

TEORIA DA VANTAGEM MECÂNICA NOS SISTEMAS SIMPLES DE MULTIPLICAÇÃO DE FORÇAS EM ATIVIDADES DE SALVAMENTO: DOCTRINA *VERSUS* PRÁTICA

*Humberto Alves Nogueira*¹
<https://orcid.org/0009-0002-4911-7376>

RESUMO

O presente artigo tem como objetivo analisar o nível de conhecimento dos bombeiros militares de vinte e quatro Estados abordando a seguinte temática: teoria da vantagem mecânica nos sistemas de multiplicação de forças utilizados em busca, resgate e salvamento. Após isso, comparar esse nível de conhecimento com a vantagem mecânica real dos principais sistemas em variadas configurações. A realização desse estudo se deu por meio de levantamentos de procedimentos junto aos Corpos de Bombeiros e de realização de experimento prático, visando aferir a vantagem mecânica desses sistemas com a utilização de material apropriado. Os resultados mostram a existência de pontos de conflito entre a doutrina e a compreensão dos militares sobre o tema, sobretudo nos sistemas ímpares de multiplicação de forças, devido às peculiaridades da atividade bombeiro militar. Os resultados experimentais apontam que o sistema de multiplicação de forças mais utilizado na atividade bombeiro militar é o 3:1 e na configuração usada em operações, onde a força aplicada é no sentido de cima para baixo, apresenta vantagem mecânica real similar ao sistema 4:1 descrito na literatura científica. Conclui-se que o plano político-pedagógico dos cursos da carreira bombeiro militar, além do ensino de procedimentos práticos e operacionais sobre sistemas, necessita da abordagem do conteúdo teórico relativo à vantagem mecânica com uso de roldanas e polias.

Palavras-chave: Roldanas e Polias; Salvamento; Sistemas de multiplicação de força; Vantagem mecânica.

¹ 2º Tenente do Quadro de Oficiais Combatentes do Corpo de Bombeiros Militar de Roraima. Bacharel em Farmácia e Bioquímica pela Universidade Paulista (2010), Bacharel em Segurança Pública e Defesa Social pela Academia de Polícia Integrada APICS/Universidade Estadual de Roraima (2022); e-mail: humbertoalvesnogueira@gmail.com

**THEORY OF MECHANICAL ADVANTAGE IN SIMPLE FORCE
MULTIPLICATION SYSTEMS IN RESCUE ACTIVITIES:
TEACHING *VERSUS* PRACTICE**

ABSTRACT

This article aims to analyze the level of knowledge of military firefighters from twenty-four states addressing the following theme: theory of mechanical advantage in force multiplication systems used in rescue. After that, compare this level of knowledge with the real mechanical advantage of the main systems in various configurations. This study was carried out through surveys of procedures with the Fire Departments and by carrying out a practical experiment, in order to assess the mechanical advantage of these systems with the use of appropriate material. The results show the existence of points of conflict between the doctrine and the understanding of the military on the subject, especially in the odd systems of force multiplication, due to the peculiarities of the military firefighter activity. The experimental results indicate that the most commonly used force multiplication system in military firefighter activities is 3:1, and in the configuration used in operations, where the force is applied from top to bottom, it presents a real mechanical advantage similar to the 4:1 system described in scientific literature. It is concluded that the political-pedagogical plan of the military firefighter career courses, in addition to the teaching of practical and operational procedures on systems, needs to address the theoretical content related to the mechanical advantage with the use of pulleys.

Keywords: Pulleys. Rescue. Force multiplication systems. Mechanical advantage.

Artigo Recebido em 29/06/2023
Aceito em 11/11/2023
Publicado em 20/12/2023

1 INTRODUÇÃO

O homem por meio das descobertas e criações, ao longo da sua evolução, começou a analisar e compreender a natureza até que pudesse controlá-la e aproveitá-la. Levantar e locomover grandes pesos, acima de sua capacidade muscular, o levou a criar instrumentos que facilitassem sua ação e ampliasse a força aplicada (PMESP-CCB, 2006a, p. 78).

Não é incomum o ser humano se valer de estratégias e engenhosidades para desempenhar as mais variadas tarefas, que ocorrem desde a antiguidade. Aos sistemas que permitem ganho extra da força humana empregada na execução da pesquisa, dá-se o nome de vantagens mecânicas. É possível citar como exemplo o plano inclinado, as alavancas e as roldanas, estas últimas são objeto da nossa análise pois são empregadas amplamente no universo de atuação do Corpo de Bombeiros. Face a isto, questiona-se: os militares do Corpo de Bombeiros, possuem conhecimentos teóricos acerca dos sistemas de multiplicação de forças, com a sua respectiva vantagem mecânica real, nas principais configurações que podem ser utilizadas nas atividades do trabalho bombeiro militar?

Neste contexto, a pesquisa irá realizar a aplicação dos princípios da dinâmica nos sistemas de multiplicação de forças com uso de roldanas em diversas configurações utilizadas pelos Corpos de Bombeiros. Dentro da área de conhecimento da Dinâmica aplicada, pode-se obter fundo conceitual e teórico para a análise das diversas configurações de sistemas de multiplicação de forças usados pelas Corporações Bombeiro Militares, bem como definir a vantagem mecânica proporcionada por cada um deles, além de avaliar se o conhecimento teórico recebido pelos bombeiros militares nos cursos de formação/especialização/aperfeiçoamento está de acordo com o descrito nas literaturas científicas da dinâmica.

O tema aqui abordado permite uma relação entre a teoria da vantagem mecânica nos sistemas simples de multiplicação de forças em atividades de salvamento. É a teoria relacionada à prática.

O objetivo da pesquisa é comparar a adequação do nível de conhecimento teórico dos bombeiros militares de diversos Estados acerca dos sistemas de multiplicação de forças com a vantagem mecânica real dos principais sistemas. Além disto, foram traçados os objetivos específicos, que permitiram de forma simplificada a facilitação do alcance dos resultados, sendo: Aferir por meio de levantamento (aplicação de questionário) os conhecimentos adquiridos pelos bombeiros militares acerca dos sistemas de multiplicação de forças; Identificar por meio de procedimento experimental a vantagem mecânica real dos principais sistemas de multiplicação de forças em suas configurações variadas; Analisar a relação entre o conhecimento técnico e teoria física relacionada a vantagem mecânica dos sistemas de multiplicação de forças no universo bombeiro militar.

A pesquisa se justifica pelo seu cunho social, científico e pessoal/profissional e a sua abordagem metodológica mista do tipo quali-quantitativa de natureza aplicada, que relaciona os conhecimentos teóricos acerca do tema com a atividade bombeiro militar.

No campo da metodologia, houve abordagem qualitativa para análise dos resultados da pesquisa por meio de questionário e quantitativa para a análise dos resultados decorrentes do experimento prático de aferição da relação de forças nas diversas configurações de sistemas de roldanas. Todas as considerações reflexivas da presente pesquisa orbitam na integração entre as duas abordagens.

Foi realizada ainda a pesquisa bibliográfica, para melhor compreensão dos conceitos e modelos apresentados. Quanto aos procedimentos de revisão da bibliografia, foram consultadas as principais plataformas de busca por periódicos (SciELO, Google Acadêmico, CAPES Periódicos) com o uso dos descritores: “vantagem mecânica”; “multiplicação de força”; “polias”; “roldanas”;

“sistema”; “salvamento”; “bombeiro militar” além das expressões respectivas em inglês e da combinação entre elas com uso de diferentes filtros para os últimos cinco anos, porém os resultados denotam a diminuta produção científica sobre o tema na perspectiva estudada, dificultando a correlação entre pesquisas atuais semelhantes.

O objetivo do estudo é do tipo descritivo. Houve a aplicação de questionários aos militares, por meio de formulário digital (*Google Forms*), cuja aplicação se deu no âmbito dos Corpos de Bombeiros de vários Estados da Federação, realizada entre 16 de fevereiro de 2022 e 21 de abril de 2022, totalizando 64 (sessenta e quatro) dias, contendo 22 perguntas e 1 opção voluntária para *feedback* por *e-mail* após finalização da pesquisa. A amostra se deu com 186 (cento e oitenta e seis) militares, total de respostas recebidas por meio do formulário advindos de militares de 24 Estados.

Segundo o 16º Anuário Brasileiro de Segurança Pública de 2022, no Brasil existem um total de 55.072 bombeiros militares na ativa (FÓRUM BRASILEIRO DE SEGURANÇA PÚBLICA, 2022, p. 457), o que indica que a amostra possui representatividade aproximada de 0,34% da população alvo. A baixa representatividade da amostra frente a população não desclassifica a análise realizada, pois o conhecimento difundido no seio das Corporações é relativamente homogêneo no que se refere a doutrina, com os principais manuais operacionais referenciados servindo como base teórica para a formação das praças e dos oficiais bombeiro militares.

Para o alcance dos resultados, a fim de discutir a doutrina bombeiro militar e a prática, foi utilizado o procedimento experimental para verificação da vantagem mecânica real proporcionada pelos sistemas mais utilizados na atividade de salvamento, em suas variadas configurações, de modo a correlacionar os dados obtidos.

O experimento prático por meio da análise experimental, de forma geral, gira em torno do material “roldana” ou “polia”, cuja aplicação em conjunto com outros materiais constitui o objeto de estudos deste artigo: vantagem mecânica

dos sistemas de multiplicação de forças. Esse conceito é largamente empregado na atividade bombeiro militar, principalmente pelas guarnições de salvamento que, não raramente, necessitam da aplicação da teoria de multiplicação de forças para içar ou tracionar pesos bem maiores que a capacidade muscular humana para içá-los.

O material de estudo foi organizado com base nos objetivos da pesquisa, onde os materiais experimentais foram: 1 corda semi-estática K2 11,5mm NBR laranja, carga de ruptura: 33KN, comprimento 8m; 5 cordeletes de 7mm marca K2 na cor laranja ruptura: 700Kg; 2 polias duplas oscilantes *usclimb* 30KN CE UIAA para corda até 16mm, altura: 143mm, largura: 82mm; 3 polias oscilantes 30KN alumínio *usclimb* para corda até 16mm CE UIAA, altura: 121mm, largura: 82mm; 5 mosquetões *sideup* alumínio D trava automática 30KN CE EN preto, carga de ruptura: 30KN, dimensões: 110mm x 74mm; 1 balança eletrônica digital industrial, capacidade: 300Kg, *crane scale*, margem de erro de 100g, utilizada como dinamômetro; 8 anilhas de musculação de ferro, com 25Kg de massa cada.

Visando aferir a vantagem mecânica real dos sistemas 3:1, 4:1, 5:1 e 6:1, em diferentes configurações, com a utilização de uma balança eletrônica apropriada, foram montados os sistemas nas dependências da Companhia de Busca e Salvamento (CBS) do Corpo de Bombeiros Militar do Estado de Roraima (CBMRR), a fim de se obter resultados que permitiram atingir o objetivo da presente pesquisa.

2 REFERENCIAL TEÓRICO

2.1 CONCEITOS E DEFINIÇÕES

A pesquisa traz as análises dos resultados e discussões da teoria de vantagem mecânica, aplicada sobre as perspectivas das atividades do bombeiro militar. Vale ressaltar que existem lacunas entre o conhecimento dos militares e a teoria física de vantagem mecânica, observada em manuais e na doutrina acerca do tema. Identificar essas lacunas constitui uma das

pretensões que motivaram a presente pesquisa, desdobrando-se, para isso, nos objetivos gerais e específicos.

Antes de iniciar as descrições do método experimental, é importante colocar à luz alguns conceitos que irão conduzir todo encadeamento lógico da análise doravante, e ter como padrão experimental a análise apenas dos sistemas classificados em Sistemas Simples Estendidos.

Conforme Gonzaga Júnior (2013, s/p):

Chamamos de sistemas simples aqueles que cuja força de tração incide diretamente sobre a carga ou sobre a corda a que a carga se encontra ancorada. Os sistemas simples de acordo com sua montagem são divididos em: estendidos, reduzidos ou independentes. Para o cálculo da vantagem mecânica nos sistemas simples, basta somar o número de ramais de corda que saem da carga ou do bloqueador. Quanto aos sistemas estendidos, a corda percorre todo espaço entre o ponto fixo e o ponto móvel (carga). Apesar de sua simplicidade, verifica-se que quanto maior a vantagem mecânica adquirida, maior a quantidade de corda empregada (GONZAGA JÚNIOR, 2013, s/p).

O termo Roldanas, também chamadas de Polias (no presente artigo os dois termos serão tratados como sinônimos), são máquinas simples utilizadas para facilitar a execução de um trabalho. Estas máquinas são constituídas de um disco giratório feito de um material rígido, metal, plástico ou madeira, dotado de canal na periferia que gira em torno de um eixo central (POLÔNIO, 2018).

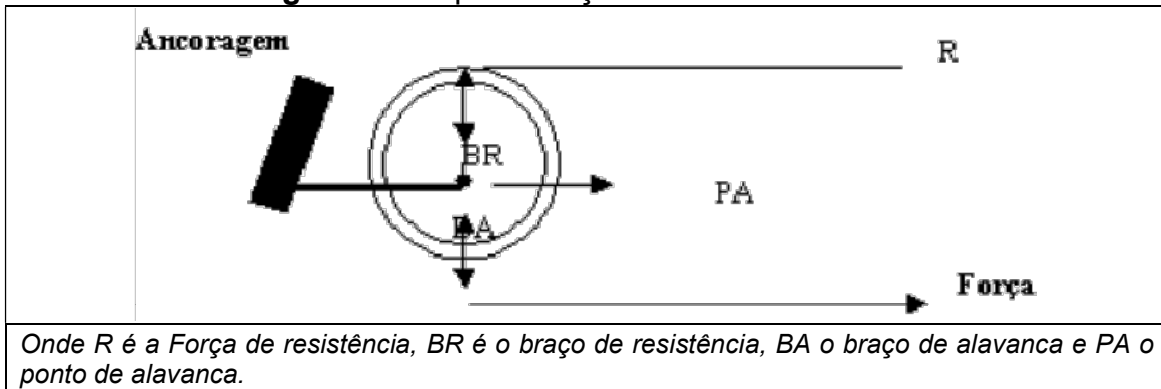
Em outras palavras, segundo Astro (2022), as roldanas são dispositivos compostos por uma roda sulcada que gira livremente em um eixo, podendo transferir movimento e energia de um objeto para outro. As roldanas podem ser fixas ou móveis.

As roldanas fixas (Figura 1) são presas a um suporte impedindo qualquer translação, não trazendo vantagem mecânica, porém facilitando a realização de um esforço ao puxar algum objeto (ASTRO, 2022). Em outras palavras, as roldanas fixas estão ligadas a um ponto fixo.

Nessa mesma linha, segundo PMESP-CCB (2006a, p. 84), a roldana que está ligada ao ponto fixo funciona como uma alavanca interfixa, sendo um dos raios equivalente ao braço de ação e o outro ao braço de resistência, onde

o ponto de apoio está no meio da alavanca, por esse motivo é que não aumenta a força aplicada. Em regra, somente polias móveis proporcionam vantagem mecânica (Figura 1):

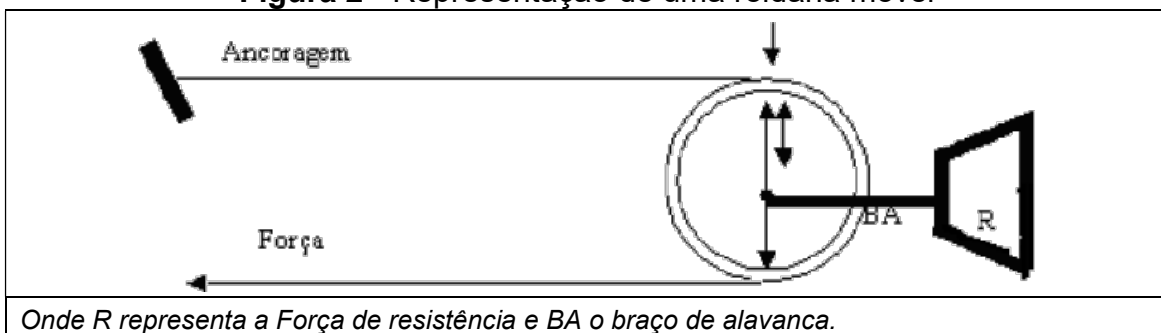
Figura 1 – Representação de uma roldana fixa



Fonte: PMESP-CCB (2006a, p. 85).

