

— 17 —

O ar que te
segura

Você já reparou nos diferentes formatos dos carros existentes no mercado? Será que isso faz alguma diferença?

Na tabela ao lado você pode ter uma idéia da resistência provocada pelo ar a que cada formato está sujeito em seu movimento.

| forma | descrição | C | forma | descrição | C |
|---|----------------------------------|---------|---|--------------------------------------|---------|
|  | Formato mais aerodinâmico | $< 0,1$ |  | Caminhão | 0,8-1,0 |
|  | Carro esporte | 0,2-0,3 |  | Bicicleta de corrida com ciclista | 0,9 |
|  | Semi-esfera (abertura para trás) | 0,38 |  | Cubo | 1,05 |
|  | Carros de passeio | 0,4-0,5 |  | Placa quadrada | 1,2 |
|  | Esfera | 0,47 |  | Motociclista | 1,8 |
|  | Ônibus | 0,6-0,8 |  | Semi-esfera (abertura para a frente) | 1,42 |
|  | Cilindro | 0,7-1,3 |  | Seção em C (abertura para a frente) | 2,30 |

| Líquido | Viscosidade* |
|----------------|--------------|
| Acetona | 0,00032 |
| Água | 0,0010 |
| Alcool | 0,0012 |
| Ketchup | 0,083 |
| Creme de barba | 0,26 |
| Mostarda | 0,29 |
| Margarina | 0,78 |
| Óleo de rícino | 0,99 |
| Mel | 12 |

* em N.s/m², a 20 graus Celsius

A viscosidade pode ser quantificada por uma grandeza denominada *coeficiente de viscosidade*. A tabela acima mostra alguns valores desse coeficiente. Nela você poderá ver que, com algumas exceções, quanto mais “espesso” o fluido, maior sua viscosidade.

Movimentos dentro da água.....

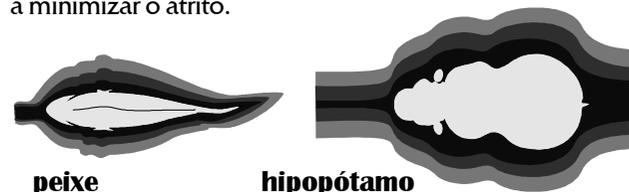
e outros líquidos

Quem já andou dentro da água sabe que é necessário um esforço maior do que para andar fora dela, porque a água resiste ao movimento. Fisicamente, interpretamos tal resistência como uma força que a água aplica nos objetos, opondo-se aos movimentos dentro dela

Essa força depende do formato do objeto que nela se move. De modo geral os peixes e outros animais aquáticos são estreitos e alongados. Trata-se de uma adaptação necessária para se mover mais facilmente dentro da água, pela diminuição da força de resistência.

Animais como um hipopótamo não têm muita mobilidade dentro da água, pois seu corpo bojudado faz com que sofra grande resistência. Os peixes possuem o formato ideal para se mover dentro da água e sofrem um mínimo de resistência. O formato do casco das embarcações em geral

leva em conta essa dificuldade de movimento dentro da água; em geral é projetado para “cortar” a água de modo a minimizar o atrito.



Uma das causas da força de resistência da água é uma coisa chamada viscosidade. Cada líquido tem uma viscosidade diferente, que indica o quanto o líquido é espesso. Você acha que é mais fácil se mover dentro do mel ou dentro da água? Certamente o mel dificulta muito mais o movimento do que a água, pois é mais “grosso” e “grudento” do que ela: dizemos que ele tem maior viscosidade.

A resistência no ar

O ar e outros gases também resistem a movimentos realizados “dentro” deles. É graças a isso que o pára-quedas funciona. Quando o pára-quedista salta, ele é submetido a uma força de resistência exercida pelo ar. Ela se manifesta como um vento forte para cima, que vai aumentando à medida que ele cai. A velocidade de queda também aumenta até atingir um valor limite. Sabe-se que um pára-quedista em queda livre atinge uma velocidade de no máximo 200 km/h. Porém, sem a força de resistência do ar ele atingiria velocidades muito maiores: saltando de uma altura de 1000 metros ele chegaria ao chão com uma velocidade de 508 km/h.

