



FICHA TÉCNICA

TRAVAGEM

Níveis GDE: Nível 3 – Nível Tático; Nível 4 – Nível Operacional

Temas Transversais:
Tema 2 – Atitudes e Comportamentos
Tema 6 – Domínio das Situações de Trânsito
Tema 7 – Controlo do Veículo

Síntese informativa:

- Fundamentos físicos e fatores que influenciam a distância de travagem
- Energia cinética
- Eficiência do sistema de travagem
- Funcionamento mecânico do sistema de travagem
- ABS e eficácia da travagem
- Travagens de emergência
- Cálculo da distância de travagem da distância de resposta mecânica e da distância de paragem
- Distância de segurança

SUGESTÕES DE OPERACIONALIZAÇÃO

FORMAÇÃO TEÓRICA

Nível 3 – Nível Tático - Regras de Trânsito e Sinais e Comportamento Dinâmico do Veículo

Objetivos	Métodos e Recursos
<p>Conhecer técnicas de travagem adequadas às condições de trânsito e aos diferentes tipos de piso</p> <p>Conhecer o mecanismo do atrito e o funcionamento do sistema de travagem com vista ao seu melhor aproveitamento</p>	<p>Método expositivo</p> <p>Método interrogativo</p> <p>Método ativo</p>

Portaria n.º 536/2005, de 22 de Junho

Cap. I, Sec. I, III – 2.4.2

FORMAÇÃO PRÁTICA

Nível 3 – Nível Tático - Domínio das Situações de Trânsito

Objetivos	Métodos e Recursos
<p>Aplicar técnicas de travagem adequadas às diversas situações de trânsito</p>	<p>Método demonstrativo</p> <p>Veículo de instrução</p>

**Nível 4 – Nível Operacional - Controlo do Veículo**

Objetivos	Métodos e Recursos
Aprender a controlar o veículo em situações de travagem	Método demonstrativo Veículo de instrução

Portaria n.º 536/2005, de 22 de Junho

Cap. II, Sec. II, 2.4, 2.5



TRAVAGEM

TRAVAGEM

Parar um veículo pode ser uma tarefa difícil, em especial se o espaço disponível é limitado e as condições de tráfego, aderência e técnicas do veículo são deficientes.

Pisar o pedal de travão nem sempre resulta na diminuição de velocidade esperada e nem sempre permite a paragem do veículo em segurança no espaço útil disponível para o efeito.

Quando o condutor pisa o pedal de travão, se o sistema de travagem atuar normalmente, a pressão produzida sobre o pedal, é amplificada e transmitida aos travões, provocando resistência entre as superfícies de contacto. Se as condições de atrito o permitirem, a adesão da borracha ao piso provocará no veículo uma desaceleração.

Todavia, nem sempre a travagem resulta com a eficácia esperada pelo condutor do veículo, sendo esta última bastante variável consoante as condições da travagem. A travagem é, pois, influenciada por diversos fatores.

FUNDAMENTOS FÍSICOS

Isaac Newton, cientista inglês do séc. XVII, publicou algumas das leis fundamentais da Física Clássica, aplicadas ao movimento dos corpos. As leis do movimento, de Newton, estabelecem postulados físicos relativos: ao estado de movimento dum corpo e a sua resistência à variação de movimento (inércia), à relação entre a força aplicada e a aceleração obtida e o princípio da ação-reação.

Fundamentalmente, deste corpo postulado, importa reter que:

- Para que o movimento dum corpo seja alterado, tem de ser aplicada uma força;
- Quanto maior for a intensidade da força aplicada maior será a aceleração obtida.



A relação entre massa e aceleração é dada pela seguinte expressão:

$$a = \frac{F}{m}$$

Na forma apresentada em cima, a equação diz que aceleração* **a** é diretamente proporcional à força **F** aplicada e inversamente proporcional à massa **m**.

FATORES QUE INFLUENCIAM A DISTÂNCIA DE TRAVAGEM

A distância de travagem dum veículo mede-se desde o ponto em que o condutor aplica força nos travões até à posição de imobilização do veículo, ou até à posição correspondente ao momento em que o funcionamento do sistema de travagem é interrompido (para situações em que não há imobilização completa do veículo).

