



Capítulo 6

Desmultiplicações

1. Desmultiplicação - Generalidades

São várias as situações onde há a necessidade de mover cargas (vítimas, técnicos ou mesmo objetos) recorrendo a forças de tração. Em muitos casos o peso destas cargas é superior à força máxima possível de ser exercida por um ser humano sendo necessário recorrer a mecanismos de desmultiplicação de forças.

Em relação às desmultiplicações é necessário compreender a sua vantagem mecânica e pôr em prática esse conhecimento. Assim a vantagem mecânica resume-se à divisão do peso do objeto pela força aplicada para o içar ou tracionar.

1.1. Vantagem mecânica (VM)

Para mecanismos simples, é o quociente entre a força exercida (pelo mecanismo) e a força aplicada na tração. Isto resume-se através da fórmula matemática:

$$VM = \text{força exercida pela carga (peso)} / \text{força aplicada do exterior (tração)}$$

Por exemplo, no caso de uma polia fixa, a força aplicada necessária para elevar um peso P é igual a este, logo a $VM = 1$.

Ao falar de VM, é importante distinguir dois conceitos:

- a) **Vantagem Mecânica Teórica (VMT)** – é desprezado o atrito, ou seja, o mesmo não é contabilizado.
- b) **Vantagem Mecânica Prática (VMP)** – não é desprezado o atrito, ou seja, o mesmo é contabilizado.

Na figura 1, é possível observar alguns exemplos teóricos e práticos, comparativos das diferentes VM.

Conjetura (na figura 1):

- Utilizam polias que têm 5% de atrito;
- Utilizam conectores que têm 50% de atrito;
- Os ângulos foram ignorados;

VANTAGEM MECÂNICA TEÓRICA vs. PRÁTICA

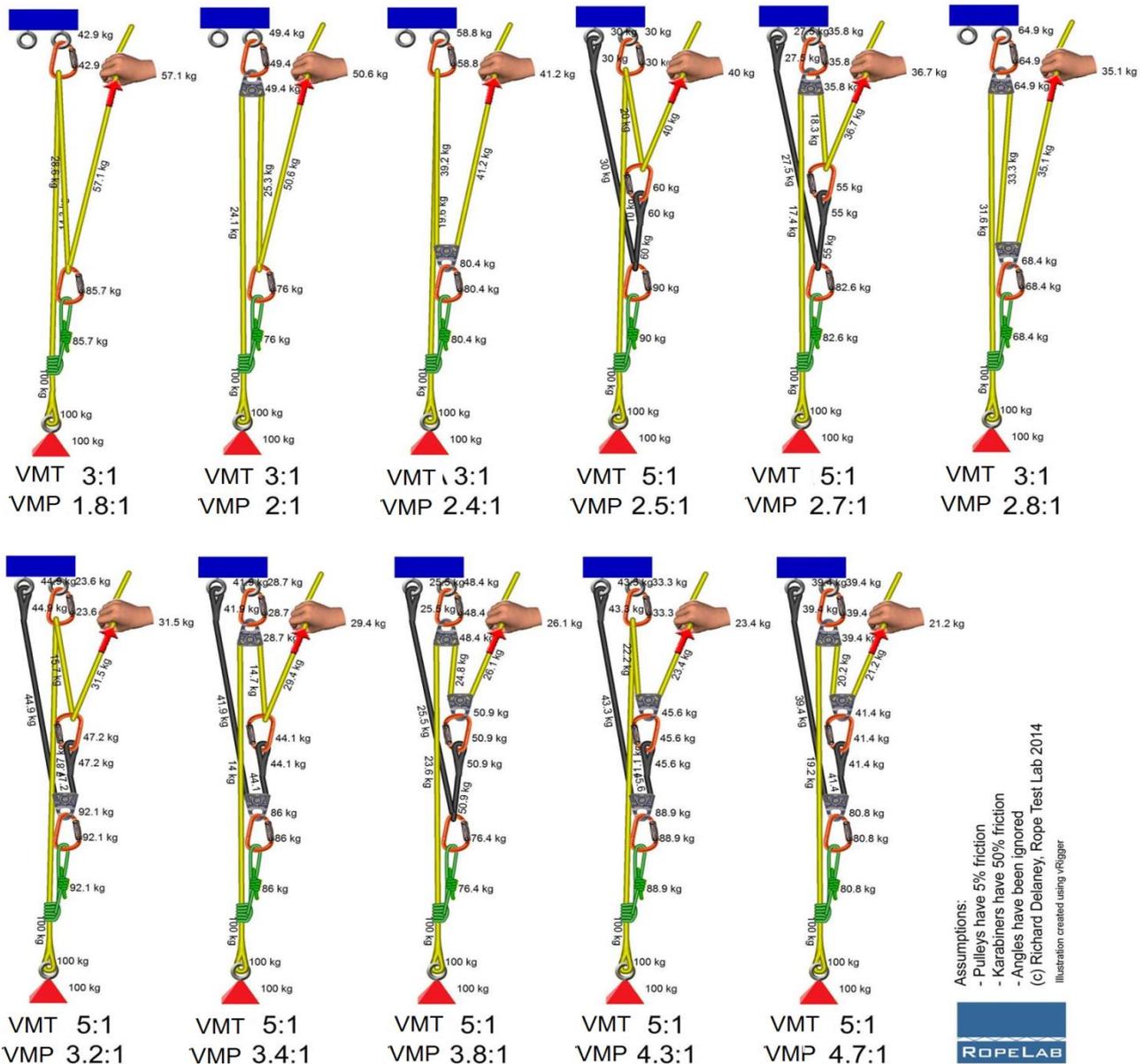


Figura 1 - VMT vs VMP (Richard Delaney, Rope Test Lab, 2014)

Nota: Existem polias em que o atrito pode variar entre diferentes valores de porcentagem. De qualquer forma não se considera um valor fixo pois depende muito do equipamento que se usa, por exemplo a “FIXE” (rendimento normal) apresenta um atrito de 30% e a “MicroTraction” (alto rendimento) de 10%.

