BOLETIM DE INFORMAÇÃO TÉCNICO-PROFISSIONAL

N° 035/2025-CETOP	**ÁREA**: SALVAMENTO TERRESTRE	**DATA**: AGOSTO/2025

ASSUNTO: SISTEMAS DE VANTAGEM MECÂNICA

OBJETIVO

O presente Boletim de Informação Técnico-Profissional visa analisar, normatizar e padronizar os procedimentos técnicos básicos para utilização de Sistemas de Vantagem Mecânica (ou Multiplicadores de Força) no âmbito do Corpo de Bombeiros Militar do Distrito Federal (CBMDF).

PRINCÍPIO DA VANTAGEM MECÂNICA

Durante as operações de salvamento realizadas pelo CBMDF, especialmente as de salvamento em altura e terrestre, são utilizados dispositivos de vantagem mecânica quando se faz necessário elevar ou movimentar cargas pesadas. Um exemplo disso é o içamento ou tracionamento de vigas de concreto, veículos, animais ou vítimas humanas.

Os dispositivos de vantagem mecânica (ou multiplicadores de força) são considerados máquinas simples, ou seja, ferramentas que amplificam a força aplicada, aumentando a vantagem mecânica para facilitar a movimentação de cargas. As alavancas, guincho manual de alavanca, sarilhos e polias são os mais conhecidos e aplicados nas ocorrências. O conhecimento dessas técnicas de multiplicação de força é essencial para a atividade Bombeiro Militar.

ALAVANCAS

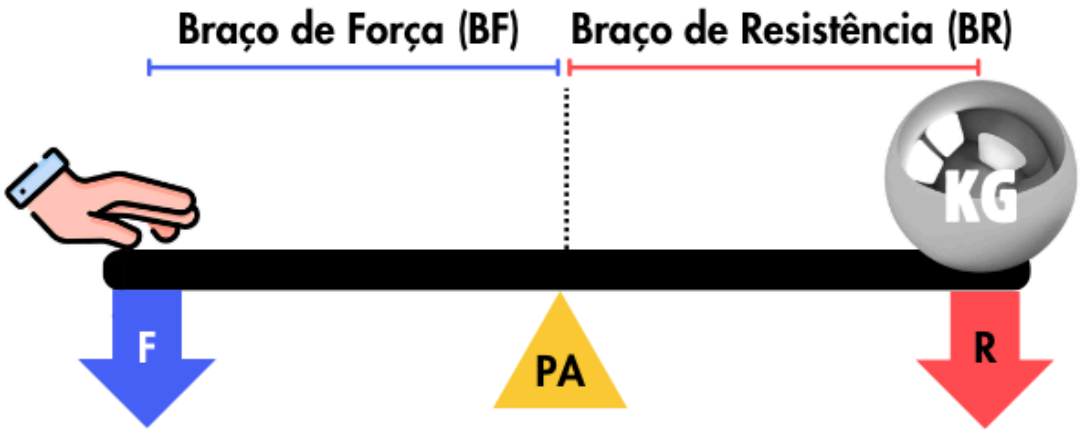
"Se me derem uma alavanca e um ponto de apoio, deslocarei o mundo."

Na célebre frase atribuída a Arquimedes, podemos compreender o poder de uma alavanca em ação. A alavanca é uma máquina simples, geralmente feita de uma única peça rígida, reta ou curva. O funcionamento de uma alavanca é simples: uma força é aplicada em algum ponto da barra e transferida com aumento de intensidade em outro ponto.

A vantagem mecânica da alavanca é determinada pela relação entre a distância do braço de força **(BF)** e do braço de resistência **(BR)** em relação ao ponto de apoio **(PA)**, este também chamado de

“fulcro”.

O BR é a distância entre o fulcro **(PA)** e a força de resistência **(R)**, que é a nossa carga, enquanto que o BF é a distância entre o ponto fixo e a força aplicada (**F**). **Figura 1 -** Representação de uma Alavanca.

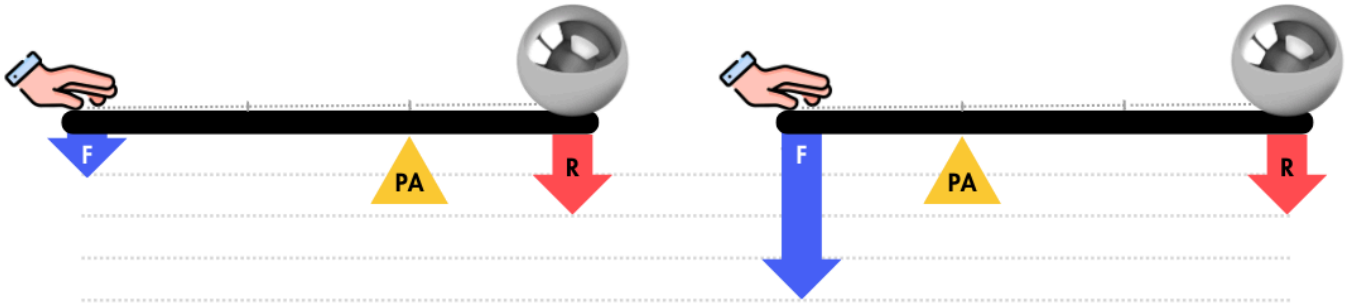


$$F \times BF = R \times BR$$

FONTE: Os Autores.

Assim, quanto maior for a razão entre o **BF** em relação ao **BR**, maior será a vantagem mecânica da alavanca. Para se manter uma carga em equilíbrio, quando se tem um Braço de Força que é o dobro do Braço de Resistência, a Força aplicada será a metade da Resistência. Por outro lado, caso o Braço de Resistência seja o dobro do Braço de Força, a força aplicada deverá ser o dobro para se manter o equilíbrio.

Figura 2 - Representação de diferentes braços de força e resistência conforme posição do fulcro (PA)



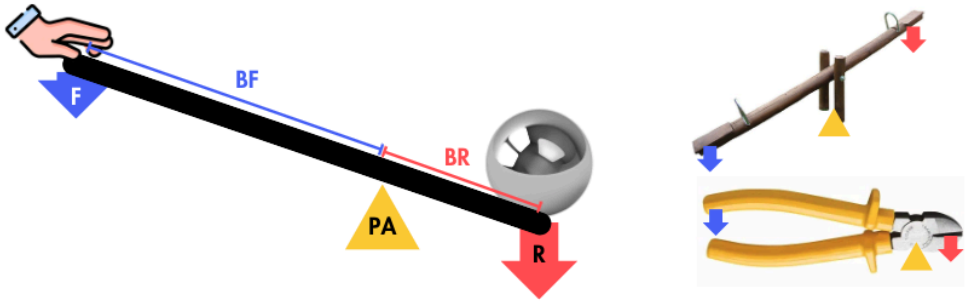
FONTE: Os Autores.

TIPOS DE ALAVANCAS

As alavancas podem ser classificadas em 3 tipos:

1ª Classe ou Interfixa: O ponto de apoio **(PA)** está localizado ao centro, entre a força aplicada (**F**) e a força de resistência **(R)**. Temos, por exemplo, as gangorras, alicates e tesouras.