Para Polônio (2018), roldana móvel (Figura 2) é aquela cujo eixo é livre, permitindo rotações e translações. Apoia-se sobre o próprio fio onde a força resistente é aplicada no eixo da polia, enquanto a força potente age no extremo do fio livre. Segundo Aguiar (2013 *apud* GONZAGA JÚNIOR, 2013), a polia móvel é a que se movimenta com a carga, sempre que ocorrer um deslocamento no sistema, que também irá se deslocar. Isto significa que roldanas móveis são aquelas cujo eixo está afixado no ponto móvel (Figura 2):

Figura 2 - Representação de uma roldana móvel

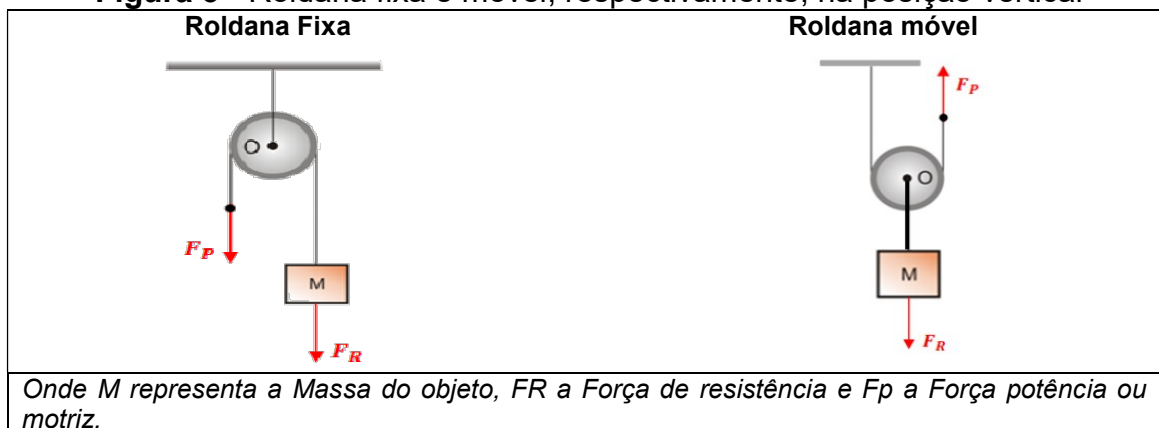


Fonte: PMESP-CCB (2006a, p. 85).

Existem as Roldanas Simples, que são aquelas compostas por um único disco giratório sobre um eixo. As Roldanas Duplas, são aquelas compostas por dois discos giratórios sobre um eixo.

Para melhor compreensão, seguem as representações de uma roldana fixa e uma roldana móvel (Figura 3), que, respectivamente, encontram-se em posição vertical em relação ao sentido da Força resistência:

Figura 3 - Roldana fixa e móvel, respectivamente, na posição vertical

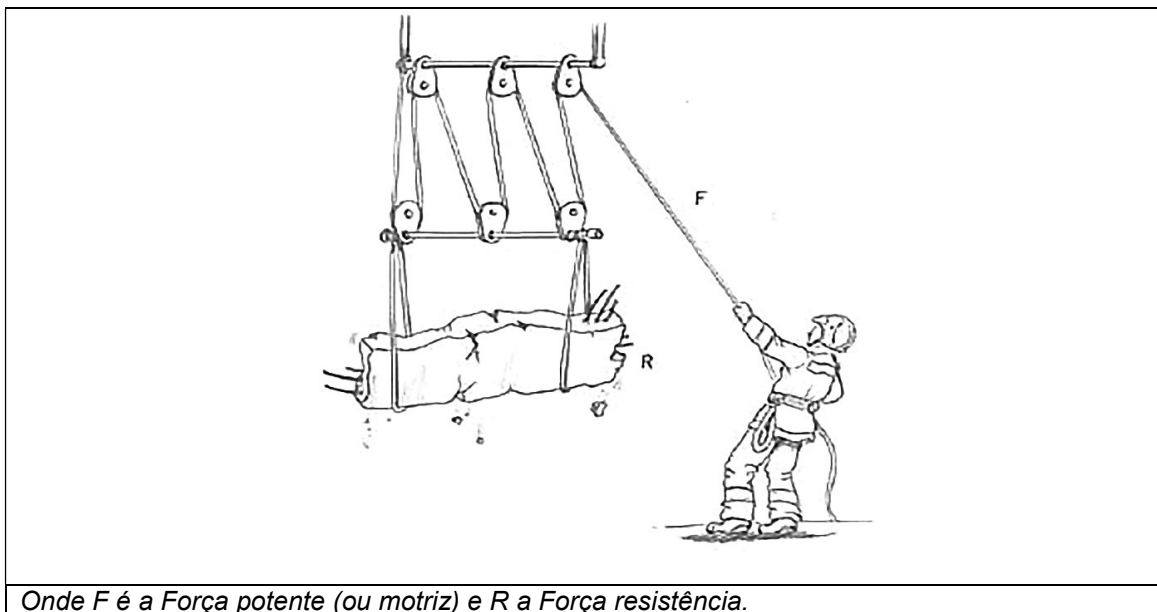


Fonte: Polônio (2018).

Outra configuração é o cadernal, um sistema constituído pela associação de moitões (sistema constituído pela associação de uma roldana fixa com uma roldana móvel por onde passa um cabo ou corda a fim de multiplicar a força), ou seja, possui várias roldanas fixas solidárias ao mesmo eixo e várias roldanas móveis solidárias ao mesmo eixo, sempre em números equivalentes, por onde passam cabos ou cordas a fim de multiplicar força (PMESP-CCB, 2006a, p. 83).

Uma característica importante do cadernal é a existência de apenas uma corda perpassando por todas as roldanas (KERBER, 1981). O Cadernal é um sistema simples sobre o qual o presente artigo analisa (Figura 4).

Figura 4 - Bombeiro içando parte de uma estrutura utilizando um cadernal



Onde F é a Força potente (ou motriz) e R a Força resistência.

Fonte: PMESP-CCB (2006a, p. 83).

Conforme o Manual de salvamento terrestre da PMESP-CCB (2006a):

Por multiplicadores de força, entendem-se os mecanismos utilizados com intuito de multiplicar a força, aumentando a vantagem mecânica de modo a facilitar o deslocamento de um peso. Já a vantagem mecânica é a relação entre a força que temos que aplicar para mover uma carga que queremos elevar e o peso desta. A Vantagem mecânica real leva em conta os atritos com os mosquetões, polias e a abrasão.

2.2 APLICAÇÃO NO CAMPO BOMBEIRO MILITAR

Para Gonzaga Júnior (2013, s/p), “o emprego de roldanas, máquinas simples, é de fundamental importância nas ações do Corpo de Bombeiros, principalmente nos salvamentos”. Há rotineiramente a necessidade de deslocamento de pesos que o ser humano não suporta, como ocorre rotineiramente nas mais diversas ocorrências, dentre as quais é possível citar exemplos como: a retirada de animais em poços e galerias, no içamento de materiais de grande porte, como vigas, carros ou vítimas e o tracionamento de cabos.

Em igual entendimento, para PMESP-CCB (2006a, p. 82), as roldanas são as máquinas simples mais usadas nas ocorrências do Corpo de Bombeiros

que envolvem salvamentos, isso porque, dadas as suas possibilidades de combinações, possibilitam diversos graus de vantagem mecânica.

Gonzaga Júnior (2013, s/p) justifica essa importância ao observar que:

O Corpo de Bombeiros do Estado de Goiás (CBMGO) têm atendido nos últimos anos inúmeras ocorrências de salvamento em altura e terrestre em todo o Estado. Em 2011 até o mês de novembro de 2013, foram atendidos 591 (quinhentos e noventa e uma) ocorrências, que incluem tentativas de autoextermínio e buscas e salvamentos de pessoas e animais em poços e cisternas.

É possível, portanto, inferir que as polias são de uma utilidade inquestionável dentro de uma montagem de sistemas de tração, já que diminuem atritos e facilitam em grande parte as manobras (ARAÚJO, s/d.).

2.3 PRINCÍPIOS FÍSICOS DA VANTAGEM MECÂNICA

Em síntese, as roldanas fixas, servem para mudar a direção da força aplicada para içar a carga que se pretende movimentar, enquanto as roldanas móveis servem para promover a vantagem mecânica por meio da divisão de forças.

Para Toffoli (2022), a cada polia móvel colocada no sistema, a força fica reduzida à metade, esta é uma característica que consiste em vantagem mecânica. Porém, uma informação extremamente relevante é trazida por PMESP-CCB (2006a, p. 84), ao registrar que a observação do número de polias móveis, por si só, não constitui a maneira mais adequada de definir a vantagem mecânica. Significa dizer que a vantagem mecânica na prática é definida pelo conjunto e não pela roldana móvel propriamente dita.

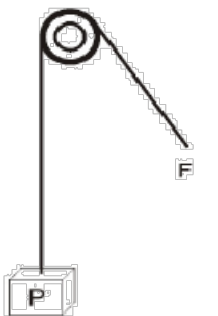
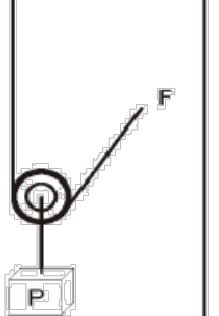
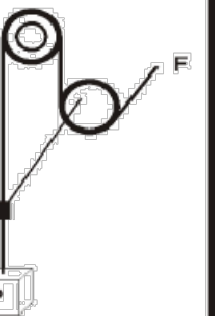
A fórmula matemática para o cálculo da vantagem mecânica em um cadernal, segundo Silas (2022) é $F = P/2.n$, onde “F” significa força para uma elevação, o “P” é o Peso do objeto e o “n” é o número de roldanas móveis que compõe o cadernal. Ao analisar a fórmula “ $F = P/2.n$ ” é possível identificar que a Força “F” (Módulo da Força motriz) é reduzida na medida em que se aumentam o número de roldanas móveis do sistema. Essa fórmula servirá de balizamento para análise experimental da presente pesquisa. Ressalta-se que para aplicação matemática da fórmula, os valores representativos das Forças

devem ser positivos, ou seja, maior que zero, devido à condição em que “F” e “P” são vetores na sua concepção. Por esse motivo, a fórmula mais adequada para o cálculo matemático é $|F| = |P|/2.n$, com valores dados em módulo.

A utilização do módulo na fórmula para o cálculo da vantagem mecânica se deve pelo fato de que “F” e “P” são grandezas vetoriais, cuja origem está no enunciado da 2ª Lei de Newton: $\vec{F}_x = m \cdot \vec{a}_x$, onde o produto entre a grandeza escalar “massa” m pela grandeza vetorial “aceleração” \vec{a}_x dá origem à grandeza vetorial \vec{F}_x , composta por três informações fundamentais: módulo, direção e sentido (SALES; MAIA, 2011, p. 12, 56).

Observando a análise quantitativa trazida por Araújo (s/d.), onde há representação de algumas configurações de sistemas, a primeira representação é denominada como Sistema 1:1, na segunda o Sistema 2:1 e na terceira o Sistema 3:1 (Figura 5).

Figura 5 - Representação dos sistemas 1:1, 2:1 e 3:1 com as respectivas vantagens mecânicas

	Fixa	Móvel	Fixa e Móvel
Tipo de Polia:			
Força teórica	$F = P$	$F = 0,5 P$	$F = 0,33 P$
Força real com polias variável de acordo com os modelos	$F = 1,1 \text{ a } 1,5 P$	$F = 0,52 \text{ a } 0,60 P$	$F = 0,37 \text{ a } 0,50 P$
Força real com mosquetões	$F = 2 P$	$F = 0,66 P$	$F = 0,57 P$

Onde F é a Força motriz e P a força Peso, ou Resistência.

Fonte: Araújo (s/d.).

Nota-se que uma polia fixa apenas (Sistema 1:1), não proporciona vantagem mecânica, posto que $|F|=|P|$, ao passo em que uma polia móvel (Sistema 2:1) traz uma vantagem mecânica de 2 vezes, ou seja, reduz pela metade a força motriz. Já no conjunto com uma polia fixa e uma móvel (Sistema 3:1), nessa configuração a vantagem é 3 vezes maior, ou seja, reduz para $1/3$ a força motriz.

O motivo de cada polia móvel duplicar a força aplicada (motriz) é apresentada por PMESP-CCB (2006a), segundo o qual a polia ligada à resistência possui o funcionamento por meio de uma alavanca inter-resistente.

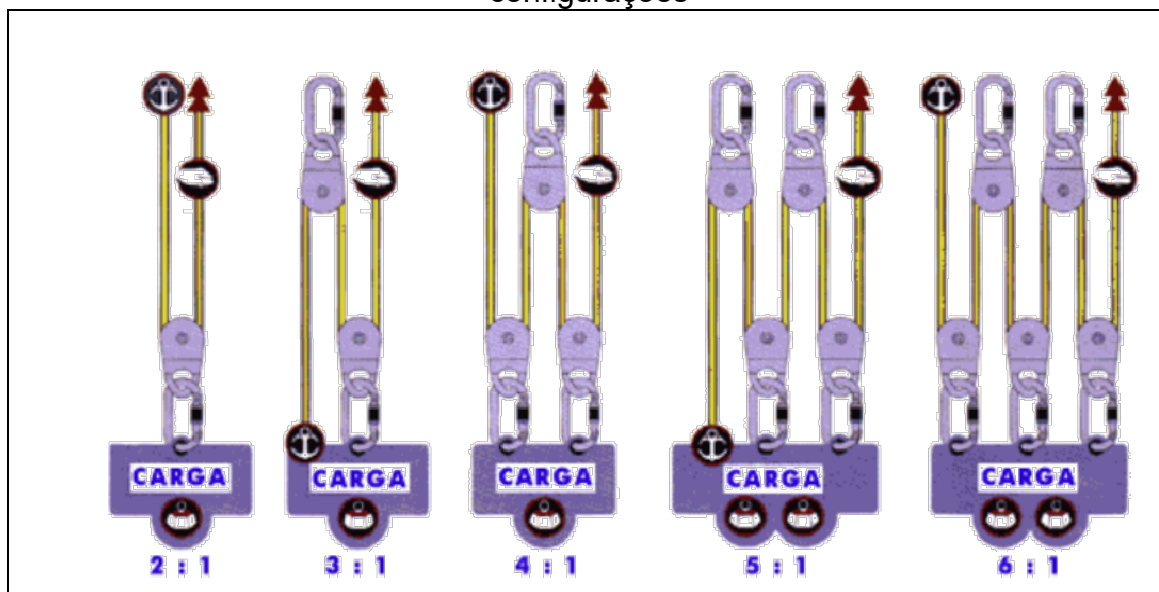
PMESP-CCB (2006a) complementa a análise dessa relação ao afirmar que “visando o maior aproveitamento da multiplicação de força, o ângulo entre os dois ramais que saem de uma roldana deve ser igual a zero, pois quanto maior o ângulo entre os ramais, menor será a vantagem mecânica”.

2.4 SISTEMAS PARES E ÍMPARES

Durante as realizações de atividades do bombeiro militar, existem diversas aplicações para os sistemas de multiplicação de forças para se utilizar a vantagem mecânica, a fim de desempenhar os mais variados trabalhos.

Na montagem do sistema simples, a primeira providência operacional é determinar onde será o ponto de ancoragem e, para tanto, tem-se apenas duas alternativas a escolher: na carga (peso) ou no ponto fixo. Assim, de acordo com a opção escolhida, tem-se um sistema ímpar (ancoragem na carga) ou um sistema par (ancoragem no ponto fixo), sendo a escolha a critério do responsável pela operação, e deve ser tomada de acordo com a situação no local e os materiais disponíveis (PMESP-CCB, 2006a, p. 87). Seguem algumas configurações possíveis (Figura 6):

Figura 6 - Representação de variados sistemas e suas respectivas configurações



Fonte: Guia vertical (2022).

Conforme a Figura 6, observa-se que em todas as configurações apresentadas como padrão, independentemente da localização do ponto de ancoragem (carga ou ponto fixo), a força motriz tem sempre a direção vertical e o sentido para cima (\uparrow). Essa observação consiste em grande parcela da problematização, pois, para aplicabilidade nas atividades dos bombeiros, os sistemas sofrem uma variação importante: o sentido da força motriz é adaptado para baixo devido a ergonomia e maior comodidade do movimento pelo bombeiro militar, podendo o este usar parte do seu peso para auxiliar na tração da corda.

Analisando as generalidades entre os tipos de sistemas, é possível dividi-los em dois grupos: Sistemas pares (2:1, 4:1, 6:1...) e Sistemas ímpares (3:1, 5:1...) onde os sistemas pares a ancoragem do cabo é realizado fora da carga que se pretende içar, ou seja, em um ponto fixo, enquanto os sistemas ímpares têm sua ancoragem realizada junto a carga que será içada, o que faz com que a própria ancoragem se desloque junto com a carga. Os sistemas ímpares serão tratados em seção própria.

2.5 SISTEMAS ÍMPARES: DOCTRINA VESUS CONFIGURAÇÃO PRÁTICA

Observando a Figura 6, nota-se que na configuração dos sistemas 3:1 e 5:1 a ancoragem (como todo sistema ímpar), está afixada na carga, mas o sentido da Força motriz é de baixo para cima (\uparrow). Na pesquisa realizada por meio de questionário (conforme Figura 17), o sentido da Força motriz aplicada nas atividades de bombeiro é descrito como de cima para baixo (\downarrow) e para que isso ocorra de modo a adequar à atividade bombeiro militar é necessária a inserção de uma polia adicional ancorada no ponto fixo. A adição dessa polia extra aos sistemas ímpares é geralmente ensinada nos cursos de formação, aperfeiçoamento e especialização bombeiro militar como tendo finalidade exclusiva de desvio de força, o que será observado nos resultados experimentais que, além de desviar o sentido de aplicação da força motriz, interfere na vantagem mecânica real do sistema.