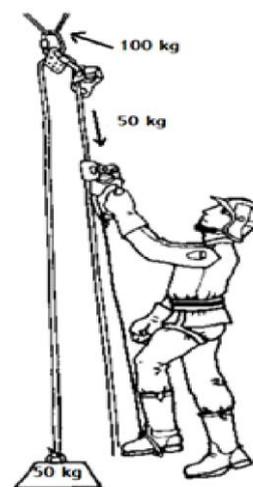
No caso dos conectores o atrito poderá ir até aos 90% (uma volta completa). Depende da quantidade da (s) volta (s) que o cabo dá ao conector.

1.2. Sistemas de Desmultiplicação

1.2.1. Sistema californiano

Um dos sistemas mais simples e conhecidos para içar cargas é o sistema californiano, não podendo, contudo, ser considerado uma desmultiplicação, como se pode constatar abaixo:

- Não tem VM, apenas direciona o peso noutra direção;
- Existe o perigo de sobrecarregar os sistemas de amarração de segurança (SAS), pois ao nível destas o peso é duas vezes superior;
- Apesar de ser um sistema que envolve mais força, o seu rendimento de subida tem uma proporção direta, ou seja, por cada metro de cabo puxado o objeto sobe também um metro. A VM 1:1 também expressa essa relação.



Força da carga (peso): força aplicada (tração)

$$50 \text{ Kg (50 daN): } 50 \text{ kg (50 daN) / VM = 1:1$$

Figura 2 – Sistema californiano

(Rescate Urbano en Altura)

1.2.2. Desmultiplicação simples

Outra forma de içar cargas consiste na utilização de um sistema simples de polias, realizando uma desmultiplicação e onde a VM é mais favorável ao técnico.

Um sistema de tração simples é quando todas as polias móveis estão ligadas direta ou indiretamente à carga, isto é, a polia pode estar conectada diretamente à carga ou através de um sistema bloqueador aplicado no cabo que vem da mesma.

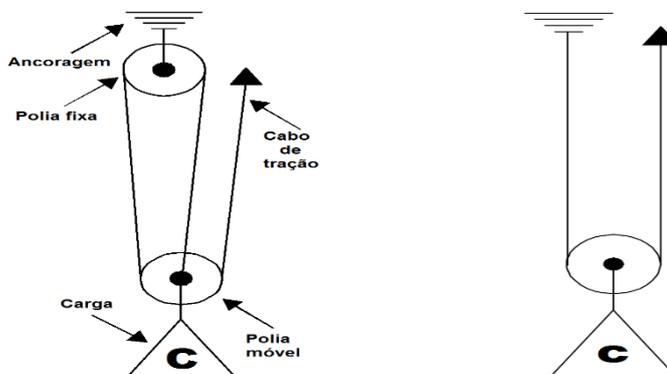


Figura 3 – Desmultiplicações simples 3:1(esq.) e 2:1 (dir.)

(Fox & Holton)

1.2.3. Desmultiplicação composta

Um sistema de desmultiplicação é composto quando um sistema de desmultiplicação que é simples traciona outro sistema de desmultiplicação simples (reunião sistemas simples).

Neste exemplo (figura 4) os dois sistemas separados são unidos através de um bloqueador.

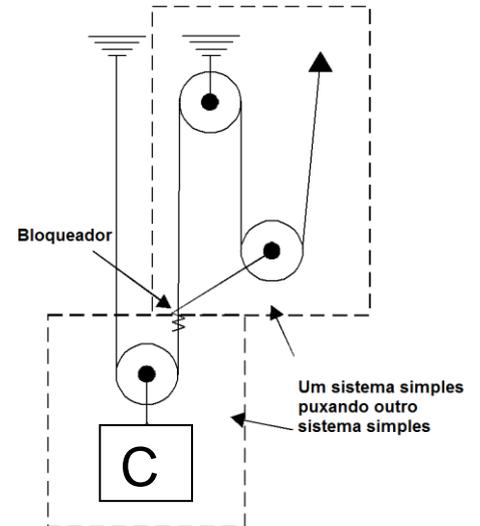


Figura 4 – Desmultiplicação composta 6:1
(Fox & Holton)

1.2.4. Desmultiplicação complexa

Um sistema de desmultiplicação complexa, é criado quando têm uma ou mais polias em movimento que se estão movimentando na direção da carga. Neste sistema as polias movem-se com velocidades diferentes.

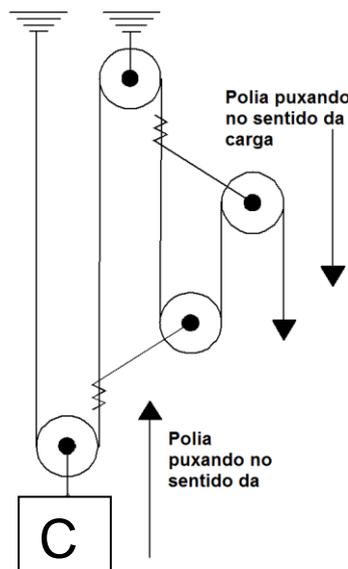


Figura 5 – Desmultiplicação complexa
(Fox & Holton)

2. Cálculo Teórico da Vantagem Mecânica

Existem dois métodos que podem ser usados para calcular a vantagem mecânica de um sistema de desmultiplicação, sendo estes o “Método da Contagem dos Cabos” que suportam a carga e o outro “Método da Soma das Tensões”.