Quando ele abre o pára-quedas, a força de resistência se torna muito maior devido ao formato e ao tamanho do pára-quedas. Com isso sua velocidade cai rapidamente, atingindo valores menores que 10 km/h, seguros o suficiente para uma aterrissagem tranqüila.

Se nesse caso a força de resistência é útil, há outras situações em que procuramos evitá-la. É o caso do projeto de carrocerias de automóveis. Talvez você já tenha ouvido frases do tipo “*tal automóvel é mais aerodinâmico*”. O que quer dizer isso? Quer dizer que, dependendo do formato que um veículo tem, ele sofre uma força de resistência do ar maior ou menor. Os veículos mais modernos têm um formato mais aerodinâmico, ou seja, que corta o ar de uma maneira mais eficaz, diminuindo a resistência. Isso melhora o desempenho do veículo (velocidade final atingida) e economiza combustível, pois o motor não precisa de tanta força para manter a velocidade.

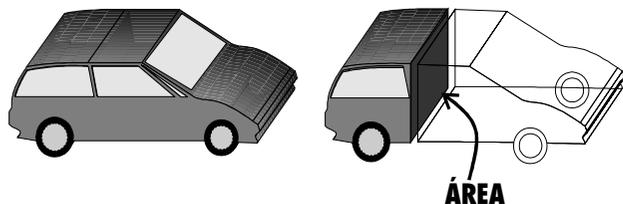


Calculando a força no carro

O formato de um carro é caracterizado por um número chamado coeficiente de arrasto aerodinâmico, indicado por C_x . Quanto menor o coeficiente, melhor a aerodinâmica. Normalmente o C_x dos veículos varia entre 0,3 e 0,9. A tabela da primeira página desta leitura (pág.65) mostra o valor de C_x para vários formatos diferentes.

Quanto maior for a velocidade do carro, maior é a força de resistência que ele sofre. Se um passageiro coloca o braço para fora, sente um pequeno vento na mão quando a velocidade é baixa. Mas quando ela é alta, o vento empurra fortemente sua mão para trás. Essa é a força de resistência do ar, que aumenta com a velocidade.

A área do objeto voltada para o movimento também tem uma influência importante na resistência do ar. Para entender que área é essa, observe a figura abaixo:

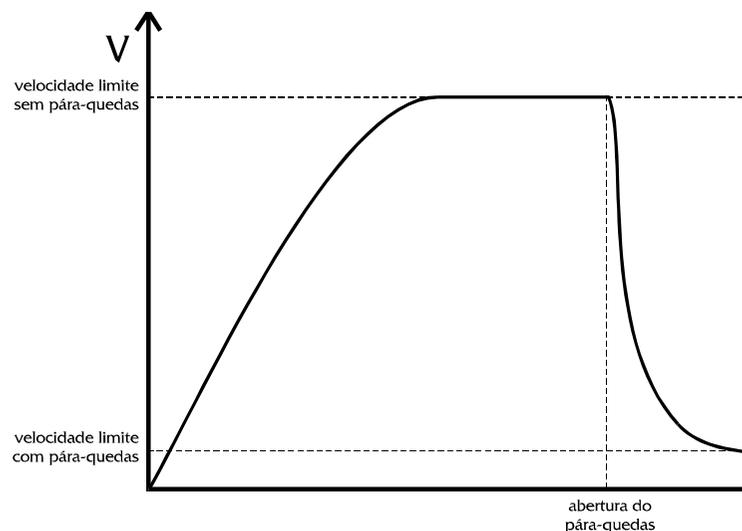


Isso indica que a resistência do ar também está ligada ao tamanho do objeto: um pára-quadras grande, por exemplo, funciona melhor do que um pequeno. Há uma fórmula que resume todas as características que discutimos até aqui e que expressa o valor da força de resistência no ar e na água para a maioria das situações:

$$F_{res} = -\frac{1}{2} \cdot C_x \cdot d \cdot A \cdot v^2$$

Nessa fórmula há apenas uma coisa que não comentamos: a densidade do meio indicada por d . Quanto maior for essa densidade, também maior será a força de resistência.