Naturalmente que a distância de travagem não é constante para todas as gamas de velocidade nem para todos os veículos e depende de fatores físicos de diversa ordem.

A distância de travagem dum veículo depende particularmente dos fatores seguintes:

- **Velocidade;**
- **Atrito;**
- **Massa;**
- **Declive da via;**
- **Eficiência do sistema de travagem;**
- **Forma de operar o sistema de travagem;**
- **Outros fatores de resistência.**

***NOTA:** a aceleração é a variação da velocidade com o tempo. Se a velocidade aumenta, a aceleração é positiva; se diminui, a aceleração é negativa. A travagem corresponde a uma aceleração negativa, também chamada de “desaceleração”.



VELOCIDADE

A velocidade é o fator mais importante. Independentemente das forças que atuam numa massa ou corpo em movimento, e da dissipação da energia, a Cinemática – um ramo da Física que estuda o movimento – demonstra claramente que um ponto cinemático (com movimento) deslocando-se a maior velocidade necessita duma distância (**d**) maior para travar, para o mesmo valor de desaceleração (**a**), do que outro deslocando-se a uma velocidade inferior por conseguinte mais próximo da velocidade final que é igual a zero para paragem. A velocidade é, pois, um fator desfavorável na distância de travagem.

A distância de travagem aumenta em dependência quadrática da velocidade. Ou seja, um veículo que inicie uma travagem a partir duma velocidade maior, tende a percorrer uma distância muito maior, em relação a outro veículo que inicie a mesma travagem a partir duma velocidade menor.

Para se saber a distância (**d**) percorrida por um veículo durante uma travagem até à sua imobilização, pode utilizar-se a fórmula* seguinte:

$$d = \frac{v^2}{2a}$$

que mostra claramente que a velocidade é um fator quadrático na determinação da distância de travagem.

A velocidade dum veículo está, ainda, ligada à energia cinética que, por sua vez, influi e está relacionada com a eficiência do sistema de travagem e com a magnitude do impacto, em caso de acidente.

* **NOTA:** a equação é uma simplificação da equação de Torricelli, e é válida para imobilizações, ou seja, para casos em que a velocidade final é igual a zero.

ATRITO



Diferentemente da velocidade, o atrito é um fator puramente dinâmico, ou seja, é uma força. É o atrito que permite que um veículo acelere com força do motor ou trave com a força do sistema de travagem.

O atrito na travagem é uma força de resistência, contrária ao sentido do deslocamento dum veículo. Para haver atrito, dois materiais ou duas superfícies de contacto têm de coexistir fisicamente. Um veículo sobre uma via está sujeito à força de atrito que se desenvolve entre a área de contacto dos pneus e a superfície da via.

A formação do atrito advém maioritariamente da deformação da borracha do pneu em contacto com as irregularidades da textura do piso.

Basicamente, distinguem-se dois tipos de atrito diferentes:

- **Atrito estático:** é aquele que existe entre duas superfícies sem movimento relativo, como seja entre a borracha do pneu do automóvel e o piso da via em que ele se encontra. É o atrito que existe quando há aderência do pneu ao piso, ou seja, quando não há derrapagem. O atrito estático verifica-se tanto em situações em que o veículo está imobilizado, como quando o veículo está em movimento;
- **Atrito cinético:** existe quando as superfícies de contacto têm, entre elas, movimento relativo. Esse movimento relativo é também chamado **derrapagem**.

Uma coisa fundamental a reter é que na interação pneu-piso, o atrito cinético é sempre inferior ao atrito estático. Isto significa que a força de travagem máxima com bloqueio das rodas (com derrapagem) é sempre menor do que sem derrapagem. Por conseguinte, a distância de travagem resultante, em situação de derrapagem, é sempre maior. É sobre este princípio que o sistema de travagem ABS foi desenvolvido.