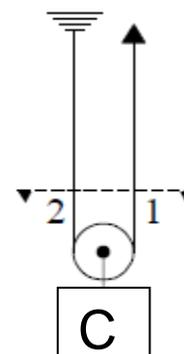
2.1. Método da Contagem dos Cabos

Este método só se aplica aos sistemas de desmultiplicação simples e a compostos, sendo que nestes é necessário proceder a outros cálculos para chegar ao valor da VM.

2.1.1. Sistemas de desmultiplicação simples

Para calcular a vantagem mecânica de um sistema de desmultiplicação é necessário realizar o seguinte passo:

- ✓ Começando no cabo que vai puxar o sistema, contar o número de cabos que estão ligados diretamente ou indiretamente à carga ou ligados à polia que está ligado à carga;



O valor calculado no procedimento anterior descrito será a vantagem mecânica do sistema.

A figura 6 é um exemplo simples do cálculo da VM:

- ✓ Cobrir a parte de cima do sistema de transporte e contar o número de cabos ligados à polia de carga. Existem duas linhas, portanto, a VMT é de **2:1**

Figura 6 – Desmultiplicação simples
(Fox & Holton)

No exemplo da figura 7 o cabo de tração não está ligado diretamente à carga. Se cobrirmos novamente a parte superior (linha tracejada) do sistema de recuperação, podemos constatar que continuamos com os mesmos 2 cabos ligados à polia da carga. A VMT deste sistema é também de 2:1.

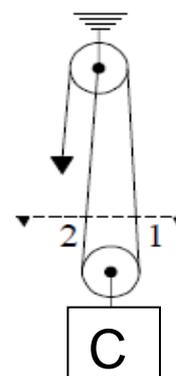


Figura 7 – Desmultiplicação simples 2:1
(Fox & Holton)

2.1.2. Sistemas de desmultiplicação composto

Podem usar o “Método da Contagem de Cabos” para calcular a vantagem mecânica dos sistemas compostos, no entanto depois é necessário multiplicar os valores obtidos.

Exemplo da figura 8:

- ✓ Traçar uma linha imaginária junto ao sistema bloqueador. Isto ajuda a separar os 2 sistemas simples.
- ✓ Realizar a contagem do número de linhas pela extremidade de tração (onde puxamos), fazendo a contagem dos sistemas simples um a um.

- Observe a figura 9 (a) e 9 (b).

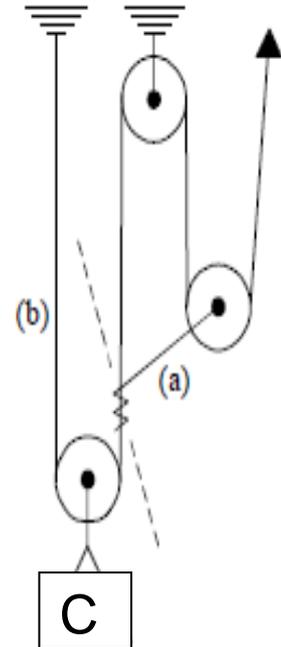


Figura 8 – Desmultiplicação composta 6:1
(Fox & Holton)

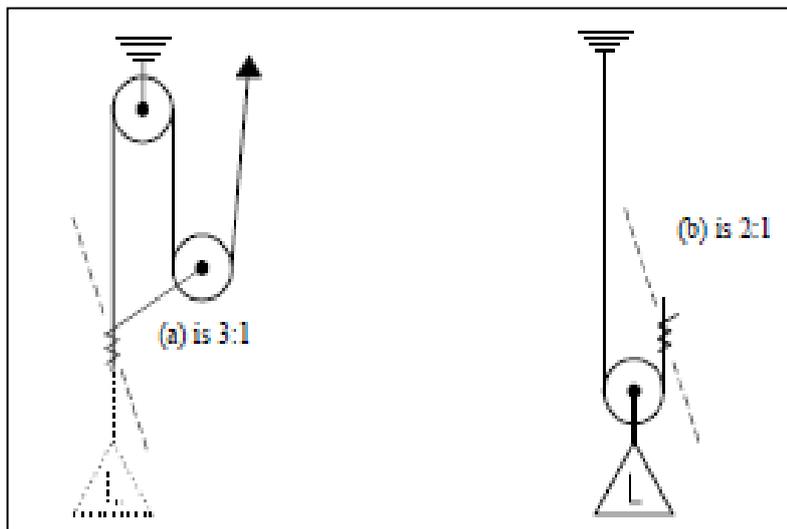


Figura 9 – Duas desmultiplicações simples 3:1 (a) esq. e 2:1(b) dir. /
(Fox & Holton)

$$\begin{aligned} \text{VMT} &= (a) \times (b) \\ &= (3:1) \times (2:1) \\ &= 6:1 \end{aligned}$$

- A vantagem mecânica do sistema de recuperação da figura 9 é então 6:1.

2.2. Método da soma das tensões / cargas

Para melhor se compreender o “Método da Soma das Tensões” é necessário reter um princípio básico: se uma força está sendo aplicada num dos lados da polia, a mesma força está aplicada ao outro lado da polia. Em termos simples se temos uma carga de 100Kg de um dos lados da polia, deve haver uma carga de 100 Kg do outro lado, isto significa que teremos 200 Kg de carga na ancoragem da polia. - Ver a figura 10.

