

# ÁGUA E ELETRÓLITOS



Profa. Dra. Mônica R. Mazalli

# ÁGUA E ELETRÓLITOS

## AGUA

- Importância
- Estrutura e Propriedades
- Funções e distribuição no organismo
- Eliminação

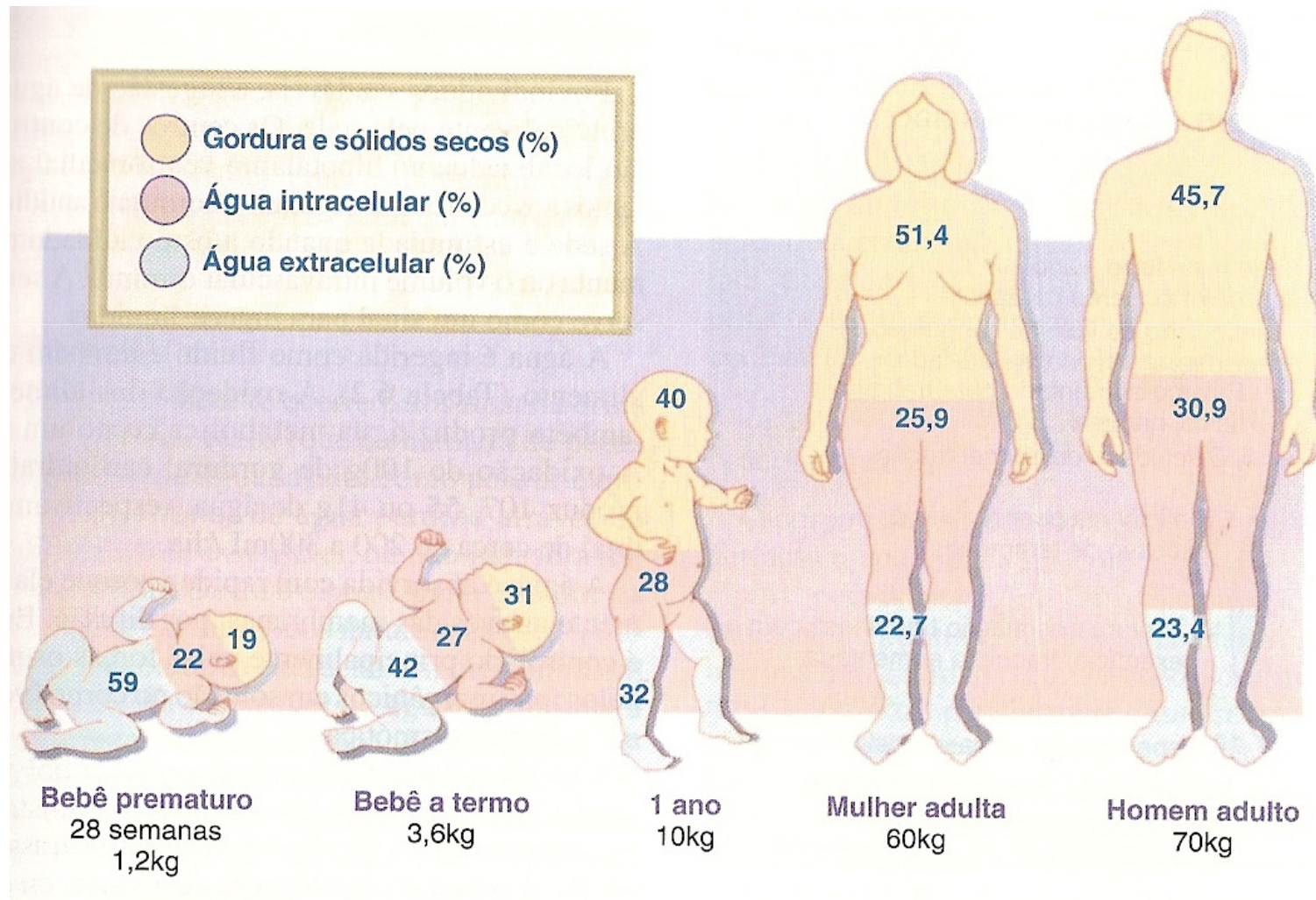
## ELETRÓLITOS

- Funções
- Fontes
- Absorção e Excreção

# Importância da água

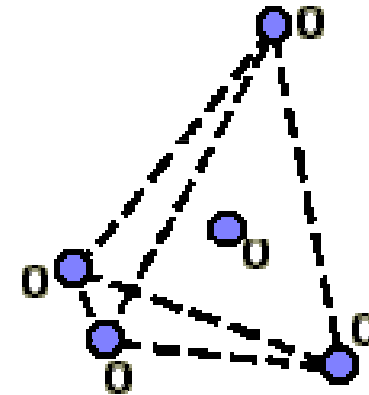
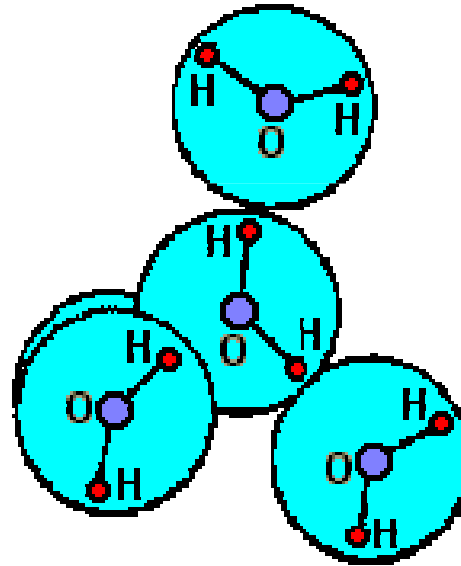
- Nutriente essencial: manutenção e regulação
- Indivíduo adulto: aproximadamente 70% do peso
- Funções importantes na fisiologia celular e na nutrição decorrem de algumas de suas propriedades físico-químicas

# Importância da água



# ESTRUTURA

Cada molécula de água se liga por ligações de hidrogênio a quatro outras moléculas (tetraedro).



# Propriedades físico-químicas



- Apresenta:

- Ponto de ebulição ↑

- Ponto de fusão ↑

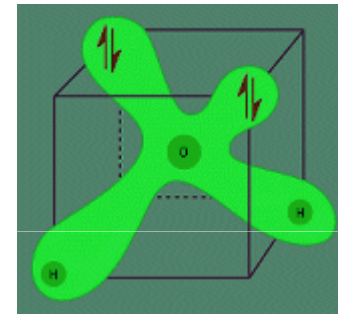
- Calor latente de vaporização ↑

- Constante dielétrica ↑

Constante dielétrica (80 a 20°C)	alta	mantém íons separados em solução; permite a mobilidade iônica na fase aquosa
Calor de Vaporização (2,25 kJ.g <sup>-1</sup> )	alto	permite ser utilizada como um ótimo meio para transferência de calor, como o suor, por exemplo.
Calor específico (4,18 J.g <sup>-1</sup> .K <sup>-1</sup> )	alto	impede variações bruscas na temperatura ambiente; tende a manter a temperatura do organismo constante