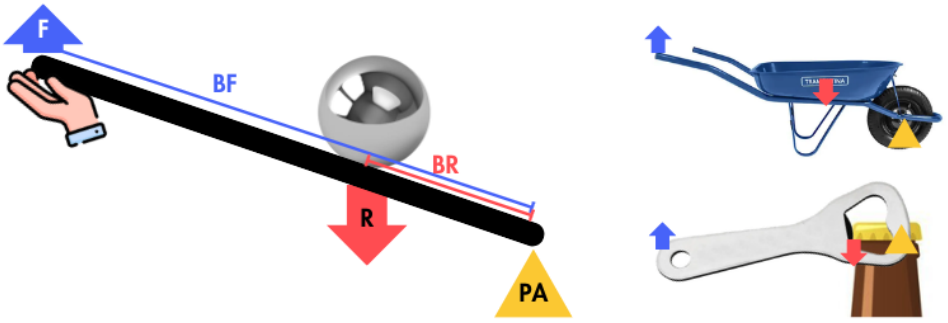
Figura 3 - Alavanca Interfixa



FONTE: Os Autores.

2ª Classe ou Inter-resistente: A resistência **(R)** está localizada ao centro, entre a força aplicada (**F**) e o ponto de apoio **(PA)**. Temos, por exemplo, carrinhos de mão e os abridores de garrafa.

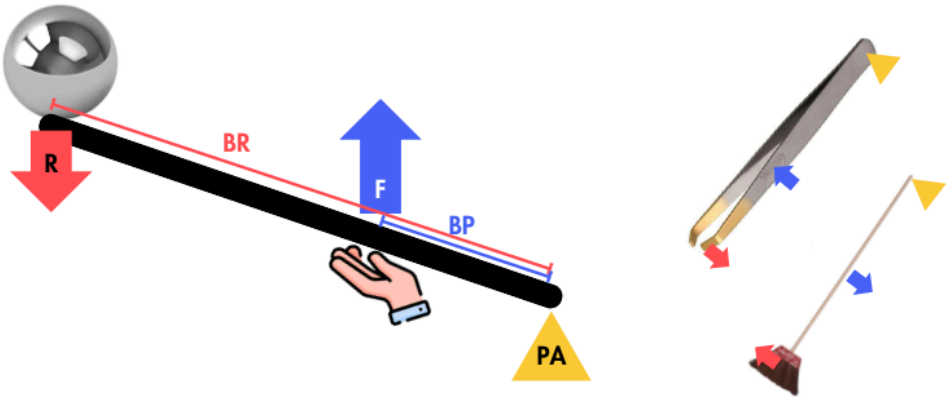
Figura 4 - Alavanca Inter-resistente.



FONTE: Os Autores.

3ª Classe ou Interpotente: A força aplicada (**F**) está entre a força de resistência (**R**) e o ponto fixo. Neste caso não há ganho de vantagem mecânica, mas podem ocorrer ganhos em relação ao deslocamento ou ergonomia. Temos, por exemplo, cortador de unha, pinças e vassouras.

Figura 5 - Alavanca Interpotente.



FONTE: Os Autores.

POLIAS

Polias (ou roldanas) são dispositivos mecânicos simples utilizados para facilitar o deslocamento de objetos pesados ou mudar a direção de uma força aplicada. As polias são compostas de um ou mais discos (denominados “gornes”), por onde se desloca uma corda, oferecendo baixa resistência ao giro.

Quanto ao **tamanho**, as polias podem ser classificadas em grandes ou pequenas. As grandes, com gorne acima de 50mm de diâmetro, se destinam a sistemas de resgate por terem maior eficiência, enquanto as pequenas, com cerca de 20mm de diâmetro no gorne, se destinam ao uso individual.

Quanto ao **tipo**, as polias podem ser classificadas em polias simples, quando compostas por um único gorne; polias duplas quando formadas por dois gornes dispostos lado a lado (paralelo); ou polias *tandem*, quando compostas por dois gornes em linha.

Quanto à **eficiência**, as polias podem ser classificadas em baixo rendimento e alto rendimento. As de baixo rendimento possuem o seu eixo do tipo bucha, oferecendo maior resistência (porém são mais baratas e compactas). Nas polias de alto rendimento, o eixo gira sobre rolamentos formados por esferas ou rolos, oferecendo menor resistência ao giro. Enquanto que as polias de baixo rendimento possuem eficiência de até 80%, as de alto rendimento podem superar os 90% de eficiência, a depender também do tamanho do gorne e do diâmetro da corda utilizada.

Quanto às **placas** laterais, estas podem ser fixas ou oscilantes. As polias fixas são mais antigas e possuem uma abertura na parte superior para colocação da corda, o que resulta em uma espessura maior, exigindo o uso de mosquetões ovais. As de placas oscilantes permitem o giro da placa para a passagem da corda, facilitando a sua colocação e permitindo o uso em diversos tipos de mosquetões.

Figura 6 - Classificações das Polias

FONTE: Os Autores.

Quanto ao **emprego**, as polias podem ser utilizadas de forma fixa ou móvel, como veremos a seguir.

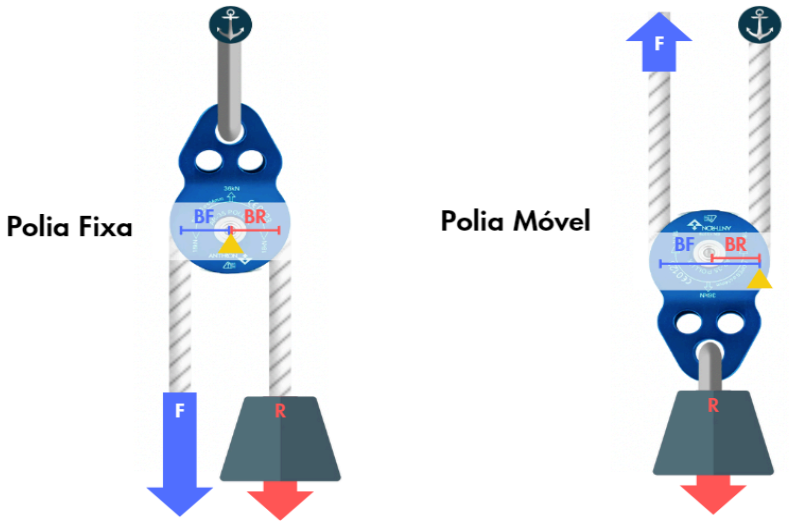
POLIAS FIXAS

A polia fixa é conectada ou ancorada em pontos fixos e não se movimenta em resposta à aplicação de força, permanecendo parada enquanto a carga é movimentada. Ela tem a função de mudar a direção e o sentido da força, sem oferecer vantagem mecânica. Ao observar a imagem a seguir, podemos perceber que uma polia fixa forma uma alavanca de primeira classe (interfixa), na qual o ponto de apoio está localizado entre a força e a resistência.

POLIAS MÓVEIS

A polia móvel é conectada ou ancorada na carga ou no próprio sistema, movimentando-se junto com o sistema, e ajuda a reduzir o esforço necessário para movimentar a carga, oferecendo vantagem mecânica. A polia móvel forma uma alavanca de segunda classe (inter-resistente), na qual a resistência está localizada entre o ponto de apoio e a força aplicada, de forma que o braço de força tem o dobro do comprimento do braço de resistência. Assim, a vantagem do uso da polia móvel é que a cada polia adicionada ao sistema, a força necessária é reduzida pela metade. No entanto, esse dispositivo também apresenta uma desvantagem, uma vez que para cada polia adicionada, o deslocamento do objeto é reduzido pela metade, exigindo uma maior quantidade de metros de corda para a realização do trabalho e o dobro de tempo para o objeto percorrer a distância.