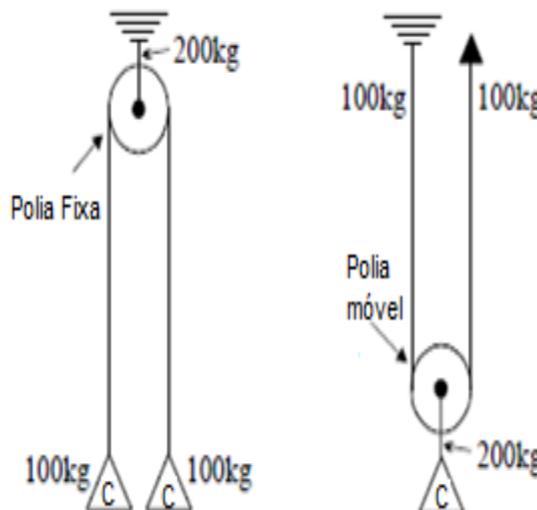


Figura 10 – Método da Soma das Tensões

(Fox & Holton)

2.2.1. Sistema de desmultiplicação simples

Para calcular a VMT de um sistema de desmultiplicação simples, utilizando o “Método da Soma das Tensões” os passos a seguir são:

- Observar a quantidade de tensão em cada lado do sistema de tração simples na figura 9. Cada parte está numerada como 1, 2 e 3. A quantidade de tensão é indicada através dos números que estão entre parênteses.
- Ao aplicar uma unidade de tensão à linha de tração, numerada de 1, haverá também uma unidade de tensão nas linhas 2 e 3. Isto é devido a que o princípio básico referido anteriormente.
- Todas as três linhas estão ligadas à polia da carga, por conseguinte, há um total de três unidades de tensão sobre a carga.
- A VMT é de 3:1

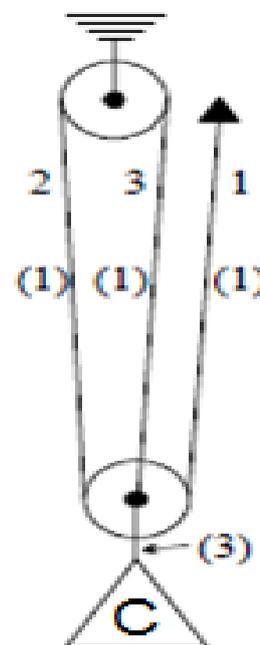


Figura 11 – Desmultiplicação simples 3:1

(Fox & Holton)

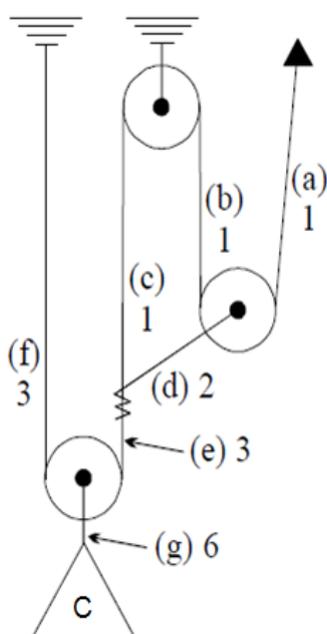
- Ao calcular VMT utilizando o método tensões devem adicionar a tensão de todas as linhas que estão ligados à carga ou à polia que está ligada à carga.

2.2.2. Sistema de desmultiplicação composto

Para calcular a VMT de um sistema desmultiplicação composto utilizando o “Método da Soma de Tensões”, é necessário:

- I. Começar a contagem pelo cabo de tração (onde puxamos), fazendo a contagem da quantidade de tensão que a ser aplicada naquela parte do sistema. Lembrando do princípio básico referido anteriormente, dever-se-á encontrar quantas unidades de tensão estão em cada parte do sistema.
- II. Usando o exemplo abaixo (figura 12), ao aplicar uma unidade de tensão à linha de tração no ponto (a) haverá uma unidade de tensão no ponto (b) e uma unidade de tensão no ponto (c).
- III. **Parar a contagem ao chegar a um sistema bloqueador;**
- IV. Existe uma unidade de tensão de ambos o lado da polia ligada ao sistema bloqueador, por conseguinte, tem de haver duas unidades de tensão no sistema bloqueador (d);
- V. Existe uma unidade de tensão no ponto (c) e duas unidades de tensão no sistema bloqueador (d). Têm-se então três unidades de tensão abaixo do sistema bloqueador (e).
- VI. Recordando o princípio básico de novo, se houver três unidades de tensão no ponto (e) deve haver três unidades de tensão sobre o outro lado da polia no ponto (f).
- VII. Agora adicionem as tensões a ser aplicadas à polia da carga, (e) + (f) = (g) ou $3 + 3 = 6$. Começa-se aplicando uma força de 1 para a linha de tração e acabamos com uma força de 6. Na polia da carga, por conseguinte, a vantagem mecânica é de 6:1.

CONCLUSÕES



- (a), esta linha de tração tem uma unidade de força aplicada. (a), (b) e (c) estão todas submetidas à mesma tensão de tração até ao sistema bloqueador;
- (d) está o sistema bloqueador, anexado a uma polia à linha principal. **A tensão em (d) = tensão em (a) + tensão em (b).**
- (e) é uma parte da linha principal, logo abaixo do sistema bloqueador que está sujeito a uma tensão maior. **A tensão em (e) = tensão em (c) + tensão em (d).**
- (g) é a ligação com a carga e é submetida mesmo a uma maior tensão. **A tensão em (g) = tensão em (e) + tensão em (f).**
- **A tensão final (g) = 6 unidades**, quando aplicamos uma única unidade de tensão em (a), portanto, temos uma VMT 6:1.