# Propriedades físico-químicas

Propriedades da água



- Capacidade de formar conjuntos de moléculas ordenadas no espaço dão origem ao cristais de gelo.
- Energia das ligações: ligações de hidrogênio: 4,4kcal/mol  
ligações covalentes (O-H): 110kcal/mol



# FUNÇÕES NO ORGANISMO

Solvente, torna muitos solutos disponíveis para a função celular e é um meio necessário para todas as reações.

Substrato participa nas reações metabólicas.

Componente estrutural que dá forma as células.

Essencial para os processos de digestão, absorção e excreção (facilita o movimento no trato digestivo).

Desempenha papel chave na estrutura e função do sistema circulatório e atua como meio de transporte para os nutrientes e todas as substâncias corporais.

# FUNÇÕES NO ORGANISMO

Mantém a estabilidade física e química dos fluidos intra e extracelular.

Responsável pela manutenção da temperatura corporal: A evaporação da transpiração resfria a superfície corporal durante o tempo de calor



(600 Kcal de calor corporal são dissipadas durante a evaporação de 1L de água transpirada)

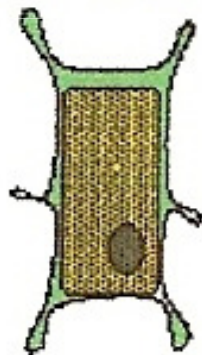
# FUNÇÕES NO ORGANISMO

Manutenção da forma das células dos tecidos

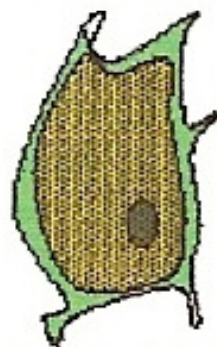
A dissolução e o transporte de eletrólitos é realizado pela água: manutenção da pressão osmótica e da concentração salina dos líquidos extra-celulares

