

REGULAÇÃO DO EQUILÍBRIO HÍDRICO E ELECTROLÍTICO

Introdução:

A água é indispensável a todos os processos bioquímicos e fisiológicos. A natureza físico-química da vida na Terra reflecte em grande parte as características especiais da água (Ekert, 1992).

Nos invertebrados marinhos, a água do mar actua como meio extra-celular. Nos anfíbios, peixes e invertebrados aquáticos, uma parte da osmorregulação é feita pelas brânquias, pele e inclusive pelo intestino.

Para sobreviver a um meio osmoticamente desfavorável, os animais desenvolveram sistemas internos estáveis de modo a amortizarem os efeitos adversos do meio exterior sobre os tecidos internos.

A osmorregulação deve permitir:

- 1- A retenção da quantidade apropriada de água;
- 2- A concentração necessária de solutos e nutrientes.

TIPOS DE INTERCÂMBIOS OSMÓTICOS - Entre o animal e o seu meio:

- 1- **Intercâmbios obrigatórios** - São os que ocorrem como resposta a factores físicos sobre os quais o animal tem pouco ou nenhum controlo fisiológico.
- 2- **Intercâmbios regulados** - Quando há controlo fisiológico que serve para manter a homeostasia interna.

FACTORES QUE INFLUENCIAM O INTERCÂMBIO OBRIGATÓRIO:

- 1- **Gradiente entre o compartimento extra-celular e ambiente** - Quanto maior for a diferença mais fácil será a difusão;
- 2- **Relação superfície volume** - É maior nos animais pequenos, logo com intercâmbio mais fácil;

- 3- **Permeabilidade da membrana** - É uma barreira entre o compartimento extra celular e o meio:
 - a- **Anfíbios** - Peles húmidas e permeáveis;
 - b- **Terrestres** - Menos permeáveis (répteis, mamíferos e insectos);
- 4- **Alimentação** - Dieta pode conter excesso de água ou sais;
- 5- **Temperatura, exercício e respiração** - Devido ao elevado calor de vaporização, a água é especialmente indicada para eliminar calor por evaporação;
- 6- **Factores metabólicos** - Amoníaco e ureia precisam de água para serem eliminados.

ANIMAIS OSMORREGULADORES - São os animais que mantêm uma osmolariedade diferente do meio.

ANIMAIS OSMOCONFORMISTAS - São aqueles que não controlam activamente a sua osmolariedade, conformam-se com o meio.

Maioria dos vertebrados - São osmorreguladores estritos ou seja, mantêm a composição dos líquidos corporais dentro dum limite osmótico estreito.

Sangue dos vertebrados - É hiposmótico ou ligeiramente hiperosmótico, como nos tubarões, com a água do mar e significativamente hiperosmótico com a água doce.

Os invertebrados marinhos - Regra geral estão em equilíbrio osmótico com a água do mar.

Órgãos osmorreguladores - Rins, brânquias, glândulas de sal e células de cloro.

Funções osmorreguladoras das brânquias - São em muitas espécies de vertebrados e invertebrados:

- 1- Local de trocas gasosas;
- 2- Local de transporte iónico, excreção de resíduos nitrogenados e manutenção do pH.

Células de cloro - São células invaginadas nas superfícies basal e lateral com muitas mitocôndrias e enzimas, relacionadas com o transporte activo de sal. São também responsáveis pelo transporte de H^+ , Na^+ , NH_4^+ e HCO_3^-

Com salinidade elevada - Aparecem as fossas, aumenta o número de células de cloro e aumenta a actividade ATPase, Na e K e anidrase carbónica.

As hormonas cortisol e PRL actuam na transição para a água do mar e água doce, respectivamente.

SECREÇÃO EXTRA-RENAL PELAS GLÂNDULAS DE SAL NAS AVES E RÉPTEIS:

Espécies abrangidas - Aves marinhas, avestruzes, iguana marinha, serpentes marinhas, tartarugas do mar e répteis terrestres.

Aves marinhas - As glândulas de sal nasais segregam uma solução hipertónica de NaCl.

Os crocodilos - Têm uma glândula de sal semelhante na língua.

Nas aves e répteis - As glândulas de sal ocupam depressões superficiais no crânio, por cima dos olhos.