Figura 12 – Desmultiplicação composta 6:1

(Fox & Holton)

2.2.3. Sistema de desmultiplicação complexo

Não se pode usar o “Método de Contagem dos Cabos” para calcular a VMT dos sistemas de desmultiplicação complexo, mas é um cálculo simples ao usar o “Método da Soma das Tensões”. Para calcular a VMT de um sistema de desmultiplicação complexo utilizando este método é necessário:

- Iniciar a contagem sempre na linha de tração, e definir a quantidade de tensão que se está a aplicar naquela parte do sistema (para efeitos de cálculo da VMT é mais simples aplicar uma unidade de tensão). Recordando o princípio básico referido anteriormente, é possível descobrir quantas unidades de tensão estão em cada parte do sistema;
- Utilizando o exemplo abaixo (figura 13), ao aplicar uma unidade de tensão à tração, linha no ponto (a), haverá uma unidade de tensão no ponto (b) e uma unidade de tensão no ponto (c).
- **Parar a contagem ao chegar a um sistema bloqueador;**
- Há uma unidade de tensão de cada lado da polia conectada ao sistema bloqueador (d), por conseguinte, tem de haver duas unidades de tensão no sistema bloqueador. Há também uma unidade de tensão de ambos os lados da polia conectada ao sistema bloqueador (e), logo, deve haver também duas unidades de tensão neste sistema.

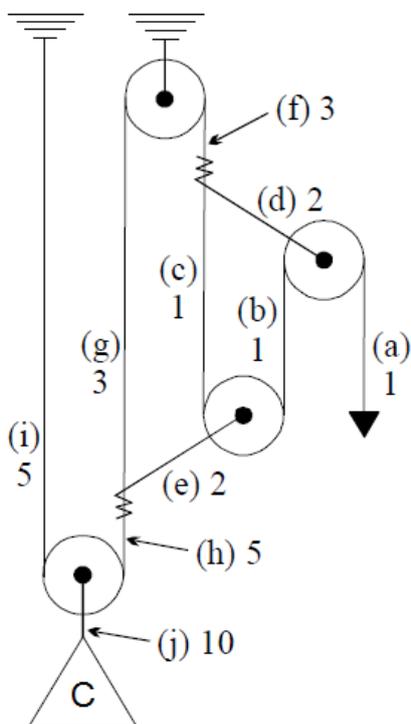


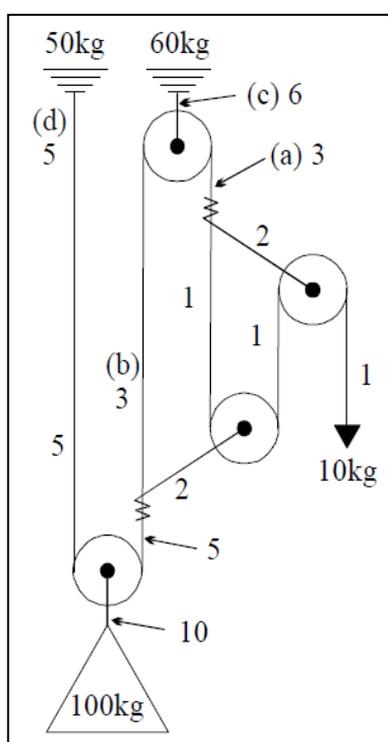
Figura 13 – Desmultiplicação complexa 10:1
(Fox & Holton)

- Há uma unidade de tensão no ponto (c) e duas unidades de tensão no sistema bloqueador (d), portanto, há três unidades de tensão um pouco acima do sistema bloqueador no ponto (f).
- Há agora o três (3) unidades de tensão na linha do ponto (f) por conseguinte, há também 3 unidades de tensão sobre o outro lado da polia no ponto (g).
- Se há 3 unidades de tensão no ponto de (g) e 2 unidades de tensão no sistema bloqueador (e) deve-se somar as tensões dando 5 unidades de tensão no ponto (h) abaixo do sistema bloqueador.
- Com 5 unidades de tensão no ponto (h), deve haver 5 unidades de tensão sobre o outro lado da polia de ponto (i).

- Deve-se agora adicionar as tensões a ser aplicadas à carga polia, $(i) + (h) = (j)$ ou $5+5 = 10$. Iniciou-se a contagem com a aplicação de uma força tensão (1) na linha de tração e concluiu-se com uma tensão de 10 na polia de carga. Por conseguinte, a VM é de 10:1.

2.2.4. Tensões nas amarrações

Para calcular a tensão exercida sobre a(s) amarração de um sistema de desmultiplicação, podemos também recorrer ao “Método da Soma das Tensões”. A figura 14 é um exemplo de um sistema de desmultiplicação complexo com VMT de 10:1, já calculada usando este método.



Podemos agora calcular as tensões que estão sendo aplicadas às amarrações:

- A tensão no ponto (a) é 3 e a tensão no ponto (b) será também ser 3. Somando essas tensões obtém-se uma tensão na amarração, ponto (c) de 6.
- A tensão na amarração, ponto (d), será de 5, porque esta parte do sistema simples termina nessa amarração e não usa outra polia.
- Se a carga pesar 100 kg, uma tração de 10 kg terá de ser exercida para içá-la. A amarração (c) é sujeita a uma tensão de 60 kg e a amarração no ponto (d) sujeita a uma tensão de 50 kg.

Figura 14 – Desmultiplicação complexa 10:1

(Fox & Holton)

- Ao usar um único ponto de ancoragem, unindo (c) e (d) a SAS única seria sujeita a uma força de 110 kg.
- Não deverá ser esquecido que uma vez que a operação de tração começa as forças vão aumentar devido ao atrito.