## OSMOSE E PRESSÃO OSMÓTICA

ISOTÓNICO



HIPOTÓNICO



Turgencia

HIPERTÓNICO

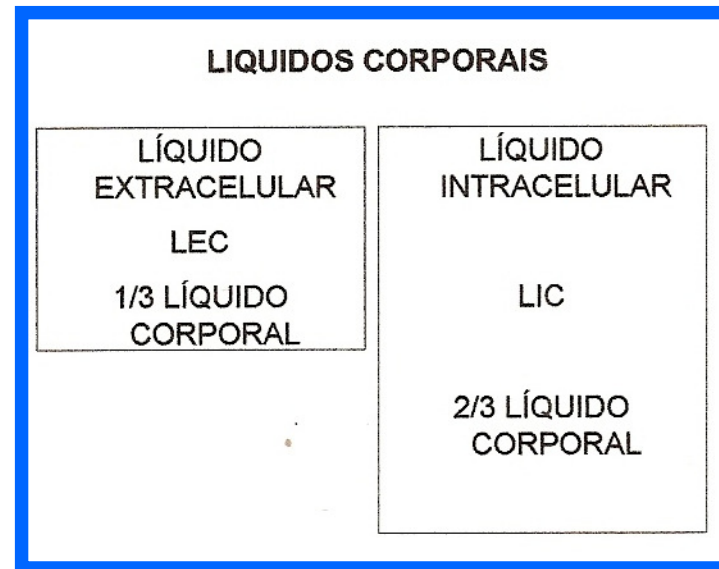


Plasmolisis

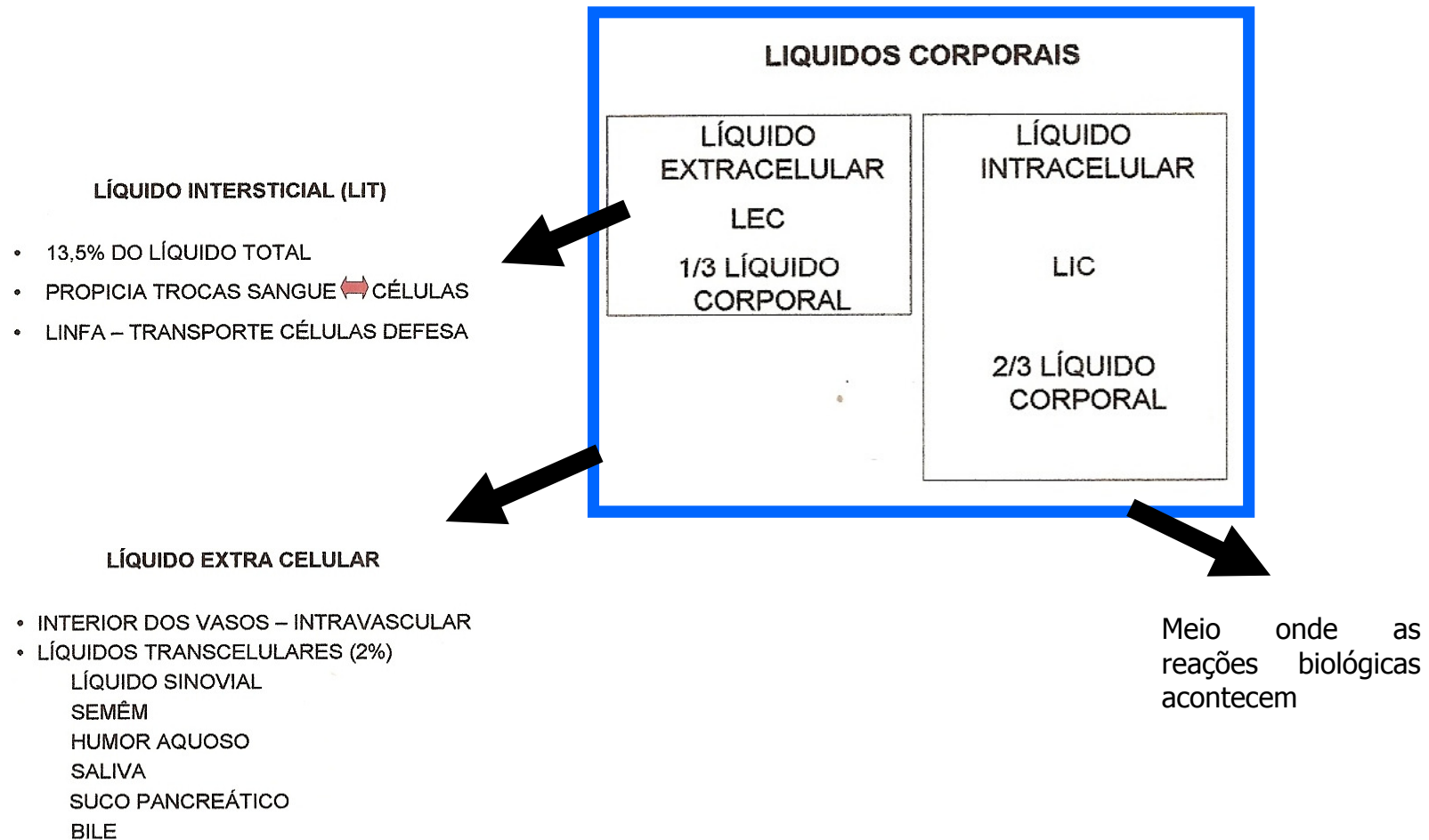
# Quantidade de água no organismo

Cerca de 70% do peso corporal do indivíduo adulto é constituído pela água.

Distribuição da  
água no  
organismo



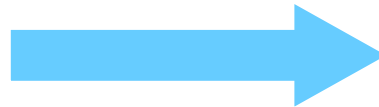
# Quantidade de água no organismo



# Quantidade de água no organismo

Quantidade varia principalmente com a idade.

Quantidade varia com o tipo de tecido.