Figura 7 - Polia fixa e móvel.



FONTE: Os Autores.

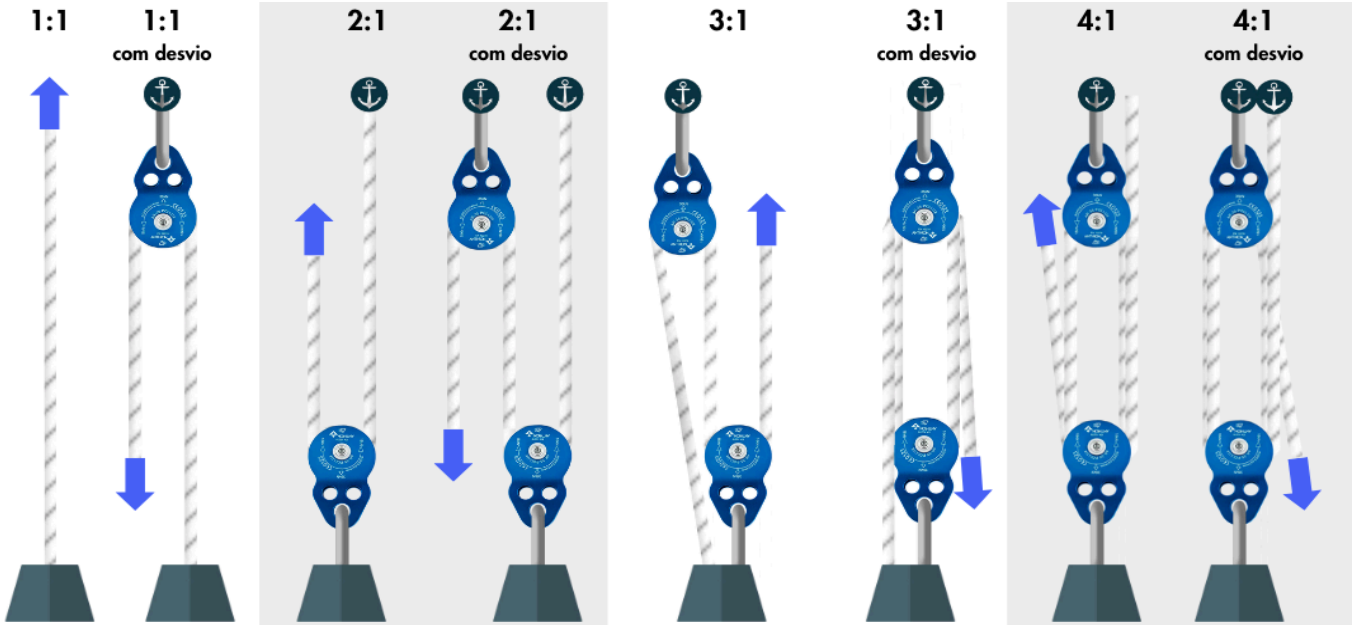
SISTEMAS DE VANTAGEM MECÂNICA

Sistema de vantagem mecânica é um conjunto mecânico que permite ampliar a força aplicada. Ele pode ser constituído de diversos equipamentos como polias, cordas, etc., bem como alavancas, engrenagens mecânicas ou hidráulicas e permitem mover objetos de forma mais eficiente e com menos esforço. Em contrapartida, eles exigem maior deslocamento. É como se “trocasse” força por distância. Assim, a depender da carga que se pretende elevar, sistemas de vantagem mecânica muito elevados começam a perder eficiência em relação ao deslocamento, exigindo muita corda e tendo pouco ganho de elevação. Assim, no contexto do salvamento, existem alguns poucos sistemas que são de fato efetivos. Veremos a seguir os **quatro tipos de sistemas**:

SISTEMA SIMPLES

Também chamado de estendido, esse tipo de sistema é caracterizado por possuir um único segmento de corda que percorre toda a distância entre a carga e o operador, passando pelas polias fixas e/ou móveis. Quanto maior for a vantagem mecânica desejada, maior deverá ser a corda utilizada. Para determinar a vantagem mecânica, basta contar o número de "braços"ou segmentos de corda que saem da carga. Esses “braços” distribuem uniformemente o peso da carga, e as polias equalizam essas forças ao girarem. O sistema de polias é identificado pelo número de braços, seguido pela relação de vantagem mecânica (1:1, 2:1, 3:1, 4:1, etc.). Quando a ancoragem da corda está presa à carga, temos um **sistema ímpar** (1:1, 3:1), e quando a ancoragem está presa a um ponto fixo, temos um **sistema par** (2:1, 4:1).

Figura 8. Sistemas 1:1, 2:1, 3:1 e 4:1, com e sem desvio.



FONTE: Os autores.

Simples 1:1

O sistema 1:1 é o mais simples de todos e oferece apenas uma mudança de direção e sentido da força, tornando o trabalho mais ergonômico para o operador, sem ganho de vantagem mecânica. O sistema é ancorado na carga e possui apenas uma única polia fixa para desvio de força. É utilizado em situações em que a carga é leve e/ou há várias pessoas disponíveis para puxar.

Simples 2:1

O Sistema 2:1 é ancorado em um ponto fixo e constituído de apenas uma roldana móvel na carga, deste modo, a força necessária para levantar a carga é reduzida pela metade em relação à carga direta. Em outras palavras, o sistema oferece uma vantagem mecânica de 2:1.

Uma vez que o vetor de força está apontado para cima, pode-se adicionar uma roldana fixa na ancoragem, de forma a desviar a força para um ângulo mais conveniente, auxiliando o trabalho da guarnição. Ao desviar a direção da força, a roldana fixa permite que a pessoa tenha uma posição mais estável ou use seu próprio peso corporal para ajudar no levantamento da carga, tornando o trabalho mais confortável, seguro e ergonômico. É importante ressaltar que a adição desta roldana fixa não altera a vantagem mecânica do sistema, tratando-se apenas de um desvio de força. Nesta configuração, o sistema será denominado Sistema 2:1 com desvio. Este raciocínio pode ser estendido para todos os sistemas simples aqui apresentados, na medida em que favoreçam o trabalho da guarnição.

Simples 3:1

O Sistema 3:1 apresenta sua ancoragem na carga e refere-se a um arranjo de polias em que há uma roldana fixa e uma roldana móvel. Nesse sistema, a força necessária para levantar a carga é reduzida em um terço em relação à carga direta, proporcionando uma vantagem mecânica de 3:1. Observe na imagem abaixo que há três “braços” de corda saindo da carga, distribuindo uniformemente o seu peso.

Do mesmo modo que o sistema anterior, aqui também é possível adicionar uma roldana fixa para desviar a força e favorecer o trabalho do bombeiro. Ressalta-se que para este fim, pode-se trocar a roldana simples que já está fixa por uma roldana dupla, eliminando a necessidade de duas roldanas simples.

Simples 4:1

O sistema 4:1 é uma configuração que utiliza uma ancoragem em ponto fixo, uma roldana simples fixa e uma roldana dupla móvel (ou duas roldanas simples, a depender da disponibilidade/restrição de material). Como resultado, o peso total da carga é dividido por 4. Caso o operador opte por adicionar mais uma polia no ponto fixo para desvio de força, as roldanas simples do ponto fixo podem ser substituídas por uma roldana dupla.