Duma forma simples, o atrito no plano, entre o pneu do veículo e o piso, é igual ao coeficiente de atrito μ vezes o peso exercido sobre o piso pelo pneu:

$$\text{atrito} = \mu \times \text{peso}$$

O atrito é sempre proporcional ao peso, ou seja, quanto maior é o peso maior é a força de atrito. O **coeficiente de atrito** é uma constante de proporcionalidade, sem dimensões,



usada para calcular a força de atrito. O seu valor varia conforme a interação piso-pneu considerada. Exemplo de tabela de referência com os coeficientes de atrito estático μ_s e cinético μ_k :

Borracha - betão seco:	$\mu_s \approx 1$	$\mu_k \approx 0,8$
Borracha - betão molhado:	$\mu_s \approx 0,6$	$\mu_k \approx 0,4$
Borracha - neve / relva molhada:	$\mu_s \approx 0,2$	$\mu_k \approx 0,15$
Borracha - asfalto com óleo:	$\mu_s \approx 0,15$	$\mu_k \approx 0,1$
Borracha - gelo:	$\mu_s \approx 0,1$	$\mu_k \approx 0,05$
Borracha - água ("aquaplaning"):		$\mu_k \approx 0$

A temperatura e a dureza da borracha, a textura do piso fazem variar o coeficiente de atrito. Borracha fria ou dura e piso com superfície de textura excessivamente lisa são fatores que reduzem o coeficiente de atrito e, por conseguinte, aumentam a distância de travagem.

A travagem, máxima que é possível efectuar numa determinada via é proporcional ao coeficiente de atrito disponível.

MASSA

Em linguagem corrente é frequente falar-se do peso dum veículo, confundindo-se o mesmo conceito com o de massa. A massa representa uma quantidade de matéria, e é expressa, no Sistema Internacional, em **kg** (ou quilograma-massa). O peso é uma força, a força com que a Terra atrai a massa. A unidade de peso é **kgf** (ou quilograma-força).

A massa do veículo influi na travagem, essencialmente pelas razões seguintes:



- 1º porque a energia cinética aumenta na razão direta do aumento da massa**, ou seja, o dobro da massa representa o dobro da energia cinética, para a mesma velocidade. Isto tem a implicação nefasta do sobreaquecimento do sistema de travagem, uma vez que este tem de converter e dissipar mais energia. O sobreaquecimento é uma causa de redução da eficiência do sistema de travagem;
- 2º porque, quanto maior é a quantidade de massa, maior é a força ou peso exercido nos pneus que resulta em atrito.** Um aumento do atrito por aumento do peso pode significar um sobreaquecimento indesejável da borracha dos pneus, levando à sua degradação e, por consequência, à redução do coeficiente de atrito;
- 3º porque, em travagem, dá-se uma transferência de peso para o eixo dianteiro, o que o sobrecarrega.** Ora, quanto maior é a massa do veículo maior é o peso e também a sua transferência em desaceleração. Essa transferência sobrecarrega o pneu, causando-lhe mais “stress” e propicia o sobreaquecimento e redução do coeficiente de atrito, o que é prejudicial à travagem.

DECLIVE DA VIA

O declive da via tem alguma influência na travagem, na medida em que a componente do peso do veículo paralela ao plano da via é uma força presente que favorece ou desfavorece a travagem, conforme o sentido da deslocação em relação ao declive.

Na descida, o peso do veículo é um fator desfavorável à travagem, o que produz um aumento da distância de travagem, produzindo ainda uma sobrecarga nos travões, podendo levar ao seu sobreaquecimento precoce e à consequente perda de eficiência.

Já na subida, a tendência é oposta, ou seja, de redução da velocidade, pelo que o declive é, nesta circunstância, um fator favorável à travagem.

Em relação ao plano não inclinado, a distância de travagem em descida é maior e a distância de travagem em subida é menor.

Uma vez que, em declive, o atrito é sempre um pouco menor do que em piso plano, por causa da componente do peso perpendicular ao piso, que é menor com inclinação, a travagem em descida sai duplamente penalizada, ou seja, a diferença em relação ao plano não inclinado é sempre maior para descida, o que se traduz em distâncias



consideravelmente maiores em descida, tanto maiores quanto maior for o declive, ao que se junta uma maior facilidade de sobreaquecimento dos travões.

OUTROS FATORES DE RESISTÊNCIA

A resistência aerodinâmica e a resistência de rolamento são fatores secundários que estão ainda, contudo, presentes na travagem.

É preciso notar que a velocidade é um fator quadrático na resistência aerodinâmica, ou seja, quanto maior é a velocidade de circulação, maior é a força que o ar provoca no veículo para o desacelerar. A velocidades elevadas, a resistência do ar é bastante considerável. A velocidades baixas, a sua força é negligenciável.