PORCENTAGEM DE ÁGUA EM DIVERSOS TECIDOS	
TECIDOS	% DE ÁGUA
SANGUE	83
RIM	83
MÚSCULO	76
CÉREBRO	75
FÍGADO	68
OSSO	22
TECIDO ADIPOSEO	10

## Origem da água

Ingerida como bebida

Ingerida como constituinte dos alimentos

Água de origem metabólica: oxidação dos alimentos

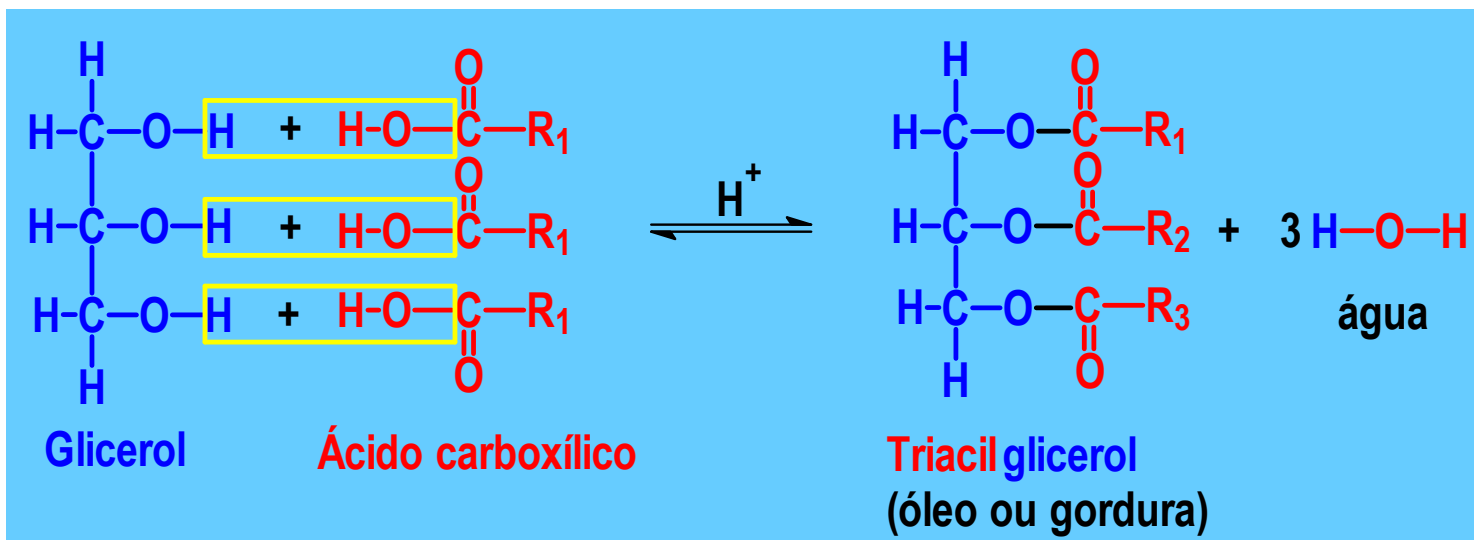
A oxidação de 100g de gordura produz 107 g de água

A oxidação de 100g de carboidrato produz 55 g de água

A oxidação de 100g de proteína produz 41 g de água

Produzindo um Total de 200 a 300mL/dia.