3. Princípios Fundamentais dos Sistemas De Desmultiplicação:

- Num sistema com polias, a tensão é igual em ambos os lados da polia;
- Polias são ampliadores de força! Quando os dois lados do cabo que passam através de uma polia são mantidos numa configuração paralela, as forças exercidas no ponto de fixação da polia são dobradas – $1T+1T = 2T$ na polia;
- Num sistema de tração com polias, estas podem funcionar de dois modos: como "polias fixas", ou como "polias móveis":
 - **Polias fixas:**
 - Conectada à SAS;
 - Não se move;
 - Apenas muda a direção (direcional), e não contribui para a vantagem mecânica.
 - **Polias móveis:**
 - Conectada direta ou indiretamente à carga;
 - Move-se;
 - Muda a direção e contribui para a VM.
- Utilizar polias com o maior rendimento possível;
- Tracionar preferencialmente no sentido inverso da carga para evitar sobrecarregar a(s) SAS;
- Evitar as desmultiplicações com VM acima dos 9/1, pois ocupam muito cabo e têm pouco rendimento. No entanto, poderemos ter de recorrer a estas em situações pontuais;
- Evitar ter rácios de tensão superiores a 12 na carga: como exemplo se tivermos uma desmultiplicação de 3:1 – máximo de 4 técnicos a puxar; 2 X 3:1 – paralelas, 2 técnicos em cada sistema. Devido às nuances e ao fato do SGA, ser uma vertente híbrida, aceita-se a utilização de guinchos mecânicos, contudo como auxiliar de tração, e não como ancoragem do sistema.
- Utilizar a desmultiplicação acertada a cada situação (bom senso ou julgamento);
- Utilizar pontos de ancoragem bem fixos;
- Sempre que possível, utilizar a gravidade, ou seja, fazer o sistema na vertical;

A desmultiplicação utilizada deve dar um bom rendimento, usando pouco cabo, força de trabalho aceitável por parte dos técnicos, ser rápida e simples de montar.

4. Ilustrações dos Sistemas de Desmultiplicações Utilizadas no Salvamento

Como se pode constatar, existe uma panóplia de desmultiplicações, que podem ser utilizadas no salvamento/resgate, pelo que abaixo serão apresentados, através de figuras, os sistemas mais utilizados, não havendo, contudo, o objetivo de impor aos técnicos estes sistemas, mas sim deixar referências com vista à uniformização dos mesmos.

4.1. Sistema anti-retorno/bloqueador

É o sistema inicial das desmultiplicações que tem como função principal o seu bloqueio, isto é, permitindo a recuperação evitando assim que após a tração das mesmas estas deslizassem novamente ao ponto inicial. Como já foi referido, há inúmeras formas de se executar esta tarefa.

Abaixo, nas figuras 15 e 16 (a; b) ficam os exemplos do bloqueio com um bloqueador e/ou descensor.



Figura 15 – Sistema anti-retorno com bloqueador (CNFGRIMP)

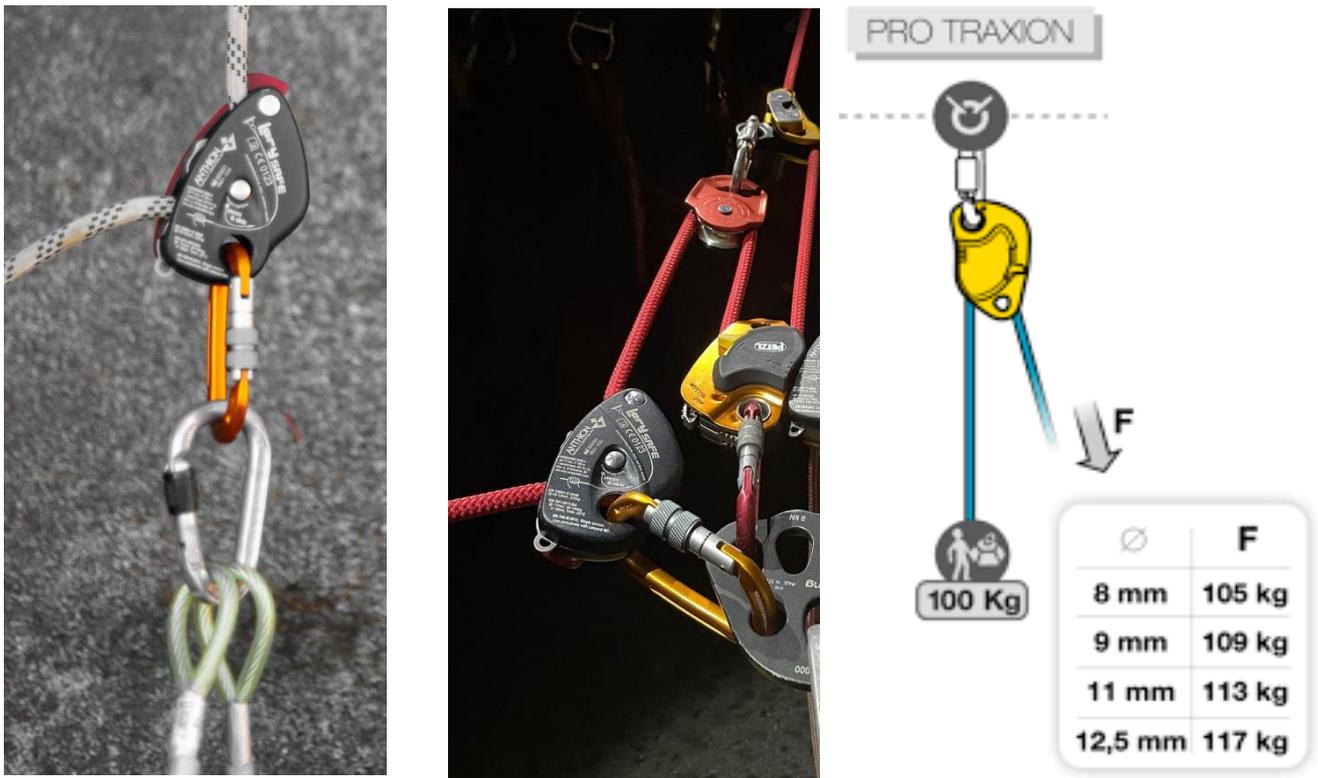


Figura 16(a) – Sistema simples. Anti-retorno com Polia Bloqueadora / descensor
(Nuno Henriques)

