.

REIS, Edson Dias. **Física nas atividades rústicas aplicando a metodologia de Paulo Freire**. 2006.

RICARDO, H. Competências; ZYLBERSZTAJN, Arden; ANGOTTI, José André P. Competências. **Interdisciplinaridade e Contextualização: dos Parâmetros Curriculares Nacionais a uma compreensão para o ensino das ciências**. 2005. Tese de Doutorado. Tese (Doutorado em Educação Científica e Tecnológica) -Universidade Federal de Santa Catarina.

RICO, Rosi. **Conheça e entenda as competências gerais da BNCC**. 2018. Disponível em: <<https://novaescola.org.br/bncc/conteudo/5/competencia-1-conhecimento>>. Acesso em: 26 de abr 2021.

RODRIGUES, I. G.; HAMBURGER, E. W. **O “Grupo de Ensino” do IFUSP: histórico e atividades**. Instituto de Física. Universidade de São Paulo. Publicações. IFUSP/P-1035, março/1993.

SANTOS, Valdilson Noberto dos et al. **Uma sequência didática para o estudo das leis de Newton e suas aplicações**. 2019.

SEVERINO, Antônio Joaquim. **Metodologia do Trabalho Científico**. 24. ed. São Paulo: Cortez, 2016.

SILVÉRIO, Antônio dos Anjos et al. **As dificuldades no ensino/aprendizagem da física**. 2013.

SILVA, Isa Monteiro. **O professor como mediador**. Cadernos de Pedagogia Social, n. 1, p. 117-123, 2007.

SOUSA,M.M; FALCÃO,M.G.; DIAS JÚNIOR, V.D.; FIRME,C.H.P.; CRUZ,S.G.J.; GRANDI,C.I; SILVA.A; NEVES,W.; CARVALHO,E.; LOPES,F.; ANDRADE,G.; COSTA,V. **Manual de bombeiros militar- combate a incêndio urbano**. Belo Horizonte, 2020. Disponível em: <<https://nery.net.br/documentos/CAIXA%20PRETA/Bibliografia%20CFS%202021/3.17%20Manual%20de%20Bombeiro%20Militar%20-%20Combate%20a%20inc%C3%AAndio%20Urbano%20ed.%20n%C2%BA%201%2C%20aprovado%20pela%20Res.%20n%C2%BA.pdf>>. Último acesso: 04 de maio de 2021.

SOUZA JUNIOR, J. T. **Regulamentação da atividade de Bombeiros comunitário**. Monografia apresentada no Curso de Pós-Graduação em Segurança Pública, Universidade do Sul de Santa Catarina. 1999.

VILLANI, A.; PACCA, J. L. A.; KISHINAMI, R. I.; HOSOUME, Y. **Analisando o ensino de física: contribuições de pesquisas com enfoques diferentes**. Rev. Ens. Fis., v. 38, n. 3, p. 24-51, 1982.

WERTSCH, J. V. **Mind as action**. New York: Oxford University Press, 1998.