Controlo endócrino da glândula de sal - É feito através da corticosterona que desempenha um efeito estimulante e da arginina vasotocina (AVT) que diminui a filtração glomerular.

OSMORREGULAÇÃO EM AMBIENTES AQUÁTICOS

Água do mar - 1000 mosm/l

Animais eurihalinos - Toleram uma ampla variedade de salinidades.

Animais estenohalinos - Só toleram uma variação limitada.

ANIMAIS DULCEAQUÍCULAS - Têm os líquidos corporais geralmente hiperosmóticos com a água que os rodeia.

Vertebrados - Têm 200 a 300 mosm/l enquanto que a água doce tem entre 1 a 50 mosm. Estes animais enfrentam dois tipos de problemas:

- a- Ficam sujeitos a aumentar de volume (inchar) pela entrada de água;
- b- Ficam sujeitos a uma perda contínua de sais.

Para contrariar esta tendência:

Os rins produzem uma urina diluída e abundante;

Os sais são retidos por reabsorção sanguínea nos túbulos.

As perdas de sais são assim repostas pelo alimento através de um transporte activo pelas brânquias nos peixes e pela pele nos anfíbios.

As brânquias - São os órgãos osmorreguladores principais, superiores aos rins.

ANIMAIS MARINHOS

Invertebrados - São isosmóticos com a água do mar.

Teleósteos marinhos - Ingerem a água do mar com o alimento e perdem água pelas brânquias. O sangue absorve 70 a 80% desta água através do epitélio intestinal conjuntamente com a maioria dos sais como o NaCl e KCl. Os iões Ca^{2+} , Mg^{2+} e SO_4^{2-} passam ao intestino e são expulsos pelo ânus. O excesso de sal no sangue é transportado activamente pelas brânquias e pela excreção de sais bivalentes pelo rim. A urina é isotónica com o sangue mas abundante em Ca^{2+} , Mg^{2+} e SO_4^{2-} .

Répteis e aves - Possuem glândulas de sal. As aves no bico sob os olhos, os lagartos nos olhos ou no nariz e os crocodilos de água salobra, na língua.

Mamíferos marinhos - Leões, focas e cetáceos não possuem órgãos extra-renais, mas sim rins muito eficazes. Produzem uma urina muito hipertónica. Não bebem água do mar, aproveitam-na das suas presas, tendo como fonte de água a água dos alimentos e a água metabólica.

ANIMAIS TERRESTRES - As perdas principais fazem-se através da respiração aérea.

Anfíbios e mamíferos - Desidratação pela pele, possuem peles mais permeáveis logo permitem maiores perdas.

Rãs e sapos- Possuem uma bexiga de grande dimensão que serve como reservatório de água.

Homem- Excreta 6 g de sódio por cada litro de urina e em cada litro de água do mar existem 12g de sódio.

REGULAÇÃO HÍDRICA E SALINA - É um fenómeno intimamente relacionado com a pressão osmótica e consequentemente com a osmorregulação.

O teor de água no organismo - Depende da:

- 1- Ingestão de água
- 2- Teor de água no alimento
- 3- Utilização de água metabólica

O controlo da excreção de água e electrólitos - A sua maior ou menor reabsorção está controlada por duas hormonas:

- 1- **A hormona anti-diurética (ADH)** - Regula fundamentalmente a água;
- 2- **A hormona aldosterona** - Regula principalmente o sódio e indirectamente o cloro e a água.

A hormona antidiurética - É libertada no sangue, a partir do lóbulo posterior da hipófise, exerce a sua acção principalmente no túbulo contorcido distal e tubo colector. Na presença da ADH há reabsorção de água nos túbulos, ficando a urina muito concentrada. Na sua ausência, os túbulos tornam-se impermeáveis à água, não havendo por isso reabsorção, tornando a urina muito diluída.

Os níveis de ADH - Aumentam com a subida da pressão osmótica extracelular nos túbulos e diminuem quando a mesma pressão também diminui. Dependem ainda, do volume de sangue da caixa torácica, diminuem quando se verifica um aumento daquele volume e aumentam quando o volume de sangue da caixa torácica diminui, devido à pressão osmótica do sangue e à existência de osmorreceptores hipotalâmicos.

