IBRAHIM

2ª Edição

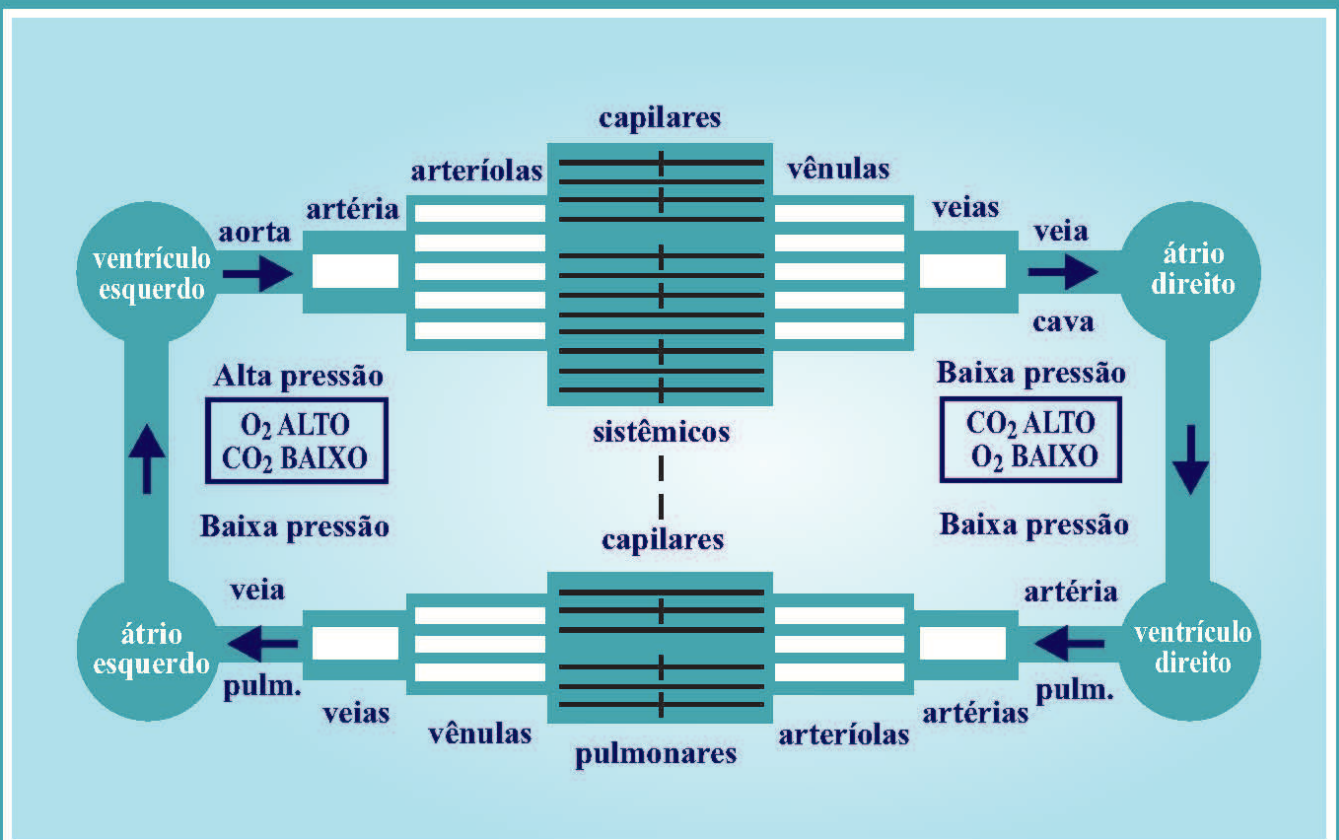
Revista, Atualizada e Ampliada

BIOFÍSICA BÁSICA

Editores Científicos

Luiz Guilherme Heneine

Jorge Luiz Pesquero



Atheneu

Biblioteca Biomédica

Parte 1

Introdução à Biofísica

1 O Universo e sua Composição Fundamental

Ronaldo Junio de Oliveira

Objetivos específicos do capítulo

- Nomear e conceituar as grandezas fundamentais e derivadas do universo.
- Conceituar Biofísica.
- Identificar e descrever algumas grandezas como massa, área, volume, densidade, velocidade, aceleração, força, energia, trabalho, potência, pressão, viscosidade, tensão superficial, temperatura e frequência.
- Resolver problemas simples, aplicados à Biologia, envolvendo essas qualidades e suas equações dimensionais.

De que se compõem os seres vivos? Essa pergunta leva a outra, anterior e mais geral: qual é a composição do universo?

Contemplar o universo é uma deslumbrante festa para os sentidos: objetos vários, luzes, cores, sons, movimentos e a presença espantosa de seres vivos. A composição do universo, desde o micro até o macrocosmo, parece muito complexa, mas pode ser reduzida a alguns componentes fundamentais, descritos no **Quadro 1.1**.

Quadro 1.1. Composição fundamental do universo

Matéria* (M)	Energia (E)	Espaço (L)	Tempo (t)

**Usualmente representada pela massa.*

Esses componentes são fundamentais simplesmente porque não podem ser substituídos por outros, são também denominados grandezas, qualidades ou dimensões fundamentais. Todos temos noção, subjetiva e objetiva, desses componentes:

- Matéria – pelos objetos, corpos, alimentos.
- Energia – pelo calor, luz, som, trabalho físico.
- Espaço – pelas distâncias, áreas e volumes dos objetos.
- Tempo – pela sucessão do dia e noite, pela espera dos acontecimentos e pela duração da vida.