Leia e entenda tudo isto antes de saltar de pára-quadras



O gráfico acima mostra como a velocidade de um pára-quadrista varia enquanto ele cai. No começo, sua velocidade aumenta porque a resistência do ar é bem menor que o peso. Conforme a velocidade vai aumentando, a resistência do ar aumenta, e com isso a força resultante diminui (Por quê?).

Quando a resistência se iguala ao peso, a velocidade pára de aumentar. Agora, a força resultante é nula. De repente, ele abre o pára-quadras, e a força de resistência aumenta brutalmente, ficando bem maior que o peso. A resultante agora é para cima. O que vai acontecer com o camarada?

Sua velocidade diminuirá rapidamente, e com ela também a força de resistência, até que ela se iguale novamente à força-peso.

Mais uma vez a velocidade se torna constante. Só que agora o seu valor é bem pequeno: o pára-quadrista passa a ter uma queda suave até tocar o solo.

Para responder durante o salto:

1. Explique o que ocorre ao pára-quadrista em cada trecho do gráfico.
2. Indique o sentido da força resultante em cada trecho.
3. Se o pára-quadras não abrisse, como ficaria o gráfico?

Exercitando

QUEM CHEGA ANTES???

Suba numa da cadeira, estique os braços para cima (cuidado com o desodorante vencido!!!) e solte duas caixas de fósforo ao mesmo tempo, sendo uma vazia e a outra cheia de moedas. Qual chega antes?



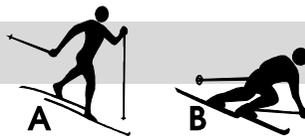
Se você já ouviu falar que todos os objetos caem com a mesma aceleração, as duas caixas deveriam chegar ao solo juntas, não é?

Acontece que é necessário levar em conta a resistência do ar!!!! Eta ar bom...

A resistência do ar é a mesma para as duas caixas, pois elas têm a mesma forma, mas os pesos das caixas são diferentes; assim, é necessário calcular a força resultante em cada caixa.

Faça três desenhos representando as forças que atuam em cada caixinha no início, no meio e no fim do movimento e responda rapidinho qual chega antes.

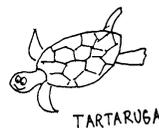
O esquiador



Durante a descida de uma montanha o esquiador sofre uma grande força de resistência do ar. Sendo assim, em qual das posições (A ou B) um esquiador deve descer para atingir a velocidade mais alta? Explique.

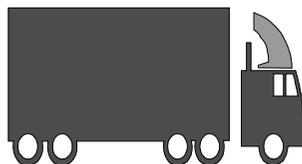
Na Terra e na Lua.

Todos os corpos na Terra sofreriam a mesma aceleração de queda, igual a $9,8 \text{ m/s}^2$, se não fosse a resistência do ar. Baseado nisso, responda: ao soltar uma pena e um martelo da mesma altura sobre a superfície da Lua, o que você espera que aconteça? Por quê?



Tartarugas e jabutis

As figuras acima representam um jabuti e uma tartaruga. Qual deles é um animal marinho? Quais as diferenças no corpo dos dois que permitem afirmar isso? Explique.



Caminhão chifruado

A figura acima mostra um acessório hoje em dia muito comum, colocado sobre a cabine de caminhões com o objetivo de economizar combustível. Explique como funciona esse equipamento.



Parando um jato ou um avião de caça

Para conseguir parar esses tipos de avião usam recursos como o acionamento do *speed brake*, o pára-quadras ou a inversão da posição das pás das hélices de turbinas. Explique, em termos de impulso, como isso funciona.

Esses recursos são utilizados porque apenas o atrito dos pneus com o chão não é suficiente para parar o avião. Se dependêssemos só dessa força necessitaríamos de uma pista muito extensa!

Tanto os *speed brakes*, localizados nas asas ou na lateral do avião, como os pára-quadras acionados na traseira do avião freiam o veículo devido ao atrito com o ar. No caso do turbojato, ao mudar a posição das pás das hélices, invertemos o sentido do jato. O jato dirigido para a frente produz no avião um impulso para trás. Em todos os recursos utilizados sempre existe uma força oposta ao movimento.

Afinal, o que é esse tal de *speed brake*???