A aldosterona - É a hormona da camada cortical adrenal que actua no túbulo contorcido distal:

- 1- Aumenta a reabsorção do sódio;
- 2- Para manter o equilíbrio eléctrico, o sódio transporta consigo o cloro;
- 3- Para manter o equilíbrio eléctrico o potássio tem que ser secretado;
- 4- Para que haja um equilíbrio osmótico a alteração da concentração destes electrólitos, bem como o seu movimento, originam um movimento de água (aumento da reabsorção de água fazendo com que haja um maior número de electrólitos cloro e sódio no líquido extracelular).

O estímulo da aldosterona - depende:

- 1- Do aumento ou da diminuição da concentração do sódio ou do potássio
- 2- Da diminuição do fluxo sanguíneo

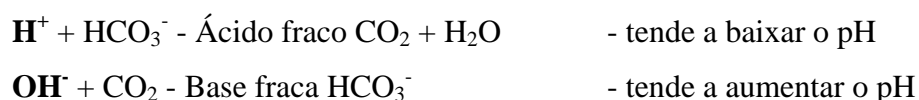
Regulação do equilíbrio ácido-base - É regulado por vários mecanismos. A regulação visa a manutenção do pH incompatível com a vida que para a maioria dos animais se situa entre 7,2 a 7,4.

Os mecanismos que regulam o pH - São três:

- 1- Sistema tampão dos líquidos orgânicos
- 2- Regulação respiratória
- 3- Regulação renal

1- **Sistema tampão dos líquidos orgânicos** - É a mais rápida, actua em poucos segundos. A alteração do pH do sangue, devido a um aumento de H^+ ou OH^- pode ser tal que possa ser compatível com a vida. O organismo dispõe de mecanismo para neutralizar essa acidez ou alcalinidade, mediante a acção das proteínas plasmáticas e a acção carbono-bicarbonato - acção rápida. O controlo faz-se através de 3 processos:

a- **Tampão carbono-bicarbonato**



b- **Tampão dos fosfatos**

c- **Tampão das proteínas** - É a mais importante no organismo e a mais rápida com especial relevo para as proteínas plasmáticas da hemoglobina.

2- **Regulação respiratória** - É feita através do intercâmbio pulmonar, durando de segundos a alguns minutos. Quando os níveis de CO_2 são elevados há uma diminuição do pH, pelo contrário, o aumento da frequência respiratória faz baixar os níveis de CO_2 e conseqüentemente há uma elevação no valor do pH.

3- Regulação renal - É a mais lenta o seu controlo é feito através do aumento ou da diminuição da concentração dos bicarbonatos pela maior ou menor absorção renal. A regulação renal embora lenta, pode eliminar os níveis elevados de H^+ , H_3O^+ ou OH^- pela urina, funcionando assim o rim como um regulador do equilíbrio ácido-base.



O bicarbonato fica no sangue e o H^+ é secretado e simultaneamente o sódio é reabsorvido para haver equilíbrio eléctrico. A secreção do H^+ é tanto maior quanto mais baixo for o pH do plasma.

O HCO_3^- é filtrado e posteriormente absorvido, à medida que o H^+ é secretado. A reabsorção do HCO_3^- é tanto menor quanto menor for o pH do plasma.

EQUILÍBRIO HÍDRICO E MINERAL

Importância da água –

- 1- Principal constituinte orgânico
- 2- As reacções orgânicas só se podem desenvolver se as moléculas e os iões estiverem em solução aquosa
- 3- Serve de veículo aos principais nutrientes, aos produtos de metabolismo e às hormonas
- 4- A supressão de água determina, a curto prazo, a paragem dos fenómenos vitais

Teor em água de alguns seres vivos:

- a- Invertebrados marinhos - Representa 96 a 97% da sua massa corporal
- b- Esporos bacterianos - 50% ou menos
- c- No homem adulto - 65 a 70%
- Tecido adiposo 30%

- Tecido conjuntivo	60%
- Pele	71%
- Fígado	73%
- Músculo	77%
- Tecido nervoso	84%
- Fluidos orgânicos	90 a 99,5%

Adaptação à falta de água - Os bovinos e suínos têm fraca adaptação, os ovinos, camelos e burros tem maior adaptação. A necessidade de água segue em paralelo a elevada temperatura e a evaporação de água é o meio mais eficiente de dissipar o calor, o que trava a carência.