É possível notar um ponto de conflito entre a configuração dos sistemas ímpares descritas na doutrina presentes em manuais (literatura bombeiro militar) e na configuração utilizada pelos bombeiros militares no serviço operacional. Com o objetivo de identificar e caracterizar essas divergências entre teoria e prática, foi realizado um levantamento por meio de formulário digital através do *Google Forms*, onde os resultados se somarão junto a fundamentação teórica, traçando um paralelo com o procedimento experimental de aferição da vantagem mecânica dos sistemas 3:1, 4:1, 5:1 e 6:1 em suas variadas configurações.

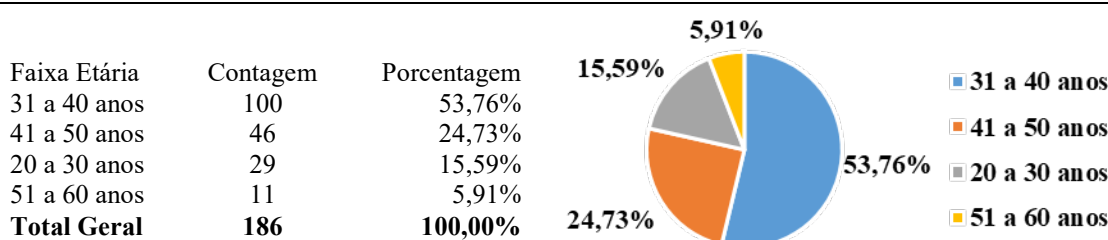
3 ANÁLISE E DISCUSSÃO DOS RESULTADOS

3.1 LEVANTAMENTO: PESQUISA DE CONHECIMENTO ADQUIRIDO

Com vistas a atingir os resultados da pesquisa, foi realizada a aplicação de questionário com perguntas determinadas, junto aos militares voluntários de Corporações Bombeiro Militares de diversas unidades da Federação, totalizando participação de 186 (cento e oitenta e seis) militares (0,34% da população total) de 24 (vinte e quatro) Estados distintos.

Os resultados que se deram na Tabela 1, fazem referência à faixa etária dos entrevistados, onde teve uma maior proporção totalizando 100 militares, o que representa 53,76% da amostra, com faixa etária entre 31 e 40 anos, ou seja, um público com idade intermediária. A menor proporção se deu com militares entre 51 e 60 anos, totalizando 11 pessoas (5,91%). É possível observar que a grande maioria dos bombeiros militares que participou do levantamento estão na faixa etária de 31 a 40 anos de idade (53,76%) e que houve pouca participação dos militares com mais de 51 anos de idade (5,91%). Não houve nenhuma participação de militares com mais de 60 anos ou com menos de 20 anos (Tabela 1):

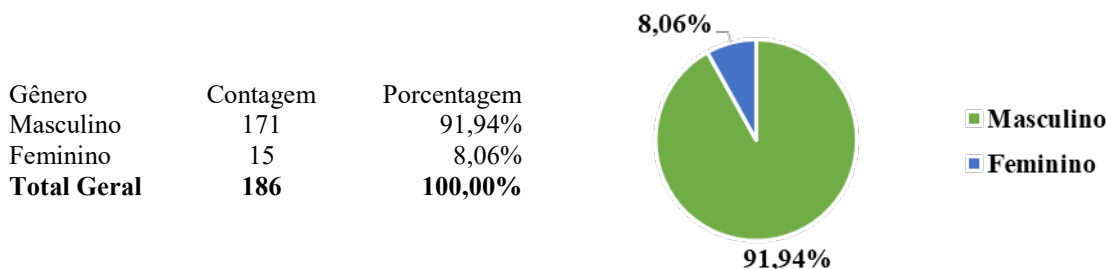
Tabela 1 - Levantamento: Faixa etária dos Bombeiros Militares



Fonte: Elaboração própria (2022).

Com base nos resultados da pesquisa ao gênero, dos 186 entrevistados, 171 são do sexo masculino (91,94%), e apenas 15 (8,06%) são do sexo feminino. Houve uma maior participação masculina à feminina. Não houve identificação não-binária. Com isso, acentua-se a utilização dos sistemas de multiplicação de forças pelo efetivo masculino para as atividades de trabalho. Essa discrepância pode encontrar razões na própria composição dos quadros dos Corpos de Bombeiros, com prevalência numérica do efetivo masculino sobre o feminino devido a existência (histórica) de percentuais menores destinados a seleção de mulheres nos certames (Tabela 2):

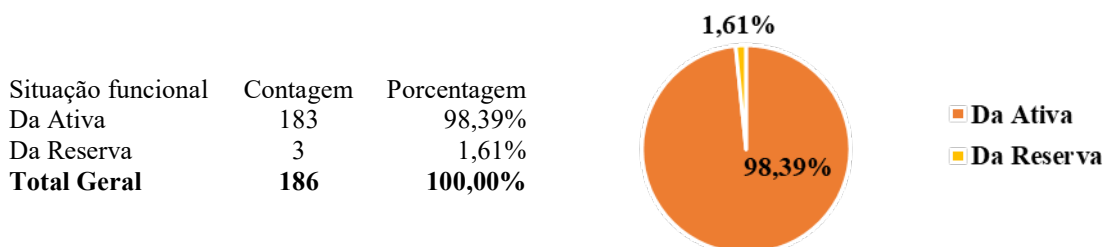
Tabela 2 - Levantamento: Gênero



Fonte: Elaboração própria (2022).

Quanto a situação funcional dos militares (Tabela 3), observou-se que a maioria dos entrevistados são da ativa, agrupando um total de 183 pessoas (98,39%), sendo apenas 3 da reserva (1,61%). Vale ressaltar que estes dados se correlacionam com os dados de faixa etária (Tabela 1). Isso significa que o quadro ativo representa uma maior proporção da amostra, o que é natural tendo em vista o meio pelo qual houve a divulgação do questionário (Grupos funcionais de *Whatsapp*); observe a (Tabela 3):

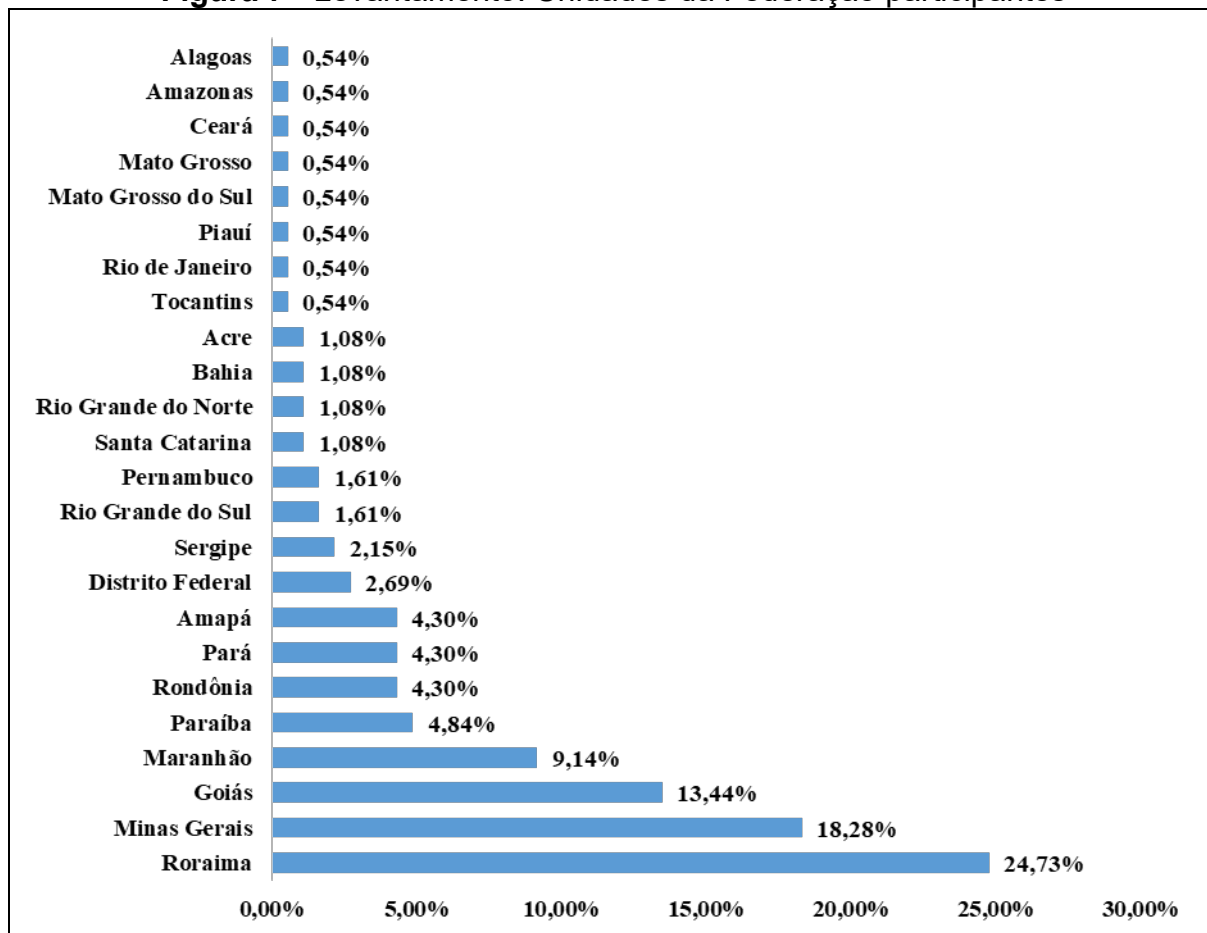
Tabela 3 - Levantamento: Situação funcional



Fonte: Elaboração própria (2022).

Fez-se necessário realizar um levantamento que identifique as Unidades de Federação de cada bombeiro militar, no que tange a unidade pela qual estão lotados e exercem as suas funções. O Estado de Roraima é onde possui a maior quantidade de bombeiros residentes naquele local (24,73%), e em segundo (18,28%) são do Estado de Minas Gerais, em terceiro (13,44%) Goiás. Os Estados que representam apenas 1 em cada (0,54%), são: Acre, Tocantins, Rio de Janeiro, Piauí, Mato Grosso do Sul, Mato Grosso, Ceará, Amazonas, e por último Alagoas (Figura 7):

Figura 7 - Levantamento: Unidades da Federação participantes



Fonte: Elaboração própria (2022).

Houve prevalência da participação dos bombeiros militares do Estado de Roraima (24,73%), naturalmente devido a proximidade geográfica com a origem da presente pesquisa e a maior divulgação entre grupos operacionais da Corporação desse Estado.

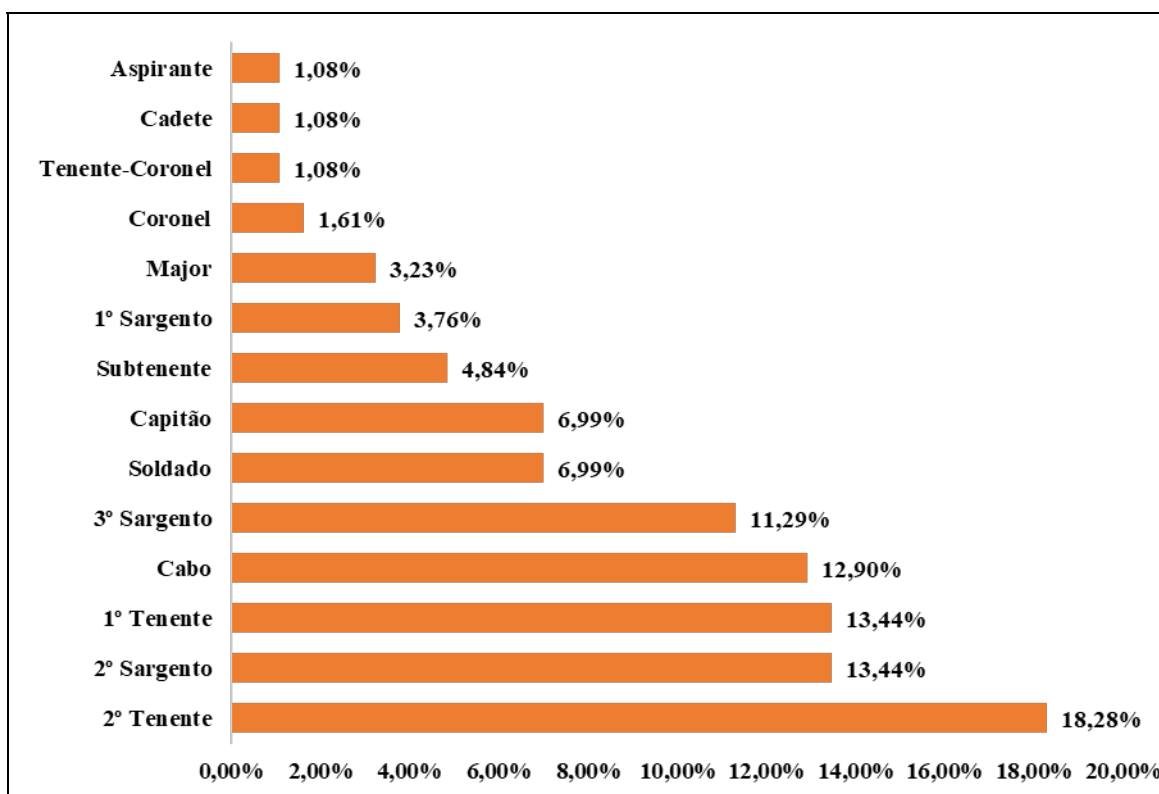
Cabe apontar grande percentual de participação de militares dos Estados de Minas Gerais e Goiás, Estados com bastante tradição na produção científica relacionada ao tema “salvamento”, fato que pode explicar maior interesse da tropa daqueles Estados pelo assunto.

Pela participação por posto/graduação dos militares, observou-se que 99 são praças, 4 são praças especiais e 83 são oficiais. Ficaram bem equilibrados os números de militares praças e oficiais. Nota-se similaridade entre a participação de oficiais e praças em percentual próximo a 50% de cada carreira

militar. É possível perceber maior interesse dos oficiais subalternos (1º e 2º Tenentes) pelo assunto (31,72% - soma do percentual de 1º e 2º Tenentes), bem como das praças cuja graduação é distribuída entre Cabos, 3º e 2º Sargentos (Tabela 4):

Tabela 4 - Levantamento: Posto/Graduação

	Contagem	Porcentagem
Praças	99	53,23
Praças especiais	4	2,15
Oficiais	83	44,62
Total Geral	186	100,00%



Fonte: Elaboração própria (2022).

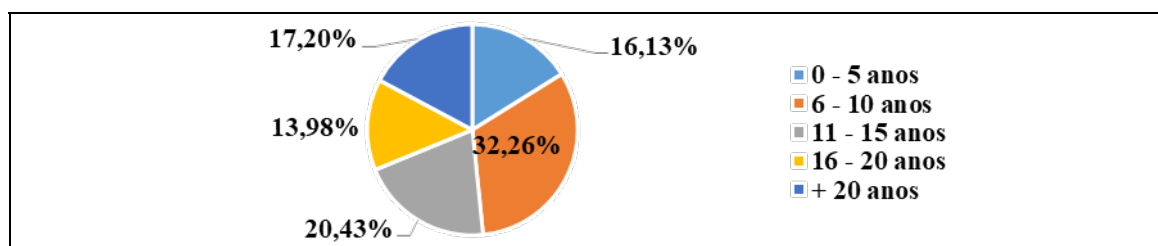
Enquanto o interesse na participação da pesquisa parece ser maior entre os oficiais em início de carreira, nas praças a participação maior é de praças graduadas (Cabo, 3º e 2º Sargento), o que denota maior interesse pelo assunto de militares em posições intermediárias na carreira de praça (37,63% - soma do percentual de Cabos, 3º e 2º Sargentos).