## Mecanismos de perda de água

- Perda sensível: Excreção urinária e fecal

Quais substâncias que aumentam a excreção urinária???

- Perda insensível é contínua e geralmente inconsciente:

Exemplo: quando a água sai com o ar expirado dos pulmões ou vapor de água escapa da superfície cutânea.

A transpiração, uma fonte detectável de perda de água é diferente da perda insensível de água através da pele.

# Mecanismos de perda de água

Em altitude elevada, baixa umidade e altas temperaturas podem aumentar a perda insensível de fluido através dos pulmões e perda sensível de fluidos pela transpiração.

Os atletas podem perder de 1361 a 1814g de fluido durante a prática de exercício a 26,6°C e baixa umidade e até mais em temperaturas mais altas.

Quando o consumo de água é insuficiente ou a perda de água é excessiva ???

- ❑ Os rins
- ❑ Os túbulos renais
- ❑ A concentração de urina produzida pelos rins tem limite: aproximadamente 1.400mOsm/L.

## O que determina a ingestão de água?

Em indivíduos saudáveis, a ingestão de água é controlada principalmente pela sede. Os centros de controle da sede estão localizados no hipotálamo, próximos aos centros que regulam o hormônio antidiurético (ADH).

A sede é estimulada quando a **osmolaridade** plasmática aumenta ou o volume intravascular diminui.

**Osmolaridade:** é uma medida das partículas osmoticamente ativas por litro de solvente pela qual as partículas estão dispersas.

É expresso como milosmole do soluto por litro de solvente (mOsm/L).

## O que determina a ingestão de água?

A soma média da concentração de todos os cátions no soro é cerca de 150mEq/L. Isso é equilibrado pelos 150mEq/L de ânions, produzindo uma osmolaridade sérica total de cerca de 300mOsm/L.

Um desequilíbrio osmolar é causado por ganho ou perda de água relativo a um soluto, ou um ganho ou perda de soluto relativo à água.

Uma osmolalidade menor que 285mOsm/L geralmente indica **excesso de água;**

Uma osmolalidade maior que 295mOsm/L geralmente indica **déficit de água;**

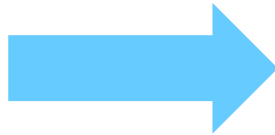
## O que determina a ingestão de água?

A água é absorvida com rapidez porque se move livremente através das membranas, por difusão que é controlada pelas forças osmóticas gerada pelos íons inorgânicos em solução no corpo.

Estômago

Intestino delgado e grosso

## Equilíbrio hídrico



A quantidade de água consumida diariamente é quase equivalente à quantidade perdida.

INGESTÃO E ELIMINAÇÃO DE ÁGUA (mL)*	FONTE DE ÁGUA
<b>Ingestão de água</b>	
1.400	Fluidos
700	Alimento
200	Oxidação
2.300	Total
<b>Eliminação de água</b>	
<i>Temperatura normal</i>	
1.400	Urina
100	Fezes
100	Pele (transpiração)
	Perda insensível
350	Pele
350	Trato respiratório
2.300	Total
<i>Tempo quente</i>	
1.200	Urina
100	Fezes
1.400	Pele (transpiração)
	Perda insensível
350	Pele
250	Trato respiratório
3.300	Total
<i>Exercício prolongado</i>	
500	Urina
100	Fezes
5.000	Pele (transpiração)
	Perda insensível
350	Pele
650	Trato respiratório
6.600	Total



## Efeitos da Perda de água

- ✓ Perda de 10% de água causa distúrbios graves
- ✓ Perda de 20% de água corporal pode causar a morte

### PORCENTAGEM DE PESO CORPORAL PERDIDO



Sinais da Desidratação: cefaléia, fadiga, apetite diminuído, tontura, turgor cutâneo-pele flácida, urina concentrada, mucosa da boca e nariz seco, taquicardia.

