



Curso de Graduação – Biologia

BMW-360 – Elementos de

Fisiologia e Anatomia II

2015/2



Lídia Moreira Lima (Ph.D)
Professora Associada, LASSBio, PPDF, ICB-UFRJ
lidialima@ufrj.br
lmlima23@gmail.com

Bibliografia: a) Barrett, KE, Barman, SM, Boitano, S, Brooks, HL. Fisiologia Médica de Ganong, 24ª Edição, Artmed, Porto Alegre, 2014; b) Hall, JE. Guyton & Hall - Fundamentos de Fisiologia, 12ª Edição, Elsevier, 2011

Fisiologia Renal

Sistema Renal Humano

Orgãos:

Rins
Ureteres
Bexiga

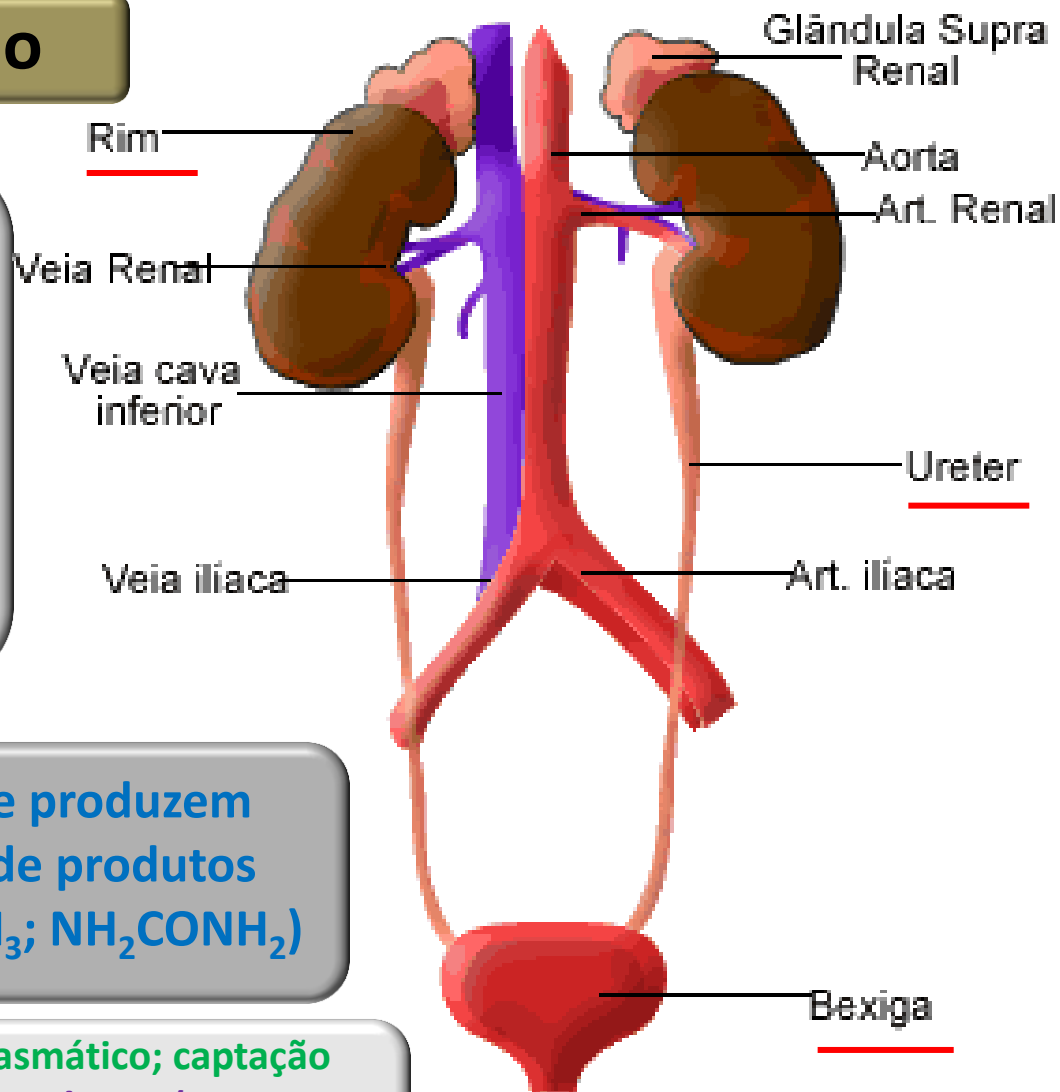
Unidade
Funcional:
Néfrons

Função:

Homeostasia da H_2O e ácido-base; composição eletrolítica; regulação vol. liq. extracel. (LEC, controle da PA)

Filtram o plasma e produzem urina → excreção de produtos do metabolismo (NH_3 ; NH_2CONH_2)

Reabsorção de glicose e aa do filtrado plasmático; captação regulada de Ca^{+2} e PO_4^{-2} ; papel na Gliconeogênese (jejum → produção ca 20% da capacidade de glicose do fígado);
Função endócrina: produz cininas, eritropoietina, renina, etc



Fisiologia Renal

Figure 26.3 Internal anatomy of the kidneys. (See Tortora, *A Photographic Atlas of the Human Body*, Figures 13.4, 13.5)

The two main regions of the kidney parenchyma are the renal cortex and the renal pyramids in the renal medulla.

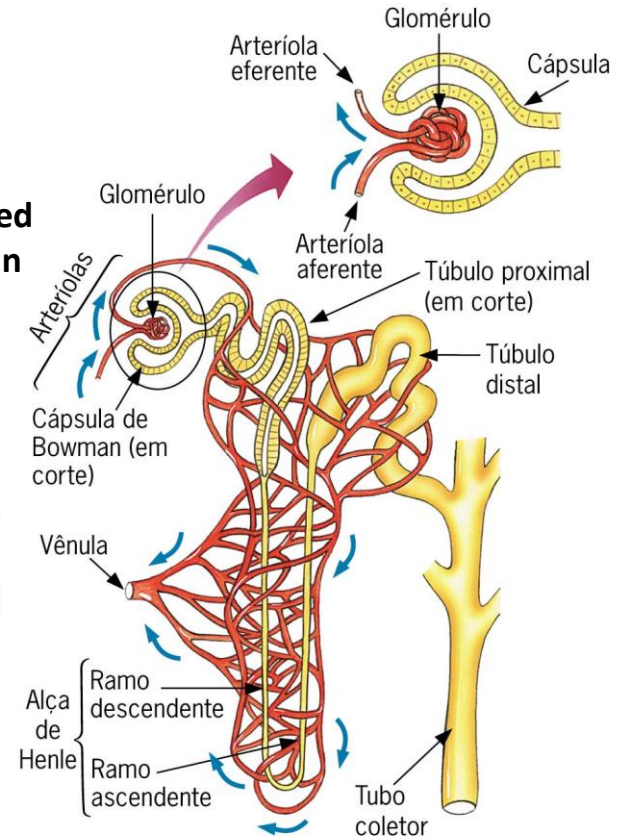
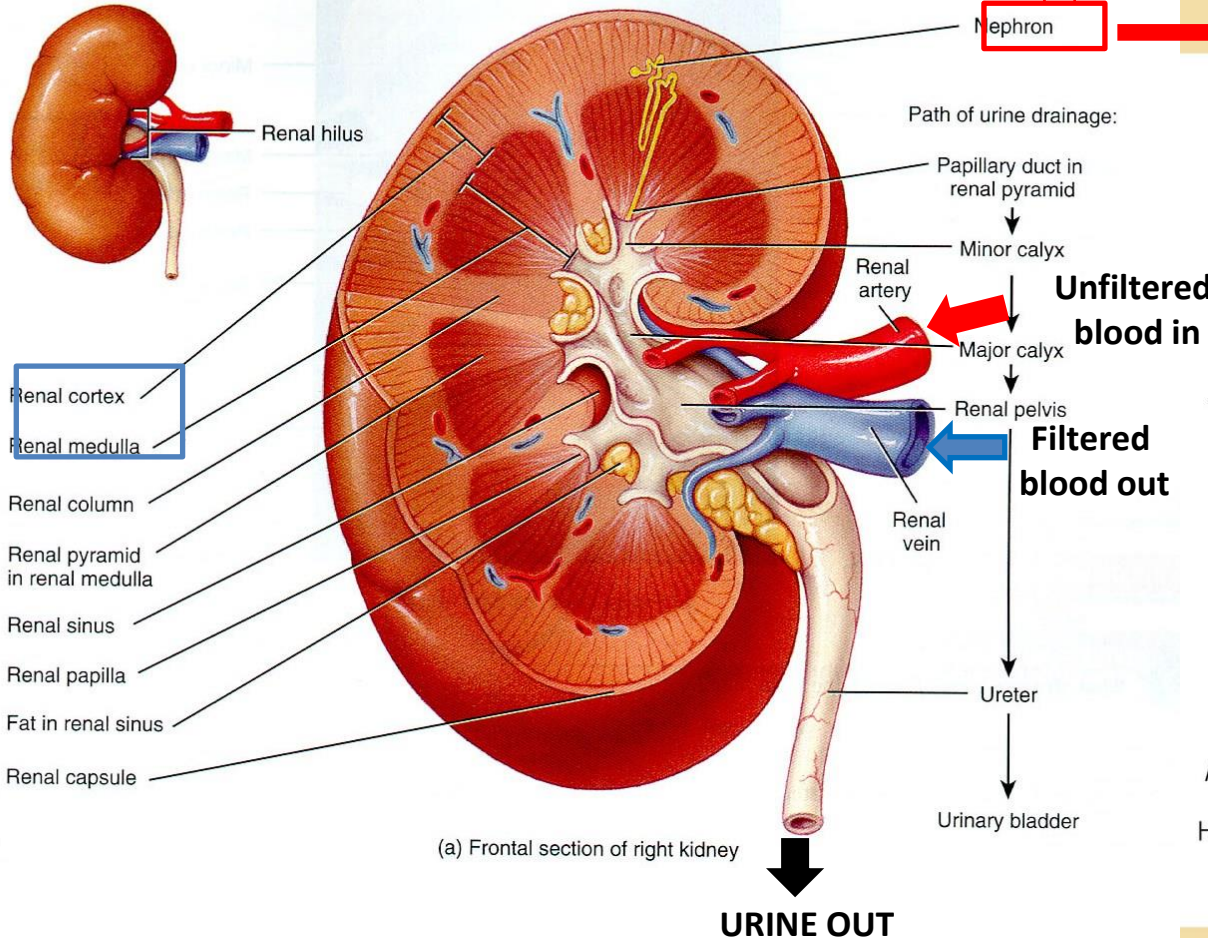
Cada túbulo renal individual e seu glomérulo é uma unidade conhecida por néfron

Nota: O tamanho dos rins entre as espécies varia com o nº de néfrons que eles contém.