A combinação dessas grandezas fundamentais dá origem a uma série de grandezas derivadas. A área é espaço ao quadrado (L^2), o volume é espaço ao cubo (L^3). A relação entre a quantidade de massa (M) e o volume (L^3) é a densidade (d).

Algumas dessas grandezas de maior interesse em Biologia serão comentadas mais adiante. Essas grandezas naturais definem a composição e os fenômenos que ocorrem no universo de maneira qualitativa. Para a definição quantitativa, usam-se os números, que foram inventados pelo homem. Com o uso dos números, é sempre possível definir a quantidade de cada componente.

A Biofísica é o estudo da matéria, energia, espaço e tempo nos sistemas biológicos

Os seres vivos e a composição do universo

Os seres vivos, fazendo parte do universo, são compostos de matéria, utilizam e produzem energia, ocupam espaço próprio e vivem na dimensão tempo. Sua composição, estrutura e função qualitativa são quantitativamente definidas por números adequados, com o uso das grandezas fundamentais e derivadas.

Equações dimensionais

As grandezas fundamentais e derivadas são convenientemente agrupadas em sistemas coerentes de medida. O uso desses sistemas é indispensável porque racionaliza o uso das grandezas.

O SI (Sistema Internacional) é oficialmente recomendado, mas em Biologia usa-se também o MKS (Metro, Kilograma, Segundo) e o CGS (Centímetro, Grama, Segundo), e também sistemas incoerentes de unidades. O uso de todos esses sistemas deve ser desaconselhado em favor do SI. Antigamente, o padrão de massa no SI era o célebre cilindro de platina iridiada, depositado no Birô de Pesos e Medidas, em Sèvres (França), que vale 1 kilograma. Atualmente, o kilograma é definido com base na constante de Planck, cujo valor é $6{,}62 \times 10^{-34}$ kgm².s (J.s). A noção de um kilograma é dada por um litro de água (um cubo de $10 \times 10 \times 10$ cm de H_2O). Submúltiplos do kilograma são muito usados em Biologia. O grama é mil vezes menor, o miligrama é um milhão de vezes menor que o kilograma e mil vezes menor que o grama.

A unidade de espaço é o metro, cuja definição moderna é baseada no comprimento de onda do criptônio. O metro é definido como sendo o trajeto percorrido pela luz no vácuo, durante um intervalo de tempo de 1/299.792.458 de segundo. Um metro é aproximadamente a distância de quatro palmos ou cinco ladrilhos retangulares. O metro se subdivide em centímetros (cm, 10^{-2} do metro) e milímetro (mm, 10^{-3} do metro). O tempo é medido em segundos, definido modernamente pelo intervalo de oscilações das linhas eletromagnéticas do césio-133. É definido como a duração de 9.192.631.770 períodos da radiação correspondente à transição entre dois níveis hiperfinos do estado fundamental do átomo de césio-133. Na vida comum, o tempo pode ser avaliado por qualquer fenômeno periódico, como os batimentos cardíacos ou as estações do ano. Um segundo é um pouco mais que o intervalo de um batimento cardíaco de um adulto normal (75 batimentos por minuto). Os múltiplos do segundo são: o minuto (60 segundos), a hora (60 minutos, 3.600 segundos) etc. Os submúltiplos são o milissegundo (10^{-3} do segundo) e outros ainda menores. Veja no apêndice III, os prefixos e valores dos múltiplos e submúltiplos dessas grandezas.

A massa (M) é a medida da quantidade de matéria. Sob a ação da gravidade, a massa exerce força, que é o peso. Na linguagem coloquial, massa e peso são usados como sinônimos, mas massa deve ser preferida. Os seres vivos variam largamente na escala de massa, indo desde vírus, com massas da ordem de 10^{-20} kg, até baleias com massas da ordem de 10^3 kg. A unidade de massa molecular, o Dalton, será vista em capítulo Estruturas Moleculares. A massa dos indivíduos da espécie humana varia com diversos fatores, mas, em biologia médica, é um indicador do estado de higidez dos indivíduos.

Comprimento, área e volume – as dimensões dos seres vivos variam em larga escala, da mesma forma, e acompanhando a massa. A área (L^2), ou superfície corporal, pode ser relacionada a diversos fatores fisiológicos, como o metabolismo, a perda de plasma em casos de queimadura etc. A unidade de área do SI é o metro quadrado (m²), mas em Biologia usa-se ainda o cm².

O volume (L^3) tem grande importância biológica, como veremos, em vários exemplos, neste texto. A unidade SI de volume é o metro cúbico (m³), mas usa-se ainda o cm³, o litro (L) e o mililitro (mL).

Densidade – a densidade representa a quantidade de matéria existente na unidade de volume dos corpos (**Figura 1.1**).