A resistência de rolamento é proporcional ao peso do veículo. Este fator tem pouca influência na distância de travagem.

ENERGIA CINÉTICA

A energia cinética existe quando uma massa se encontra em movimento. A energia aumenta na razão direta do aumento da massa e em dependência quadrática do aumento da velocidade.

A velocidade é um fator quadrático, tanto na distância de travagem como na energia cinética que influi no sistema de travagem e na magnitude da colisão em caso de acidente.

Calcula-se a energia cinética dum veículo, multiplicando a sua massa (em kg) pelo quadrado da velocidade (em metros/segundo). Obtém-se o resultado em joules (j).

$$E = \frac{1}{2} mv^2$$



Uma experiência sintética com 2 veículos de massa idêntica (1000 kg). Calcula-se a energia cinética resultante a 40 km/h (11,1m/s) e a 80 km/h (22,2m/s):

$$\boxed{40 \text{ Kms/h}} \longrightarrow E_k = 1000/2 \times 11,1 \times 11,1 = \mathbf{61.605 \text{ j}}$$

$$\boxed{80 \text{ Kms/h}} \longrightarrow E_k = 1000/2 \times 22,2 \times 22,2 = \mathbf{246.420 \text{ j}}$$

O resultado energético que se obtém para o segundo veículo é quatro vezes superior ao primeiro. Ou seja, a velocidade duplicou e a energia quadruplicou. Esta quadruplicação da quantidade de energia que se obtém com a duplicação da velocidade, representa a energia em excesso que os travões do veículo terão de converter e dissipar para travar, o que tem implicações na eficiência do sistema de travagem.

O aumento da energia cinética pelo aumento da velocidade tem, ainda, implicações importantes em caso de colisão.

Durante uma colisão, a energia cinética dum veículo é transmitida ao obstáculo e convertida em calor, durante a deformação da sua estrutura física. Quanto maior for a velocidade e, por conseguinte, maior a quantidade de energia cinética, maior será também a deformação no veículo e/ou no obstáculo com o qual ele colide.

Por outro lado, se a colisão for mais elástica do que plástica, ou seja em que haja menos deformação estrutural, a desaceleração a partir duma velocidade mais elevada é também maior, o que pode provocar danos importantes ou até mesmo a morte dos ocupantes do(s) veículo(s), se a velocidade no momento do impacto for grande. O organismo humano não suporta desacelerações muito intensas.



EFICIÊNCIA DO SISTEMA DE TRAVAGEM

A eficiência do sistema de travagem depende da força do sistema, da quantidade de energia cinética a dissipar e da capacidade para resistir à fadiga.

Os travões são sistemas dinâmicos que visam a redução da velocidade por ação de força de atrito: atrito entre as pastilhas e os discos de travão; atrito entre a borracha dos pneus e o pavimento. Esta força oferece resistência ao movimento das rodas, atuando em sentido contrário a esse movimento.

O fenómeno do atrito implica uma conversão da energia cinética (a forma de energia conservada em qualquer veículo em movimento) em energia térmica (calor), quando os travões realizam trabalho (travagem).

É por causa desta cadeia de conversão de energia que os travões aquecem quando são atuados. Esse aquecimento aumenta em dependência quadrática da velocidade, uma vez que a energia cinética aumenta na mesma razão. Por isto, os travões aquecerão mais se a travagem for realizada a uma velocidade mais elevada. Se a massa for maior, a energia cinética também será maior, bem como o aquecimento resultante, apesar de a velocidade fazer variar mais do que a massa.

Se a energia cinética a dissipar nos travões é muita, os travões aquecem mais e perdem eficiência, reduzindo a desaceleração do veículo na via, o que traduz um aumento direto da distância de travagem.

Por causa do aumento muito eficiente da energia cinética com o aumento da velocidade, o sobreaquecimento do sistema de travagem acontece mais facilmente a velocidades mais elevadas.