~1 milhão em humanos

Nephron

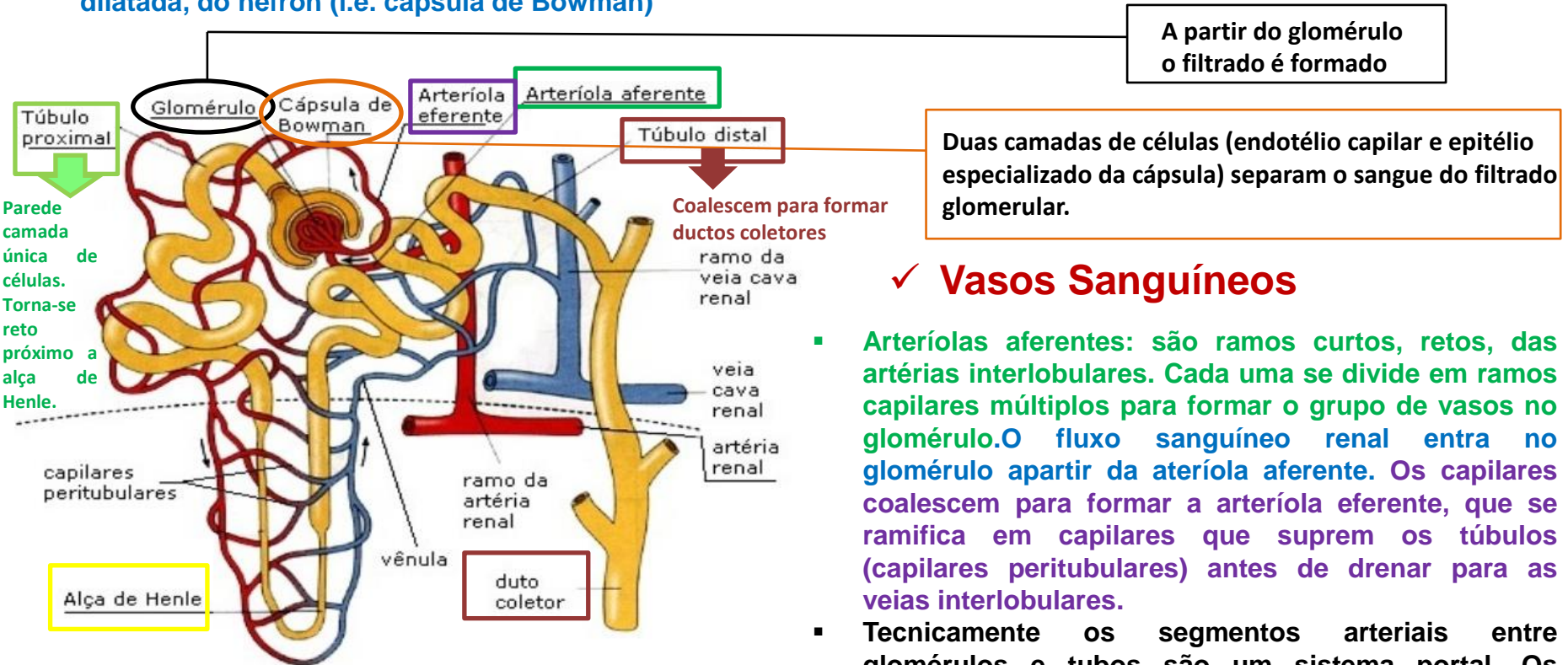
Estrutura de um néfron



Fisiologia Renal

✓ Néfron: Unidade funcional, consiste em um túbulo renal individual e seu glomérulo

- Glomérulo (200µm): formado pela invaginação de um tufo de capilares para dentro da extremidade cega, dilatada, do néfron (i.e. cápsula de Bowman)



Fonte: fisiologia-renal-modificado-9-638.jpg?cb=1415519372

✓ Vasos Sanguíneos

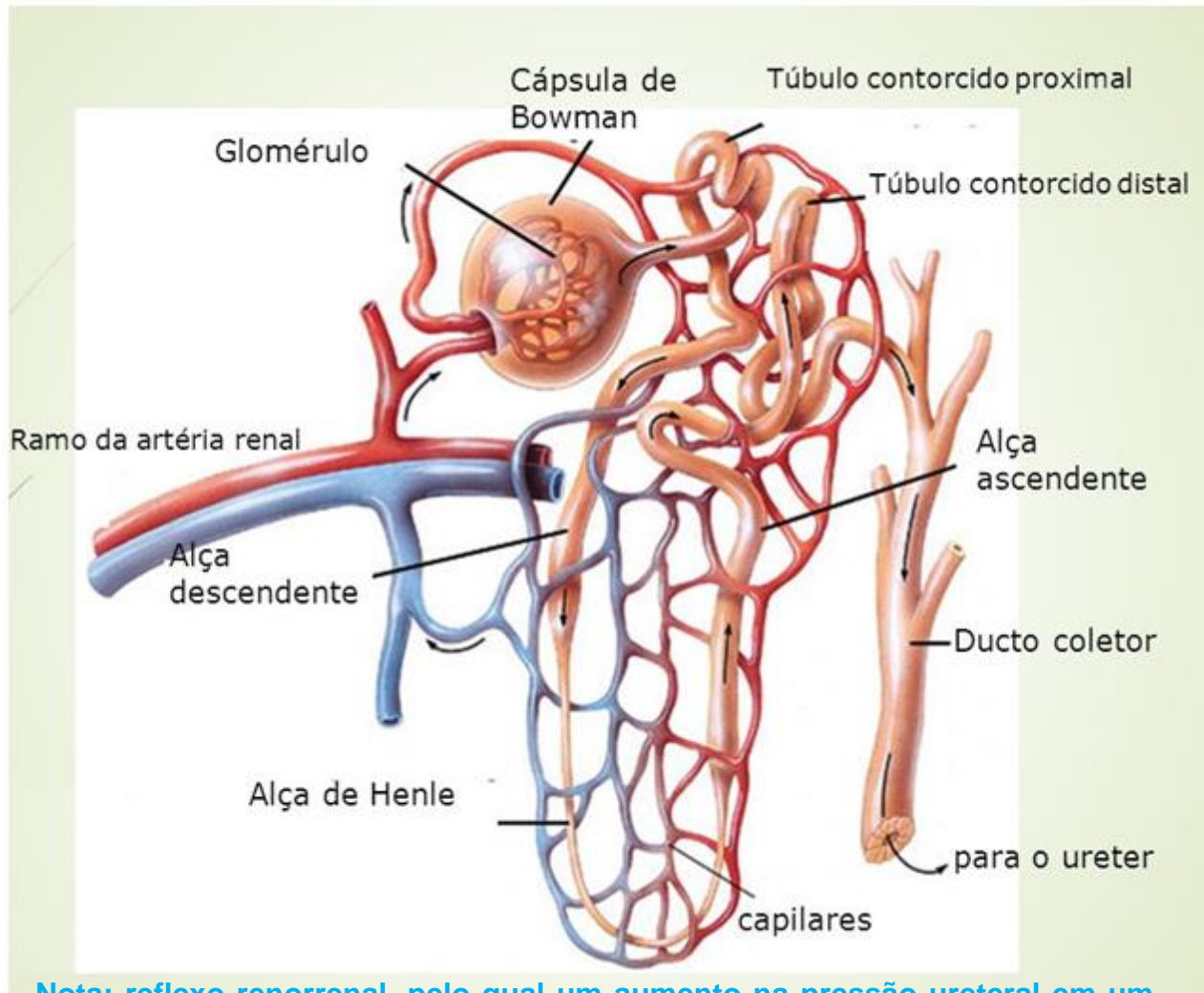
- Arteríolas aferentes: são ramos curtos, retos, das artérias interlobulares. Cada uma se divide em ramos capilares múltiplos para formar o grupo de vasos no glomérulo. O fluxo sanguíneo renal entra no glomérulo a partir da arteríola aferente. Os capilares coalescem para formar a arteríola eferente, que se ramifica em capilares que suprem os túbulos (capilares peritubulares) antes de drenar para as veias interlobulares.
- Tecnicamente os segmentos arteriais entre glomérulos e tubos são um sistema portal. Os capilares glomerulares são os únicos no corpo que drenam para arteríolas.
- A arteríola eferente (diâmetro menor) de cada glomérulo se ramifica em capilares que suprem numerosos néfrons diferentes.

NOTA: 1) em humanos superfície total dos capilares renais é ~ 12m², equivalente a área de superfície total dos túbulos. 2) O volume de sangue nos capilares renais em qq momento é de 30-40 mL. 3) os rins tem suprimento linfático abundante que drena por meio do canal torácico para a circulação venosa no tórax.

Fisiologia Renal

✓ Inervação dos vasos Renais

- Os **nervos renais** trafegam ao longo dos **vasos sanguíneos renais** quando eles entram nos rins.



Nota: reflexo renorrenal, pelo qual um aumento na pressão ureteral em um rim leva a uma diminuição da atividade nervosa eferente para o rim contralateral. Essa | permite ↑ na excreção de Na⁺ e H₂O

- Eles contêm muitas fibras eferentes pós-ganglionares simpáticas e poucas fibras aferentes.
- As fibras simpáticas são distribuídas principalmente às arteríolas aferentes e eferentes, aos túbulos proximais e distais e ao aparelho justaglomerular.
- Há inervação noradrenérgica do ramo ascendente grosso alça de Henle.
- Aferentes nociceptivos, que são paralelos aos eferentes simpáticos e entram na medula espinal nas raízes dorsais torácicas e lombares superiores.
- Outros aferentes renais medeiam reflexo renorrenal.

Fisiologia Renal

- ✓ **Fluxo Sanguíneo Renal:** em repouso os rins recebem 1,2 a 1,3 L de sangue/min, equivale ~25% do débito cardíaco

Determinantes do Fluxo Sanguíneo Renal

Filtração Glomerular

Fluxo Sanguíneo Renal

1) Controle da circulação renal por hormônios & autacóides

1. Dopamina (vasodilatação e natriurese)
2. Angiotensina II (constritor arteríolas afe- e eferentes)
3. Prostaglandinas (↑fluxo de sangue no córtex e ↓ na medula renal)
4. Endotelina (vasoconstrição)
5. Óxido nítrico (vasodilatação)
6. Bradicinina (vasodilatação)

2) Ativação do Sist. Nervoso Simpático

1. Noradrenalina

3) Autorregulação do Fluxo Sanguin. Renal

Presente em rins desnervados e em rins perfundidos; É impedida por fármacos que paralisam musc. lisa vasc.;

É resposta contrátil direta à distensão da musc. lisa da arteríola aferente.