Bos indicus - Tem maior número de glândulas sudoríparas.

Camelídeos:

- 1- Suportam maior grau de desidratação que os outros mamíferos
- 2- Voltam a hidratar-se rapidamente
- 3- Permitem a elevação da temperatura corporal durante o dia
- 4- Têm pêlo isolante
- 5- Têm urina e fezes mais concentradas

Asininos - Suportam uma maior desidratação.

Ovinos:

- 1- Suportam perdas de cerca de 30% do seu peso vivo
- 2- Tem bom isolamento da radiação solar
- 3- A superfície da lã pode atingir os 87° C
- 4- Têm maior concentração das fezes e urina
- 5- Tal como o camelo e o burro, pode ingerir um quarto do seu peso em água de uma só vez, sem efeitos nocivos.

Principais funções da água:

- 1- Solvente universal de nutrientes e resíduos

2- Meio para reacções químicas

- Elevada constante dieléctrica (bom solvente para materiais polares)
- Participa ou é produto de muitas reacções químicas

3- Regulação da temperatura corporal

- Calor específico elevado
- Calor de vaporização elevado

4- Lubrificante

Equilíbrio hídrico - A quantidade de água absorvida é variável com as espécies animais, dependendo primariamente das condições climáticas, temperatura e grau higrométrico do ar, mas também da idade, composição da dieta alimentar, produção de leite e condições de vida, como sejam as deslocações, estabulação e manutenção nas pastagens.

Lactantes - Ingerem 3 a 4 vezes mais água em relação ao peso e superfície corporal do que os animais adultos.

Alimentação seca - Há maior necessidade de água de bebida do que com forragens verdes.

Fonte para a obtenção de água - A água pode ser obtida pelos alimentos, variando com a sua natureza, através da bebida, variando com a sua disponibilidade e pelas oxidações celulares.

Factores que influenciam a ingestão de água:

- 1- Temperatura ambiente
- 2- Ingestão de M.S.
- 3- Ingestão de proteína
- 4- Ingestão de sal

- 5- Lactação
- 6- Actividade física
- 7- Tamanho do animal
- 8- Estados patológicos

Factores que afectam as necessidades hídricas:

- a- **Espécie** - As aves e insectos excretam ácido úrico pelo que requerem pouca água
- b- **Ovinos** - Têm fezes mais secas do que os bovinos
- c- **Estado fisiológico** - Na fase final da gestação há maior retenção de água, na lactação há maior necessidade de água para produzir e nos estados patológicos pode haver também maiores necessidades hídricas para eliminação das toxinas.

As perdas de água - Fazem-se:

- 1- Ar expirado - Respiração
- 2- Pele - Sudação
- 3- Intestino - Sistema digestivo (Fezes)
- 4- Glândula mamária - Produção de leite
- 5- Rim - Sistema renal (urina)

As perdas pulmonares - São obrigatórias e não reguláveis fisiologicamente, aumentando com o calor (polipneia térmica: cão, ruminantes e aves).

As perdas cutâneas - São obrigatórias e dependem das necessidades de termorregulação (sudação no homem, cavalo e bovinos).

As perdas de água nas fezes - Depende da composição da alimentação de cada espécie. Nos herbívoros são eliminadas grandes quantidades de água nas fezes, podendo estas perdas serem superiores às eliminadas na urina.

Espécies	Quantidade média de fezes / 24 horas (kg)	Teor médio em água (%)	Quantidade média de água excretada nas fezes (Kg /24 h)
Cavalo	19	76	14
Boi	25	78	19
Carneiro	2	65	1.3
Porco	2	70	3.4

Perdas de água na lactação - O teor médio de água no leite é de 87%. A produção de 20 litros de leite por dia correspondem à perda de 17, 4 litros de água.

Repartição da água no organismo - Depende da rapidez do trânsito digestivo havendo variação entre espécies, na absorção ao longo do tracto digestivo. O porco, por exemplo, tem uma absorção rápida no intestino. Nos ruminantes o rúmen é um reservatório de água, atrasando a sua passagem para os intestinos tornando a absorção mais lenta.