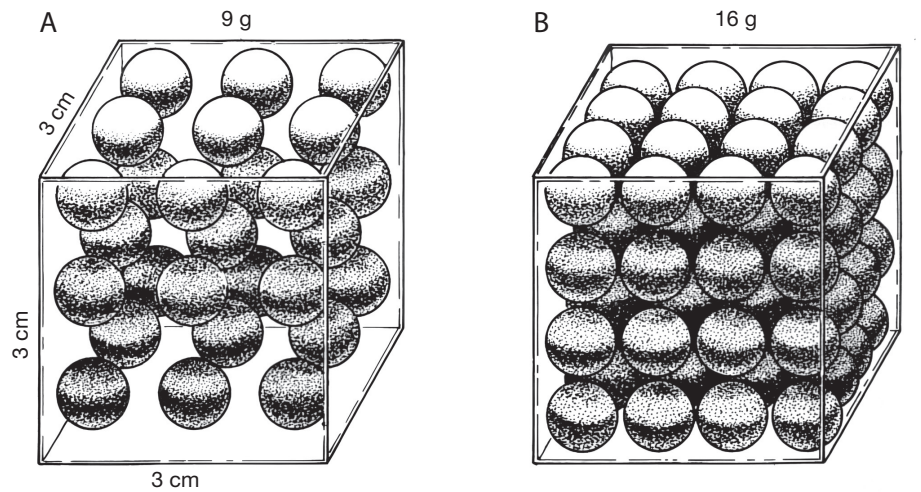


Figura 1.1. Densidade – para um mesmo volume, A tem menos matéria que B, portanto, menor densidade.

Matematicamente, definimos a densidade como segue:

$$d = \frac{\text{massa}}{\text{volume}} = \frac{M}{L^3} = ML^{-3}$$

A densidade dos tecidos biológicos é peculiarmente próxima à da água, com exceção do tecido ósseo, que é muito mais denso. A densidade do sangue humano é de $d = 1{,}057\ g.cm^{-3}$ (CGS) ou $1{,}057 \times 10^3\ kg.m^{-3}$ (SI), isso é, pouco mais denso que a água ($1{,}0\ g.cm^{-3}$) ou $1{,}0 \times 10^3\ kg.m^{-3}$. A densidade dos tecidos e fluidos biológicos é caracteristicamente constante, variando dentro de estreitos limites. Variações além ou aquém desses limites significam alterações que podem ser patológicas.

Velocidade – os seres vivos, suas partes (membros, órgãos), seus componentes (sangue etc.) estão em constante movimento, que é a mudança de posição no espaço. Esse fenômeno é medido pela velocidade, definida como o espaço percorrido dividido pelo tempo decorrido:

$$v = \frac{\text{espaço}}{\text{tempo}} = \frac{L}{t} = Lt^{-1}$$

A velocidade está representada na **Figura 1.2**.

Essa fórmula mede a velocidade constante, aproximada, da corrente sanguínea, dos impulsos nervosos, dos movimentos musculares, do deslocamento de íons entre dois compartimentos.

Quando se fala na velocidade das reações químicas, estamos substituindo o espaço percorrido por matéria transformada por unidade de tempo.

Aceleração – a mudança de velocidade em função do tempo é a aceleração (a), definida como a variação da velocidade (ΔV) dividida pelo tempo:

$$a = \frac{\Delta V}{\text{tempo}} = \frac{Lt^{-1}}{t} = Lt^{-2}$$

Essa fórmula mede a aceleração do sangue na ejeção cardíaca, a aceleração da corrente aérea na respiração, a aceleração de objetos pela contração muscular. Se o espaço percorrido aumenta em função do tempo, a aceleração é positiva, se diminui, é negativa. Quando o aumento da velocidade é constante, a aceleração é uniforme. A aceleração da gravidade (g) tem indispensável uso em Biologia, e seu valor é:

$$g = 9{,}8\ m.s^{-2}$$

A aceleração que está representada na **Figura 1.3** é a *linear.*

Força – outra grandeza importante em Biologia é a força (F), que se define como o produto da massa pela aceleração:

$$F = \text{massa} \times \text{aceleração} = MLt^{-2}$$

A força está presente em todas as estruturas e processos biológicos, desde moléculas até sistemas complexos. As moléculas biológicas são formadas por forças de atração e também de repulsão, e essas forças

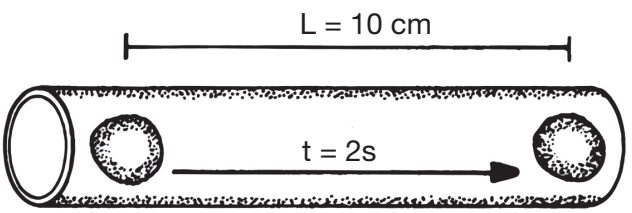


Figura 1.2. Velocidade da hemácia $5\ cm.s^{-1}$.