Em ↓ pressões de perfusão, a AT-II contribui para a constrição das arteríolas eferentes, mantendo assim a Taxa de Filtração Glomerular.*

Nota:* Esta pode ser a explicação para a insuficiência renal desenvolvida por pacientes que utilizam inibidores da ECA, desenvolvem baixa perfusão renal.

Fisiologia Renal

✓ Filtração Glomerular & Taxa de Filtração Glomerular (TFG)

Filtração Glomerular

Taxa de Filtração Glomerular (TFG)

Definição de TFG:

Quantidade de ultrafiltrado do plasma formada a cada minuto (mL/min). É dada pela mensuração do nível plasmático de uma substância e pela quantidade excretada dessa substância.

A substância de escolha deve ser filtrada livremente pelos glomérulos e não deve ser secretada, nem reabsorvida pelos túbulos, nem metabolizada pelo corpo. (Exemplo: Insulina)

Depuração plasmática Renal

Definição: *Volume de plasma do qual uma substância é completamente removida pelo rim em unidade de tempo (mL/min).*

TFG normal

Adulto: 125 mL/min ou 7,5L/h ou 180L/dia

Se considerar vol. Urina 1L/dia logo: $\geq 99\%$ do que é filtrado é reabsorvido.

Taxa 125 mL/min \rightarrow rins filtram quantidade de líquidos 4 x a água total do corpo, 15 vezes o volume do LEC e 60 x volume de plasma.

Alterações Na TFG

Controle da TFG

Alterações no fluxo sanguíneo renal; e/ou na pressão hidrostática capilar glomerular, e/ou pressão arterial sistêmica; e/ou permeabilidade capilar glomerular, e/ou área de superfície efetiva de filtração, e/ou pressão hidrostática na cápsula de Bowman, e/ou concentração de proteínas plasmáticas (desidratação, hipoproteinemia); obstrução uretral; constrição arteriolar aferente ou eferente.

- Tamanho do leito capilar
- Permeabilidade dos Capilares
 - Pressão hidrostática
 - Pressão osmótica

Fisiologia Renal

✓ Controle da Taxa de Filtração Glomerular

Controle da TFG

Tamanho do leito capilar

Contração das células mesangiais:

Endotelinas; angiotensina II; vasopressina; TXA₂, PGF₂, LTC₄, LTD₄, PAF, Histamina, PDGF, noradrenalina.

Relaxamento das células mesangiais:

AMPc, PGE₂, Dopamina e PNA

Permeabilidade dos capilares glomerulares

Nota: filtração inversamente proporcional ao tamanho

Pressão hidrostática e osmótica

P. Hidrostática capilar sofre oposição da P. hidrostática na cápsula de Bowman. Tb tem como oponente o gradiente de P. oncótica.*

Nota: A pressão nos capilares glomerulares é mais alta que aquela em outros leitos capilares, pois as arteríolas aferentes são ramos curtos, retos, das artérias interlobulares.

*Pressão oncótica: é a pressão osmótica gerada pelas proteínas no plasma sanguíneo, especialmente pela albumina e pelas globulinas

50 vezes maior que dos capilares do músc. esquelético.

Substâncias neutras diâmetros $\leq 4\text{nm}$ → ↑↑↑

Substâncias neutras diâmetros $\geq 8\text{nm}$ → zero

Parede capilar glomerular tem sialoproteínas (carga -): impede ou dificulta filtração de moléculas -; Exemplo albumina (7nm), filtração é 0,2%.**

*Nota: ** albuminúria (> 0,2%) observada na nefrite, condição patológica onde as cargas negativas da parede glomerular são dissipadas*

Fisiologia Renal

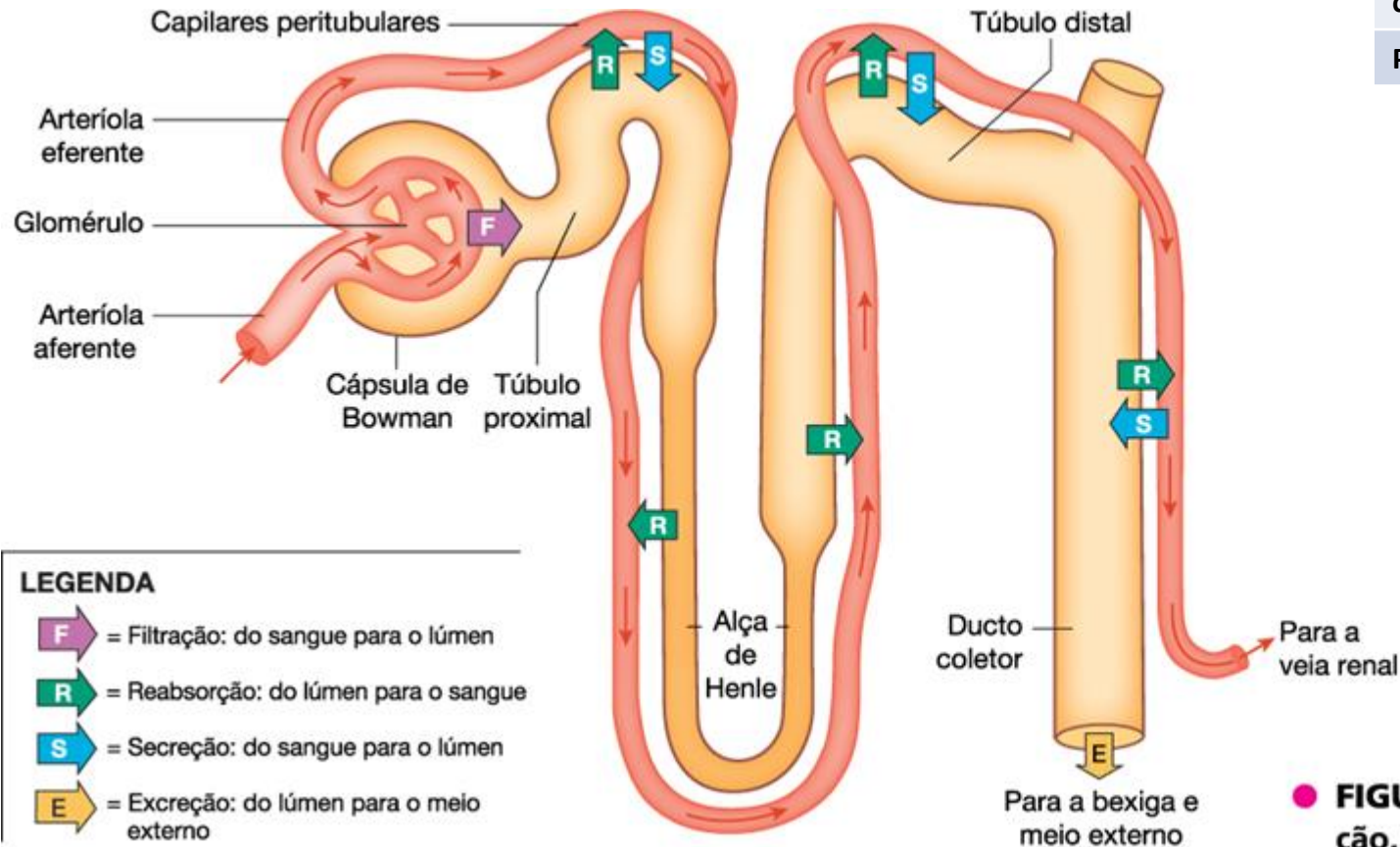
✓ Filtração, Secreção e Reabsorção Tubular

A quantidade de qq substância (X) filtrada é o produto da TFG e do nível plasmático da substância ($D_{in}P_x$).

As células tubulares podem adicionar mais da substância o filtrado (Secreção Tubular)

Ou remover parte ou toda a substância do filtrado (Reabsorção Tubular).

Substância	Depuração (ml/min)
glicose	0
sódio	0,9
cloreto	1,3
potássio	12
fosfato	25
ureia	75
insulina	125
creatinina	140
PAH	560

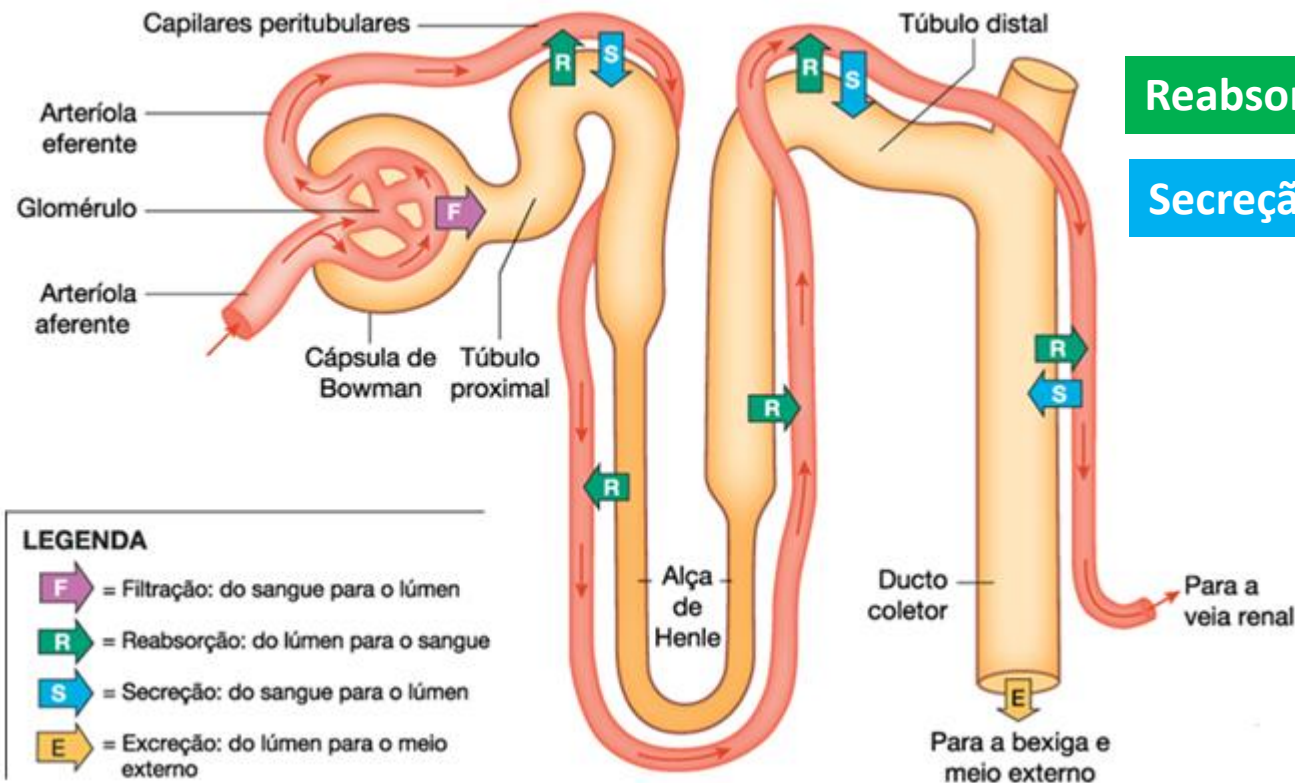


● **FIGURA 19-2** Filtração, reabsorção, secreção e excreção.