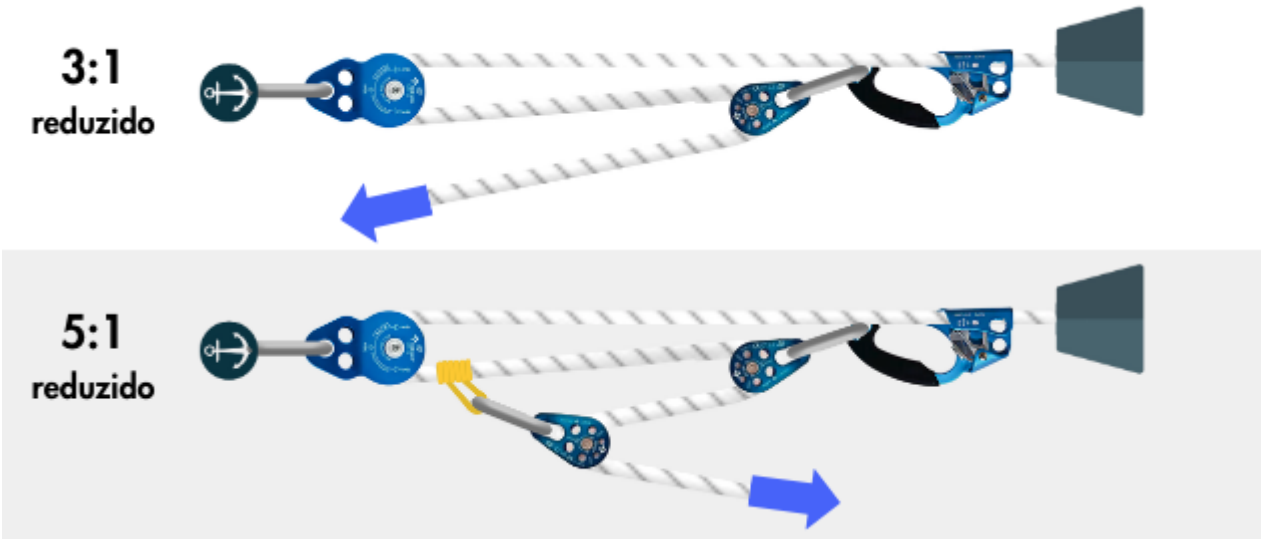
Por ser um sistema onde substituímos força por distância e vice-versa, a utilização de um sistema acima de 4:1 começa a deixar de ser interessante, devido à grande quantidade de corda que será necessária para sua montagem. Para um trabalho em um poço de 10 metros de profundidade, utilizando o sistema 4:1, será necessária uma corda de, no mínimo, 50 metros de comprimento, sendo 40 metros para o sistema e outros 10m adicionais para confecção de nós e tracionamento na área de trabalho.

SISTEMA REDUZIDO

Neste sistema, nem todas as vias percorrem a distância completa entre o chicote de tração e o chicote afixado à carga. Em vez disso, ocorre a blocagem na corda com o uso de cordeletes, trava-quedas, blocantes ou outros dispositivos em um ponto intermediário entre a ancoragem e a carga, reduzindo esta distância. Esse tipo de sistema geralmente é montado quando a corda disponível não possui o comprimento adequado para um sistema completamente estendido. O sistema reduzido mais comumente aplicado é o 3:1, geralmente empregado no tracionamento de tirolesas ou em operações de resgate para içamento de vítimas. Observe que ao tracionar a carga, o aparelho blocante se aproxima da roldana fixa, e no momento em que o blocante toca a roldana é necessário retorná-lo para o mais perto da carga possível, deslizando-o manualmente. Este processo deverá ser repetido toda vez que o blocante se aproximar da roldana fixa. Assim, é fundamental um sistema de anti retorno, como veremos mais adiante.

Adicionando-se sobre o 3:1 reduzido mais uma polia simples e um blocante ao sistema é possível obter o sistema 5:1 reduzido, que apesar de exigir um constante reposicionamento dos blocantes, permite um ganho adicional de vantagem mecânica para cargas mais elevadas.

Figura 9 - Sistema 3:1 e 5:1 reduzido.



FONTE: Os Autores.

SISTEMA CONJUGADO

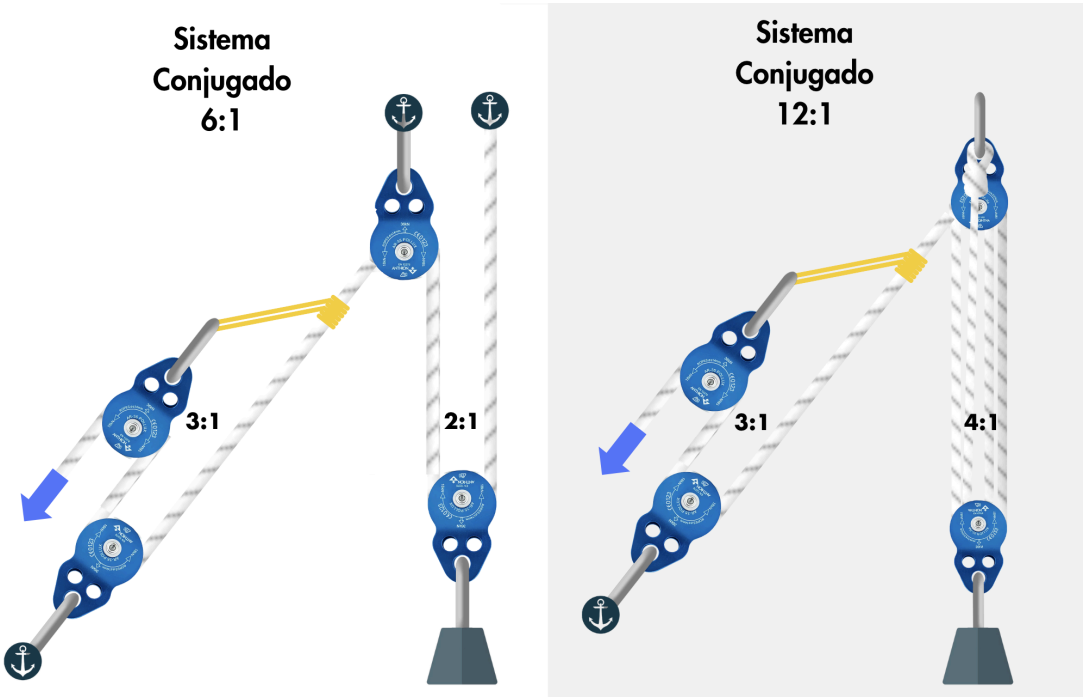
Neste tipo de sistema, também chamado de sistema composto, utilizamos dois sistemas, um simples e outro reduzido, trabalhando de forma conjugada. Ao montar o sistema composto com a mesma corda, adicionando um blocante na perna de corda proveniente do primeiro sistema, cria-se um ponto de ancoragem, e tudo acima desse blocante passa a ser considerado a carga. Assim, multiplicam-se os sistemas, obtendo-se sistemas com maiores vantagens mecânicas sem a necessidade de tanta corda para tal.