Em suma, para que a eficiência do sistema de travagem não seja reduzida, é especialmente necessário que:

- **A pressão do fluido no sistema de travagem se mantenha a um nível ótimo, para garantir força de atrito;**
- **A temperatura, resultante da conversão de energia no sistema, se mantenha a níveis abaixo do seu sobreaquecimento.**



REDUÇÃO DE VELOCIDADE NUM VEÍCULO

A redução de velocidade num veículo pode ser efetuada de duas formas, utilizando:

- **A força dos travões (sistema de travagem);**
- **A força de resistência do motor em desaceleração ou “travão-motor”.**

A redução de velocidade é ainda auxiliada, em pequena medida, por outros fatores de resistência menores, nomeadamente a aerodinâmica e a resistência de rolamento.

A redução de velocidade por desaceleração do motor, nomeadamente usando relações de caixa baixas, permite uma travagem das rodas do eixo motriz que pode ser suficiente para situações em que a força da travagem necessária é reduzida. Esta forma de travagem pode também auxiliar a ação dos travões propriamente ditos, limitando o seu sobreaquecimento para a mesma taxa de desaceleração.

Enquanto que a primeira forma, atrás referida, trava as rodas de forma equivalente ou otimizada consoante o tipo de sistema de travagem, já a segunda, uma vez que atua sobre um diferencial, poderá travar as rodas motrizes com forças diferentes, em especial em desacelerações fortes como por exemplo se circular a mais de 80 km/h e desacelerar com a caixa engrenada em 2ª velocidade.

A travagem com o motor, em condução normal, deve ser usada nas seguintes circunstâncias:

- **Em redução suave de velocidade na aproximação a um local que exija menor velocidade, preparando o veículo para posterior aceleração, como por exemplo na aproximação a uma curva, interseção ou local de perigo;**
- **Em apoio ao sistema de travagem, em descidas prolongadas onde se pode dar um aquecimento excessivo dos travões;**
- **Em apoio ao sistema de travagem, em velocidades mais elevadas ou quando este já não se encontra na sua melhor eficiência.**



Os fatores de resistência aerodinâmica e de rolamento têm uma influência reduzida. A resistência aerodinâmica só é eficiente a velocidades elevadas, e aumenta em dependência quadrática da velocidade.

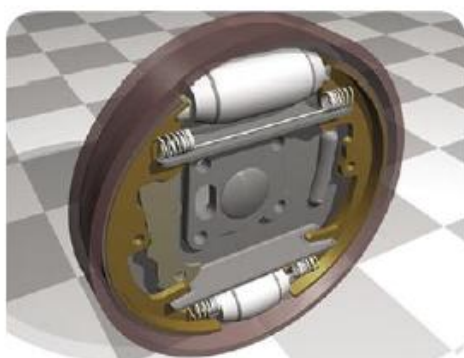
FUNCIONAMENTO MECÂNICO DO SISTEMA DE TRAVAGEM

A força dos travões atua sobre uma área da superfície do disco de travão (ou do tambor, consoante o sistema utilizado) de cada roda. Corresponde ao atrito produzido entre as duas superfícies em contacto, uma força contrária ao movimento das rodas.

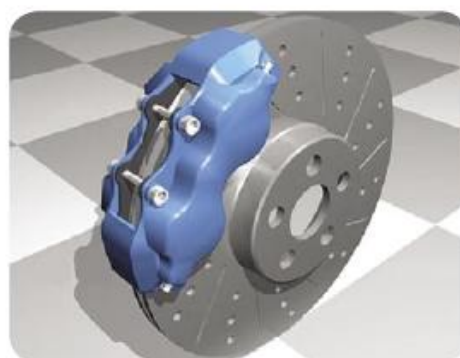
Ambos os sistemas de travagem – disco e tambor – podem tanto atuar por ação única da força produzida pelo pé do condutor sobre o pedal, amplificada pelo sistema de servo-freio, ou gerida indiretamente, em caso de se produzir o bloqueio das rodas, pelo sistema electrónico ABS.

Os travões de disco, mais resistentes ao aquecimento, permitem uma travagem mais eficaz e num espaço menor, o que se nota especialmente durante uma utilização intensiva.

Os travões de disco funcionam pela ação dum fluido sob pressão com a ajuda dum servo-freio que amplifica a força exercida pelo condutor sobre o pedal do travão, fluido essa que atua nas bombas de travão onde estão instaladas as pastilhas que vão friccionar os discos, produzindo atrito e, assim, convertendo energia.



Travão de Tambor



Travão de Disco