Fisiologia Renal

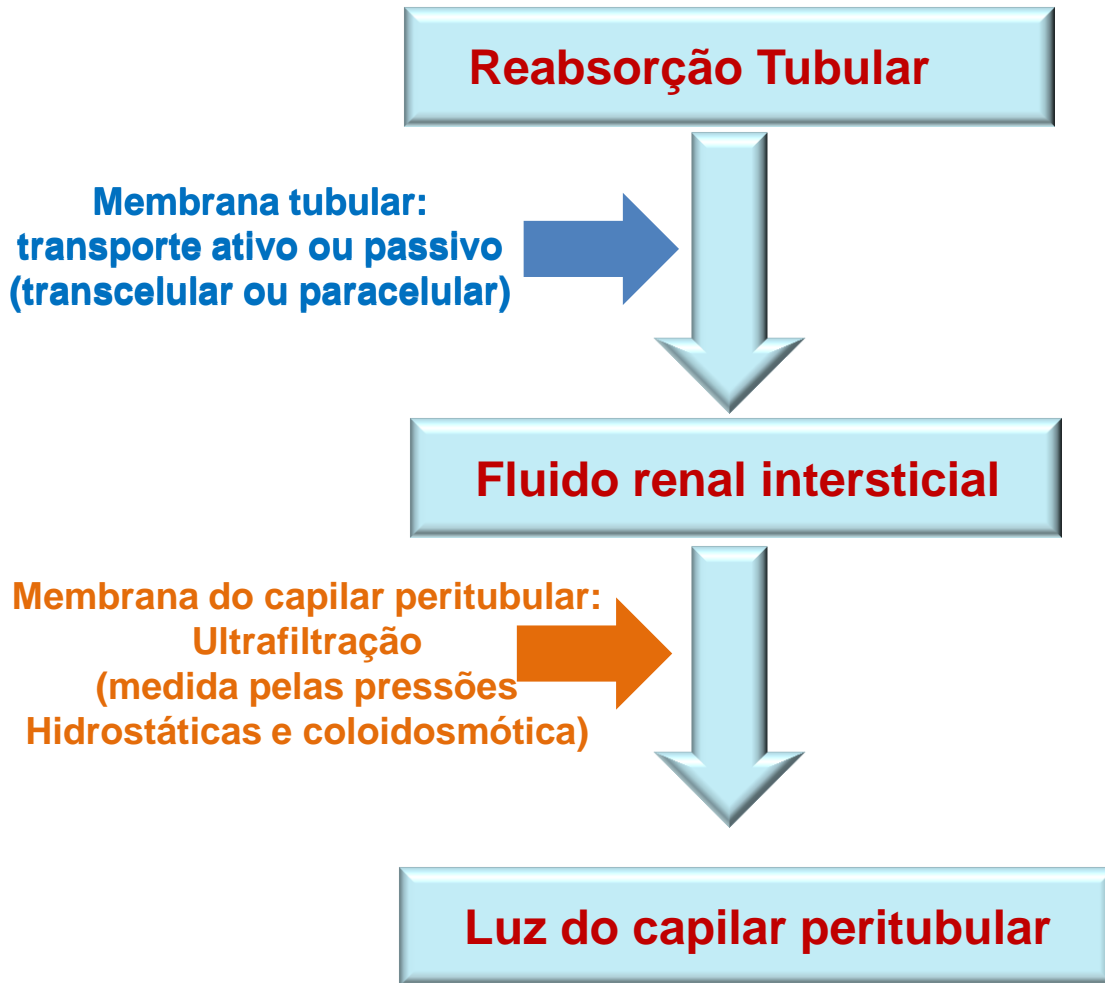
✓ Filtração, Secreção e Reabsorção Tubular

- ❖ Tanto a filtração glomerular quanto a reabsorção tubular ocorrem em muito maior escala do que a excreção da maioria das substâncias
- ❖ Reabsorção tubular é altamente seletiva.
- ❖ Como a filtração é pouco seletiva, a determinação do que será excretado é feita pela reabsorção tubular.



Fisiologia Renal

✓ Reabsorção Tubular



Nota: Proteínas pequenas e alguns hormônios peptídicos são reabsorvidos nos túbulos proximais por endocitose.

✓ **Água: : absorção passiva (osmose).** Característica da alça descendente de Henle de ser impermeável a solutos, mas ser permeável à água, contribui para que aconteça um gradiente de osmolaridade do córtex em direção à medula. Sai água no início, logo, há diluição na medula e, quanto mais profundo na medula, menos água sai do interstício, ficando, então, mais tonificado, com osmolaridade aumentada. No **segmento ascendente da alça de Henle**, nota-se que o processo é inverso: do ponto de vista celular, há **reabsorção ativa de íons**, mas é impermeável à água,

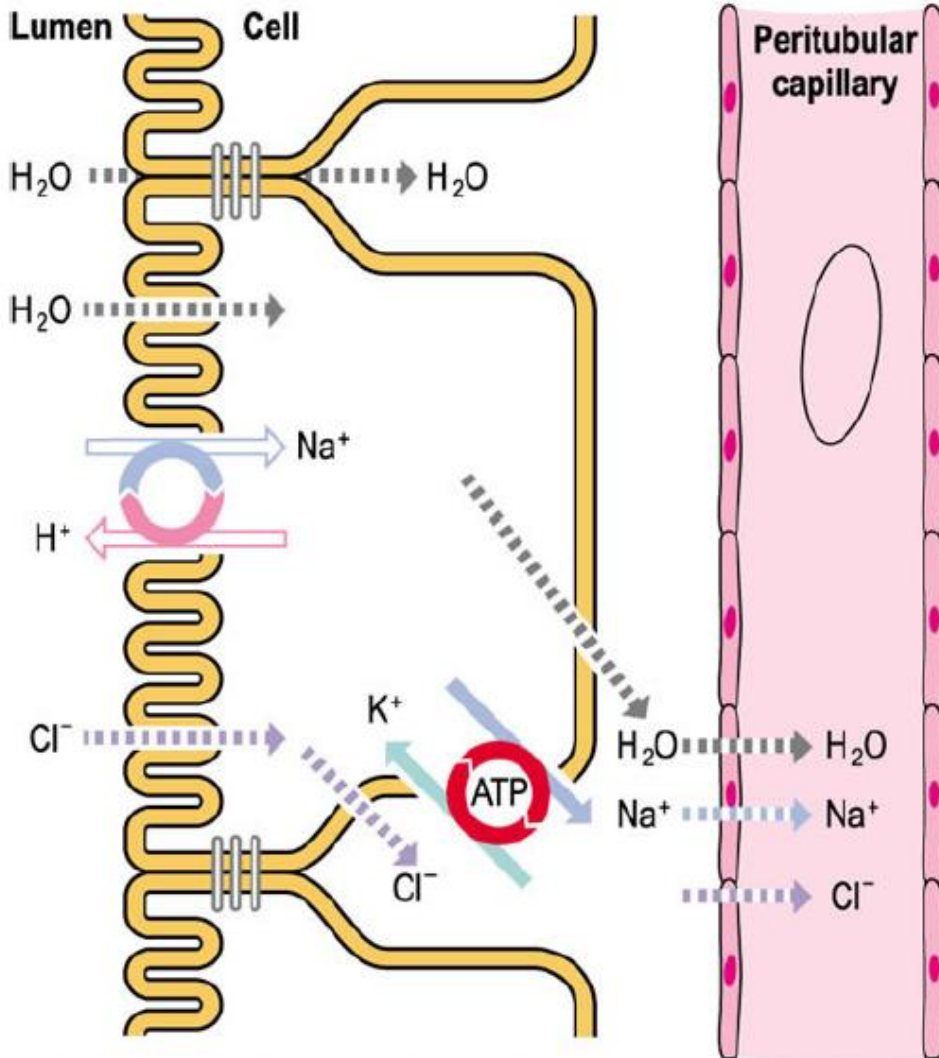
✓ **Transporte ativo primário vs secundário :**

– Primário: : ligação direta com fonte de energia (e.g. Na-K ATPase ATPase)

– Secundário : ligação indireta com fonte de energia. Difusão facilitada de substância gera energia que será utilizada para o transporte de outra substância (contra contra-gradiente). Exemplo: gradiente iônico de difusão facilitada de sódio permitindo a reabsorção tubular de Glicose.