O sistema mais comum é o 6:1, formado por um 2:1 simples que é conjugado a um 3:1 reduzido, sendo este o sistema mais adequado para o içamento de duas pessoas (vítima e resgatista). Para resgate de animais pesados, pode-se ainda conjugar um 4:1 simples com um 3:1 reduzido, resultando em 12:1; ou um 2:1 simples com um 5:1 reduzido, totalizando 10:1.

Cargas acima de 12:1 apresentam baixíssimo deslocamento com pequeno ganho proporcional na redução de esforço, e geralmente não se mostram vantajosas.

A figura a seguir representa o sistema conjugado mais utilizado, o sistema 6:1. Na imagem é representado um sistema simples 2:1 ao centro do tripé e um sistema reduzido 3:1 ancorado no pé do tripé, simulando uma ancoragem externa, resultando em um sistema composto 6:1. Já o sistema 12:1, comumente empregado no resgate de animais pesados, é obtido com um sistema 4:1 simples conjugado a um sistema 3:1 reduzido.

Figura 10 - Sistema Conjugado 6:1 e 12:1



FONTE: Os Autores.

O sistema composto é amplamente utilizado em operações com tripé devido à sua versatilidade e eficiência no manejo de cargas pesadas, além de permitir trabalhar em locais profundos sem a necessidade de cordas excessivamente longas. Isso ocorre porque apenas o sistema simples precisa alcançar o fundo do poço, enquanto o sistema reduzido é ancorado na área de trabalho, permitindo ainda o emprego de diferentes sistemas de vantagem mecânica, como 3:1 ou 5:1.

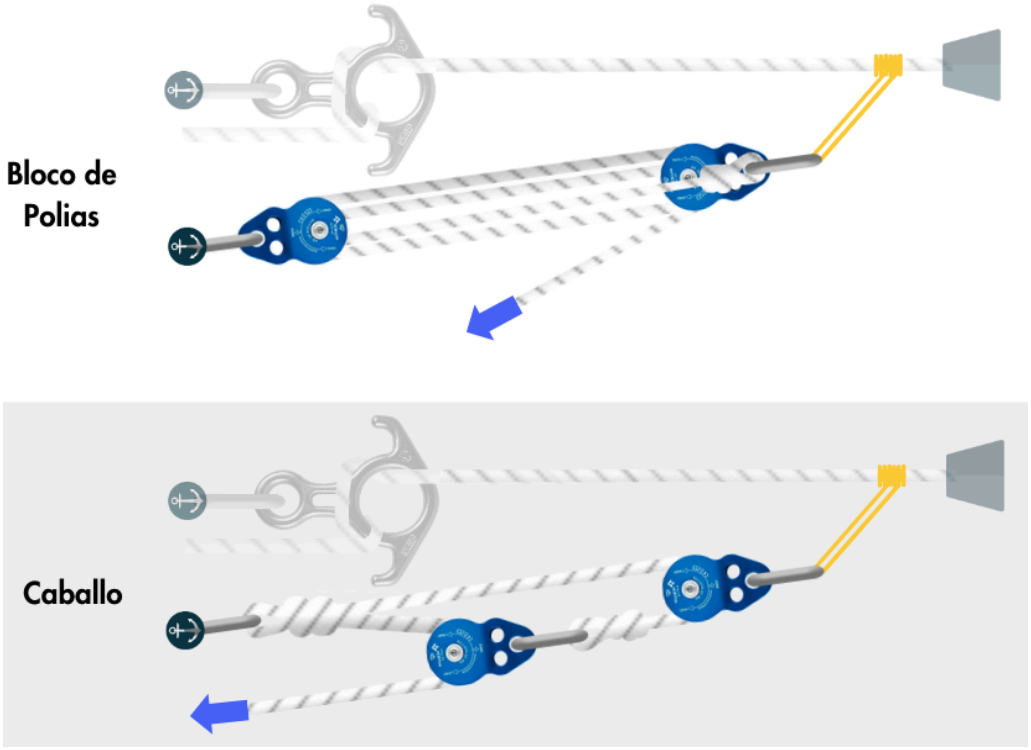
SISTEMA INDEPENDENTE

No sistema de vantagem mecânica independente, a tração não é realizada utilizando a mesma corda do sistema. Em vez disso, uma corda auxiliar independente é utilizada para aplicar a força de tração ao sistema existente.

Um dos sistemas independentes mais comuns é o Bloco de Polias, também chamado de “JAG” ou “jegue”, sendo um sistema pré-montado com duas polias duplas, formando um 4:1 ou 5:1, a depender da forma de utilização. Esse sistema permite múltiplos empregos no resgate, como na transferência de carga, tracionamento de tirolesas, etc.

Outro sistema independente é o “Caballo”, utilizado como meio de fortuna para montagem de um sistema 4:1 empregando somente um cabo da vida e duas polias simples.

Figura 11 - Representação de um Sistema Independente.



FONTE: Os Autores.

CONSIDERAÇÕES NA ESCOLHA DO SISTEMA

Para escolher o sistema multiplicador de força a ser utilizado em uma operação, deve-se levar em consideração diversos fatores, tais como:

- **Altura do vão ou profundidade do poço:** A altura do espaço influenciará a quantidade de corda necessária para montar certos sistemas de vantagem mecânica.
- **Metragem da corda disponível:** ter em mente que cada roldana adicional requer uma porção adicional de corda para o sistema, especialmente em sistemas simples. Um simples 4:1 irá consumir 40m de corda, além da porção adicional para amarrações, tracionamento, etc.
- **Materiais disponíveis:** o material à disposição, especialmente o número e tipo de polias, limita o tipo de sistema que pode ser montado. Dependendo da disponibilidade, será possível criar sistemas com diferentes vantagens mecânicas.
- **Quantidade de pessoal tracionando a carga:** se houver poucos bombeiros disponíveis, o sistema deve ser projetado para obter uma maior vantagem mecânica. No entanto, se houver um maior número, provavelmente diminuirá o número de roldanas necessárias.

- **Carga ou número de pessoas a serem elevadas:** Quanto mais pesada for a carga a ser resgatada, maior será a vantagem mecânica necessária. De forma geral, a depender da altura total a ser elevada e a quantidade de resgatistas disponíveis, podemos ter como referência:

SISTEMA 3:1 ⇛ **Uma pessoa** (aprox. 100 kg)
SISTEMA 6:1 ⇛ **Vítima+Resgatista** (aprox. 200 kg)
SISTEMA 12:1 ⇛ **Animais Pesados** (aprox. 500 kg)

- **Rapidez desejada para o funcionamento do sistema:** É importante considerar a velocidade desejada para a realização do resgate. Nota-se que quanto maior o número de polias envolvidas no sistema, maior será a lentidão na execução da manobra. Por exemplo, se utilizarmos uma corda diretamente afixada à carga, ela será elevada um metro para cada metro de corda recuperado. Por outro lado, se montarmos um sistema de 6:1, a carga só será elevada um metro a cada seis metros de corda recuperada.

Esses fatores devem ser avaliados cuidadosamente ao escolher o tipo de sistema de vantagem mecânica mais adequado para cada situação de resgate, conforme cenário em questão.

ANTI-RETORNO OU CAPTURA DE PROGRESSO

A fim de garantir um deslocamento seguro da carga, especialmente durante os içamentos, é obrigatório o uso de dispositivos bloqueadores que atuem como mecanismos de anti-retorno, fazendo a captura do progresso e impedindo o retrocesso do avanço alcançado. Esses dispositivos podem ser blocantes, cordeletes ou descensores autoblocantes.