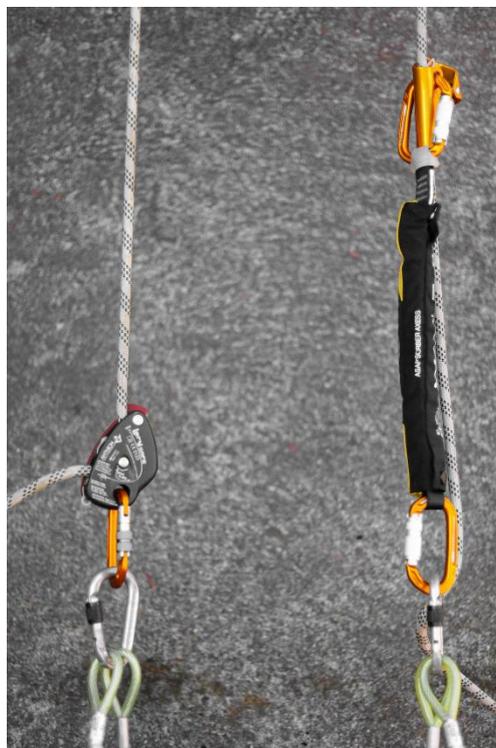
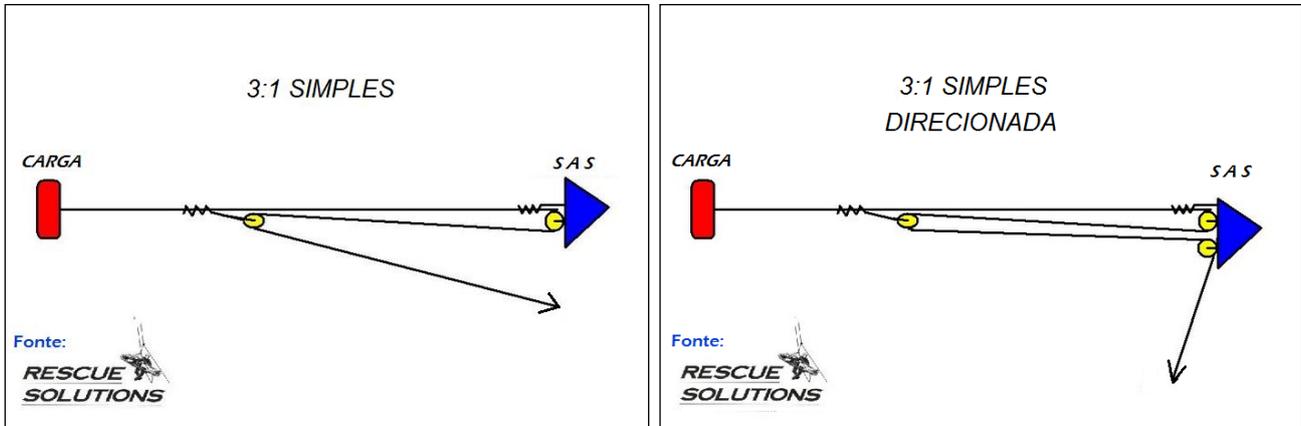


Figura 16(b) – Sistema simples. Anti-retorno com descensor / Cabo segurança Antiquedas
(Nuno Henriques)

4.2. Desmultiplicações Simples



Figuras 17(a)dir. e 17 (b)esq. – Desmultiplicações Simples 3:1

(continua)