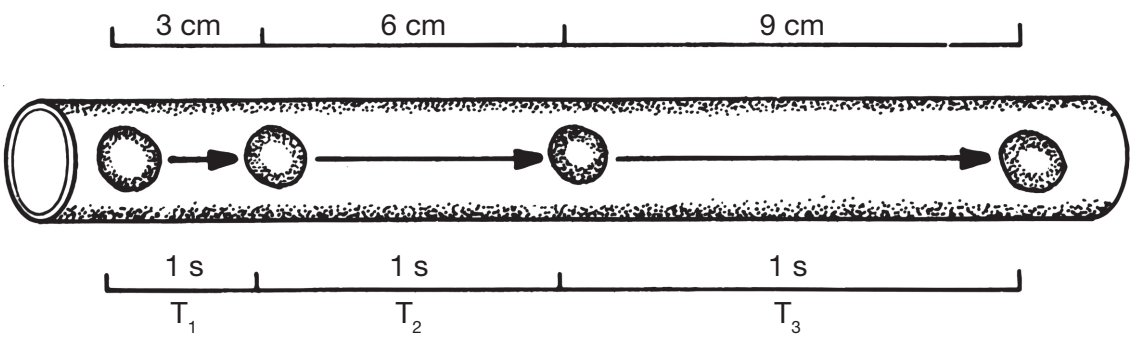


Figura 1.3. Aceleração – a cada segundo, o espaço percorrido é maior, porque a velocidade está aumentando.

são atuantes nas reações moleculares. São forças de atração que respondem pela manutenção das estruturas supramoleculares, como células, tecidos e órgãos. A medida da força de contração muscular é um teste importante da função muscular. A unidade de medida da força é o newton (N).

Segurar um objeto de 100 gramas (0,1 kg) corresponde a fazer força equivalente a 1 N. Sustentar um peso de 1 kg corresponde a 10 N.

Energia e trabalho – energia (E) ou trabalho (T) são duas grandezas que possuem a mesma expressão dimensional, porque elas representam dois aspectos de uma mesma grandeza:

Energia** pode produzir **trabalho
Trabalho** pode produzir **energia

Energia e trabalho são definidos como o produto da força vezes a distância percorrida pela força.

$$E \text{ ou } T = \text{força} \times \text{distância} = MLt^{-2} \times L = ML^2t^{-2}$$

O trabalho representa a principal, senão a única, atividade do ser vivo. Toda manifestação biológica se faz por meio de trabalho ou energia. A contração muscular é o trabalho retirado da energia elétrica dos músculos. A síntese de proteínas é trabalho retirado da energia elétrica dos alimentos. A emissão de luz pelo vagalume é energia produzida por sistemas químicos especiais.

O trabalho ou energia são medidos pelo joule (J). Um joule é obtido quando uma força de 1 newton se desloca 1 metro: levantar um objeto de 100 g (0,1 kg) a 1 metro de altura é realizar trabalho de 1 J. Se a massa for 1 kg, é 10 J (**Figura 1.4**). O trabalho é presença constante em Biologia. Neste texto, inúmeros exemplos serão mostrados, inclusive casos aplicados (ver Campo Gravitacional Aplicado à Biologia, Estrutura Molecular, Osmose etc.).

Potência – a potência é a capacidade de realizar trabalho (ou produzir energia), em função do tempo e é medida em watts (W).

$$W = \frac{E \text{ (ou } T)}{\text{tempo}} = \frac{ML^2t^{-2}}{t} = ML^2t^{-3}$$

Se a massa da **Figura 1.4** for levantada em 1 segundo, a potência será de 1 W. Portanto, 1 watt corresponde a

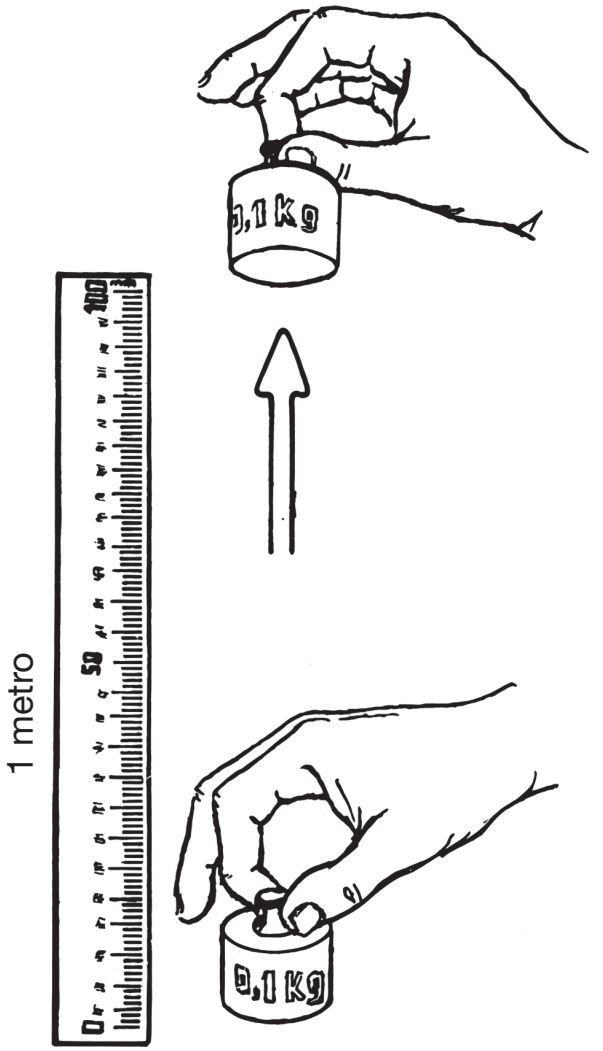


Figura 1.4. Trabalho – corresponde ao deslocamento de uma força por um metro no campo gravitacional: $T = 0{,}1 \text{ kg} \times 9{,}8 \text{ m.s}^{-2} = 1$ joule.

levantar massa de 0,1 kg a 1 m de altura em 1 s. Essa potência é 1 joule por segundo:

$$W = \text{watt} = \frac{\text{joule}}{\text{segundo}}$$

A potência é uma propriedade muito importante no desempenho biológico (ver Leitura complementar – LC 1.1. Aplicações do Campo Gravitacional à Biologia, Biofísica da Audição etc.).