BLOCANTES

Dotados de cames dentados, lisos ou estriados que realizam o esmagamento da corda quando sob tensão, esses equipamentos possuem a capacidade de permitir o deslocamento da corda em um único sentido. Eles apresentam a vantagem de garantir um bloqueio da corda quase que imediato, sem retrocesso após o içamento.

Figura 12 - Blocantes

FONTE: Os Autores.

Conjugando blocantes com polias, é possível montarmos um **POLIFRENO**, que como o seu nome sugere em espanhol, é uma combinação de uma polia e um freio, sendo projetado para atuar como um sistema anti-retorno. Eles permitem uma alta eficiência, sendo especialmente indicados em sistemas com grande desnível vertical (muita corda para puxar) ou cargas elevadas. Neste último caso, é preciso ter em mente que, em cordas de 11mm, um blocante de came dentado pode descamisar a corda com forças acima de 700 kgf. Assim, em cargas elevadas eles devem ser aplicados nos segmentos de corda mais distantes da carga, permitindo a divisão de tensão entre os diversos segmentos de corda da polia. A configuração mais comum utiliza-se do Blocante Basic conectado na saída da corda de uma polia pequena, conectado à roldana por um mosquetão.

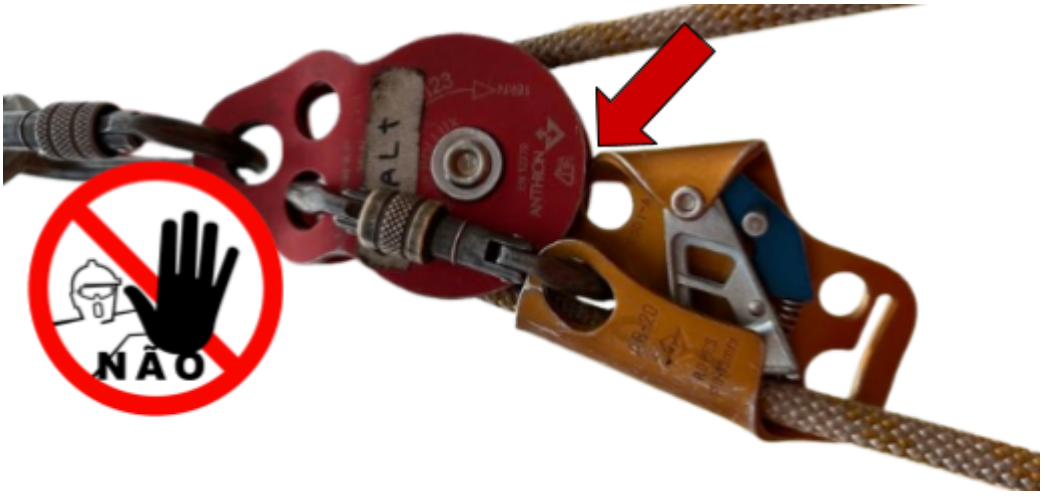
Figura 13 – Polifrenos

FONTE: Os Autores.

As atuais polias simples pequenas do CBMDF possuem orifício duplo, o que permite a montagem deste sistema com dois mosquetões conectados diretamente à polia, sem a necessidade de realizar adaptações de conexões entre mosquetões, o que pode trazer alguns riscos à técnica, como era a técnica quando feitas com as polias antigas.

A desvantagem do polifreno reside na maior dificuldade para realizar a inversão para descida, caso seja necessário fazer a descida pontual da carga. Há ainda de se observar que o corpo do blocante não pode colidir com o gorne da polia, que pode causar danos a esta durante a operação.

Figura 14 – Configuração inadequada com polia encavalada com blocante



FONTE: Os Autores.

ATENÇÃO: ESTE TIPO DE ENCAVALAMENTO PODE SER EVITADO USANDO POLIAS PEQUENAS.

CORDELETE

É importante ressaltar que, embora o nó Prussik confeccionado seja uma técnica comum para várias aplicações, seu uso como um dispositivo de anti-retorno é considerado uma solução rudimentar, contudo eficiente.

Ao utilizar o nó Prussik como um anti-retorno, obrigatoriamente no “braço” de corda que entra na polia, o nó deve ser confeccionado com pelo menos 3 voltas com o cordelete no “braço” de corda mais distante da carga e próximo ao operador, para que este possa liberar o sistema, conforme necessário. Quando a corda é puxada na direção desejada, o nó desliza suavemente, permitindo o movimento. No entanto, se houver um esforço na direção oposta, o nó Prussik se aperta e trava,

impedindo que a corda retroceda. Em cordas de 11mm, um cordelete de 6mm com o nó Prussik com 3 voltas irá deslizar com uma carga de aproximadamente 1.000 kgf.

Importante destacar que o nó Prussik funciona melhor com polias de base chata, pois estas impedem que o nó encavale no gorne da polia. Também deve-se atentar ao tamanho do cordelete, de forma que não fique excessivamente comprido, o que resultará em algum retrocesso até o bloqueio, com consequente perda de eficiência.

Figura 15. Sistema 4:1 com desvio, utilizando o nó Prussik como anti retorno.

FONTE: Os Autores.

DESCENSORES AUTOBLOCANTES

Esses aparelhos funcionam de maneira eficaz como dispositivos anti-retorno. Embora sua eficiência seja inferior à de uma polia, eles facilitam a captura de progresso e permitem a inversão simples do içamento para a descensão, bastando acionar a alavanca do freio.

Os descensores autoblocantes atuam com travamento por estrangulamento da corda por meio de came pivotante, o que resulta em um atrito maior. Isso pode afetar a eficiência do sistema de multiplicação de força. No entanto, em certas situações, é preferível sacrificar um pouco da eficiência do sistema em troca da capacidade de bloqueio da corda com a rápida possibilidade de debreagem da

carga, especialmente em içamentos não tão grandes. Assim, os descensores Skylotec Sirius, Petzl ID, Anthron Lory e o assegurador Petzl Grigri são os mais indicados para estas operações.

Figura 16. Descensores Autoblocantes

FONTE: Os autores com imagens dos respectivos fabricantes.

CONSIDERAÇÕES SOBRE SISTEMAS DE VANTAGEM MECÂNICA

CÁLCULO DA VANTAGEM MECÂNICA: MÉTODO “T”

Vantagem mecânica é a relação entre a força de tração aplicada no sistema e a força resultante gerada na carga (daí o termo multiplicador de força). Em um sistema de polias esta vantagem é traduzida em uma redução de força da puxada necessária para se elevar uma determinada carga, reduzindo o esforço para seu içamento ou movimentação. Em contrapartida, há o consequente aumento no comprimento de corda a ser puxada na proporção direta da vantagem mecânica.

No cálculo dessa vantagem mecânica, é importante ressaltar que estamos considerando um ganho teórico, uma vez que existem diversas perdas no sistema que afetam sua eficiência. Por exemplo, o atrito da corda nas polias, a elasticidade da corda ou o atrito em uma quina são fatores que podem influenciar negativamente o desempenho do sistema e reduzir a vantagem mecânica real.