Fisiologia Renal

✓ Reabsorção Tubular



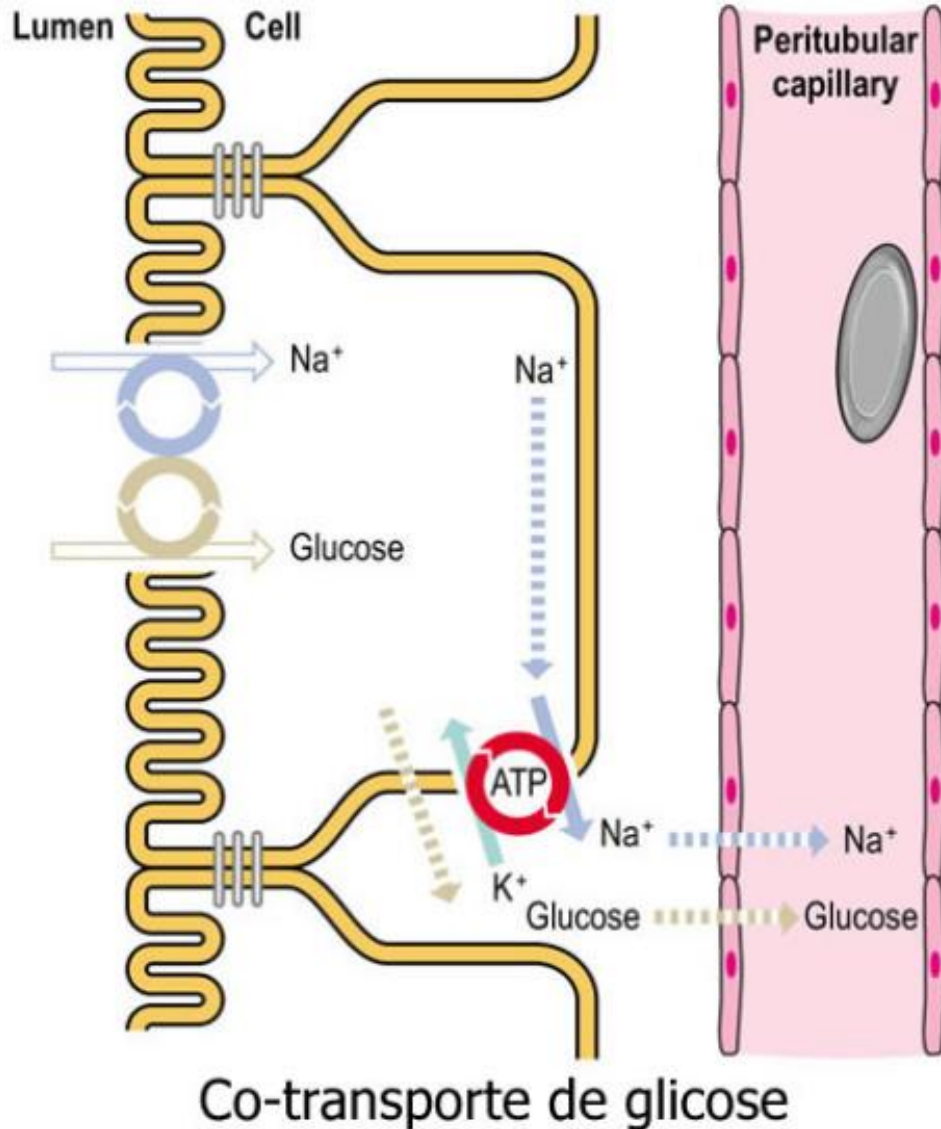
Reabsorção de Na⁺, Cl⁻ e H₂O no túbulo contornado proximal

A característica base do túbulo proximal é **reabsorção ativa de sódio**, com gasto energético, na membrana basolateral, onde fica apontado para o interstício, criando um gradiente elétrico com captação de cloreto e, então, o cloreto de sódio cria um gradiente osmótico grande, com passagem de água para o canalículo por entre as células, produzindo o efeito do **arraste**: esse movimento de água carreando potássio, cloro e sódio também.

Ca. 99% do sódio filtrado são reabsorvidos. A quantidade de Na⁺ excretada é ajustada para igualar a quantidade ingerida. Quando é alta, pode causar natriurese.

Fisiologia Renal

✓ Reabsorção Tubular



Glicose, os aminoácidos e vários outros compostos orgânicos são intensamente **co-transportados nos túbulos proximais**.

Na membrana luminal, há canais de sódio que permitem ao sódio passar para dentro da célula, e outros mecanismos de transporte acoplado de sódio e potássio.

Indivíduos que têm hiperglicemia podem apresentar glicosúria porque se ultrapassa a capacidade de transporte de glicose, e esta irá aparecer na urina.

Fisiologia Renal

✓ Regulação do volume do líquido extracelular (LEC)

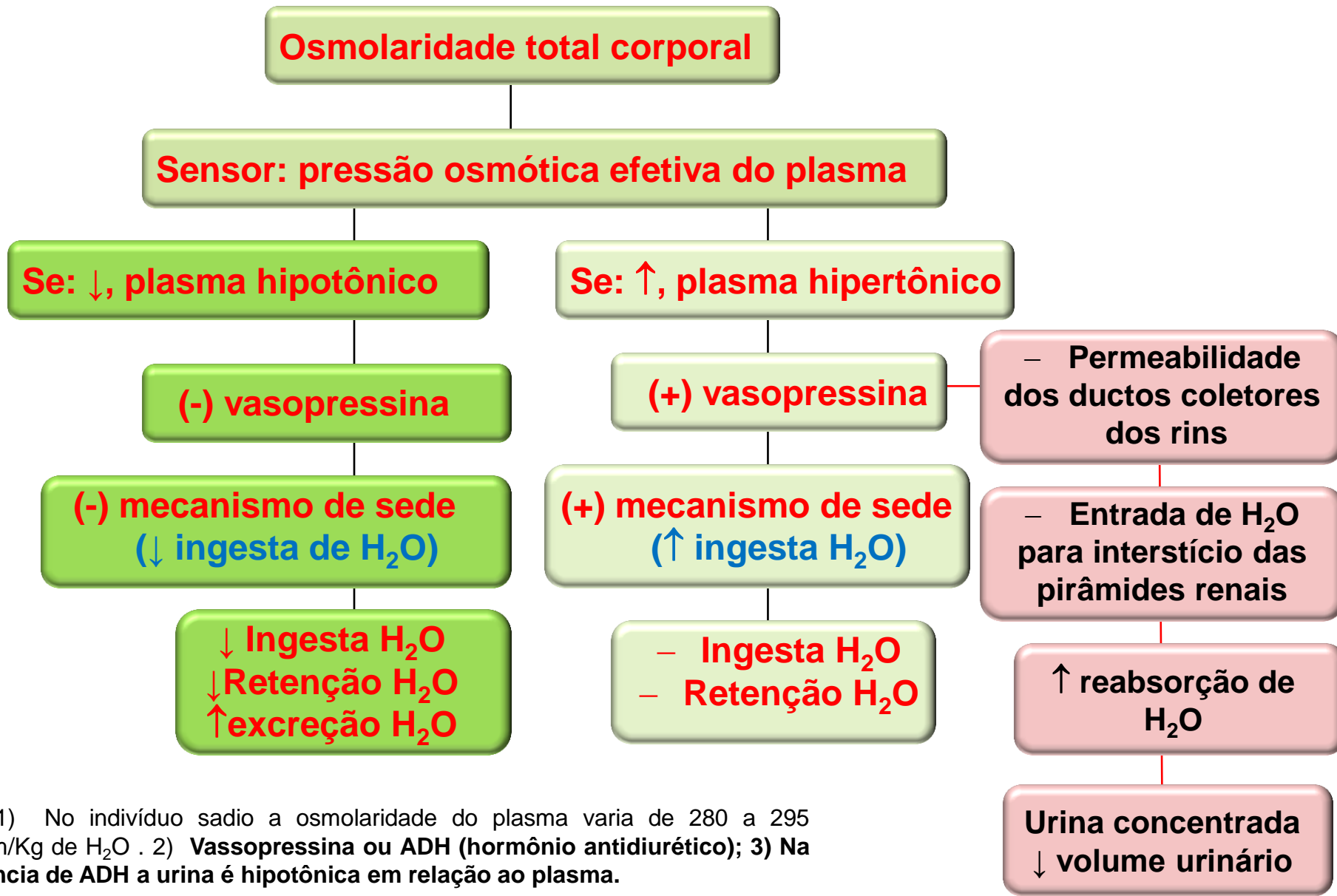
Assegurar a osmolaridade do plasma, controlando o equilíbrio entre a quantidade de eletrólitos (Na^+ e K^+) e a quantidade de água ingerida ou perdida pelo corpo



Nota: Osmolaridade total do corpo é diretamente proporcional ao sódio mais o potássio totais do corpo dividido pela água total do corpo

Fisiologia Renal

✓ Regulação da osmolaridade do líquido extracelular (LEC)



Nota:1) No indivíduo sadio a osmolaridade do plasma varia de 280 a 295 mOsm/Kg de H₂O . 2) **Vassopressina** ou **ADH** (hormônio antidiurético); 3) Na ausência de **ADH** a urina é hipotônica em relação ao plasma.

Fisiologia Renal

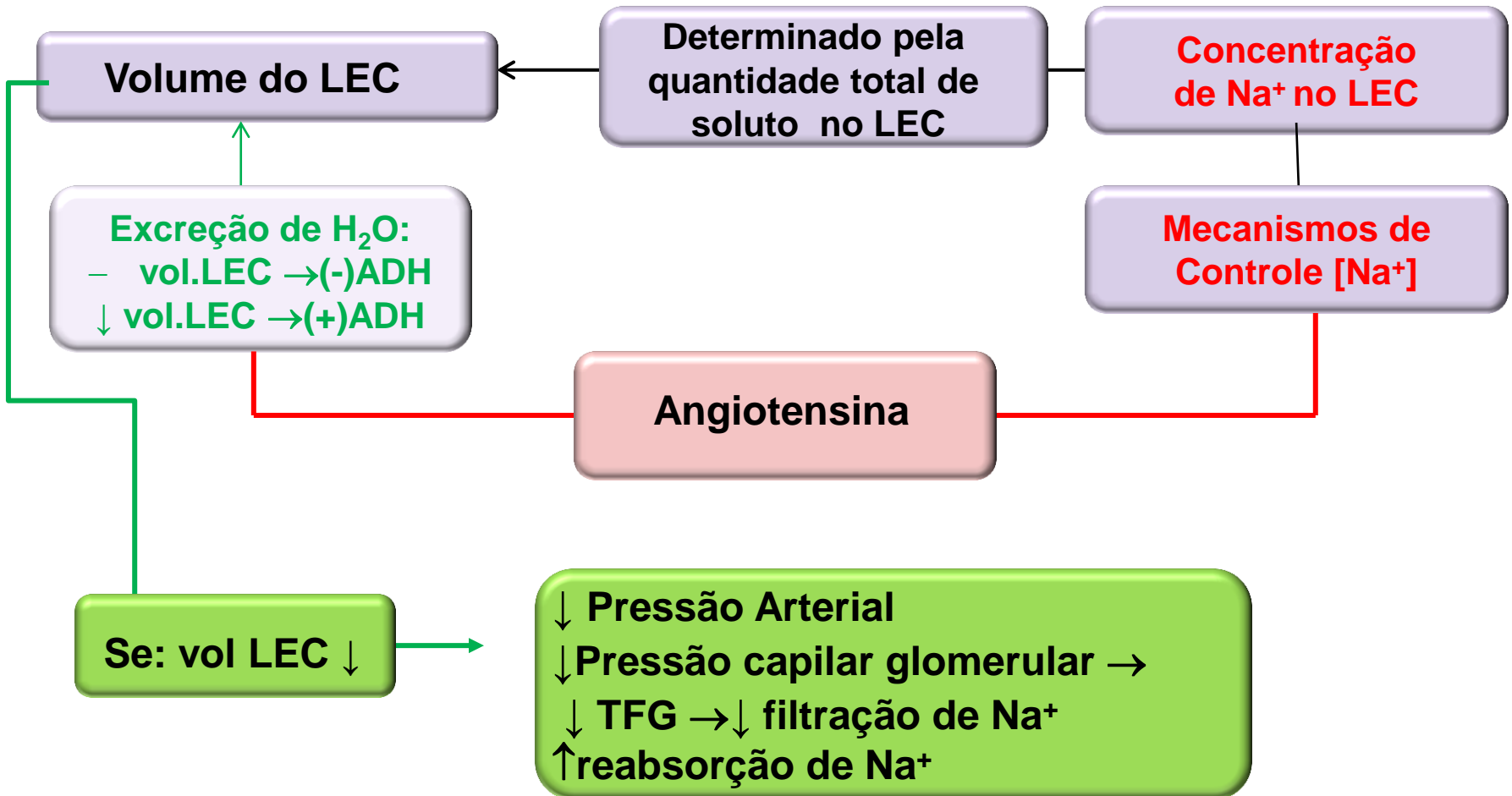
Tabela: Estímulos que afetam a secreção de vasopressina ou ADH (hormônio antidiurético)