Pressão – a todo momento, em Biologia, fala-se em pressão (P), definida como uma força agindo sobre uma área:

$$P = \frac{\text{força}}{\text{área}} = \frac{MLt^{-2}}{L^2} = ML^{-1}t^{-2}$$

A unidade de pressão no SI é o pascal, abreviado por Pa. O Pa vale:

$$1\ Pa = 1\ N.m^{-2}$$

Corresponde à pressão que uma placa leve de plástico, de 10 g, exerce sobre a palma da mão (100 cm²).

A pressão sanguínea é a força que o sangue exerce sobre as paredes dos vasos sanguíneos. A pressão intraglomerular é a força que o plasma exerce dentro dos glomérulos, e produz o filtrado para a formação da urina. A pressão osmótica é a força que moléculas de uma solução exercem sobre paredes celulares. Alguns tipos de pressão estão na **Figura 1.5**.

Quando a pressão exercida modifica o volume do sistema, algo importante ocorre; aparece trabalho (ou energia), como mostra a análise dimensional:

$$(ML^{-1}t^{-2}) \times (L^3) = ML^2t^{-2}$$
$$\text{pressão} \times \text{volume} = \text{trabalho}$$

Esse tipo de trabalho originado por pressão × volume resulta da contração de cavidades, como no coração, pulmão, artérias, bexiga, tubo digestivo etc. A pressão atmosférica e a pressão hidrostática são muito importantes em Biologia, e serão estudadas em itens especiais.

Viscosidade – a viscosidade dinâmica é a resistência interna de um fluido, líquido ou gás. Esse atrito interno é visível no escoamento de fluidos. Basta comparar o escoamento de água (viscosidade menor) com o de mel ou xaropes (viscosidade maior). A viscosidade, fisicamente, é a força que deve ser feita durante certo tempo, para deslocar uma área unitária de um fluido (**Figura 1.6**). A viscosidade é representada pela letra grega η (eta):

$$\eta = \frac{\text{força} \times \text{tempo}}{\text{área}} = \frac{MLt^{-2} \times t}{L^2} = ML^{-1}t^{-1}$$

A viscosidade tem enorme importância biológica tanto no escoamento de líquidos como na circulação sanguínea (ver Biofísica da Circulação), na lubrificação de articulações e na preparação de fluidos para uso biológico. Em Biologia, a viscosidade dinâmica é medida em unidades do CGS, o poise (a pronúncia é poase), que vale dine.s/cm². A viscosidade da água, a 37°C, é 0,7 × 10^{-2} poise, e o sangue humano é aproximadamente quatro vezes mais viscoso, ou 2,8 × 10^{-2} poise. A 20°C esses valores são 0,01 e 0,04 poises, respectivamente.

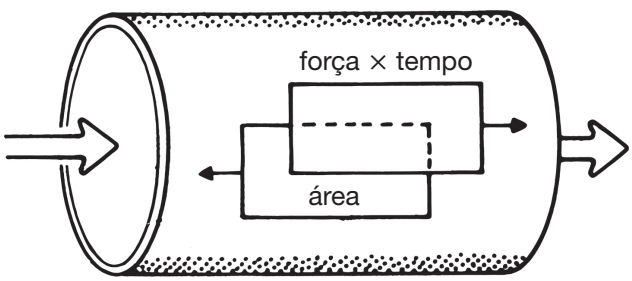


Figura 1.6. Viscosidade – é o atrito entre dois folhetos imaginários no líquido que se escoa.