O aumento da vantagem mecânica em um sistema de polias pode ocorrer de duas maneiras: somando ou multiplicando as polias. Na abordagem de somar polias, adicionamos mais polias móveis ao sistema, o que requer também a inclusão de polias fixas para redirecionar a corda em direção às polias móveis. Esse aumento no número de polias resulta em uma redução ainda maior na força necessária para movimentar a carga. No entanto, é importante considerar que a inclusão de mais polias também aumenta o comprimento total da corda.

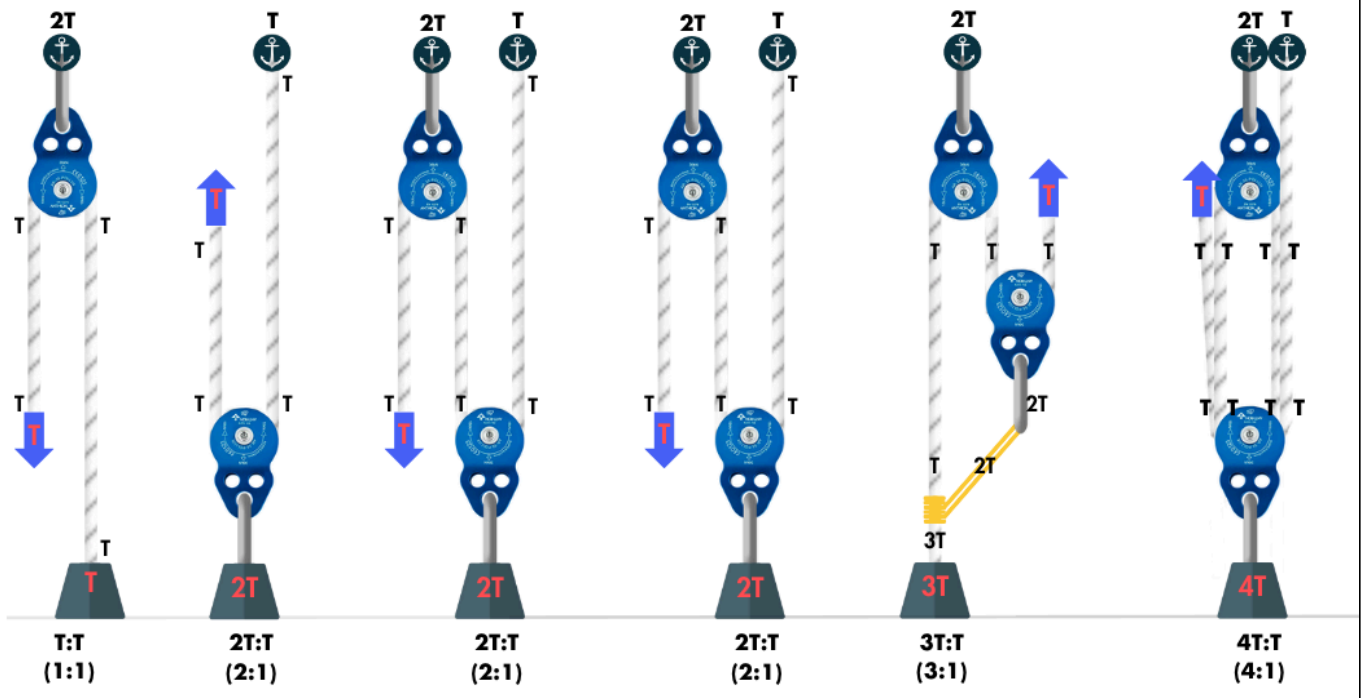
Já no caso da multiplicação da vantagem mecânica, combina-se dois sistemas de polias. Nessa configuração, cada sistema individual contribui com sua própria vantagem mecânica, e o resultado final é a multiplicação das vantagens mecânicas de ambos os sistemas. Este processo ocorre quando utilizamos sistemas compostos, como abordado anteriormente.

MÉTODO “T”

É um método didático criado para calcular a vantagem mecânica teórica de um sistema, sem considerar as perdas devido ao atrito, elasticidade da corda ou outras influências que possam afetar o desempenho real do sistema. O "T" é um valor atribuído que representa a força de tração aplicada ao sistema, sendo distribuído em diversos “braços” ou segmentos de corda tensionadas no sistema, que contribuem para a vantagem mecânica. Quanto maior a quantidade de "T" que chegam à carga, maior será a vantagem mecânica.

Neste método, consideramos que “T” representa a Tensão que uma pessoa ou equipe pode aplicar a uma carga, e será sempre igual a um. O cálculo se inicia considerando que a força de puxada é igual a T, em seguida esses Ts são replicados em cada parte do segmento de corda, sendo que ao alcançar uma polia, os dois segmentos de corda, de entrada e saída, são somados para o cálculo em sua ancoragem. Assim, a quantidade de Ts que chegam até a carga representam a vantagem mecânica teórica do sistema.