Aumentam secreção de vasopressina	Diminuem a secreção de vasopressina
↑ da Pressão osmótica efetiva do plasma	↓ da Pressão osmótica efetiva do plasma
↓ do volume do LEC (hipovolemia, hemorragia, etc)	↑ Do volume do LEC
Náuseas e vômitos	Álcool
Exercício, dor, emoção, estresse	
ortostase	
Clofibrato, carbamazepina	
Angiotensina II	

A vasopressina é armazenada na neuro-hipófise e liberada na corrente sanguínea em resposta a impulsos nas fibras nervosas que contém o hormônio. Existem 3 tipos de receptores de vasopressina (V1A, V1B e V2), todos acoplados a proteína G. **A secreção de ADH é regulada por osmorreceptores localizados no hipotálamo anterior.** No diabetes insípido há deficiência de vasopressina (DI central) ou os rins deixam de responder a este hormônio (DI nefrogênico) → poliúria (↑qtidade de urina diluída) e polidipsia (↑ ingestão de líquidos).

Fisiologia Renal

✓ Manutenção do volume do líquido extracelular (LEC)



Fisiologia Renal

✓ **Manutenção do volume do líquido extracelular (LEC):**
Papel do Sistema Renina-Angiotensina

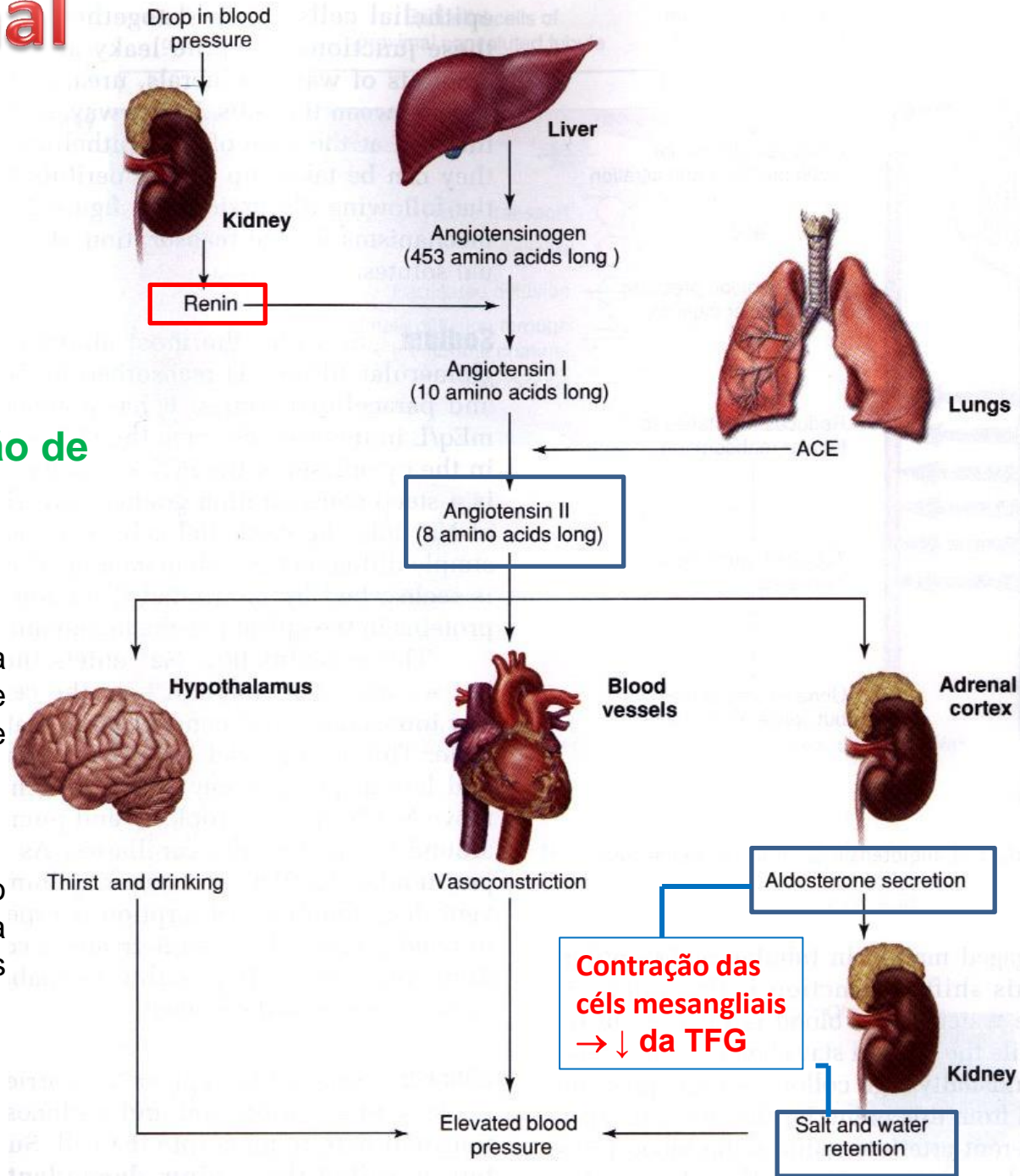
✓ **Papel dos Rins na Secreção de hormônios**

1,25-dihidoxicolecalciferol

(catalisada pela 1α -hidroxilase renal): Regula a expressão gênica de substâncias que estão envolvidas no transporte e reabsorção de Ca^{+2} .

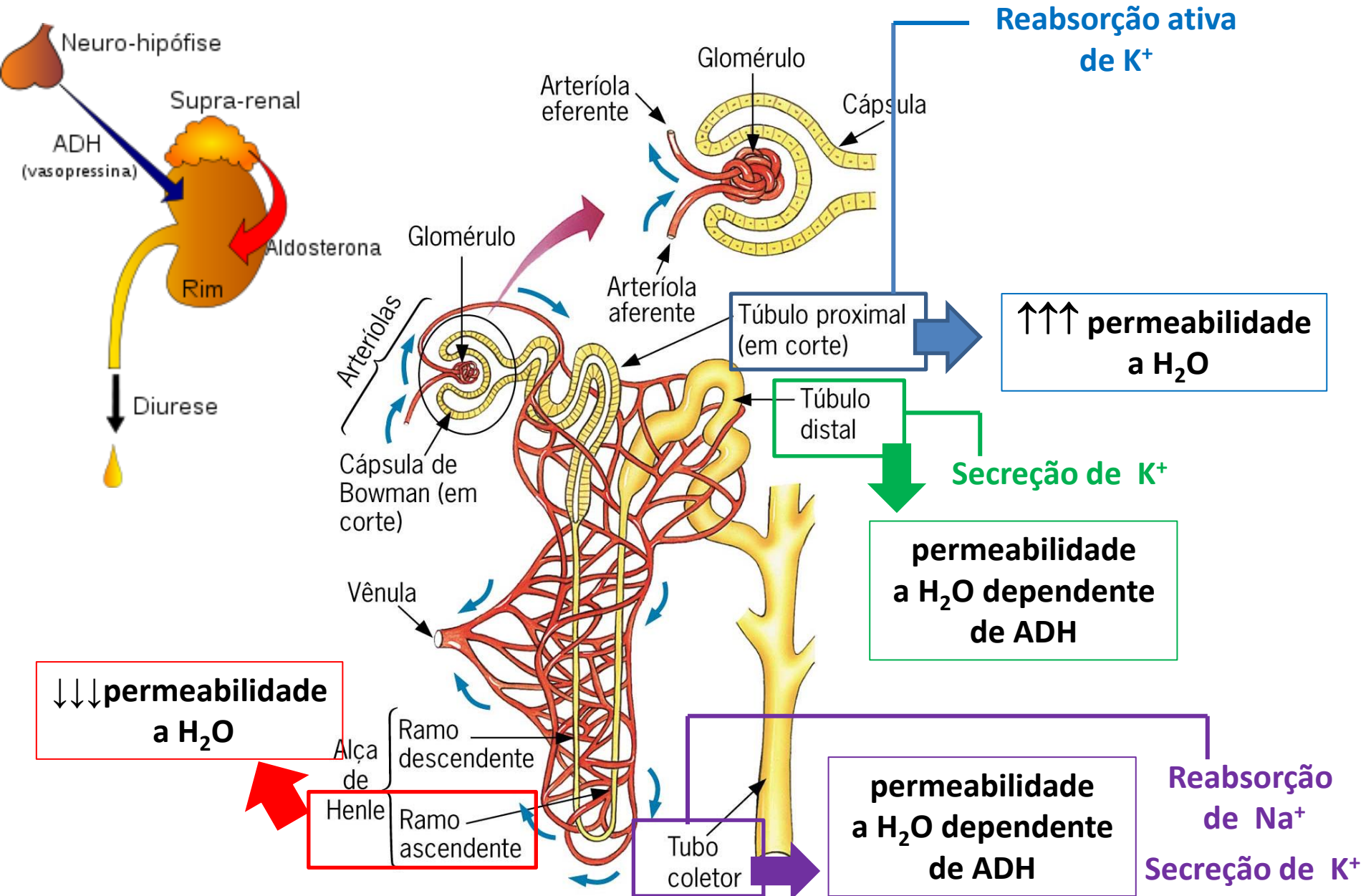
Renina

• **Eritropoietina:** hormônio secretado pelo rim que estimula a medula óssea a elevar a produção de células vermelhas do sangue