## Necessidades de água em condições normais

Adultos	1mL/Kcal
Lactantes	1,5mL/Kcal
Peso corporal em adultos	35mL/kg (2 a 2,5L/dia)
Peso corporal em crianças	50 a 60 mL/kg

## **Os determinantes primários da manutenção das necessidades de água são metabólicos**

A ingestão de água pelo organismo deve ser suficiente para:

atingir as demandas metabólicas: influenciada pelo tamanho e composição corporal, atividade física e febre.

equilibrar as perdas de água sensíveis e insensíveis: transpiração e perspiração (evaporação do suor) e perda insensível pelos pulmões que varia de acordo com a atividade, altitude, umidade e temperatura.

manter uma carga de soluto renal tolerável: depende da ingestão e da composição da dieta de uma pessoa.

## **O NRC (National Research Council) recomenda:**

**1mL de água/ kcal de energia gasta** (condições médias de gastos de energia e condições ambientais)

Os modelos clínicos são tipicamente baseados num homem médio de 70kg

A recomendação de energia para homens de 19 a 50 anos é de:  
38 a 41kcal/kg/dia para a atividade média e moderada

2660 a 2870 Energia  
(11 a 12 copos de água/dia)

**Para indivíduos que estão acima ou abaixo do peso médio de 70Kg**

100 mL/kg	Para os primeiros 10 kg
50 mL/kg	Para os próximos 10 kg
20 mL/kg	Aqueles com menos de 50 anos de idade
15 mL	Aqueles com mais de 50 anos de idade

Por exemplo, a necessidade de água para um homem de 40 anos com 170kg:

$$(primeiros\ 10kg = 1000mL) + segundos\ 10kg = 500\ mL) + (restantes\ 150\ kg = 3000mL) = 4500mL$$

**Um indivíduo com o peso de 170kg em função da ingestão dietética aumentada pode receber mais água a partir de:**

- ❑ alimentos sólidos (750 mL, aprox 3 copos) e do metabolismo oxidativo (250 mL, aprox 1 copo) = 1000 mL
- ❑ Mais um consumo de 1500 mL de fluidos= 2500 mL

$4500\text{mL} - 2500\text{mL} = 2000\text{mL} / 250\text{mL} = 8$  copos de água a mais  
Total de 19 a 20 copos por dia

## **Um indivíduo com peso de 170kg**

A Mesmo assim a sua necessidade de ingestão de fluido deveria ser de até 14 copos dia.

A cada 11,36kg (menos de 50 anos) acima do peso ideal de 70kg aumenta a necessidade de água de mais um copo de 240mL

$$11,36\text{kg} \times 20\text{mL/kg} = 227 \text{ mL (cerca de um copo)}$$

# ELETRÓLITOS

Os eletrólitos são substâncias que se dissociam em íons positivos (cátions) e negativos (ânions) quando dissolvidos em água.

Os eletrólitos são sais inorgânicos de Sódio, Potássio ou Magnésio.

Um milequivalente (mEq) de qualquer substância tem a capacidade de se combinar quimicamente com 1mEq de uma substância com uma carga oposta.



# ELETRÓLITOS

Teor mineral do corpo		Concentração sérica	Localização corporal
Sódio (Na <sup>+</sup> )	2%	136 a 145mEq/L	30 a 40% esqueleto, fluido extracelular
Potássio (K <sup>+</sup> )	5%	3,5 a 5mEq/L	Fluido intracelular
Cloreto (Cl <sup>-</sup> )	3%	96 a 106mEq/L	Fluido cérebro espinhal, bile, sucos gástrico e pancreático

Fonte: KRAUSE et al., 2005

Esses elementos estão distribuídos por todos os fluidos corporais e estão envolvidos em pelo menos quatro importantes funções corporais fisiológicas:

# **ELETRÓLITOS**

## **Funções corporais fisiológicas**

- equilíbrio e distribuição da água;
- equilíbrio osmótico;
- equilíbrio ácido-base;
- diferenciais de concentração intra e extracelular

# Sódio

Principal cátion do fluido extracelular

Várias secreções como bile e suco pancreático contém sódio.

A maior parte está no esqueleto, entretanto a maior parte desse sódio é imutável ou apenas lentamente permutável como aquele dos fluidos corporais.

Ao contrário da crença comum, o suor é hipotônico e contém uma quantidade relativamente pequena de sódio.

# **Sódio-Funções**

Como íon predominante do fluido extracelular, o sódio regula o seu volume e o volume do plasma sanguíneo. O sódio também auxilia na condução de impulsos nervosos e no controle da contração muscular.

# **Sódio**

## **Absorção e Excreção**

O sódio é rapidamente absorvido do intestino e transportado para os rins, onde é filtrado e retorna para o sangue para manter níveis apropriados. A quantidade absorvida é proporcional ao consumo.