Figura 17 - Aplicação do Método T

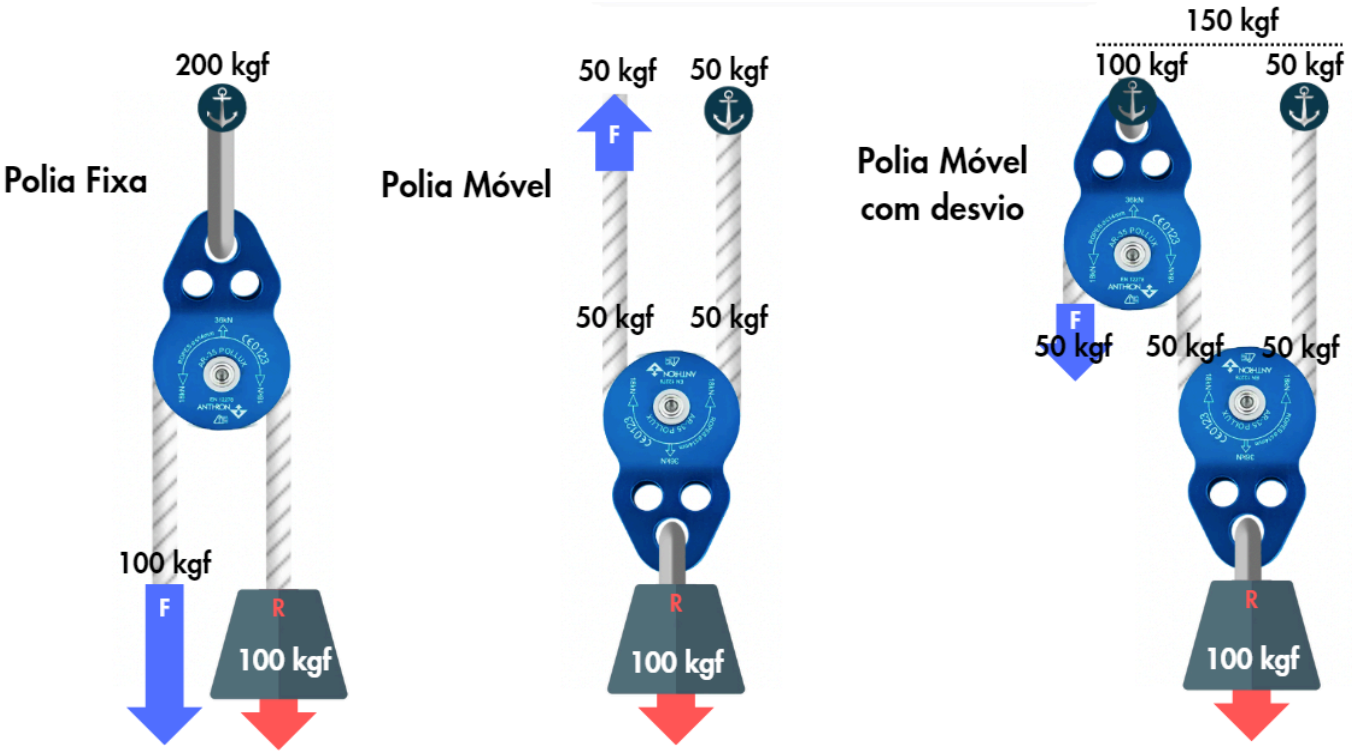


FONTE: Os autores

ESFORÇO NOS PONTOS DE ANCORAGEM

Ao realizar operações com polias, é crucial considerar os esforços exercidos nos pontos de ancoragem. No caso da utilização de uma polia fixa, tanto a força da carga (resistência) quanto a força aplicada pelo operador estão na mesma direção. Consequentemente, a soma dessas forças é transferida para o ponto de ancoragem, destacando a importância de dimensioná-lo adequadamente. É fundamental garantir que o ponto de ancoragem possa suportar com segurança tanto a carga quanto a força aplicada durante a execução do trabalho, especialmente no resgate de animais pesados. Essa precaução é essencial para evitar acidentes e assegurar a integridade da estrutura.

Figura 18 - Esforço nos pontos de ancoragem



FONTE: Os Autores.

EFICIÊNCIA DAS POLIAS

Em estudo desenvolvido no CETOP (Diniz e Passarinho, 2023), calculou-se a eficiência de diferentes polias, descensores, sistemas de captura de progresso e mosquetões quando empregados como uma polia fixa, com vistas a obter-se um parâmetro de eficiência para elevação de uma carga padrão de 100 kg com emprego de uma corda de 11mm semi-estática EN1891, tipo A, com vistas a obter um parâmetro para os diversos equipamentos empregados pelo CBMDF. Os dados são apresentados a seguir.

Tabela 1 - Eficiência como Polia Fixa de diversos equipamentos empregados pelo CBMDF

Equipamento	Força para içar 100kg	Eficiência
1x Mosquetão Oval	183 kgf	55 %
2x Mosquetões Ovais	204 kgf	49 %
3x Mosquetões Ovais	231 kgf	43 %
Polia Simples Pequena	142 kgf	70 %
Polia Simples Grande	114 kgf	88 %
Polia Dupla	116 kgf	86 %
Descensor Lory Safe	262 kgf	38 %
Descensor Double Stop	660 kgf	15 %
Descensor Petzl Stop	372 kgf	27 %
Descensor Petzl Grigri	262 kgf	38 %
Descensor Petzl IDs	295 kgf	34 %
Descensor Skylotec Sirius	282 kgf	35 %
Freio Oito com cordelete	423 kgf	24 %
Polifreno com Polia Pequena	144 kgf	69 %
Polia pequena com cordelete	144 kgf	69 %
Polia Grande com cordelete	114 kgf	88 %

Fonte: Diniz e Passarinho (2023)

Figura 19 - Eficiência como Polia Fixa de diversos equipamentos empregados pelo CBMDF

Fonte: Os autores.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- AGUIAR, Eduardo José Slomp. **Resgate Vertical** - 2ª Edição. Curitiba: Associação da Vila Militar - Departamento Cultural, 2016.
- ARAÚJO, Francisco Bento de. **Manual de Instruções Técnico-Profissional**. CBMDF/Centro de Treinamento Operacional, Brasília.
- BRIGGS, Tom. **Vertical Academy**. Ed. Lulu.com. 2013.
- CAMPO, Héctor del. **Polipastos: ventaja mecánica real vs teórica.** 2018. Disponível em: https://www.granvertical.com/polipastos-ventaja-mecanica-real-vs-teorica/. Acesso em 15 jun. 2023.

- CORPO DE BOMBEIROS DA POLÍCIA MILITAR DO ESTADO DE SÃO PAULO. CB - PMESP, **Coletânea de manuais técnicos de bombeiros**, manual de salvamento terrestre – volume 3, 2ª EDIÇÃO 2006. Disponível em: https://bombeiros.com.br/salvamento-terrestre/. Acesso em: 16 jun. 2023;
- CORPO DE BOMBEIROS MILITAR DO DISTRITO FEDERAL - **Manual do aluno** – Salvamento - 5ª EDIÇÃO 2022.
- DELGADO, Delfin – **Rescate em espacios confinados**, Desnível Ediciones, 2º edición, 2010.
- DINIZ, Marcos Paulo Maciel Bezerra. **SISTEMAS DE VANTAGEM MECÂNICA**: UM ESTUDO DA EFICIÊNCIA DOS EQUIPAMENTOS NO CONTEXTO DO CORPO DE BOMBEIROS DO DISTRITO FEDERAL, Monografia de Conclusão do Curso de Formação de Oficiais, Academia de Bombeiro Militar, CBMDF, 2023
- PETZL. **Descenders**. Disponível em https://www.petzl.com/. Acesso em: 19 ago. 2025.
- SKYLOTEC BRASIL. **Descensor Sirius**. Disponível em: https://www.skylotecbrasil.com.br/produtos/descensor-sirius-skylotec/. Acesso em: 19 ago. 2025.

EQUIPE RESPONSÁVEL

Elaboração:

- Ten Cel QOBM/Comb. Estevão Lamartine Nogueira **Passarinho**
- Maj. QOBM/Intd. João Robson **Gabriel** De **Souza**
- 1º Ten. QOBM/Comb **Diego** De **Sousa** Alves
- 1º Ten QOBM/Comb **Milena** Felipe **Félix** Freitas
- 1º Ten QOBM/Comb **Marcos Diniz**
- Sub Ten QBMG-1 Anderson **Matias** Da Silva
- Sub Ten QBMG-1 **William** Henrique **Costa** Martins
- 1º Sgt. QBMG-1 **Esdras Lopes** Feijão
- 1º Sgt. QBMG-1 José Carlos Pereira **Negry**
- 1º Sgt. QBMG-1 Clorisvaldo Goncalves **Montanha**
- 2° Sgt QBMG-1 **Kariel** Alexander Coêlho De Araujo
- 2º Sgt QBMG-1 **Farlen** Rhenir Lima
- 3° Sgt QBMG-1 **Allan** De Souza **Nunes**
- 3° Sgt QBMG-1 Fernando Vieira **Hirata**
- 3º Sgt QBMG-1 Mateus Araujo **Rufino**
- 3º SGT. QBMG-1 **L**eonardo De **Faria** Da Cunha Macedo

Revisão - Grupamento de Busca e Salvamento (GBS)

- Cap. QOBM/Comb Eduardo **Martins** Guimarães Soares
- 2º Sgt. QBMG-2 Allan **Jhony** De Souza Castro
- 2° Sgt. QBMG-1 **Claudijanio** Da Conceição Lima
- 3º Sgt. QBMG-1 **Cainan** Da Silva De Araújo
- 3º Sgt. QBMG **Diogo Rodrigues** Correia
- 3º Sgt. QBMG-1 Luana Rocha **Correto** Vieira

Revisão - Comando de Aviação Operacional (COMAV)

- Subten. QBMG-1 **Higor Souza** Alves
- Subten. QBMG-1 **Moises** De Melo Cavalcanti