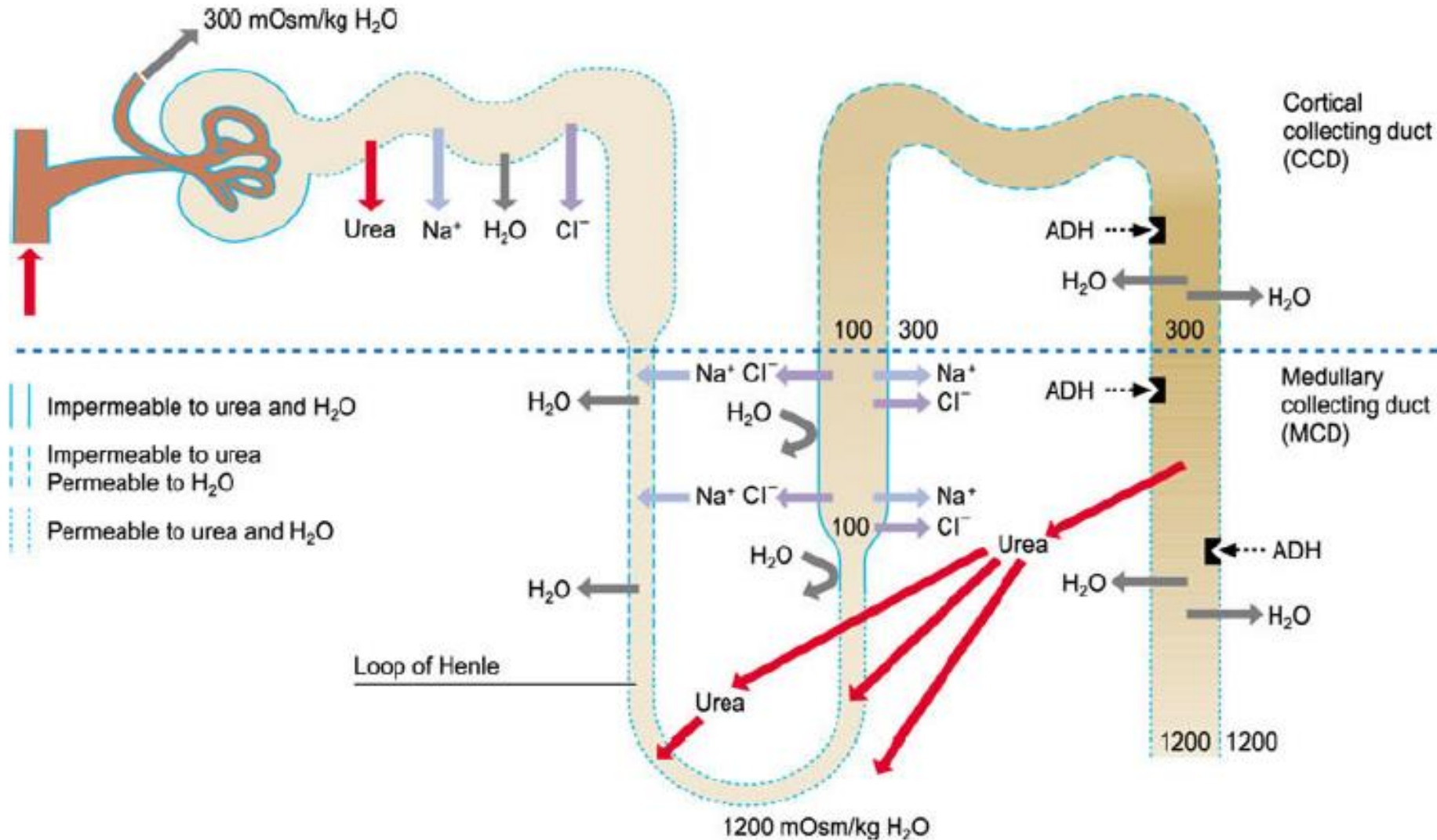
Fisiologia Renal

✓ Homeostasia da H₂O



Fisiologia Renal

✓ Homeostasia da H₂O

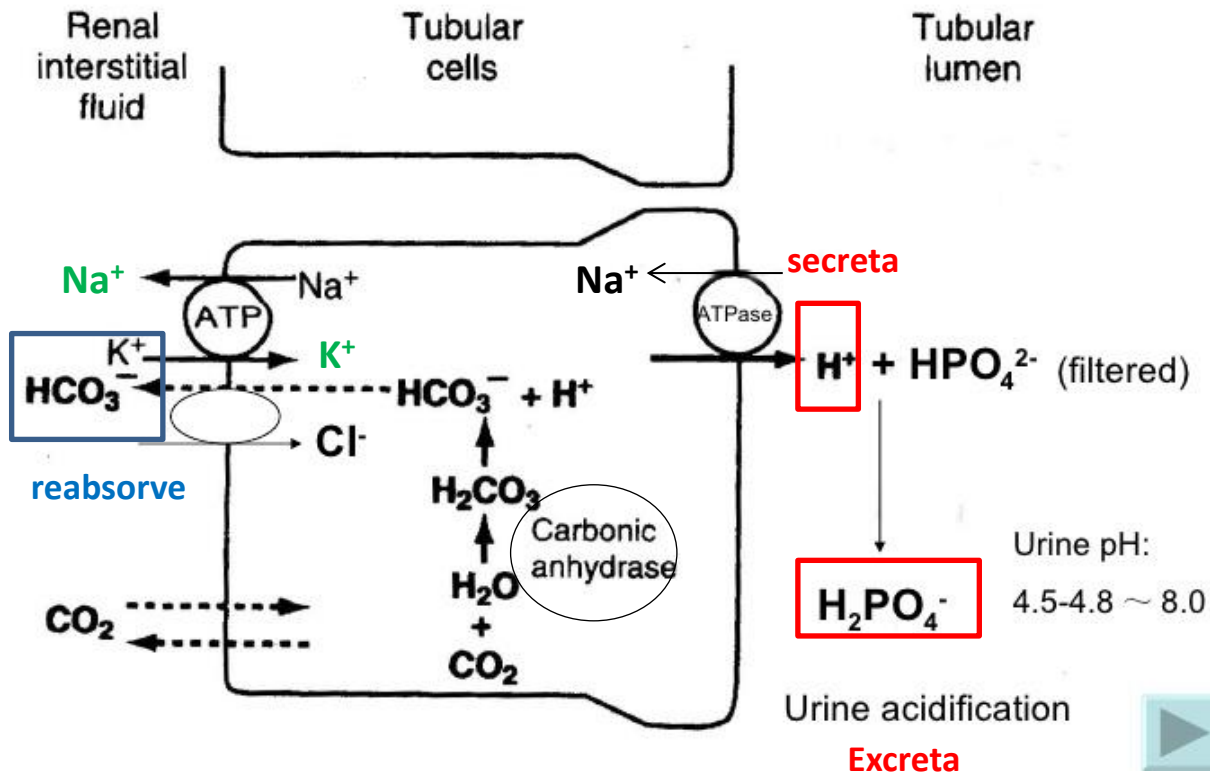


Fisiologia Renal

✓ Homeostasia ácido-base: Acidificação da urina e excreção de HCO_3^-

Existem 3 mecanismos fundamentais para homeostasia ácido-base: Por ordem de velocidade de ação: sistema tampão, sistema respiratório e **sistema renal (relacionado a capacidade de reabsorver íons bicarbonato e secretar H^+)**

Regeneration of HCO_3^- or secretion of H^+ in distal tubules and collecting duct



pH urinário limite = 4,5
(onde conc de H^+ é 1000 vezes maior que a do plasma) ducto coletor.

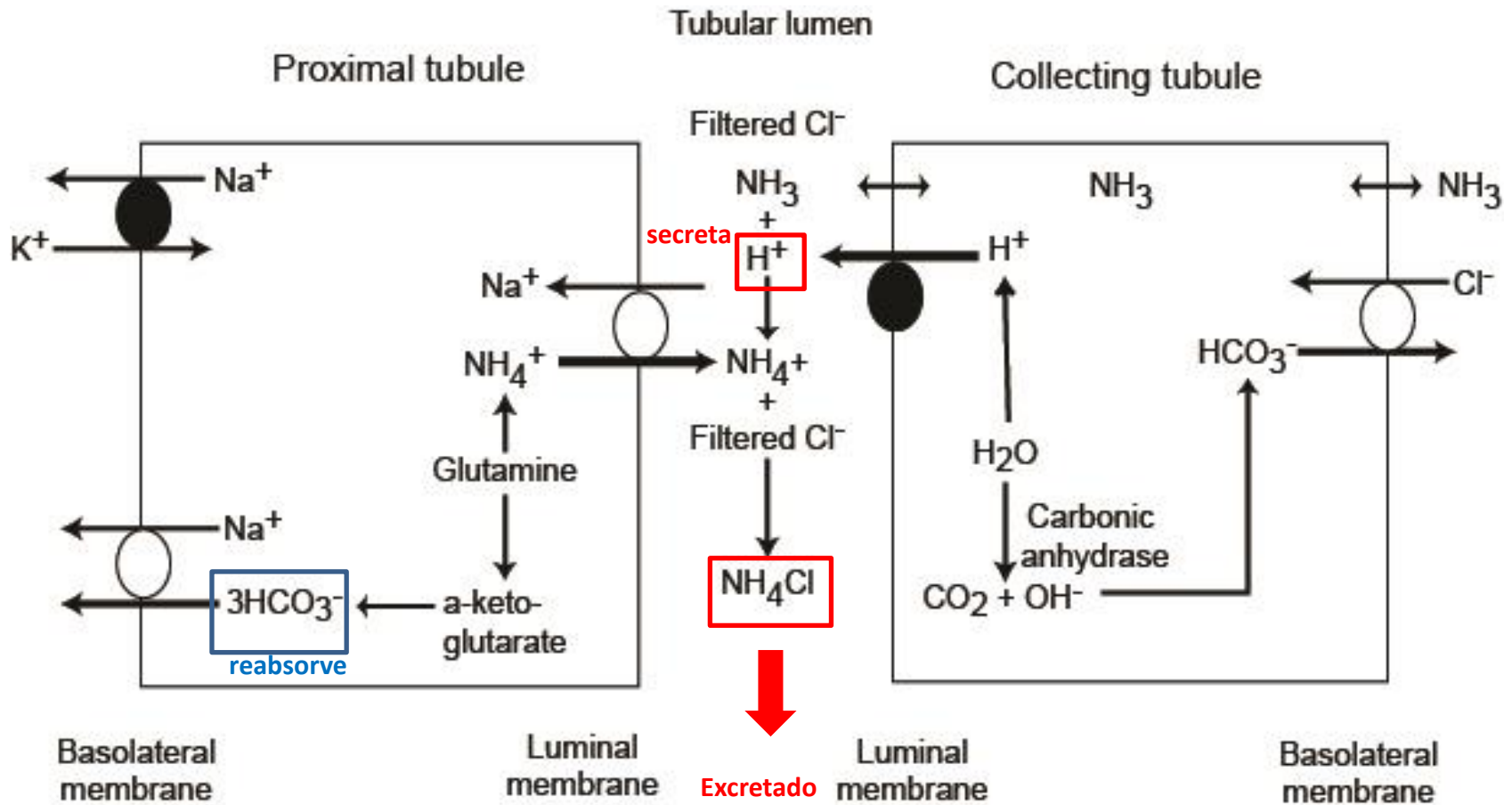


No líquido tubular, para que mais H^+ possa ser secretado, sem baixar ainda mais o pH, 3 mecanismos de tamponação operam: H_2CO_3 , $\text{H}_2\text{PO}_4\text{Na}$, NH_4Cl .