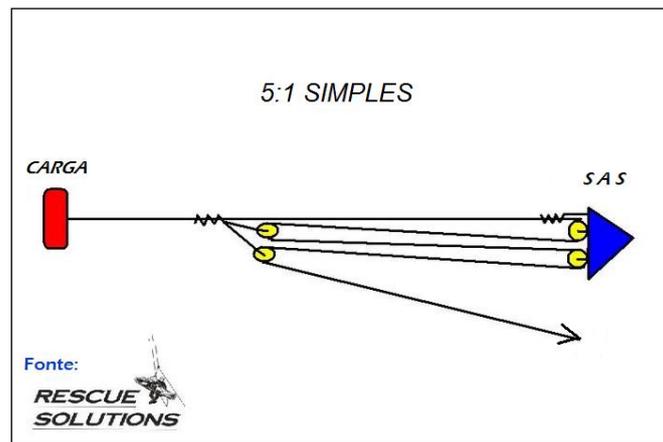


Figura 18 – Desmultiplicações Simples 5:1

4.3. Desmultiplicações compostas

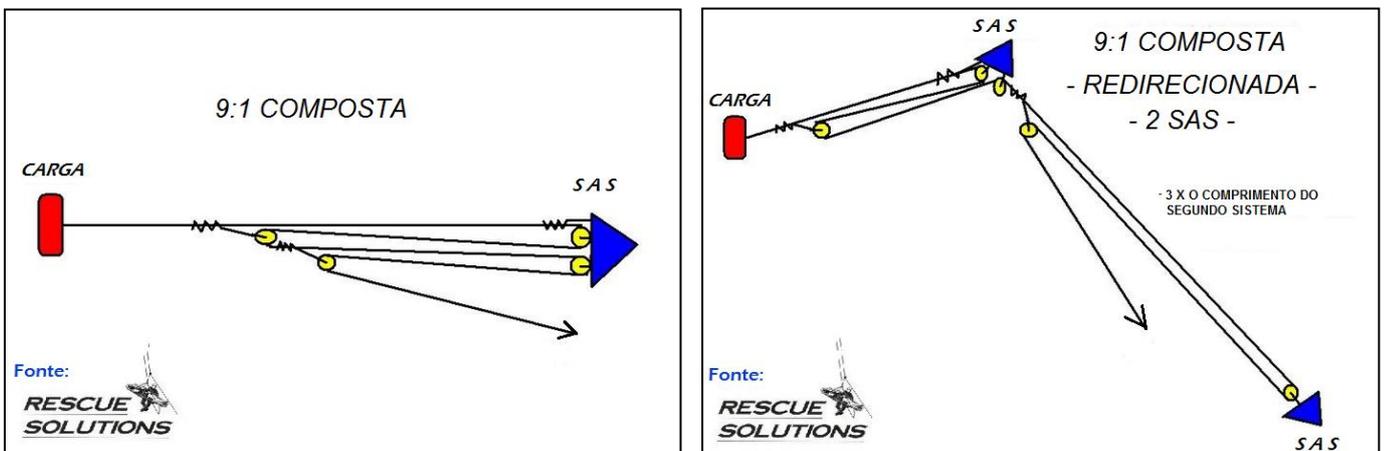


Figura 19 (a)esq. e 19 (b) dir. – Desmultiplicações composta 9:1

4.4. Desmultiplicações complexas

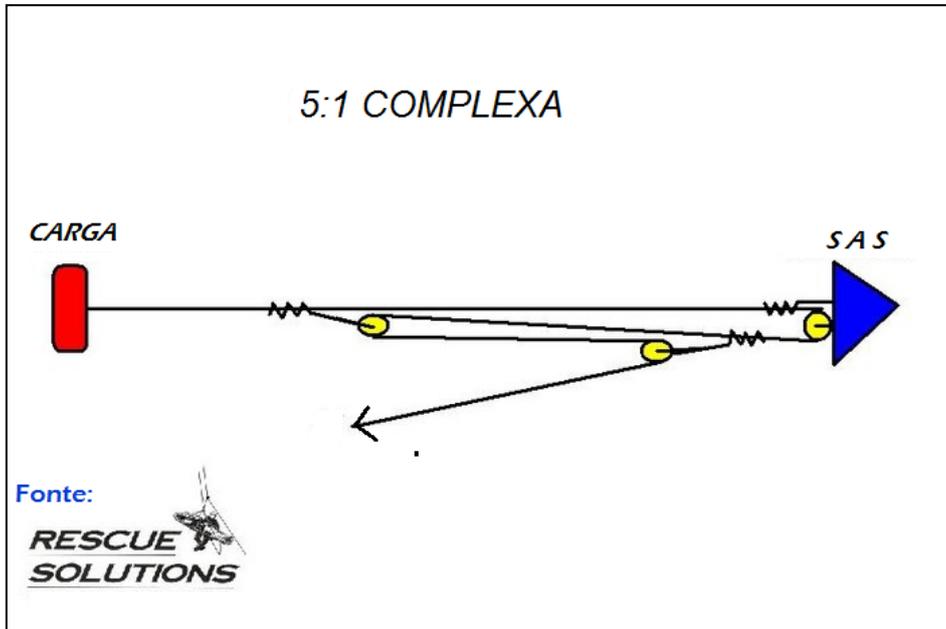


Figura 20 – Desmultiplicações complexa 5:1

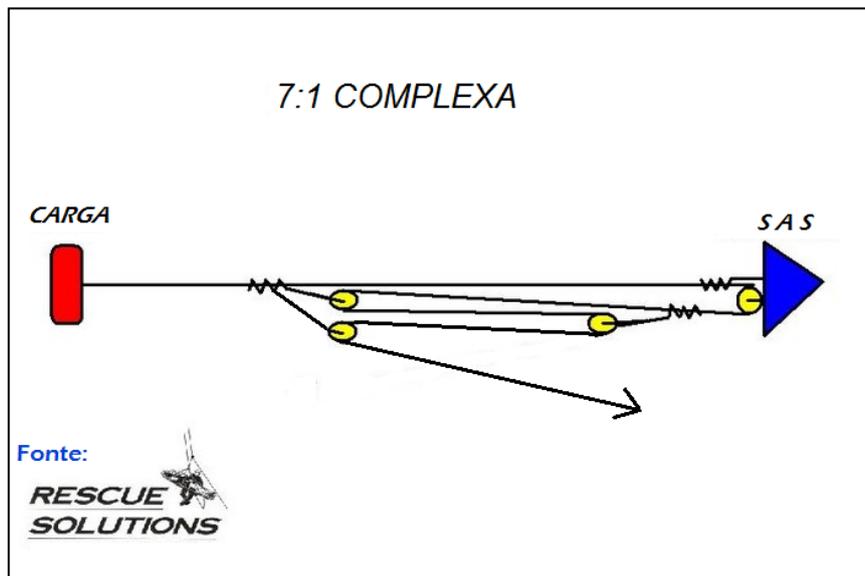


Figura 21 esq. - Desmultiplicações complexa 7:1