Quando questionados sobre o ano de incorporação no Corpo de Bombeiros, houve uma maior prevalência para quem possui entre 6 e 10 anos,

dando um total de 60 militares (32,26%). Em segundo, seguem aqueles que possuem entre 11 e 15 anos, um total de 38 (20,43%) militares. Aponta-se aí um público mais jovem em sua faixa etária. Contudo, observa-se que as proporções são parecidas. Houve grande variação das datas de incorporação, cujo intervalo varia de 1987 (0,54%), para o militar mais antigo a responder o questionário, a 2020 (1,61%), para os 3 militares mais modernos a participar do levantamento. As datas de incorporação foram agrupadas em faixas etárias (Tabela 5):

Tabela 5 - Levantamento: Tempo de incorporação

Faixa do Ano de Incorporação	Contagem	Porcentagem
0 - 5 anos	30	16,13%
6 - 10 anos	60	32,26%
11 - 15 anos	38	20,43%
16 - 20 anos	26	13,98%
+ 20 anos	32	17,20%
Total Geral	186	100,00%

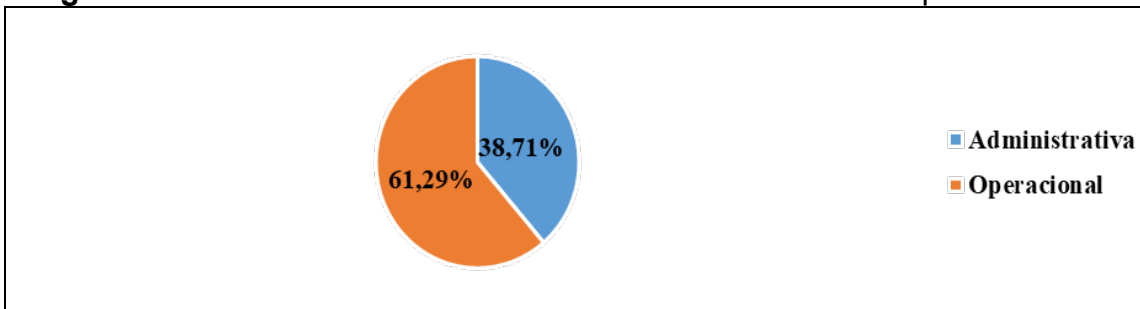


Fonte: Elaboração própria (2022).

Analisando as respostas individuais dos militares, foi possível identificar que, dentro da faixa etária de 6 a 10 anos, há maior prevalência de participação de militares incorporados em 2013 (18,82%).

Os militares foram questionados de como consideram as atividades que eles desempenham majoritariamente na corporação. A participação dos militares cujas funções são desempenhadas em unidades e/ou atividades operacionais, teve maior prevalência no levantamento (61,29%), enquanto militares de unidades e/ou atividades administrativas representou um percentual de 38,71% (Figura 8):

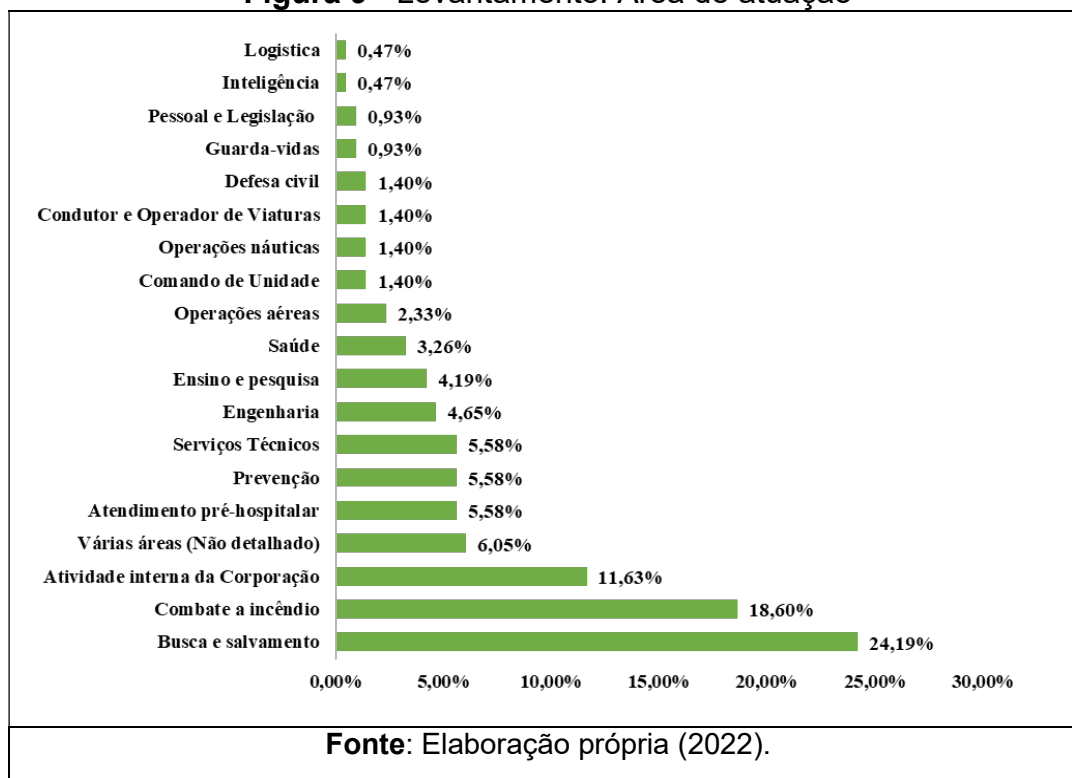
Figura 8 - Levantamento: Natureza da atividade desenvolvida pelos militares



Fonte: Elaboração própria (2022).

Para entender a área de atuação dos militares da corporação, foram agrupadas as atividades desempenhadas em 19 áreas, conforme opções disponibilizadas no questionário e/ou declaração espontânea dos participantes, a saber: Busca e salvamento (24,19%), Combate a incêndio (18,60%), Atividade interna da Corporação (11,63%), Várias áreas (Não detalhado) (6,05%), Atendimento pré-hospitalar (5,58%), Prevenção (5,58%), Serviços Técnicos (5,58%), Engenharia (4,65%), Ensino e pesquisa (4,19%), Saúde (3,26%), Operações aéreas (2,33%), Comando de Unidade (1,40%), Operações náuticas (1,40%), Condutor e Operador de Viaturas (1,40%), Defesa civil (1,40%), seguidas das demais conforme a Figura 9:

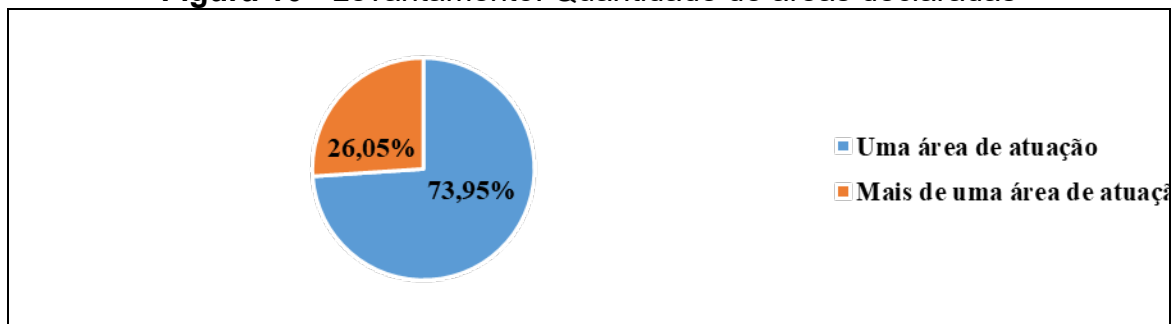
Figura 9 - Levantamento: Área de atuação



Fonte: Elaboração própria (2022).

Somando as atividades de Busca e salvamento e Combate a incêndio, tem-se um percentual de 42,79%, o que significa dizer que o interesse pelo assunto dos militares que realizam essas atividades é maior, justamente as áreas de aplicação da teoria de vantagem mecânica dos sistemas de multiplicação de forças. Esse resultado reflete a necessidade de integração entre teoria e prática nas atividades operacionais dos Corpos de Bombeiros Militares. Como nessa questão houve possibilidade de apontamento de mais de uma área de atuação, foi identificado que 26,05% dos militares atuam em mais de uma área dentro de suas respectivas Corporações, enquanto 73,95% atuam em apenas uma área (Figura 10):

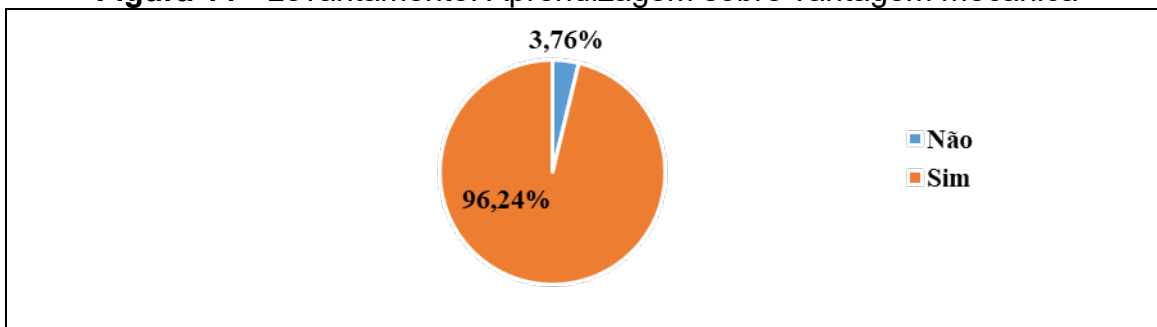
Figura 10 - Levantamento: Quantidade de áreas declaradas



Fonte: Elaboração própria (2022).

Os militares foram questionados se em algum curso da sua carreira na corporação, aprenderam sobre vantagem mecânica com uso de polias e roldanas. Como esperado, foi possível constatar que a temática “vantagem mecânica com uso de polias” está devidamente inserida nas matrizes curriculares dos cursos da carreira bombeiro militar, porquanto 96,24% dos militares participantes declararam que o assunto foi abordado nos cursos que participaram, restando apenas 3,76% dos militares que não viram a temática em sua formação, aperfeiçoamento ou especialização (Figura 11):

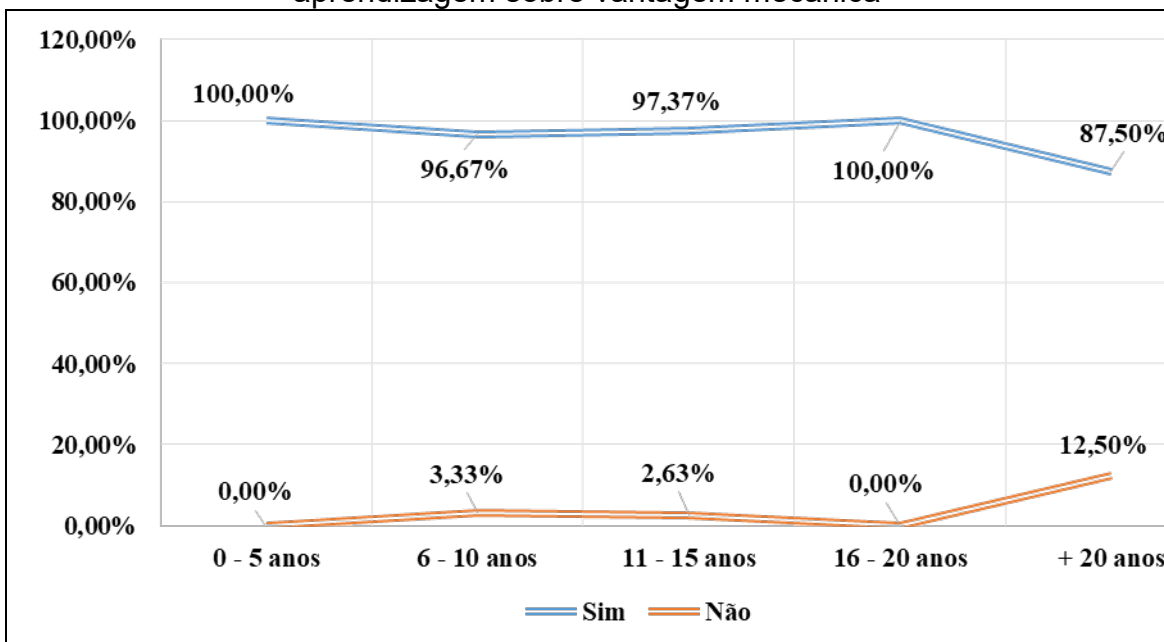
Figura 11 - Levantamento: Aprendizagem sobre vantagem mecânica



Fonte: Elaboração própria (2022).

Fazendo uma correlação entre tempo de serviço dos militares e a obtenção de conhecimentos sobre o assunto no percurso da carreira, foi possível identificar uma curva atípica em relação à média. Nota-se que dentre os militares com mais de 20 anos de carreira (12,50%), declararam não ter visto o assunto em nenhum curso durante o serviço ativo. Isso pode significar que as matrizes curriculares mais antigas não abordavam a temática de maneira satisfatória (Figura 12):

Figura 12 - Levantamento: Relação entre tempo de incorporação versus aprendizagem sobre vantagem mecânica

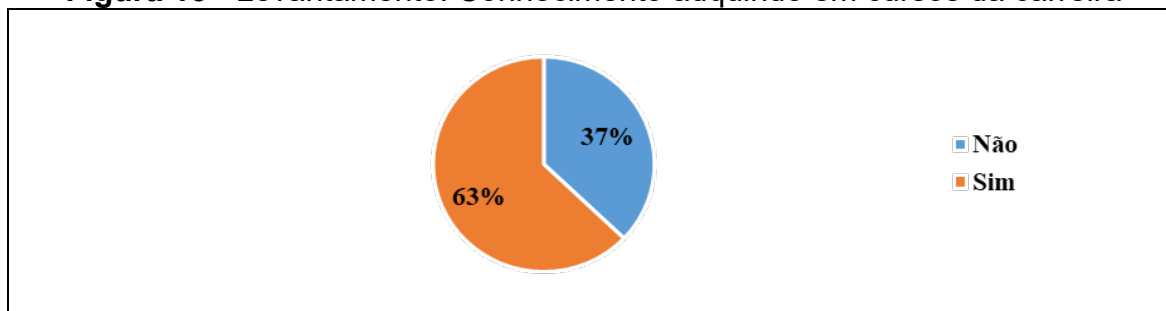


Fonte: Elaboração própria (2022).

Essa análise (Figura 12) corrobora com a importância de projetos pedagógicos multidisciplinares dentro da carreira militar, posto que como identificado na Figura 9, a maioria relativa do efetivo pesquisado atua em atividades de busca e salvamento e combate a incêndio (42,79%), justamente onde os conhecimentos sobre a temática são de vital importância para o desenvolvimento da atividade.

Outro levantamento foi quanto aos cursos da carreira dos militares (Figura 13), buscando identificar a abordagem teórica da dinâmica (área da física que estuda as forças e os movimentos gerados por elas), de modo aplicado aos sistemas de multiplicação das forças. Foi possível identificar que 37% dos participantes não obtiveram conhecimentos sobre teoria da dinâmica aplicada à vantagem mecânica e sistemas de multiplicação de forças durante a realização de cursos próprios da carreira bombeiro militar, corroborando com o paralelo feito no resultado expresso na Figura 11. Esse percentual (37%) é bastante considerável, dada a aplicabilidade da temática nas atividades desempenhadas por esses militares no labor. Ao passo em que 63% dos militares obtiveram o conhecimento próprio acerca do assunto (Figura 13):

Figura 13 - Levantamento: Conhecimento adquirido em cursos da carreira



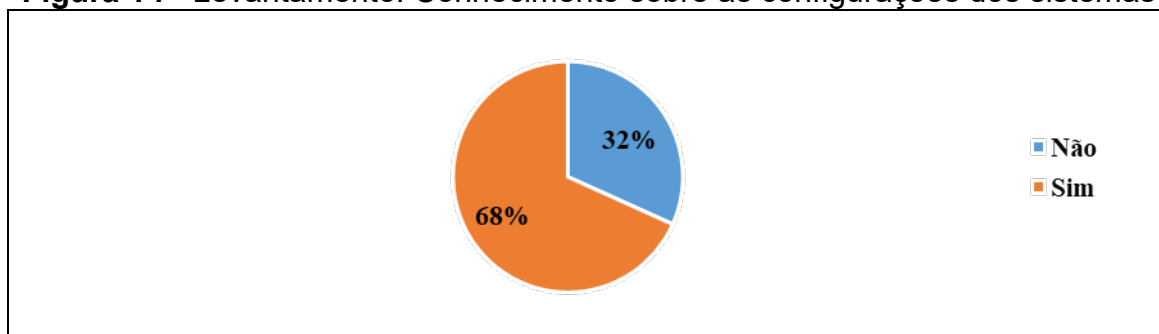
Fonte: Elaboração própria (2022).

Ainda sobre a aferição no nível de conhecimento ofertado pelos cursos realizados pelos participantes, tem-se que 32% dos militares (Figura 14), não conhece a configuração para montagem de cada tipo de sistema de multiplicação de forças, percentual muito próximo ao identificado na questão anterior como dos militares que não obtiveram conhecimentos sobre teoria da

dinâmica aplicada à vantagem mecânica e sistemas de multiplicação de forças nos cursos realizados durante a sua carreira (37%), conforme a Figura 13.

Esse percentual (militares que não conhecem) é consideravelmente maior do que o identificado por Gonzaga Júnior (2013) em levantamento semelhante no Estado de Goiás, onde constatou-se que 80% dos militares tinham pleno conhecimento da definição de sistemas multiplicadores de força e que apenas 19% dos entrevistados em nível local no Estado de Goiás não conheciam sua definição.