O equilíbrio hídrico - Entre os diversos espaços é realizado muito rapidamente, sendo a pressão sanguínea nos territórios arteriais e venosos a principal responsável pelas trocas.

Volume do espaço em relação ao peso corporal:

- 1- Intercelular - 15 a 25%
- 2- Intracelular - 50%
- 3- Plasmático - 5%

Líquidos intersticiais - Servem como reserva líquida compensatória entre o plasma sanguíneo e as células, sendo estes dois compartimentos mais sensíveis que o intersticial, às perdas hídricas.

Efeito da restrição hídrica - Causa redução na ingestão de alimento, reduz o crescimento e a produção. Nos cavalos pode provocar cólicas intestinais.

Necessidades de água - Num clima temperado e com um peso médio:

Espécie	Litros / dia
Bovinos de carne	26-66
Bovinos de leite	38-110
Cavalos	30-45
Suínos	11-19
Ovinos, caprinos	4-15
Galinhas	0.2-0.4
Perús	0.4-0.6

Equilíbrio mineral - As substâncias minerais têm importância primordial nos fenómenos vitais.

A taxa de minerais - Varia de órgão para órgão e de tecido para tecido. Existe uma renovação ou reciclagem contínua em todas as substâncias minerais do corpo.

A regulação do equilíbrio mineral - É assegurada pelas glândulas supra-renais e da paratiróide. A elas se associam as influências das condições de excreção de diversos electrólitos pelos rins, intestino e glândulas sudoríparas. Todos estes mecanismos concorrem para manter uma taxa sanguínea normal e uma repartição normal dos elementos minerais no organismo, sendo importante a capacidade de armazenamento de alguns órgãos para certos minerais.

Os mineralo-corticóides - produzidos pelo córtex as supra-renal, nomeadamente a aldosterona, regulam o equilíbrio orgânico do sódio e do potássio.

A calcitonina e a paratiróide - Regulam o equilíbrio do cálcio.

Absorção, repartição e excreção de minerais:

1- Sódio

- a- É rapidamente reabsorvido para os espaços extracelulares
- b- É excretado pela urina e suor (aldosterona controla a sua reabsorção tubular)
- c- O leite contém 40 a 50 mg % (20 litros = 8 a 10 g)

2- Potássio

- a- A absorção é rápida para os espaços intracelulares
- b- O teor de potássio no sangue (Kaliémia) é de 17 a 21 mg %
- c- Os ruminantes excretam grandes quantidades de potássio pela urina
- d- A excitação celular está associada à saída de potássio da célula

3- Cloretos

- a- São rapidamente absorvidos e acumulados nos espaços extracelulares
- b- A sua eliminação faz-se pela urina e pelo suor
- c- São reabsorvidos nos túbulos renais
- d- São importantes na manutenção da pressão osmótica
- e- São elementos constituintes do ácido clorídrico gástrico

4- Cálcio

- a- A sua reabsorção é favorecida pelo ácido cítrico e pela vitamina D
- b- É eliminado pelo intestino e pelos rins (fosfatotricálcico)
- c- 95 a 99% do cálcio é reabsorvido nos túbulos renais.
- d- É regulado pela calcitonina e paratiróides.

5- Fosfatos

- a- São absorvidos no intestino em função da relação Ca:P na dieta

- b- Após esterificação no fígado, os fosfatos repartem-se pelos espaços intersticial e intracelular
- c- A fosfatémia é muito constante
- d- Podem ser excretados pelo tubo digestivo e pelos rins
- e- A excreção renal é a mais importante nos carnívoros

6- Magnésio

- a- É absorvido após ionização pelo ácido clorídrico estomacal
- b- É um ião fundamentalmente intracelular
- c- Osso, encéfalo, músculo e miocárdio são ricos em magnésio
- d- É excretado pelos rins, tubo digestivo e pele (suor)

7- Sulfatos

- a- Tem fraca absorção, pelo que alguns sulfatos (Mg e Na) são usados como laxativos
- b- São fonte de enxofre para os microorganismos do rúmen
- c- São excretados pelos rins

ELECTRÓLITOS PRINCIPAIS NO ORGANISMO (Resumo):