Cerca de 90 a 95% da perda normal de sódio do corpo é através da urina, o restante pelas fezes e suor. Normalmente a quantidade de sódio excretada diariamente é igual a consumida.

# Sódio-Equilíbrio

O equilíbrio de sódio é controlado pela aldosterona um mineralocorticóide secretado pela córtex adrenal.

Quando os níveis de sódio no sangue aumentam, os receptores da sede no hipotálamo estimulam a sensação de sede. A ingestão de fluidos retorna os níveis de sódio ao normal.

Quando os níveis de sódio no sangue estão baixos, a excreção de sódio pela urina diminui ao normal.

O estrogênio pode causar a retenção de sódio e água. As mudanças no equilíbrio de água e sódio durante o ciclo menstrual, gravidez e com uso de anticoncepcional são parcialmente atribuídas as mudanças nos níveis de progesterona e estrogênio.

## Sódio

### Ingestão recomendada

Necessidades mínimas estimada de **sódio**, cloreto e potássio para pessoas saudáveis

Idade	Peso (kg)	Sódio (mg)	Cloreto (mg)	Potássio (mg)
<b>Meses</b>				
0-5	4,5	<b>120</b>	180	500
6-11	8,9	<b>200</b>	300	700
<b>Anos</b>				
1	11	<b>225</b>	350	1000
2-5	16	<b>300</b>	500	1400
6-9	25	<b>400</b>	600	1600
10-18	50	<b>500</b>	750	2000
> 18	70	<b>500</b>	750	2000

- Um limite superior de 2,4g de sódio por dia ou 6,4g de cloreto de sódio por dia foi recomendado
- A ingestão diária média de sal em dietas ocidentais é cerca de 10 a 12g (4 a 5g de sódio) *per capita*.
- Aproximadamente 3g de sal diário existe naturalmente nos alimentos,
- 3g são adicionados durante o processamento,
- 4g adicionados pelo indivíduo.

# **Sódio**

## **Ingestão recomendada**

### Conseqüências

Uma ingestão isolada excessiva de sódio leva a edema e hipertensão.

Os rins são capazes de excretar sódio em excesso.

Mais preocupante é a ingestão excessiva persistente de sódio. Além do seu papel na hipertensão, a ingestão excessiva de sal está associada à maior excreção urinária de cálcio sendo um fator de risco para osteoporose.



# Fontes de Sódio

A principal fonte de sódio é o cloreto de sódio (sal) do qual o sódio constitui 40% de seu peso.

Carne contém mais sódio que os vegetais e grãos.

Exemplo:

31g de bife contém aproximadamente 30mg de Na

31g de hambúguer contém aproximadamente 400mg de Na

1/2 vegetais congelados preparados sem sal contém 10mg de Na

1/2 vegetais enlatados contém aproximadamente 260mg de Na

# Potássio

O  $K^+$  é o principal cátion do fluido intracelular, está presente em pequenas quantidades no fluido extracelular. A concentração do potássio sérico normal é de 3,5 a 5mEq/L.

## Funções

Juntamente com o sódio, o potássio está envolvido na manutenção do equilíbrio hídrico, equilíbrio osmótico e no equilíbrio ácido-base.

Juntamente com o cálcio é importante na regulação da atividade neuromuscular.

# Potássio

## Funções

Promove o crescimento celular.

O conteúdo de potássio no músculo está relacionado à massa muscular e armazenamento de glicogênio; portanto se o músculo está sendo formado, um suprimento adequado de potássio é essencial.

# Potássio

## Absorção e Excreção

O potássio é prontamente absorvido no intestino delgado. Aproximadamente 80 a 90% do potássio ingerido é excretado na urina, o restante é perdido nas fezes.

Os rins mantêm os níveis séricos normais mediante sua habilidade de filtrar, reabsorver e excretar potássio sob a influência da aldosterona.

# Potássio

## FONTES

Em geral, frutas, hortaliças, carne fresca e produtos de laticínio são boas fontes de potássio.

Teor de K considerado muito alto >300mg/porção (1/2 xícara)

Frutas: Abacate, banana, manga, papaia....

Vegetais: Alcachofra, broto de bambu, milho, tomate...