Figura 14 - Levantamento: Conhecimento sobre as configurações dos sistemas

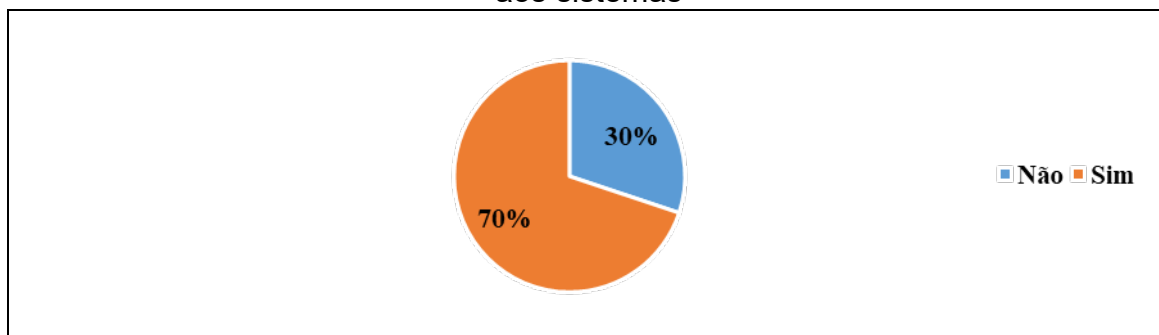


Fonte: Elaboração própria (2022).

Foi perguntado aos militares se eles conhecem a vantagem mecânica proporcionada por cada tipo de sistema de multiplicação de forças. Diferentemente da questão anterior, que avalia o nível de conhecimento adquirido sobre a configuração de montagem dos sistemas, essa questão possibilitou avaliar o nível de conhecimento sobre a vantagem mecânica proporcionada por cada tipo de sistema, ou seja, se o militar conhece a vantagem mecânica nas mais variadas configurações.

Novamente, tem-se que 30% não sabe qual a vantagem mecânica proporcionada por cada tipo de sistema de multiplicação de forças, nível muito próximo ao identificado nas Figuras 13 e 14; sugerindo, mais uma vez, que há a necessidade de integração entre referencial teórico sobre o tema e a parte operacional empregada normalmente com maior ênfase nos cursos bombeiro militares. Verifica-se que 70% dos militares sabem identificar a vantagem mecânica dos sistemas nas suas variações (Figura 15):

Figura 15 - Levantamento: Conhecimento sobre vantagem mecânica aplicada aos sistemas

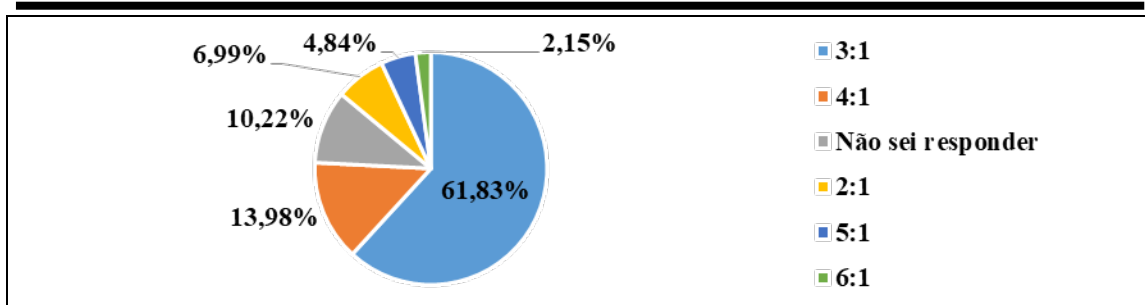


Fonte: Elaboração própria (2022).

Questão importante consiste no sistema simples de multiplicação de forças que é mais utilizado (quantitativamente) em ocorrências de salvamento na sua corporação. Essa questão é de grande importância, pois possibilitou confirmar a observação empírica na atuação operacional de que o sistema 3:1 é, de fato, o mais utilizado nas atividades bombeiro militares (61,83%) não somente em Roraima (Estado com maior participação na pesquisa), mas também no restante do País pelos demais Corpos de Bombeiros. O sistema 4:1 aparece como o segundo mais utilizado pelas Corporações, com 13,98%. Essa constatação é importante, pois, em conjunto os resultados da Figura 1 com as observações registradas no experimento prático desta pesquisa, favoreceram algumas conclusões importantes, de modo a cumprir o objetivo desta pesquisa. Veja a Tabela 6:

Tabela 6 - Levantamento: Sistema mais utilizado em salvamento

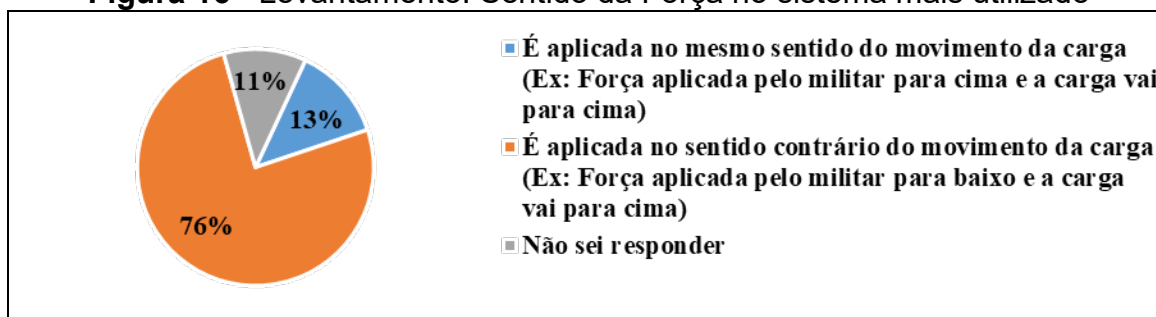
	Contagem	Porcentagem
3:1	115	61,83%
4:1	26	13,98%
Não sei responder	19	10,22%
2:1	13	6,99%
5:1	9	4,84%
6:1	4	2,15%
Total Geral	186	100,00%



Fonte: Elaboração própria (2022).

Foi realizado um levantamento com base nos dados dos militares, sobre as configurações do sistema mais utilizado (quantitativamente) na sua corporação, identificando a direção da força de tração aplicada pelo(s) militar(es) e qual sentido ela possui. Onde, 11% não souberam responder e 76% da amostra afirmou que a força é aplicada em sentido contrário ao movimento da carga, ou seja, a força é aplicada de cima para baixo e a carga se movimenta de baixo para cima. Outros 13% afirmaram que a força é aplicada no mesmo sentido do deslocamento da carga, por exemplo, a força é aplicada para cima e o movimento da carga também é de baixo para cima (Figura 16):

Figura 16 - Levantamento: Sentido da Força no sistema mais utilizado



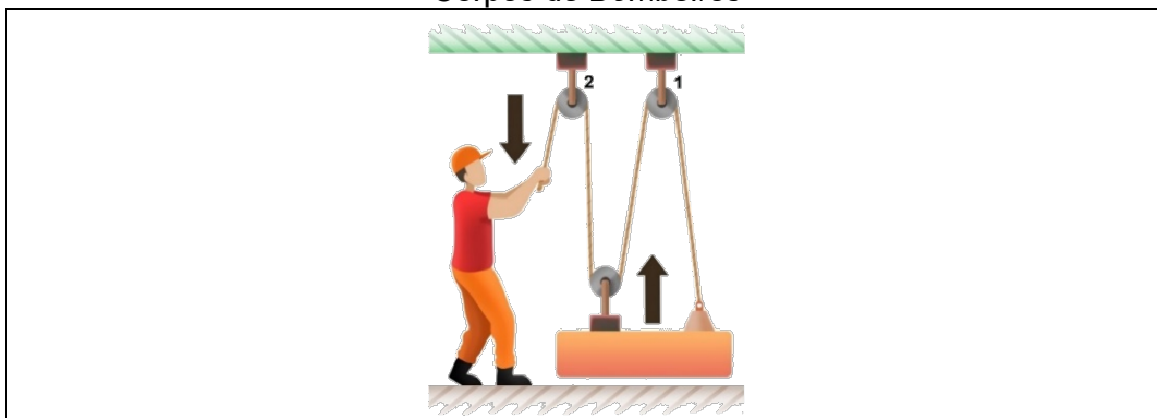
Fonte: Elaboração própria (2022).

Parte da expectativa com os resultados da presente pesquisa, concentrou-se em torno da presente questão, pois, como fora ensinado ao autor deste artigo, com base na doutrina no Curso de Formação de Soldados (2013-2014) e no Curso de Formação de Oficiais (2018-2022) nas disciplinas de salvamento terrestre e altura, no sistema 3:1, assim como nos demais sistemas ímpares, a configuração garante que o sentido da aplicação da força motriz (potente) pelo militar é de cima (ponto de ancoragem) para baixo (solo

ou direção mais adequada à operação). Desse modo, a doutrina repassada é que a última roldana, antes da extremidade de aplicação da força motriz serviria apenas como desvio de força, não gerando nenhuma vantagem mecânica. Assertiva essa que vai de encontro com os resultados obtidos no experimento prático descrito neste artigo, como se observará adiante na Tab.7.

Cabe salientar que 76% dos militares apontam que o sentido de aplicação da força pelo operador é contrário ao sentido de deslocamento da carga a ser içada, ou seja, se a força aplicada é para baixo (↓), o deslocamento é para cima (↑) (Figura 17). Essa também é a configuração utilizada com maior frequência nas atividades de salvamento do CBMRR:

Figura 17 - Representação da configuração do sistema 3:1 utilizado nos Corpos de Bombeiros

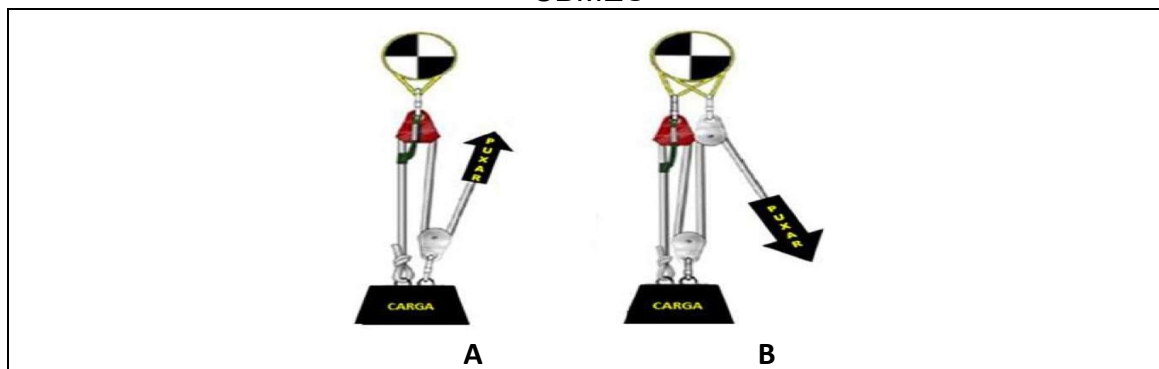


Fonte: Elaboração própria (2022).

Observe que na Figura 17 (sistema 3:1 utilizado pelos bombeiros), as polias 1 e 2 podem ser substituídas por uma roldana dupla sem prejuízo ao sistema. Durante os cursos da carreira militar, é ensinado que a polia 2, ou a última volta da roldana dupla, se presta apenas ao desvio da direção de força. Essa premissa será testada no experimento desta pesquisa (Tabela 7), fazendo constatar uma das possibilidades: 1) que se trata apenas de um desvio de força; ou 2) que interfere na vantagem mecânica proporcionada pelos sistemas (ímpares), discussão que se dará no subitem 3.2.1.

Acerca dessa diferenciação, veja como leciona o manual de salvamento em altura do CBMES (2022, p. 80) quanto a configuração do Sistema 3:1 utilizado por aquela Corporação:

Figura 17.1 - Representação da configuração do sistema 3:1 utilizado no CBMES

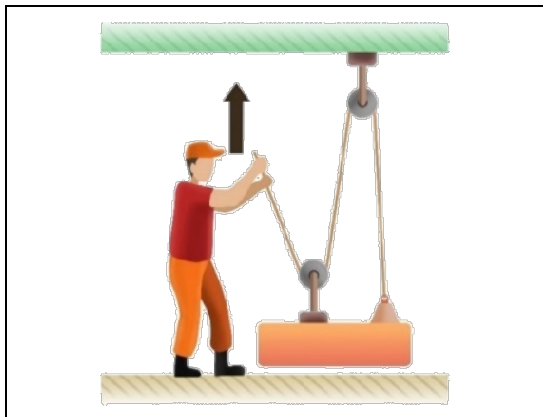


Fonte: CBMES (2022, p. 80).

CBMES (2022, p. 80) trata a última polia também como desvio de Força nessas configurações como “(A) 3:1 (sem desvio) e (B) 3:1 (com desvio)” respectivamente, ambas com captura de progresso. Lição semelhante é apresentada por CBMMT (2021, p. 81) ao afirmar que “as polias presas em um ponto fixo, apenas servem para desviar o sentido da força”.

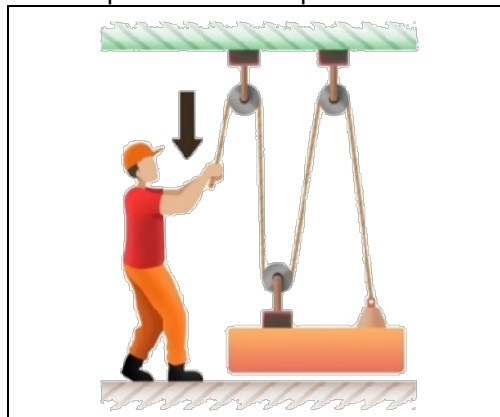
Vale enfatizar a diferença na configuração do sistema 3:1 definido na literatura especializada (Figura 18) com a configuração da Figura 19. Ambas são do sistema 3:1, mas com a diferença do número de polias fixas e no sentido da força motriz, conforme figuras a seguir:

Figura 18 - Representação da configuração do sistema 3:1 referenciada na literatura: força aplicada de baixo para cima.



Fonte: Elaboração própria (2022).

Figura 19 - Representação da configuração do sistema 3:1 utilizado nos Corpos de Bombeiros: Força aplicada de cima para baixo



Fonte: Elaboração própria (2022).

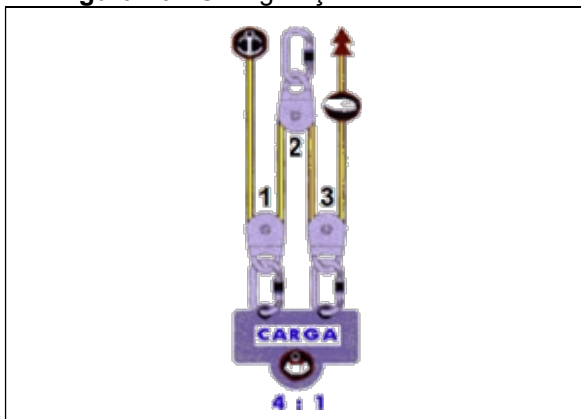


Sobre a terceira Lei de Newton, Lei da ação e reação, Helerbrock (2022), relata que para toda ação sempre existe uma reação que é oposta e de igual intensidade. Isto é, as ações de dois corpos são sempre iguais e em sentidos opostos.

É certo inferir que a Força Peso da carga a ser içada será distribuída por meio do(s) ponto(s) de ancoragem no teto, que por sua vez (o teto) exercerá força de igual intensidade e sentido contrário sobre a carga.

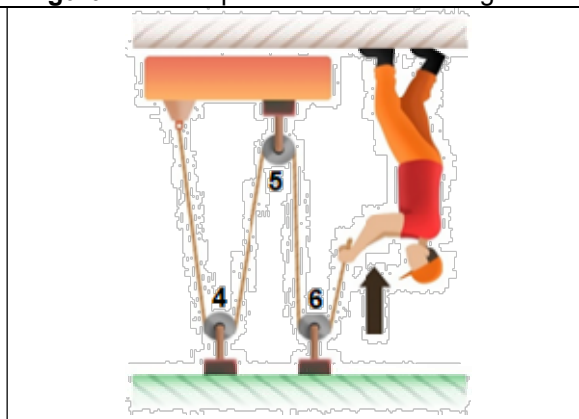
Tendo isso como premissa, observe agora a comparação do sistema 4:1 descrito na literatura com o sistema 3:1 em sua configuração mais utilizada pelos Corpos de Bombeiros em uma visão invertida (Figuras 20 e 21):

Figura 20 - Configuração do sistema 4:1



Fonte: Guia vertical (2022).

Figura 21 - Perspectiva invertida da Figura 17



Fonte: Elaboração própria (2022).

Desse modo, é correto afirmar que o sistema 3:1 na configuração utilizada pelos Corpos de Bombeiros é na verdade um sistema 4:1 (na configuração padrão da literatura) em uma perspectiva invertida. Questiona-se: como poderia então a última polia acrescentada ao sistema 3:1 (sob o argumento de finalidade exclusiva de desvio de força) não proporcionar vantagem mecânica?

