

MORFOLOGIA DO SISTEMA URINÁRIO DAS AVES E MECANISMO DE ELIMINAÇÃO DO SISTEMA PORTA RENAL - REVISÃO DE LITERATURA

Data de submissão: 05/08/2023

Data de aceite: 01/09/2023

Laura Ver Goltz

Departamento de Morfologia –
Universidade Federal do
Rio Grande do Sul
Porto Alegre - RS
<http://lattes.cnpq.br/363937838545865>

Camile Vitória Silva Barreto

Faculdade de Veterinária – Universidade
Federal do Rio Grande do Sul
Porto Alegre - RS
<http://lattes.cnpq.br/5146863829043025>

Lara Lanius

Faculdade de Veterinária – Universidade
Federal do Rio Grande do Sul
Porto Alegre – RS
<http://lattes.cnpq.br/2532931644043383>

Juliana Voll

Departamento de Morfologia –
Universidade Federal do
Rio Grande do Sul
Porto Alegre - RS
<http://lattes.cnpq.br/9805216216377960>

Werner Krebs

Departamento de Morfologia –
Universidade Federal do
Rio Grande do Sul.
Porto Alegre – RS

Bianca Martins Mastrantonio

Departamento de Morfologia –
Universidade Federal do Rio Grande
do Sul. Porto Alegre – RS
<http://lattes.cnpq.br/5055359115249510>

RESUMO: O sistema urinário é responsável pela filtração do sangue e excreção do subprodutos metabólicos do organismo e também participa do controle da pressão sanguínea, do equilíbrio hídrico, eletrolítico e da liberação de alguns hormônios. Esse sistema nas aves se assemelha ao dos mamíferos pelas maneiras de formação e de excreção da urina. Já as diferenças ocorrem pela ausência de bexiga urinária nas aves, pela presença de dois tipos de néfrons e de um sistema porta renal, além da formação de ácido úrico no lugar de uréia como produto final da excreção e da modificação pós-renal da urina, na uretra. O sistema porta renal das aves desempenha importante função devido ao maior aporte aos túbulos renais do que as arteríolas eferentes e também por transportar sangue aos túbulos contorcidos proximais. O presente trabalho traz uma revisão de literatura sobre o sistema urinário e o

mecanismo de excreção do sistema porta renal das aves, com ênfase na galinha doméstica (*Gallus gallus*).

PALAVRAS-CHAVE: Rins. Vascularização. Galinha. Anatomia.

BIRD URINARY SYSTEM MORPHOLOGY AND MECHANISM OF DISPOSAL OF THE RENAL PORTAL SYSTEM - LITERATURE REVIEW

ABSTRACT: The urinary system is responsible for the blood filtration and excretion of metabolical subproducts of the organism and also participates of the blood pressure, hydrican delectolytic balance and hormone secretion. This system, in birds, resembleson mamals by the ways of urine formation and excretion. The differences are make by the absence of urinary bladder in birds, by the presence of two types of nephrons and a renal portal system, in addition to the formation of uric acid rather than urea as the end product of excretion and from the postrenal modification of urine in the urethra. The renal portal system of birds plays an important role due to the greater supply to the renal tubules than the efferent arterioles and also for carrying blood to the proximal convoluted tubules. This work presents a literature review of the urinary system and the excretion mechanism of the renal portal system of birds, with an emphasis on the domestic chicken (*Gallus gallus*).

KEYWORDS: Kidneys. Vascularization. Chicken. Anatomy.

1 | INTRODUÇÃO

O sistema urinário das aves consiste em rins e ureteres e esses animais não possuem bexiga urinária (BENEZ, 2004). O rim das aves é responsável pela manutenção da homeostasia orgânica através da filtração do sangue a fim de excretar resíduos metabólicos e pela recuperação de substâncias filtradas necessárias ao organismo, inclusive proteínas de baixo peso molecular, água e eletrólitos. O rim ainda tem a função de identificar quando água e eletrólitos específicos estão em excesso e reabsorver ou secretar essas substâncias e também é responsável pela produção e liberação de hormônios, pelo controle da pressão sangüínea sistêmica e pela produção de hemáceas (BERCHIERI JR, *et al.*, 2009).

A formação e eliminação da urina das aves são semelhantes com as dos mamíferos. Eles são semelhantes na filtração glomerular, seguida da reabsorção e secreção tubular, na qual o filtrado é modificado e a osmolaridade da urina uretral, que está acima ou abaixo da plasmática. As diferenças incluem a presença, nas aves, de dois tipos principais de néfrons, que são as unidades funcionais dos rins, de um sistema porta renal, da formação de ácido úrico no lugar de de uréia como principal produto final do catabolismo de nitrogênio e da modificação pós-renal da urina uretral (SWENSON; REECE, 1996; REECE, 2008; BERCHIERI JR, *et al.*, 2009).

As aves não possuem bexiga, então não produzem uma urina aquosa como os mamíferos, e sim produzem uratos que são adicionados às fezes como uma mancha branca. Assim, os ureteres transportam a urina dos rins direto para a cloaca, no uroceu (BERCHIERI JR, *et al.*, 2009).

O rim das aves são caracterizados por possuir dois tipos principais de néfrons, o néfron cortical e o néfron medular. O néfron cortical está localizado no córtex renal e não possui alça de Henle, assim ele não é capaz de concentrar urina. O néfron medular está agrupado no cone medular do rim e possui alça de Henle bem definida (GETTY, 1986; SWENSON; REECE, 1996; BENEZ, 2004; REECE, 2008; BERCHIERI JR, *et al.*, 2009). Os glomérulos são responsáveis pela filtração de urina, que é transportada através do néfron até os ductos coletores e o ureter. Os néfrons são responsáveis pela absorção de algumas substâncias essenciais para o organismo da ave, concentrando a urina para ser eliminada sem muito consumo de água (BENEZ, 2004).