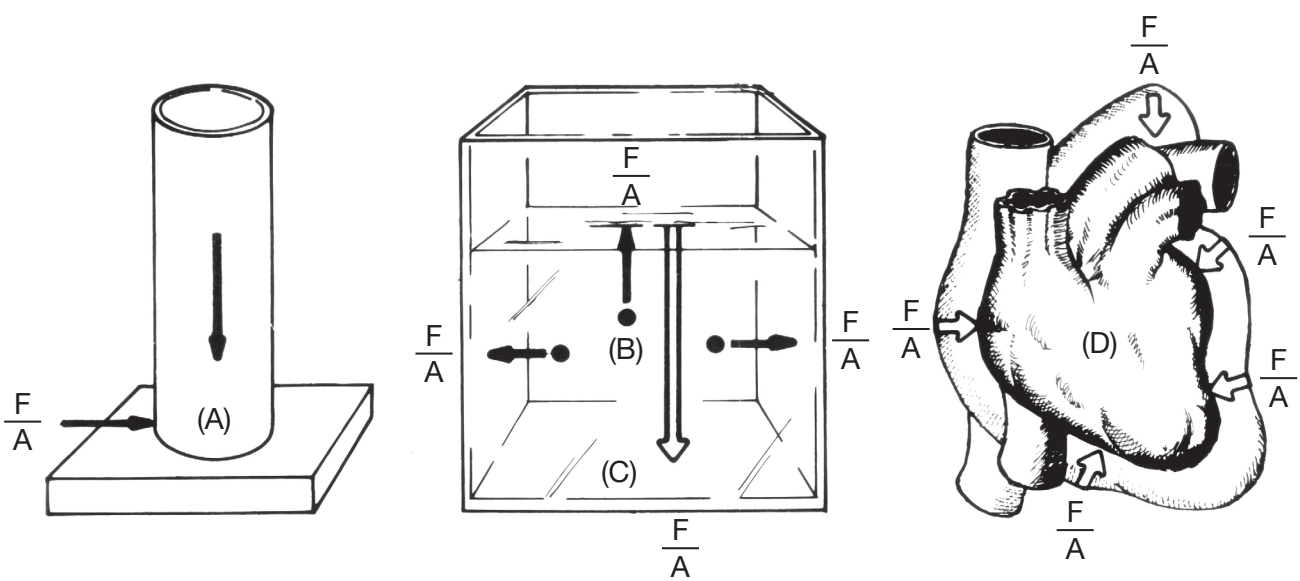


Figura 1.5. Pressão – A: cilindro sobre placa; B: moléculas sobre superfície; C: líquido sobre base; D: contração cardíaca.

No SI, a unidade de viscosidade é o $Nm^{-2}.s$, e denomina-se Pascal × segundo (Pa.s). A equivalência é:

$$1Pa.s = 10 \text{ poise}$$

A viscosidade do sangue, a 37°C varia entre 2,1 e $3{,}2 \times 10^{-3}$ Pa.s.

A análise dimensional mostra que a viscosidade pode ser considerada como o trabalho × tempo gasto em mover um volume do fluido (ver Leitura complementar – LC 1.1. Exemplo 4).

Tensão superficial – a tensão superficial representa a força que deve ser feita para a penetração de objetos em uma superfície líquida. A tensão superficial é representada pela letra grega σ (sigma). Dimensionalmente, é a força dividida pela distância, ou o trabalho dividido pela área de penetração (**Figura 1.7**), e as equações são:

$$\sigma = \frac{\text{força}}{\text{distância}} = \frac{MLt^{-2}}{L} = Mt^{-2}$$

$$\sigma = \frac{\text{trabalho}}{\text{área}} = \frac{ML^2t^{-2}}{L} = Mt^{-2}$$

As unidades do SI são o newton.metro^{-1} ou joule.metro^{-2}. Em Biologia, usa-se ainda o CGS, como dine.cm^{-1}. A tensão superficial da água é 71 dine.cm^{-1}, aproximadamente 71 erg.cm^{-2} (0,07 gramas por cm^2). Insetos que exercem peso menor que esse pousam facilmente sobre a água, mesmo que sejam mais densos.

A tensão superficial tem importância primordial na troca de gases no pulmão (ver Biofísica da Respiração), e foi a origem da compartimentação biológica. O mecanismo da tensão superficial será descrito em "Água e Soluções".

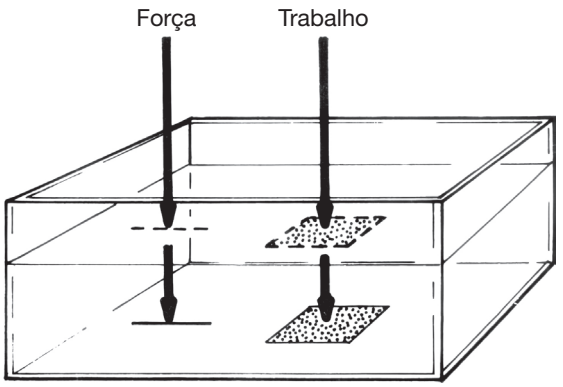


Figura 1.7. Tensão superficial – as duas definições são equivalentes (ver texto).

Temperatura – é um dos parâmetros físicos de maior importância em Biologia, e deve ser bem diferenciado de calor. Temperatura é uma medida de intensidade da energia térmica e calor uma medida da quantidade de energia térmica. O modelo da **Figura 1.8** dá uma ideia de calor e temperatura. Um litro (1 L = 1.000 mL) de água tem a quantidade de calor C e temperatura t (**Figura 1.8A**). Se esse calor fosse concentrado em 1 mL de água, a temperatura subiria para 1.000xt (**Figura 1.8B**). A temperatura, mal comparada, é a "densidade" ou "concentração" de energia térmica por volume de matéria. Sabe-se que, exceto em muito baixas temperaturas, a temperatura é uma expressão da energia cinética das moléculas.

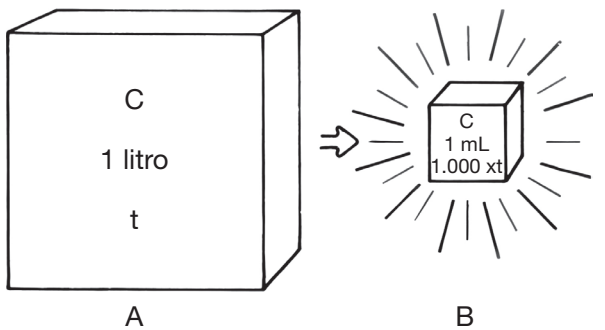


Figura 1.8. Calor e temperatura – A: 1 litro (1.000 mL) com calor C resulta em temperatura t; B: 1 mL com calor C resulta em temperatura 1.000xt.