Funções básicas	Reguladores homeostáticos principais
<p>Cálcio (Ca²⁺)</p> <ul style="list-style-type: none"> ➤ Constituinte dos ossos e dentes ➤ Essencial na coagulação do sangue ➤ Transmissão do impulso nervoso ➤ Torna a membrana plasmática fina e forte ➤ Participa na absorção e utilização da vitamina B₁₂ ➤ Activa enzimas ➤ Necessário à contracção muscular 	<ul style="list-style-type: none"> ➤ PTH aumenta a sua concentração sérica aumentando a actividade dos osteoclastos ➤ Calcitonina baixa a sua concentração sérica inibindo a acção osteoclástica ➤ A concentração sérica do fosfato afecta a do cálcio ➤ A vitamina D é necessária para absorção e utilização do cálcio
<p>Cloro (Cl⁻)</p> <ul style="list-style-type: none"> ➤ Combina-se com H⁺ para formar HCL ➤ Difunde-se entre FEC e FIC para regular a pressão osmótica ➤ Importante na transmissão do impulso nervoso ➤ 	<ul style="list-style-type: none"> ➤ A aldosterona regula a reabsorção do sódio e o Cl⁻ passa passivamente
<p>Hidrogénio (H⁺)</p> <ul style="list-style-type: none"> ➤ Necessário ao bom funcionamento celular ➤ Promove o funcionamento do sistema enzimático ➤ Necessário à ligação da HB com o O₂ ➤ Determina a alcalinidade ou acidez do organismo 	<ul style="list-style-type: none"> ➤ Sistema tampão: <ol style="list-style-type: none"> 1. Ácido carbónico-bicarbonato (razão normal: 1:20) 2. Nos pulmões controla o H₂CO₃ regulando o CO₂ 3. Nos rins regula o HCO₃⁻

Funções básicas	Reguladores homeostáticos principais
<p>Magnésio (Mg²⁺)</p> <ul style="list-style-type: none"> ➤ Activa muitos enzimas associados com o metabolismo das vitaminas B e utilização do K⁺, Ca²⁺ e proteína. ➤ Promove a regulação do Ca²⁺ sérico e do nível de P e K⁺. ➤ Essencial à integridade do sistema neuromuscular e funcionamento cardíaco 	<ul style="list-style-type: none"> ➤ PTH - promove a absorção no intestino
<p>Potássio (K⁺)</p> <ul style="list-style-type: none"> ➤ Regula o conteúdo aquoso e electrolítico do FIC ➤ Ajuda a promover a transmissão do impulso nervoso especialmente no coração ➤ Promove o funcionamento do músculo esquelético ➤ Ajuda a transformar os glúcidos em energia e a reestruturação dos aminoácidos das proteínas ➤ Ajuda a regulação do balanço ácido-base por troca extracelular com o H⁺ 	<ul style="list-style-type: none"> ➤ A bomba de sódio conserva o K⁺ celular excluindo activamente o Na⁺ e bombeando o K⁺ activamente para o espaço intracelular ➤ Os rins (que excretam 80 a90% do K⁺) conservam K⁺ quando o seu nível celular é baixo.
<p>Sódio (Na⁺)</p> <ul style="list-style-type: none"> ➤ Regula o volume do FEC ➤ Aumenta a permeabilidade da membrana plasmática ➤ Mantém ao volume sanguíneo e controla o tamanho do espaço vascular 	<ul style="list-style-type: none"> ➤ A aldosterona controla a sua reabsorção e excreção ➤ Atriopeptina estimula a sua excreção

Sódio (Na⁺)

- Controla a distribuição do volume de
- água entre o FEC e o FIC
- Actua como tampão alcalino (bicarbonato de sódio), ajudando a regular o pH
- Estimula a condução do impulso nervoso
- Ajuda a manter a irritabilidade neuromuscular
- Ajuda na contractilidade muscular, em especial no músculo cardíaco

Proteínas:

- Constituintes vitais das células
- Necessárias ao crescimento, desenvolvimento, manutenção e reparação dos tecidos
- Forma a massa principal dos músculos, vísceras, tecido epitelial e são constituintes do plasma e hemoglobina
- São necessárias á síntese de enzimas, hormonas, muitos anticorpos e algumas vitaminas
- Retém a água nos vasos sanguíneos e recupera a água que deixa os vasos através da pressão osmótica

(Fonte: Carola *et al.*, 1992)