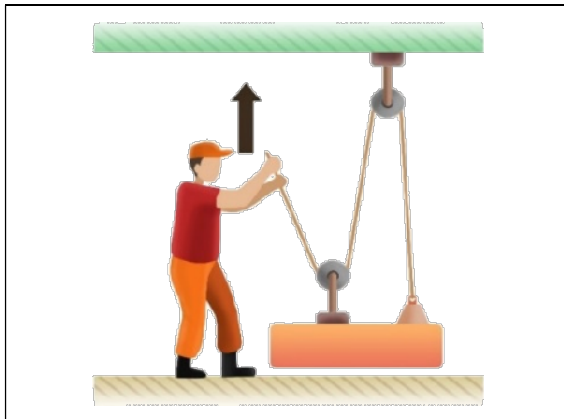
Note que nessa perspectiva invertida do sistema 3:1 (Figura 21), observada a terceira Lei de Newton, as polias tidas como fixa (polias nº 4 e 6) se tornam, na verdade, as polias móveis do sistema 4:1 (polias nº 1 e 3). Nesse sentido, a polia tida como móvel (polia nº 5) se torna a polia fixa de fato do sistema 4:1 (polia nº 2). Isso pode ser entendido quando, ao invés de se ter como base a(s) polia(s) que se movimentam com a carga, adotar-se como referência para cálculo da vantagem mecânica ($|F| = |P|/2.n$) a ancoragem inicial do sistema de modo a considerar o ponto fixo real do sistema não aquele que não se movimenta no cenário de operações, mas sim o que está junto à ancoragem (1º ramo da corda antes da polia nº 4 – no exemplo da Figura 21). Desse modo, a polia junto a ancoragem (do mesmo lado) considerar-se-ia a polia fixa, e aquelas da outra extremidade as polias móveis. É como se ao invés do “teto puxar a carga para cima”, a “carga deslocasse o teto para baixo”, aplicando-se assim a Lei de ação e reação. Para melhor ilustração das comparações entre as configurações dos sistemas (3:1, 4:1, 5:1 e 6:1), que servirão como base para as conclusões, apresenta-se as ilustrações do subitem 3.2.

3.2 CONFIGURAÇÕES DA LITERATURA VERSUS CONFIGURAÇÕES DOS BOMBEIROS

Realizando uma comparação entre as configurações descritas na literatura, nota-se uma diferença principal: para a atividade bombeiro militar, é necessário que o sentido da força motriz aplicada pelo operador seja (de modo geral) para baixo ou outra direção conveniente à operação, mas quase nunca para cima como descrito na literatura. Como dito, essa diferença preponderante

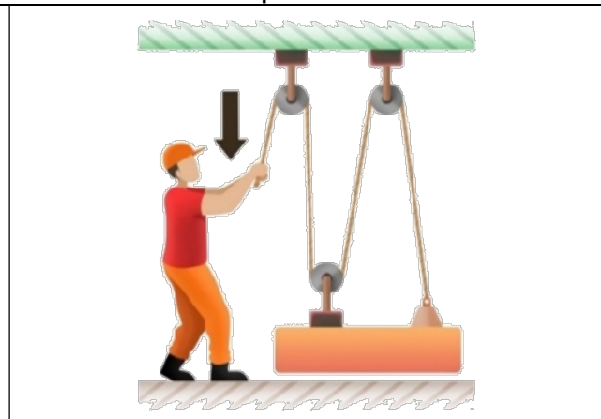
constitui objeto de discussão, visando atingir o objetivo da presente pesquisa, veja (Figuras 22 a 29):

Figura 22 - Configuração do sistema 3:1 conforme literatura



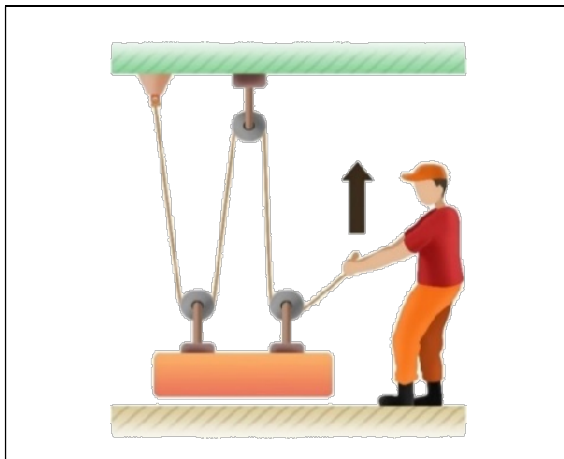
Fonte: Elaboração própria (2022).

Figura 23 - Configuração do sistema 3:1 utilizado pelos bombeiros



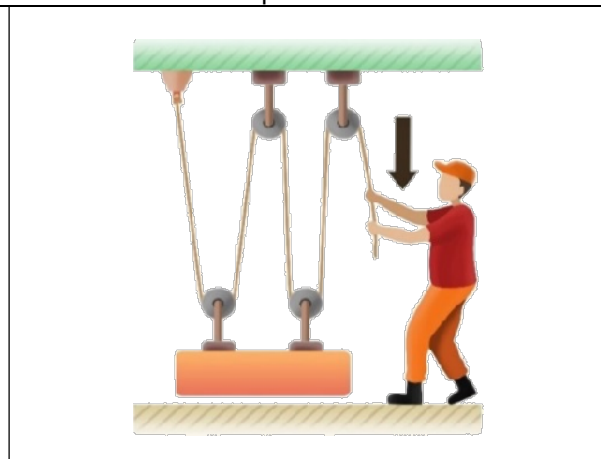
Fonte: Elaboração própria (2022).

Figura 24 - Configuração do sistema 4:1 conforme literatura



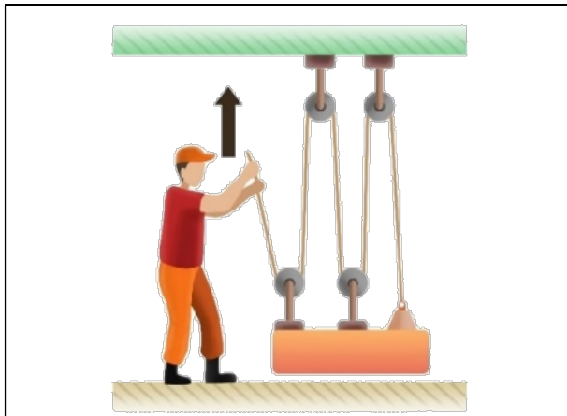
Fonte: Elaboração própria (2022).

Figura 25 - Configuração do sistema 4:1 utilizado pelos bombeiros



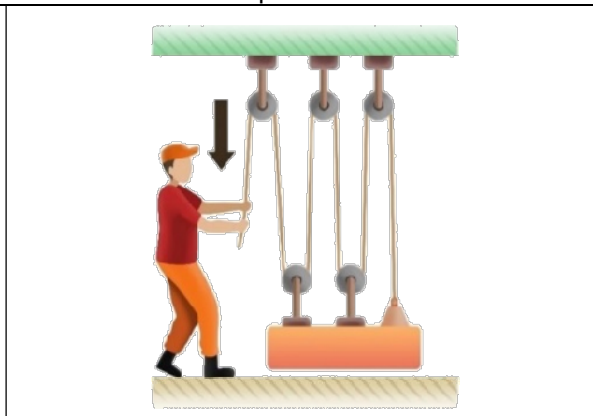
Fonte: Elaboração própria (2022).

Figura 26 - Configuração do sistema 5:1 conforme literatura



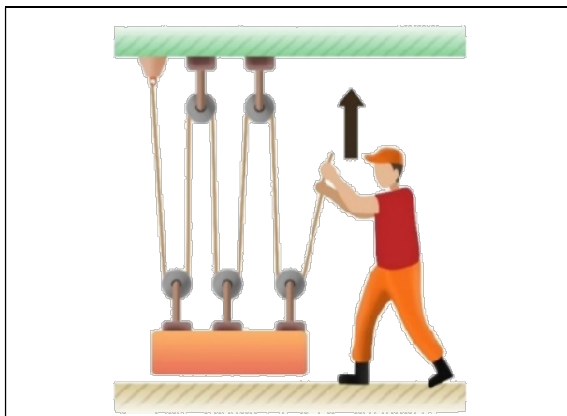
Fonte: Elaboração própria (2022).

Figura 27 - Configuração do sistema 5:1 utilizado pelos bombeiros



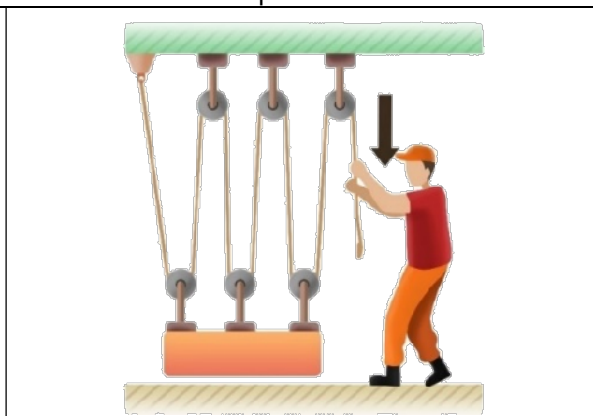
Fonte: Elaboração própria (2022).

Figura 28 - Configuração do sistema 6:1 conforme literatura



Fonte: Elaboração própria (2022).

Figura 29 - Configuração do sistema 6:1 utilizado pelos bombeiros



Fonte: Elaboração própria (2022).

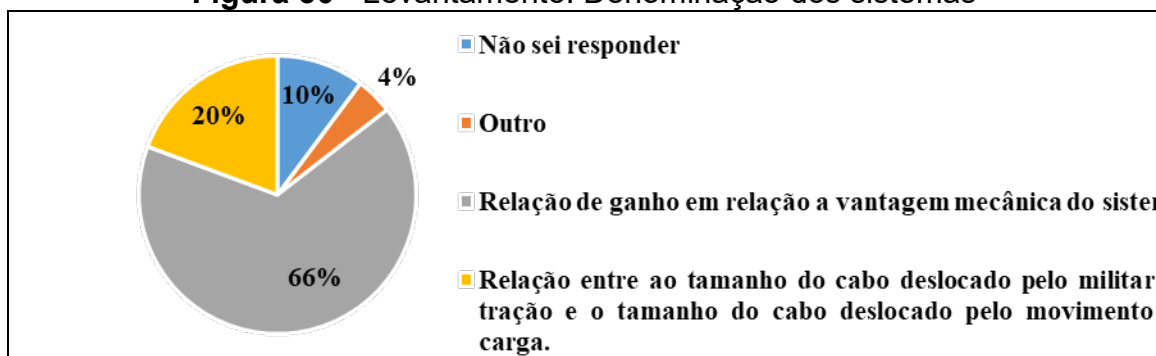
Os resultados da pesquisa conforme as figuras acima, é que para 66% dos militares que participaram do levantamento, por meio do questionário, a denominação do sistema (2:1, 3:1, 4:1, 5:1, 6:1 etc.), está relacionada à vantagem mecânica proporcionada pelo sistema (Figura 30), de modo que para essa considerável parcela da amostra o sistema 2:1 proporciona uma vantagem de 2 vezes, ou seja, dividido por 2 o esforço exigido do(s) militar(es) que vai(vão) operar o sistema. De igual modo, o sistema 3:1 proporciona vantagem de 3 vezes, o 4:1 vantagem de 4 vezes, e assim por diante. Considerando a variação entre as diversas configurações de sistemas, como

visto nos resultados da Figura 16, é temerário afirmar que a denominação do sistema indica a vantagem proporcionada por ele.

A doutrina de PMESP-CCB (2006a) pode explicar a prevalência dessa concepção dos militares de que a denominação está relacionada com a vantagem. PMESP-CCB (2006a) ensina que isso se dá devido a necessidade operacional de se obter rapidamente uma vantagem mecânica prática e eficiente no local de ocorrência, sem que se exija do bombeiro a memorização de fórmulas e a confecção de cálculos matemáticos complexos durante a emergência. Motivo pelo qual a doutrina trazida por PMESP-CCB (2006a) padronizou assim o cálculo da vantagem mecânica, conforme o sistema de multiplicação de força montado, já que existem muitas combinações possíveis de uso de roldanas.

Apesar disso, ao contrário do que a maioria dos militares informou no levantamento (66%), PMESP-CCB (2006a, p. 87) leciona em sua doutrina que a determinação da vantagem mecânica obtida, deve ser calculada sempre com base no número de seções da corda que está ligada ao peso; desta forma, se a seção da corda onde se esteja imprimindo a força estiver de alguma forma ligada ao peso, ela também deverá acrescer no cálculo da multiplicação de força. Para 20% dos militares, a denominação do sistema se dá devido a relação entre o tamanho do cabo deslocado pelo militar na tração e o tamanho do cabo deslocado pelo movimento da carga (Figura 30):

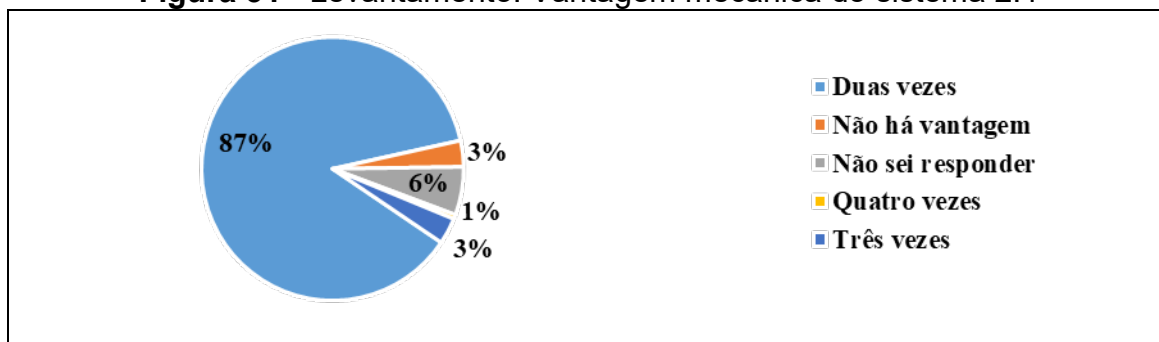
Figura 30 - Levantamento: Denominação dos sistemas



Fonte: Elaboração própria (2022).

Segundo o que a maioria dos militares aprendeu durante a carreira, a vantagem mecânica proporcionada pelo sistema 2:1 na configuração usada na corporação é de 2 vezes (Figura 31). O resultado obtido nessa questão reafirma com mais ênfase o resultado da Figura 30, que para a maioria dos militares o nome do sistema indica a vantagem mecânica promovida por ele:

Figura 31 - Levantamento: Vantagem mecânica do sistema 2:1

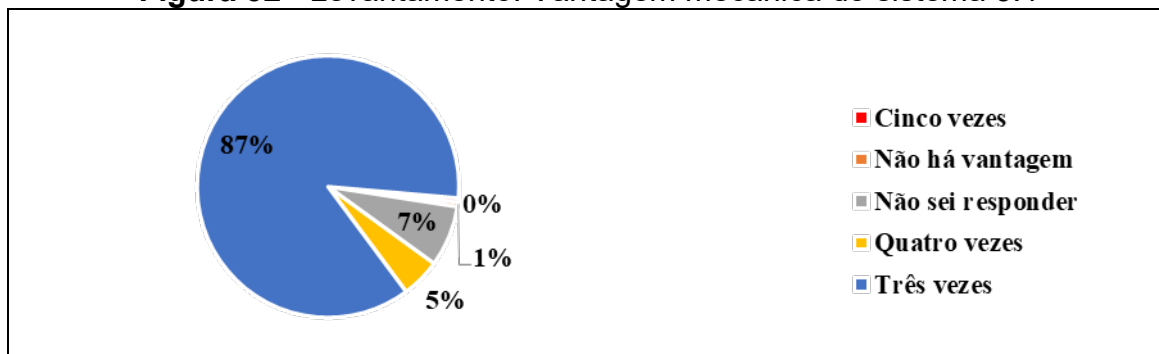


Fonte: Elaboração própria (2022).

Os resultados da Figura 32 também reafirmam o resultado da Figura 30. Para a maioria dos militares a denominação do sistema indica a vantagem mecânica promovida por ele. Note que a questão é clara em realizar o questionamento em cima da configuração do sistema “usada na sua Corporação”.