A dimensão da temperatura é ø (teta, letra grega). Como se vê, ø é uma representação direta de E, energia. Na prática, a temperatura é medida em graus. Duas escalas são usadas, a Celsius (°C), que tem ponto zero na fusão do gelo e 100° na ebulição da água, sob pressão de 1 atmosfera, e a escala absoluta (°K), que tem zero° a −273,15°C. Elas são, portanto, relacionadas e simbolizadas como segue:

$$T = t + 273{,}15 \qquad 0°C = 273°K$$
$$\uparrow \quad \uparrow$$
$$°K \quad °C \qquad\qquad 100°C = 373°K$$

A quantidade de calor é medida em quilocalorias, mas essa unidade deve ser abandonada em favor do joule (ver Termodinâmica).

Frequência – diversos fenômenos biológicos são repetitivos em função do tempo: batimentos cardíacos, movimentos respiratórios, ondas elétricas cerebrais, e são medidos pela frequência, representada pela letra f.

A frequência é o número de eventos quaisquer em um intervalo de tempo. Por isso, representa-se apenas como o inverso do tempo:

$$f = \frac{1}{t} = t^{-1}$$

Quando se diz que a frequência cardíaca é 80 por minuto, quer-se dizer 80 batimentos cardíacos por minuto. A unidade de frequência é o Hertz (Hz), que corresponde a um evento por segundo (s^{-1}). Atenção: ao determinar frequência, o início da contagem é *a partir de 0, nunca de 1!*

Leitura complementar – LC 1.1

O biólogo e as dimensões

Um hábito prejudicial, ainda muito arraigado entre os biólogos, é o desprezo voltado às dimensões. São expressões corriqueiras:

"A pressão sanguínea é 12 por 8". "O volume celular é 80". "A concentração da solução é 0,2". "A temperatura é 39" frases nas quais as dimensões são ignoradas. Sabe-se que todos os parâmetros físicos, portanto, os biológicos, são dimensionais. Fazem exceção algumas constantes matemáticas, fatores de proporcionalidade e razões, porque as dimensões se cancelam.

O uso da análise dimensional indica o caminho correto nas operações com unidades, mostra novos parâmetros e define o grau de certeza, ou disparate, das operações realizadas. Vejamos quatro exemplos:

Exemplo 1. Um anestésico de uso intravenoso age na dose de 2 mg/kg de massa corporal, vem em ampolas na concentração de 10 mg/mL, e o paciente pesa 60 kg. Qual o volume de solução anestésica a ser injetado?

(Dados)
- Dose ativa: 2 $mg.kg^{-1}$
- Concentração: 10 $mg.mL^{-1}$
- Paciente: 60 kg
- Procurado: volume em mL a ser injetado.

Vamos aos cálculos. Sabemos que se após o cancelamento das dimensões sobrar apenas mL, estaremos seguros de um resultado correto.

$$Vi = (2\ mg.kg^{-1}) \times 60\ kg\ /\ (10\ mg.mL^{-1}) = 12\ mL$$

Vi, volume a ser injetado. Obtemos um resultado satisfatório, em especial para o paciente, ou seja, um resultado que garante o seu despertar. Esse procedimento se aplica a todos os casos de administração de medicamentos.

Nota: verificar, mudando o que quiser, que apenas esse resultado é obtido como correto. Você notou que foram usadas unidades incoerentes? Por que, nesse caso, o resultado foi correto?

Exemplo 2. O que significa o produto pressão × volume?

A análise dimensional mostra:

$$\text{pressão} \times \text{volume} = \text{energia (trabalho)}$$
$$(ML^{-1}t^{-2}) \times (L^3) = ML^2t^{-2}$$

Se o volume não varia, há energia potencial. Se o volume varia, há deslocamento de força e, consequentemente, trabalho.

Exemplo 3. O que representa o produto força × velocidade?

$$\text{força} \times \text{velocidade} = \text{potência}$$
$$(MLt^{-2}) \times (Lt^{-1}) = ML^2t^{-3}$$

Essa é outra alternativa ao quociente de trabalho por unidade de tempo, que vimos anteriormente, representando potência.

Exemplo 4. Outro modo de compreender viscosidade é quando se considera o trabalho necessário para deslocar um volume de fluido (**Figura 1.9**).

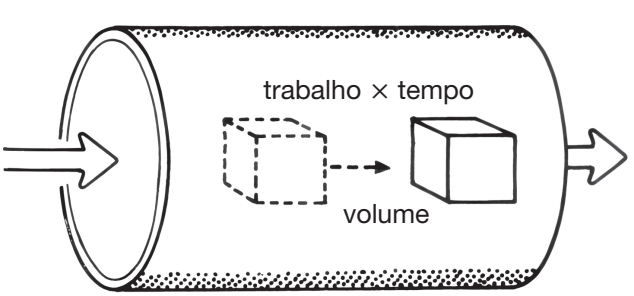


Figura 1.9. Outra representação de viscosidade (ver também a **Figura 1.6**).