Fisiologia Renal

✓ Homeostasia ácido-base: Acidificação da urina e excreção de HCO_3^-

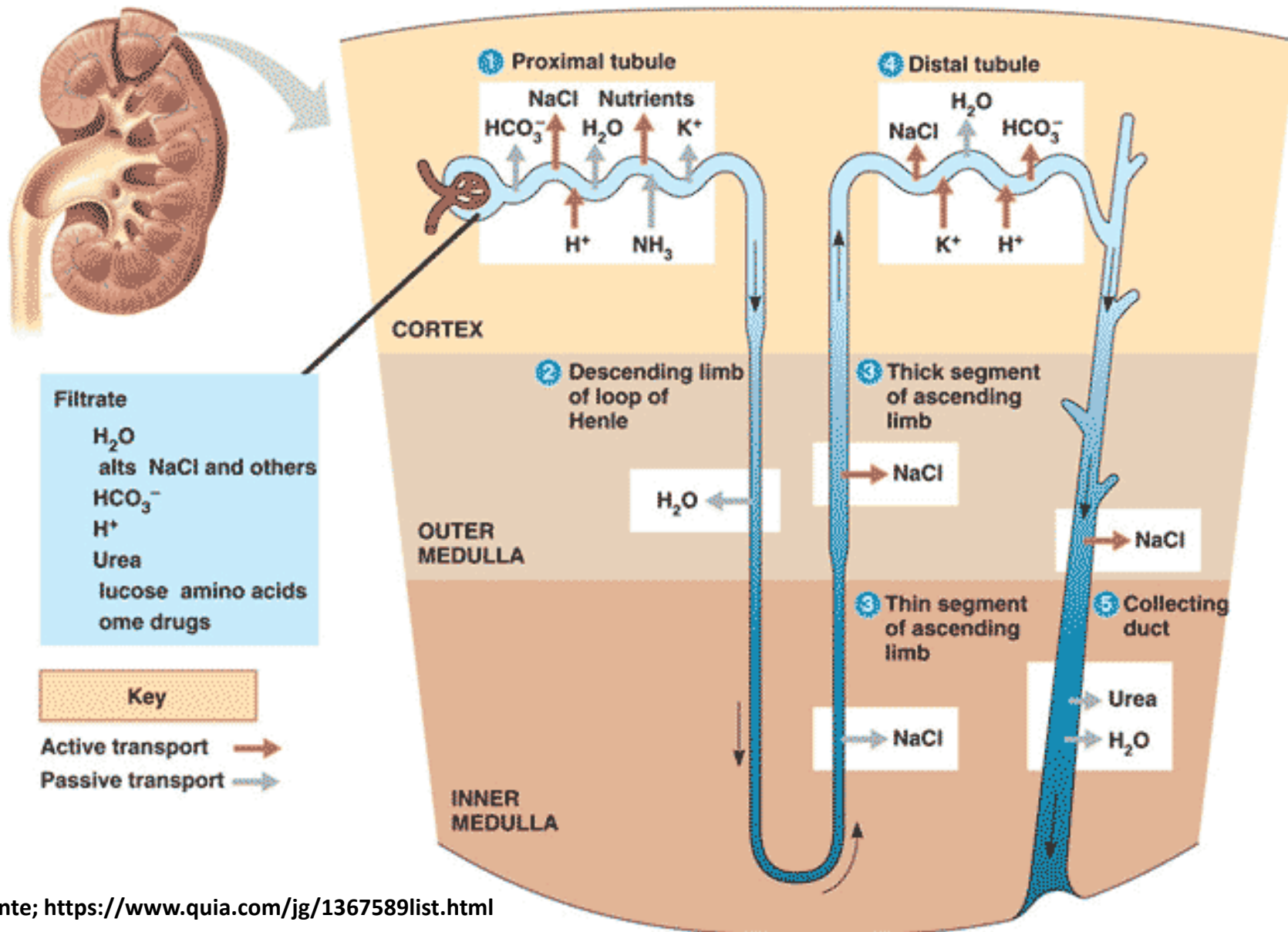
Existem 3 mecanismos fundamentais para homeostasia ácido-base: Por ordem de velocidade de ação: sistema tampão, sistema respiratório e **sistema renal (relacionado a capacidade de reabsorver íons bicarbonato e secretar H^+)**



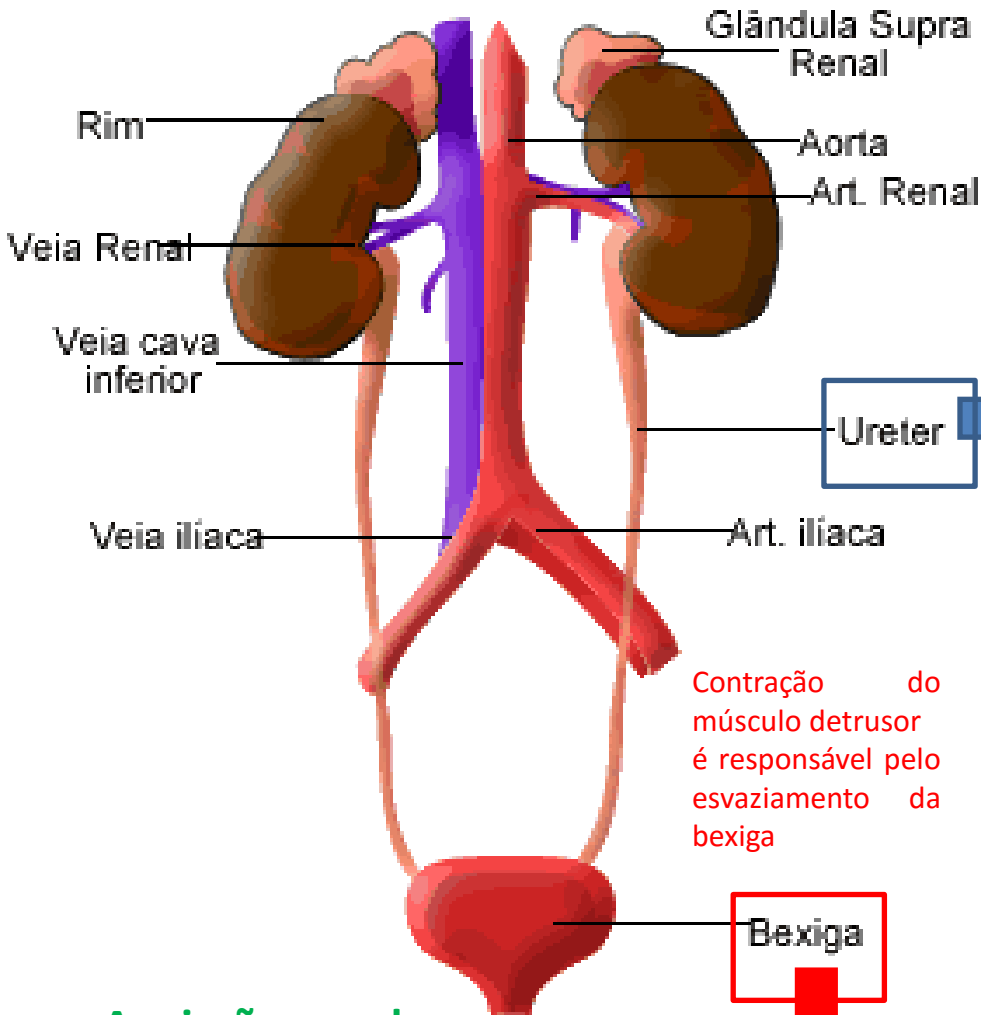
pH urine 4,5-4,8; 8.0

Fisiologia Renal

✓ Sumário: Reabsorção Tubular & Osmoregulação



Fisiologia Renal

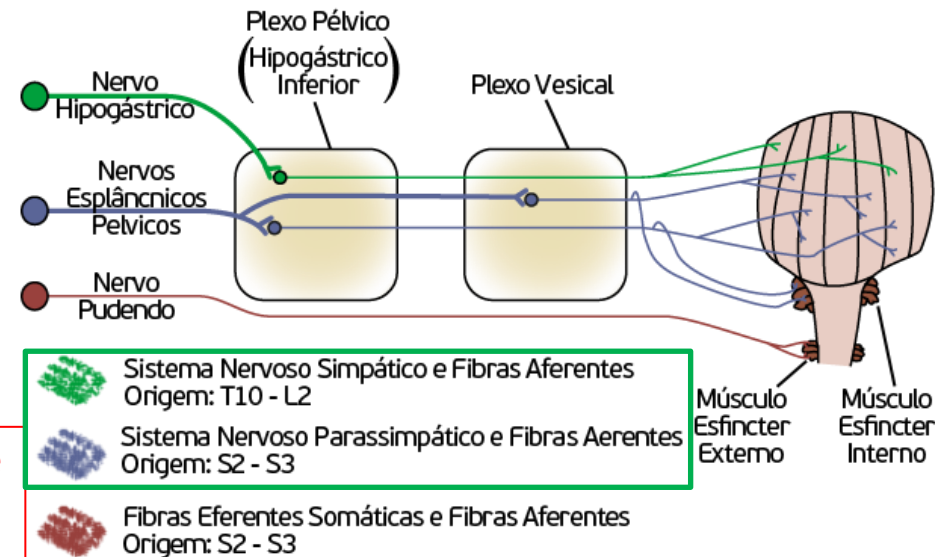


Contrações peristálticas (1 a 5 vezes/min) movem a urina da pelve renal para a bexiga

A micção envolve vias reflexas, mas está sob controle voluntário.

Receptores de distensão que iniciam contração reflexa (300-400 mL)

Inervação da Bexiga





Fonte: <https://youtu.be/JXbdkqYMU5k>

Autor: [Hélio Lima](#)