Como vista nos resultados da Figura 16, para a maioria dos militares que participou do levantamento, a força aplicada pelo militar é no sentido contrário do movimento da carga. E assim como visto o sistema 3:1, nessa configuração, é idêntico à configuração do sistema 4:1 (em perspectiva invertida) descrito na literatura. Isso deixa claro que o tema pode causar bastante confusão e de certa forma conflita com o que prevê a literatura científica (Figura 32):

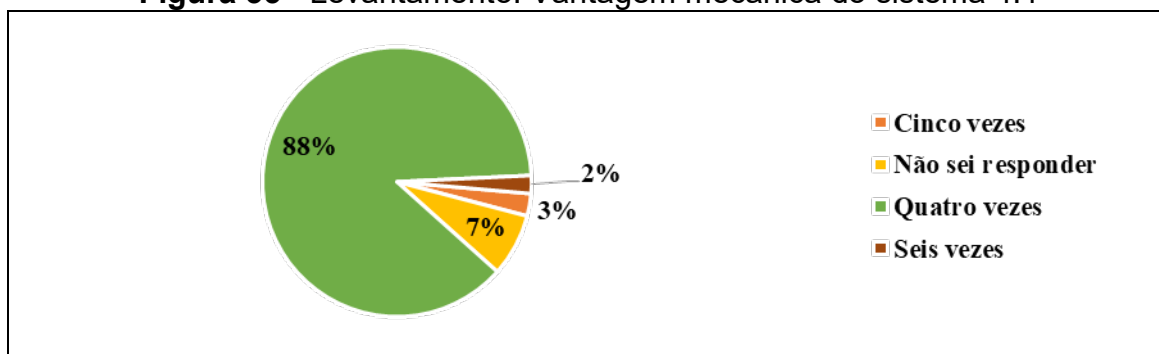
Figura 32 - Levantamento: Vantagem mecânica do sistema 3:1



Fonte: Elaboração própria (2022).

Aos militares foi questionado se eles aprenderam, durante o curso de formação, aperfeiçoamento ou especialização, a vantagem mecânica proporcionada pelo sistema 4:1 na configuração usada na sua corporação. O resultado obtido aqui reafirma também o resultado da Figura 30, que para a maioria dos militares a denominação do sistema indica a vantagem mecânica promovida por ele (Figura 33).

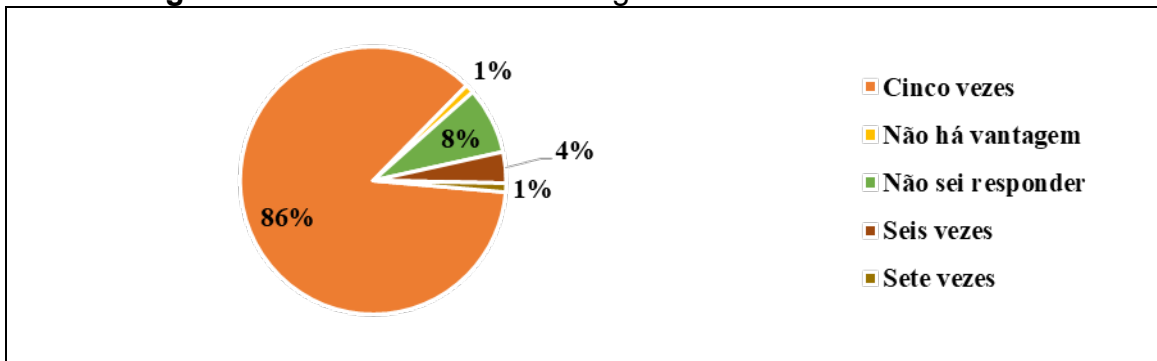
Figura 33 - Levantamento: Vantagem mecânica do sistema 4:1



Fonte: Elaboração própria (2022).

Conforme as compreensões obtidas em sala de aula, os militares apontaram a vantagem mecânica proporcionada pelo sistema 5:1, na configuração usada na sua corporação (Figura 34). O resultado obtido nessa questão reafirma novamente o resultado da Figura 30, que para a maioria dos militares a denominação do sistema, indica a vantagem mecânica promovida por ele (Figura 34):

Figura 34 - Levantamento: Vantagem mecânica do sistema 5:1

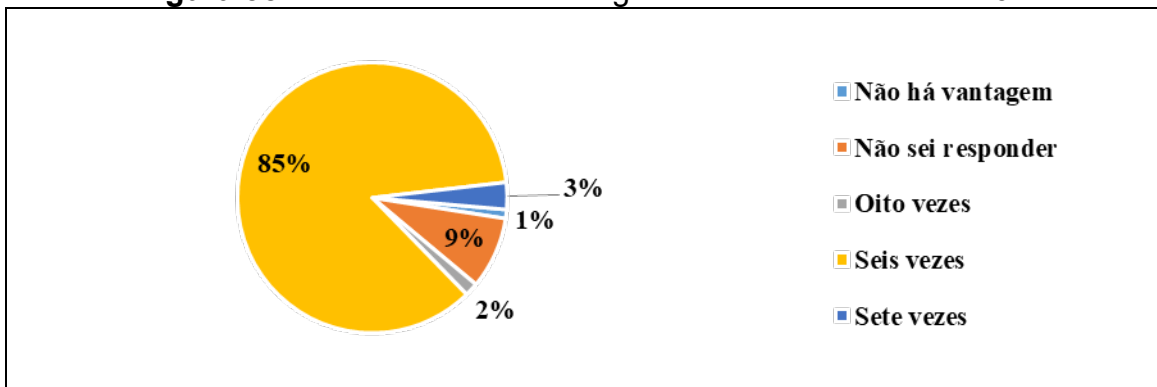


Fonte: Elaboração própria (2022).

Uma análise similar realizada na Figura 32, pode ser feita também na Figura 34. Isso porque os sistemas ímpares têm a peculiaridade de possuir ancoragem na carga, o que a torna (dedutivamente) o ponto fixo segundo a aplicação da terceira Lei de Newton. Esse raciocínio se aplica a todos os sistemas ímpares, fazendo com que a configuração utilizada pelos bombeiros possua vantagem mecânica diferente da denominação do sistema.

O resultado obtido na Figura 35 também confirma o resultado da Fig. 30.

Figura 35 - Levantamento: Vantagem mecânica do sistema 6:1

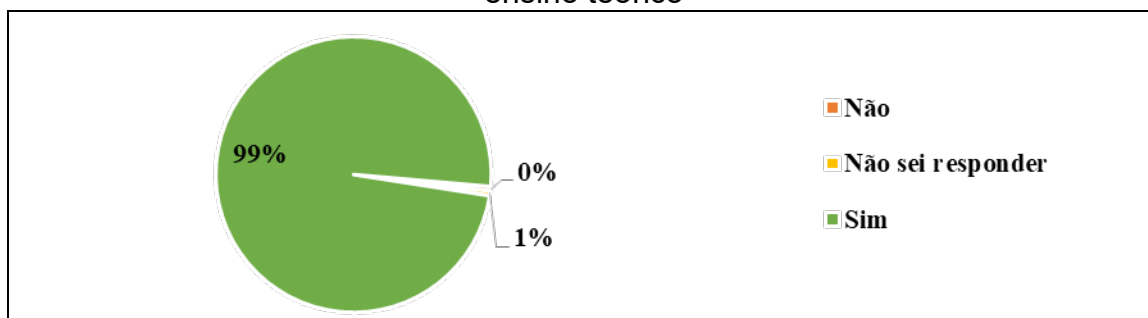


Fonte: Elaboração própria (2022).

A Figura 36 aponta que a grande maioria dos militares (99%) tem a percepção de que os conhecimentos relacionados à teoria da vantagem mecânica são importantes para a formação do bombeiro militar no decorrer da sua carreira (Figura 36).

O resultado similar obtido por Gonzaga Júnior (2013), em sua pesquisa junto ao Corpo de Bombeiros Militar de Goiás, deixa clara a necessidade de recapacitação dos militares sobre sistemas multiplicadores de força, pesquisa em que “todos foram unânimes em afirmar o desejo e anseio de formação específica na área”.

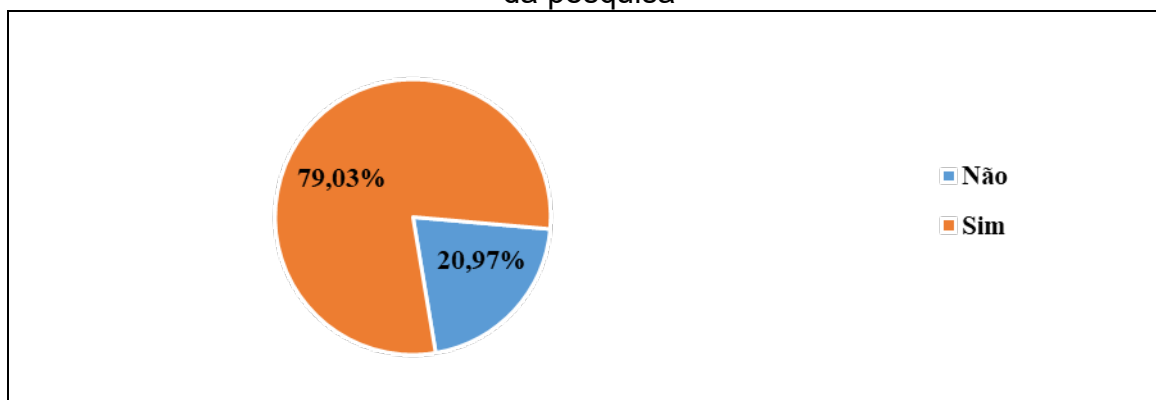
Figura 36 - Levantamento: Percepção dos militares sobre a relevância do ensino teórico



Fonte: Elaboração própria (2022).

Na Figura 37 foi uma pergunta com ênfase ao militar, se ele gostaria de receber uma cópia desta pesquisa após a conclusão. Essa questão trata, na verdade, do interesse dos militares pelo *feedback* com relação aos resultados deste artigo, registrando interesse de 79,03% dos participantes em receber o produto da pesquisa após a sua conclusão (Figura 37):

Figura 37 - Levantamento: Percentual de militares com interesse no feedback da pesquisa



Fonte: Elaboração própria (2022).

3.2.1 Experimento prático

Sobre o experimento prático, foram realizadas duas aferições de intensidade da Força motriz por meio de equipamento apropriado para cada configuração de sistema; utilizando para isso, como dinamômetro, uma balança eletrônica digital industrial *crane scale*, capacidade: 300Kg, com margem de erro aproximada de 100g. O dinamômetro foi preso pelas duas extremidades, sendo que em uma extremidade da corda foi aplicada a Força motriz, a outra foi presa em um ponto fixo de ancoragem, acima ou abaixo, a depender do sentido da força dada por cada configuração.

O referido experimento foi realizado nas instalações da Companhia de Busca e Salvamento do Corpo de Bombeiros do Estado de Roraima, como a utilização dos materiais e equipamentos descritos na Introdução do presente artigo, com as respectivas configurações de sistemas apresentadas no subitem 3.2.

Foi extraída a média entre elas para fins de registro experimental do módulo da Força motriz aferida ($|F_m|$) registrada na Tabela 7, com dois valores do módulo da Força resistência ($|F_r|$), 100Kg e 200Kg, objetivando submeter o sistema a duas cargas diferentes e conseqüentemente diminuir as interferências eventualmente ocasionadas por atrito, deformação do material, características da corda etc.

O experimento foi realizado com os sistemas 3:1, 4:1, 5:1 e 6:1, nas configurações apresentadas conforme as Figuras 22, 23, 24, 25, 26, 27, 28 e 29, ou seja, com variação no sentido da força motriz aplicada pelo militar que opera o sistema para cima (\uparrow) e para baixo (\downarrow), tendo sido obtido os resultados expressos na Tabela 7:

Tabela 7 - Experimento: Tabela de aferição de Força motriz

Tabela de Aferição de Força (F)				
Sistema	Configuração Força Motriz	Força Motriz Aferida (kg)	Relação $\frac{ Fr }{ Fm }$	
FORÇA RESISTÊNCIA (Kg): 3:1 3:1 5:1 5:1	100	LITERATURA ↑	29,5	3,4
		BOMBEIROS ↓	23,2	4,3
		LITERATURA ↑	16,1	6,2
		BOMBEIROS ↓	11,6	8,6
FORÇA RESISTÊNCIA (Kg): 3:1 3:1 5:1 5:1	200	LITERATURA ↑	53,7	3,7
		BOMBEIROS ↓	46,8	4,3
		LITERATURA ↑	29,6	6,8
		BOMBEIROS ↓	23,6	8,5
FORÇA RESISTÊNCIA (Kg): 4:1 4:1 6:1 6:1	100	LITERATURA ↑	23,2	4,3
		BOMBEIROS ↓	14,5	6,9
		LITERATURA ↑	12,2	8,2
		BOMBEIROS ↓	9,5	10,5
FORÇA RESISTÊNCIA (Kg): 4:1 4:1 6:1 6:1	200	LITERATURA ↑	44,2	4,5
		BOMBEIROS ↓	28,6	7,0
		LITERATURA ↑	23,7	8,4
		BOMBEIROS ↓	18,7	10,7

Legenda de Cores:



Relação $\frac{|Fr|}{|Fm|}$ similar entre os sistemas 4:1 (↑) e o 3:1 (↓)

Relação $\frac{|Fr|}{|Fm|}$ similar entre os sistemas 5:1 (↑) e o 4:1 (↓)

Relação $\frac{|Fr|}{|Fm|}$ similar entre os sistemas 6:1 (↑) e o 5:1 (↓)

Fonte: Elaboração própria (2022).

Ao analisar os resultados obtidos com o experimento, é possível comprovar que a vantagem real proporcionada pelos sistemas não é gerada exclusivamente pelo número de polias móveis desse sistema, mas sim pelo conjunto do sistema, exatamente como descreve PMESP-CCB (2006a, p. 84), retratando que essa regra geral não é uma alternativa definitiva para trazer luz à vantagem mecânica na prática. Variações podem acontecer por meio de uma roldana posicionada em um ponto fixo, que por sua vez interfere na multiplicação de força, conforme o local de resistência com relação ao sistema em que se encontra. A força em si, multiplica-se por meio do conjunto e não

somente por meio de roldanas móveis. Sendo assim, é necessário considerar os cabos ou cordas e toda a configuração do sistema.

É necessário observar também que a vantagem real dos sistemas aumenta na medida em que são adicionadas mais polias (móveis ou fixas), interferindo conseqüentemente no valor da relação entre $|Fr|/|Fm|$ e se distanciando do que comumente é tido como a vantagem dos respectivos sistemas, embora não mantenha uma correlação linear com a denominação destes.

Observe-se na Tabela 7 que a relação “ $|Fr|/|Fm|$ ” se mantém aproximadamente constante quando comparadas as configurações que garantem vantagem mecânica similar entre os sistemas (embora com denominações diferentes), com pequena variação, que são possíveis devido a fatores relacionados a atrito, montagem ou relacionado ao material.

A análise da temática é desafiadora face a escassez de referenciais atualizados que abordem concomitantemente o viés teórico e prático das diversas possibilidades de combinações de sistemas de multiplicação de forças. A dificuldade aumenta exponencialmente quando a análise teórica intersecciona a aplicação no campo bombeiro militar.

Apesar da dificuldade encontrada na pesquisa bibliográfica, é possível citar na literatura intento semelhante proposto por Almeida e Vaniel (1995): demonstrar que há uma relação matemática satisfatória quando se busca definir a vantagem mecânica de um sistema por meio da relação $|Fr|/|Fm|$.

Em uma das raras publicações técnicas acerca da aferição experimental dessa relação matemática, Almeida e Vaniel (1995) analisa o comportamento de três sistemas distintos compostos por 1 (uma), 2 (duas) e 3 (três) roldanas móveis (Caso A, B e C) respectivamente, onde por meio da aplicação dos cálculos matemáticos buscava-se encontrar o ponto de equilíbrio entre a Força resistência ($|Fr|$) e a Força motriz aferida ($|Fm|$), denominada pelos autores de P_B e P_A respectivamente, conforme segue:

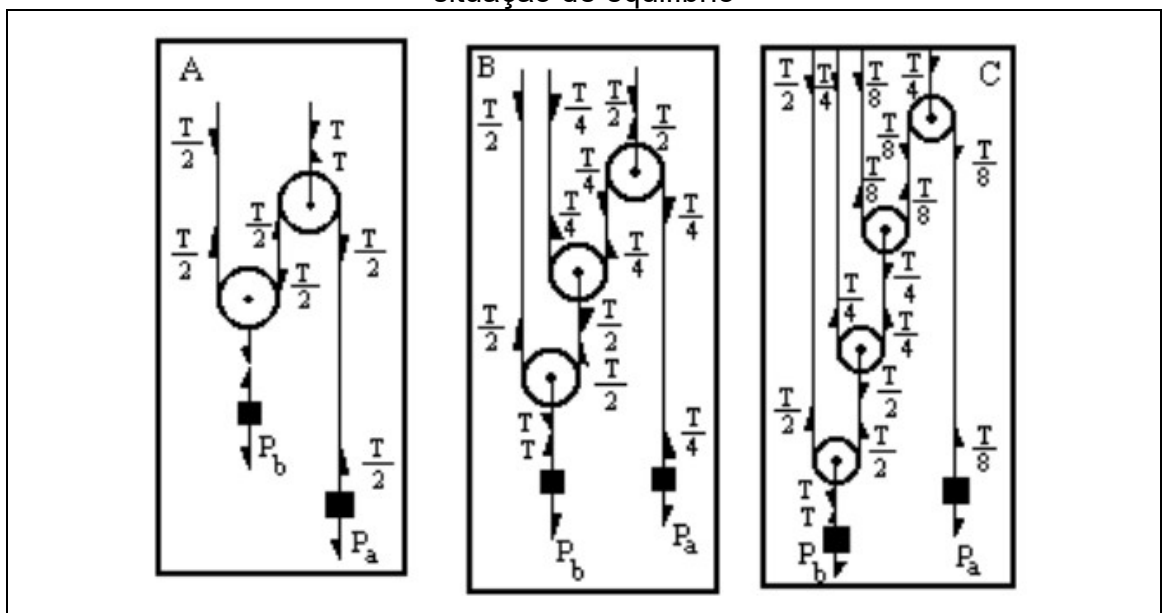
Caso A: 1 roldana móvel	$\rightarrow P_B = 2P_A \rightarrow M_B = 2M_A$	
Caso B: 2 roldanas móveis	$\rightarrow P_B = 4P_A \rightarrow M_B = 4M_A$	(1)
Caso C: 3 roldanas móveis	$\rightarrow P_B = 8P_A \rightarrow M_B = 8M_A$	

Comparando estes três resultados, a generalização para o caso com “n” polias móveis ficaria (ALMEIDA; VANIEL, 1995):

n roldanas móveis	$\rightarrow P_B = 2^n P_A \rightarrow M_B = 2^n M_A$	(2)
-------------------	---	-----

Onde n é o número de polias móveis.