A análise dimensional mostra que:

$$\sigma = \frac{\text{trabalho} \times \text{tempo}}{\text{volume}} = \frac{ML^2t^{-2} \times t}{L^3} =$$

$$= ML^{-1}t^{-1} \text{ (Dimensão de viscosidade)}$$

Esse, aliás, é um método prático e simples para determinar viscosidade de líquidos: mede-se o tempo que uma esfera de aço leva para percorrer uma distância no líquido, em queda livre.

Para concluir, a análise dimensional é um grau de certeza tão efetivo que resultados corretos podem ser obtidos, sem que seja conhecido o significado ou o mecanismo do processo. Basta que as dimensões signifiquem alguma coisa fisicamente plausível.



Atividade formativa – AF 1.1

Proposições

01. Expressar, usando as qualidades fundamentais do universo, as seguintes qualidades derivadas:
    a) Área
    b) Volume
    c) Densidade
    d) Velocidade
    e) Aceleração
    f) Força
    g) Pressão
    h) Trabalho
02. Expressar as qualidades da P.01 em unidades SI e CGS.
03. Uma hemácia marcada com radioisótopo se desloca entre dois pontos de um vaso sanguíneo. A distância entre os pontos é 0,2 m e o tempo gasto foi de 0,01 s. Calcular a velocidade da corrente sanguínea no SI e CGS.
04. Uma hemácia é acelerada pela contração ventricular. No primeiro 0,1 segundo, ela percorre 10 mm, no segundo 20 mm, e no terceiro, 30 mm. Calcular a aceleração em $cm.s^{-1}$ e $m.s^{-1}$.
05. Um indivíduo levanta um objeto de 5 kg a 1,20 m de altura em 1,3 s. Na repetição do teste, ele consegue tempo de 0,92 s. Calcular o trabalho realizado e a potência demonstrada em cada caso.
06. Um atleta suporta sua massa corporal (70 kg) suspenso em uma barra. Qual a força que ele faz?
07. Para empurrar massa de sangue de 100 g com aceleração de 0,012 $m.s.^{-1}$, quanto de força é necessário?
08. Um atleta (70 kg) salta sobre um obstáculo de 1,20 m de altura. Qual foi o trabalho físico realizado?
09. O coração se contrai com pressão máxima de 120 mmHg, lançando sangue Em uma aorta de 2,5 cm de diâmetro. Qual é a força da contração cardíaca em unidades SI?
10. Calcular a energia, em unidades SI, necessária para produzir a força de contração cardíaca na proposição anterior, sabendo-se que o volume do ventrículo na sístole é de 100 cm^3. Dica: energia/volume =?
11. A bexiga se contrai (variação de volume) para eliminar urina (sob pressão). O que representa a combinação dessas variáveis?
12. A dose efetiva de uma sulfa é 0,02 $g.kg^{-1}$, tomada de 8 em 8 horas. Se o paciente pesa 75 kg, quantos gramas deve tomar a cada intervalo? Se cada comprimido tem 0,5 g de sulfa, quantos comprimidos devem ser ingeridos a cada 8 horas? Use dimensões.
13. Uma suspensão de antibiótico, para uso oral, tem concentração de 500 $mg.10\ mL^{-1}$. A dose para crianças é 30 $mg.10\ kg^{-1}$ de massa corporal ("peso"). Quantos mL você daria para uma criança de 20 kg se a dose é tomada de 12 em 12 horas e qual o total ingerido em 5 dias? Use dimensões.
14. O fluxo de um líquido biológico qualquer (sangue, linfa etc.) é definido como o volume debitado por segundo. Se a área do vaso for conhecida, o que mais se pode calcular?
15. Distinguir massa e peso.
16. Das dimensões derivadas, apenas área (L^2), volume (L^3) e densidade (ML^{-3}) não possuem o tempo (t) na fórmula dimensional. Discutir. É possível que matéria e espaço sejam eternos?
17. Discutir a quantidade de calor e a temperatura dos seguintes sistemas: xícara de café bem quente. Piscina com água fria. Pequena esfera de aço aquecida ao rubro.
18. A que temperatura Celsius equivale 310°K?
19. A que temperatura absoluta equivale 37°C?
20. Uma substância radioativa emite 3.000 pulsos por minuto. Qual é a frequência de emissão?
21. Um coração pulsa 6.480.000 vezes em 24 horas. Calcular sua frequência.

Temas para grupo de discussão – GD 1.1

01. Discutir as relações entre os biossistemas e as grandezas fundamentais.
02. Recolher em textos diversos de Biologia (anatomia, histologia, bioquímica, fisiologia, terapêutica etc.) amostras do uso indevido de unidades, e convertê-las para o SI. Os textos de medicina são particularmente férteis em exemplos.
03. Discutir massa e peso, velocidade e aceleração, energia e trabalho. Procurar em livros de física conceito de aceleração linear e tangencial (opcional).

Trabalhos de laboratório – TL 1.1

Não se deve objetivar grande precisão nesses temas simples.

01. Determinar a massa de objetos comuns. Calcule o peso.
02. Determinar a densidade de alguns objetos sólidos e de líquidos. “Invente” o procedimento.
03. Medir o fluxo da água em tubos de vários diâmetros. Use um cilindro graduado para determinar o volume e um relógio provido de indicador de segundos (ou cronômetro). O que se pode calcular com esses dados? Transfira o modelo para a circulação sanguínea.