## Potássio

### Ingestão recomendada

Idade	Peso (kg)	Sódio (mg)	Cloreto (mg)	Potássio (mg)
<b>Meses</b>				
0-5	4,5	<b>120</b>	180	<b>500</b>
6-11	8,9	<b>200</b>	300	<b>700</b>
<b>Anos</b>				
1	11	<b>225</b>	350	<b>1000</b>
2-5	16	<b>300</b>	500	<b>1400</b>
6-9	25	<b>400</b>	600	<b>1600</b>
10-18	50	<b>500</b>	750	<b>2000</b>
> 18	70	<b>500</b>	750	<b>2000</b>

-Níveis mais altos são recomendados pela possibilidade do potássio prevenir a hipertensão.

-A ingestão de potássio é inadequada em um grande número de americanos 50% por causa do consumo inadequado de frutas e vegetais.

## **BOMBA NA e K**

Exemplo importante de transporte ativo de Na e K através da membrana plasmática de todas as células animais.

Nas células vermelhas do sangue a concentração de K no citossol é cerca de 110mM enquanto que no plasma sanguíneo é apenas de 3mM. Por outro lado, a concentração de Na no plasma sanguíneo é relativamente alta perto de 140mM e a concentração deste íon no interior do eritrócito é de aprox 4mM.

A manutenção destes gradientes através da membrana plasmática depende do fornecimento de ATP. A membrana do eritrócito contém uma enzima chamada ATPase transportadora de Na e K que catalisa a hidrólise de ATP em ADP e fosfato e utiliza a energia assim liberada para bombear potássio para dentro da célula e Na para fora.

O rim precisa excretar na urina o sódio em excesso e conservar o potássio no sangue

# **EQUILÍBRIO ÁCIDO-BASE**

Um ácido libera íons de hidrogênio em solução, enquanto que a base aceita íons em solução.

Um baixo pH sanguíneo indica uma maior concentração de íon hidrogênio sendo o inverso verdadeiro.

O equilíbrio ácido-base é o estado dinâmico da concentração do íon hidrogênio.

A manutenção do nível do pH sanguíneo arterial dentro da faixa normal de 7,35 a 7,45 é crucial para muitas funções fisiológicas e reações bioquímicas.



# EQUILÍBRIO ÁCIDO-BASE

Os mecanismos regulatórios dos rins, pulmões e sistema-tampão capacitam o corpo a manter o nível do pH sanguíneo apesar da enorme carga ácida pelo consumo alimentar e metabolismo tecidual.

## **Produção de ácido**

Os ácidos são introduzidos exogenamente pela ingestão de alimentos precursores de ácido.

São também gerados endogenamente por meio do metabolismo tecidual normal. Exemplo:

Os ácidos fosfórico e sulfúrico são produzidos a partir dos substratos que contêm fosfato e aminoácidos ou contêm enxofre, respectivamente. O dióxido de carbono (CO<sub>2</sub>), um ácido volátil, é produzido a partir da oxidação das CHOs, aas e gorduras.

# EQUILÍBRIO ÁCIDO-BASE

## Regulação

Uma série de mecanismos reguladores mantém o pH dentro de limites fisiológicos muito estreitos.

Em nível celular, os sistemas tampão compostos de ácidos e bases fracas e seus sais correspondentes minimizam o efeito no pH causado pela adição de um ácido ou base fraca.

As proteínas e fosfatos são os tampões intracelulares primários.

O sistema bicarbonato/ácido carbônico é o principal tampão extracelular.

# EQUILÍBRIO ÁCIDO-BASE

## Regulação

O equilíbrio ácido-base também é mantida pelos rins e pulmões.

Os rins regulam a secreção de íon hidrogênio ( $H^+$ ) e reabsorção de bicarbonato.

Os pulmões controlam a ventilação alveolar, alterando a intensidade ou a taxa de respiração que por sua vez alteram a quantidade de  $CO_2$  expelido.

# DESEQUILÍBRIO ÁCIDO-BASE

## Desequilíbrio respiratório

- Acidose respiratória: ↑ nível de  $H_2CO_3$  por retenção de  $CO_2$  (área pulmonar diminuída - enfisema)
- Alcalose respiratória: ↓ nível de  $H_2CO_3$  por expiração excessiva de  $CO_2$  e  $H_2O$  (exercício intenso, ansiedade)

# DESEQUILÍBRIO ÁCIDO-BASE

## Desequilíbrio metabólico

### Acidose

- ↑ concentração de  $H^+$  ( ↓ pH) ou
- ↓  $HCO_3^-$  por excreção (diarréia, cetoacidose por diabetes melitus não controlado, dieta com alto teor de gordura e sem CHO)

### Alcalose

- ↓ concentração de  $H^+$  ( ↑ pH) ou
- ↑  $HCO_3^-$  por excreção (diuréticos, perda de cloreto, vômito)