Figura 38 – Diferentes configurações de sistemas (2:1, 4:1 e 6:1) pares em situação de equilíbrio



Fonte: (ALMEIDA; VANIEL, 1995, p. 137).

O procedimento experimental adotado por Almeida e Vaniel (1995), segue a mesma lógica que foi usada no experimento prático da presente pesquisa: identificar a relação entre a Força resistência e a Força motriz aferida. Começando pelo caso A (Figura 38), a ideia seria, “na base da tentativa, ir aumentando ou diminuindo as massas suspensas pelo fio, verificar

para quais valores de M_A e M_B o conjunto fica em equilíbrio” (ALMEIDA; VANIEL, 1995).

Almeida e Vaniel (1995) fixa na Figura 39 alguns valores de M_A e registra os respectivos resultados obtidos para M_B onde alcançou o ponto de equilíbrio entre P_A e P_B , conforme segue:

Figura 39 – Tabela com os resultados aferidos de M_b para cada M_a fixada

$M_a(g)$	CASO A : POLIA MÓVEL $M_b(g)$				CASO B : POLIAS MÓVEIS $M_b(g)$				CASO C : 3 POLIAS MÓVEIS $M_b(g)$			
	Valor mínimo	Valor máximo	Valor médio	Resultado teórico	Valor mínimo	Valor máximo	Valor médio	Resultado teórico	Valor mínimo	Valor máximo	Valor médio	Resultado teórico
10	20	20	20	20	30	40	35	40	50	100	75	80
20	30	50	40	40	60	90	75	80	90	190	140	160
30	50	70	60	60	90	130	110	120	160	310	235	240
40	70	90	80	80	120	200	160	160	300	410	355	320
50	90	110	100	100	150	230	190	200				
60	110	130	120	120	170	280	225	240				
70	120	160	140	140								
80	140	190	165	160								

Fonte: (ALMEIDA; VANIEL, 1995, p. 137).

Perceba que há uma concordância matemática entre os resultados obtidos por Almeida e Vaniel (1995) e os dados apresentados obtidos na presente pesquisa, ressaltando para a existência de diferenças significativas nas configurações entre os sistemas utilizados. Enquanto Almeida e Vaniel (1995) se vale dos sistemas pares, o foco do experimento prático desta pesquisa é analisar principalmente o comportamento dos sistemas ímpares utilizados pelos Corpos de Bombeiros.

Apesar das diferenças entre as configurações usadas, nota-se resultados semelhantes para as relações $|Fr|/|Fm|$, tendo como base de M_B o “Valor médio” obtido. Por exemplo: No caso A dado por Almeida e Vaniel (1995), esperava-se obter uma relação na ordem de 1/2 para M_A/M_B , bem

como 1/4 para o caso B e 1/8 para o caso C, o que ocorreu de maneira aproximada ao se avaliar os resultados obtidos com base no valor médio.

Observe que os resultados extraídos do subitem 3.2.1 nas configurações pares dos sistemas 4:1 e 6:1 (Tabela 7) também apresentam a mesma relação de 1/4 e 1/8, tal qual no caso B e C do experimento de Almeida e Vaniel (1995).

Figura 40 – Análise comparativa da relação $|Fr|/|Fm|$ de sistemas pares extraída da Tabela 7

Sistema	Configuração	Força Motriz	Força Motriz Aferida (kg)	Relação $ Fr / Fm $
FORÇA RESISTÊNCIA (Kg): 100				
4:1	LITERATURA ↑		23,2	4,3
6:1	LITERATURA ↑		12,2	8,2
FORÇA RESISTÊNCIA (Kg): 200				
4:1	LITERATURA ↑		44,2	4,5
6:1	LITERATURA ↑		23,7	8,4

Fonte: Elaboração própria (2022).

A diferença consiste no fato de que os sistemas de multiplicação de forças adotados por Almeida e Vaniel (1995) são sistemas combinados, visto que uma das seções de corda da polia móvel é afixada no eixo da polia subsequente (também móvel), diferentemente das configurações de sistema simples adotados pelos Corpos de Bombeiros, onde a seção da corda segue um caminho contínuo entre polias fixas e móveis nos moldes do Cadernal (Figura 4).

No caso da configuração apresentada por Almeida e Vaniel (1995), de fato a última polia fixa antes da extremidade da corda em que é aplicada a Força motriz aferida (equivalente a P_A) se presta apenas ao desvio de força, diferentemente da configuração da Figura 24 e 28.

Essa diferença de configuração entre os sistemas (de multiplicação forças) citados na literatura, sobretudo em conteúdos de mecânica clássica, onde a polia fixa se presta apenas ao desvio no sentido da Força, não se aplica aos sistemas de multiplicação de forças ímpares utilizados

em operações de bombeiros, visto que há diferença substancial entre eles, a saber: 1) a continuidade da corda perpassando tanto as polias fixas quanto as polias móveis; e 2) a ancoragem da carga junto a polia móvel. Isso pode explicar a similaridade entre os valores de $|Fr|/|Fm|$ dos sistemas ímpares e pares, a depender do sentido da aplicação da Força motriz conforme os dados abaixo extraídos da Tabela 7.

Figura 41 – Análise comparativa da relação $|Fr|/|Fm|$ de sistemas ímpares extraída da Tabela 7

Sistema	Configuração Força Motriz	Força Motriz Aferida (kg)	Relação $ Fr / Fm $
FORÇA RESISTÊNCIA (Kg): 100 3:1	BOMBEIROS ↓	23,2	4,3
FORÇA RESISTÊNCIA (Kg): 200 3:1	BOMBEIROS ↓	46,8	4,3
FORÇA RESISTÊNCIA (Kg): 100 4:1	LITERATURA ↑	23,2	4,3
FORÇA RESISTÊNCIA (Kg): 200 4:1	LITERATURA ↑	44,2	4,5
FORÇA RESISTÊNCIA (Kg): 100 5:1	BOMBEIROS ↓	11,6	8,6
FORÇA RESISTÊNCIA (Kg): 200 5:1	BOMBEIROS ↓	23,6	8,5
FORÇA RESISTÊNCIA (Kg): 100 6:1	LITERATURA ↑	12,2	8,2
FORÇA RESISTÊNCIA (Kg): 200 6:1	LITERATURA ↑	23,7	8,4

Fonte: Elaboração própria (2022).

Assim sendo, é possível observar que os sistemas ímpares utilizados nas operações de salvamento, na configuração comumente adotada, se comportam de maneira diferente da regra geral para a definição da vantagem mecânica, relativamente à relação $|Fr|/|Fm|$, à percepção dos militares sobre a vantagem real e à nomenclatura dos sistemas de multiplicação de forças.

4 CONSIDERAÇÕES FINAIS

A presente pesquisa permitiu analisar o nível de conhecimento teórico de bombeiros militares de diversas partes do País, em uma amostra com representação de aproximadamente 0,34% da população total desses profissionais, de quase todos os Estados da Federação (24 Estados), em relação à vantagem mecânica real dos sistemas de multiplicação de forças mais comumente utilizados em operações bombeiro militares. Isso foi possível devido à comparação da adequação desses conhecimentos com o que está previsto na doutrina.

Os resultados mostraram que os militares com mais tempo de incorporação (20 anos ou mais), 17,20% do espaço amostral, possuem maior deficiência quanto aos conhecimentos teóricos acerca da temática “vantagem mecânica”. Visto que, dentro dessa parcela de militares (12,50%) é possível notar que há um desvio acentuado da média dos que declararam não ter visto o assunto em algum curso durante o serviço ativo, que oscila na casa dos 3% para as demais faixas etárias. Isso pode significar que as matrizes curriculares mais antigas não abordavam a temática de maneira satisfatória.

Outro ponto trazido pelos resultados é que o sistema mais utilizado pelos Corpos de Bombeiros Militares é o sistema 3:1, configurado de modo que o militar que aplica sua força em sentido contrário ao deslocamento da carga, em uma direção vertical. Isso permite concluir que, nessa configuração, o sistema 3:1 promove na prática a mesma vantagem mecânica que um sistema 4:1 onde a força do militar é aplicada no mesmo sentido do deslocamento da carga a ser içada. Isso se dá em função da aplicação da terceira Lei de Newton, ação e reação.

Os sistemas ímpares têm a peculiaridade de possuir a ancoragem junto à carga, o que a torna (dedutivamente) o ponto fixo real do sistema para cálculo da vantagem mecânica, segundo a aplicação da terceira Lei de Newton. Esse raciocínio se aplica a todos os sistemas ímpares (3:1, 5:1, →) fazendo

com que a configuração utilizada pelos bombeiros possua vantagem mecânica real diferente da denominação do sistema.

A maioria absoluta dos militares (66%) aprendeu durante a carreira que a nomenclatura dos sistemas está relacionada com a vantagem promovida por eles. Isso pode levar a interpretação errônea sobre a vantagem real dos sistemas e comprometer os materiais e a própria atividade operacional de salvamento. Observação positiva consiste na identificação de que a grande maioria dos militares (99%) possui a consciência de que é necessária a integração entre teoria e prática relacionadas ao tema nas matrizes curriculares dos cursos de formação, aperfeiçoamento e especialização no decorrer da carreira.

Diante dos resultados obtidos, constata-se que é necessário que os planos político-pedagógicos dos cursos bombeiro militares, além do conhecimento prático operacional da montagem e utilização dos sistemas de multiplicação de forças, abordem o conteúdo teórico relativo à vantagem mecânica com uso de roldanas. Esse conhecimento teórico contribui para o aumento da segurança nas operações e reduz o desgaste dos materiais, além de poupar esforço físico dos militares em atuação.

Uma compreensão equivocada sobre a vantagem mecânica real proporcionada pelos sistemas de multiplicação de força pode levar a desgaste prematuro dos materiais e equipamentos empregados nas ocorrências de salvamento devido à sobrecarga dos mesmos. Isso porque uma regra comumente adotada por algumas Corporações para evitar sobrecarga na tração de cordas fixas é a “regra dos doze”, que determina “que o produto do fator de redução pelo número de homens deve ser no máximo doze, por exemplo, em um sistema 3:1, podemos utilizar até quatro homens para a tração” (PMESP-CCB, 2006b, p. 94).

Essa temática demanda a realização de mais estudos relacionados, isso devido à escassez de material bibliográfico que aborde concomitantemente

teoria e prática de vantagem mecânica aplicadas aos sistemas de multiplicação de forças utilizados em operações de salvamento.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

AGUIAR, E. J. S. **Resgate Vertical**. Curitiba: Associação da Vila Militar – Departamento Cultural, 2013.

ALMEIDA, Luis Dias; VANIEL, Berenice Vahl. **Experimentos de equilíbrio: sistema de forças e polias**. Cad. Cat. Ens. Fís., v. 12, n. 2: p. 134-141, 1995,

ARAÚJO, F. B. **Manual de instruções técnico profissional para bombeiros**. Brasília: CBM-DF, s/d, 681p. Portal Eletrônico da CBM-DF [2022]. Disponível em: <<https://goo.by/zTtbl>>. Acesso em: 1º mar. 2022.

ASTRO, A. **A física das roldanas**. Portal Eletrônico da AZEHEB [2022]. Disponível em: <<https://azeheb.com.br/blog/a-fisica-das-roldanas/>>. Acesso em: 1º mar. 2022.

BARBIERI, F. P. **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, dez. 2011.

CBMES. Corpo de Bombeiros Militar do Estado do Espírito Santo. **Salvamento em altura**. Vitória: CBMES, 2022.

CBMMT. Corpo de Bombeiros Militar do Estado do Mato Grosso. **Manual de salvamento em altura**. Cuiabá, 2021.

FÓRUM BRASILEIRO DE SEGURANÇA PÚBLICA. **16º Anuário Brasileiro de Segurança Pública**. São Paulo: Fórum Brasileiro de Segurança Pública, 2022. Disponível em: <https://forumseguranca.org.br/anuario-16/>. Acesso em 05 nov. 2023.

GELMAN, J. J. **Pesquisa experimental: um instrumento para decisões mercadológicas**. Revista de Administração de Empresas, v. 11, n. 2, 1971.

GIL, A. C. **Como elaborar projetos de pesquisa**. São Paulo: Editora Atlas, 2008.

GODOY, A. S. **Pesquisa qualitativa: tipos fundamentais**. Revista de Administração de Empresas, São Paulo, v. 35, n. 3, p. 20-29, mai./jun., 1995.

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 – vantagens e desvantagens.** Goiânia: CBMGO, 2013. Portal Eletrônico dos Bombeiros [2013]. Disponível em: <<https://goo.by/fyTZT>>. Acesso em: 1º mar. 2022.

GUIA VERTICAL. **Sistemas de Polias.** Portal Eletrônico Guia Vertical [2022]. Disponível em: <<http://www.guiavertical.com.br/esporte/tecnicas/1/sistemas-de-polias.html>>. Acesso em: 1º mar. 2022.

HELERBROCK, R. **Leis de Newton.** Portal Eletrônico Brasil Escola [2022]. Disponível em: <<https://brasilecola.uol.com.br/fisica/leis-newton.htm>>. Acesso em: 1º mar. 2022.

KERBER, J. M. **Manual de busca, salvamento e proteção.** Porto Alegre: CBM-RS - Corpo de Bombeiros da Brigada Militar do Estado do Rio Grande do Sul, 1981.

KÍTOR, G. L. **Dinâmica.** Portal Eletrônico Infoescola [2022]. Disponível em: <<https://www.infoescola.com/fisica/dinamica/>>. Acesso em: 1º mar. 2022.

PMESP-CCB. Corpo de Bombeiros da Polícia Militar do Estado de São Paulo. **Manual de salvamento terrestre.** v. I. São Paulo: PMESP-CCB, 2006a.

PMESP-CCB. Corpo de Bombeiros da Polícia Militar do Estado de São Paulo. **Manual de salvamento em altura.** v. I. São Paulo: PMESP-CCB, 2006b.

POLÔNIO, D. C. V. C. **Uma proposta para o ensino de estática no ensino médio.** Dissertação (Mestrado Nacional Profissional em Ensino de Física). Campo Mourão: Universidade Tecnológica Federal do Paraná, 2018.

SALES, Gilvandenys Leite; MAIA, Marcilon Chaves. **Licenciatura em Matemática Física Básica I.** Fortaleza: UAB/IFCE, 2011.

SILAS, J. **Roldanas.** Portal Eletrônico Brasil Escola [2022]. Disponível em: <<https://brasilecola.uol.com.br/fisica/roldanas.htm>>. Acesso em: 1º mar. 2022.

SILVA, A. J. H. **Metodologia de pesquisa: conceitos gerais.** Paraná: Universidade Estadual Do Centro-Oeste, 2014.

SOARES, K. R. et al. (orgs.). Resolução nº 008/2017-CEPE - **Normas para apresentação dos trabalhos técnicos científicos da UFRR.** Boa Vista: UFRR, 2017.

THE CONNECTICUT FIRE ACADEMY. **Mechanicals advantage systems.** Connecticut: THE CONNECTICUT FIRE ACADEMY, 2019. Disponível em: <<https://goo.by/N8PAN>>. Acesso em: 1º mar. 2022.

Revista FLAMMAE

Revista Científica do Corpo de Bombeiros Militar de Pernambuco

Artigo Publicado no Vol.09 N.28 – Julho a Dezembro de 2023 - ISSN 2359-4829

Versão on-line disponível em: <http://www.revistaflammae.com>

TOFFOLI, L. **Polias**. Portal Eletrônico Infoescola [2022]. Disponível em: <<https://www.infoescola.com/mecanica/polias-roldanas/>>. Acesso em: 1º mar. 2022.