As aves, os répteis, os anfíbios e os peixes possuem o sistema porta renal, o qual fornece parte do suprimento sanguíneo que perfunde os túbulos renais. A veia porta renal conduz o sangue para os rins e constitui o sistema porta renal. O sangue venoso vem dos membros posteriores pelas veias femoral e ilíaca externa e chega no sistema porta renal e vai até os capilares peritubulares, onde ele é misturado ao sangue arteriolar eferente vindo do glomérulo. A mistura venosa perfunde os túbulos e segue para a veia central do lóbulo. Na junção da veia renal com a veia ilíaca existe a valva portal renal, que influencia a pressão e o fluxo sanguíneo para as veias renais e o controle da concentração sanguínea de uratos. Estima-se que o sistema porta renal fornece de $\frac{1}{2}$ a $\frac{2}{3}$ do sangue para o rim (SWENSON; REECE, 1996; BENEZ, 2004; REECE, 2008; BERCHIERI JR, *et al.*, 2009).

Os ureteres são dois órgãos tubulares que transportam a urina dos rins para a cloaca, cloaca, que é o local comum de depósito dos órgãos digestivos, reprodutivos e urinários (SWENSON; REECE, 1996; BENEZ, 2004; REECE, 2008).

Este trabalho tem o objetivo de fazer uma revisão de literatura da descrição do sistema urinário das aves, principalmente da galinha doméstica, ao fazer uma correlação com mecanismo de eliminação pelo sistema porta-renal, sendo possível observar a importância do sistema porta renal hepático.

2 | REVISÃO DE LITERATURA

2.1 Anatomia do sistema urinário

As aves possuem dois rins, direito e esquerdo, retroperitoneais, simetricamente dispostos nos lados da coluna vertebral em contato com a pelve e o sinsacro, dorsalmente (JUÁREZ, 1965; GETTY, 1986; SWENSON; REECE, 1996; BENEZ, 2004; DYCE, 2004; REECE, 2008; BERCHIERI JR, *et al.*, 2009). A extremidade cranial do rim se estende da extremidade do sinsacro até o pulmão e a extremidade caudal quase atinge a extremidade caudal do sinsacro (JUÁREZ, 1965; GETTY, 1986; BENEZ, 2004; DYCE, 2004) (Figura 1). Os rins são de coloração marrom, possuem formato de um retângulo alongado e medem aproximadamente sete centímetros de comprimento e a maior largura transversalmente é

de cerca de dois centímetros (GETTY, 1986).

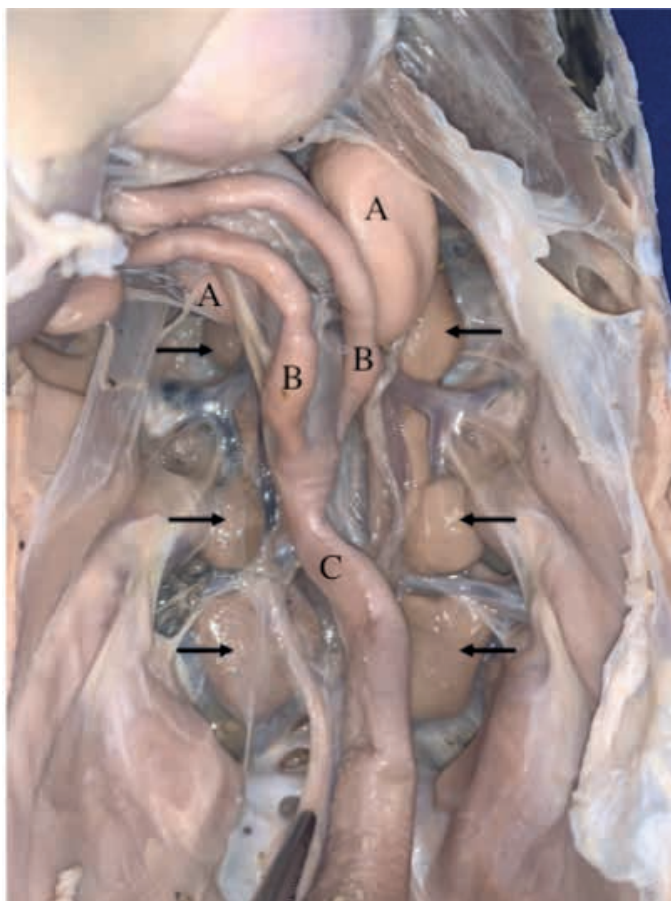


Figura 1 – Vista ventral dos rins (seta) da galinha, em posição retroperitoneal, dispostos simetricamente nos lados da coluna vertebral, e em contato com os testículos (A), cecos (B) e reto (C).

Fonte: Os Autores (2023)

Cada rim está dividido em três porções de comprimentos aproximadamente iguais, a divisão cranial, média e caudal (JUÁREZ, 1965; GETTY, 1986; SWENSON; REECE, 1996; BENEZ, 2004; DYCE, 2004; REECE, 2008; BERCHIERI JR, *et al.*, 2009), sendo a divisão cranial arredondada, a divisão média delgada e a divisão caudal expandida e com formato irregular. O limite entre as divisões cranial e média é o sulco na superfície dorsal ocupado pela artéria íliaca externa e o limite entre as divisões média e caudal é o sulco na superfície ventral com a artéria isquiática, ramos da aorta abdominal (GETTY, 1986; DYCE, 2004; CARVALHO, 2007)(Figura 2). Além desses dois sulcos, há outros na superfície ventral formados pelas veias íliaca externa e renal caudal, pelos dois terços craniais da veia porta renal caudal e pelo ureter (GETTY, 1986).

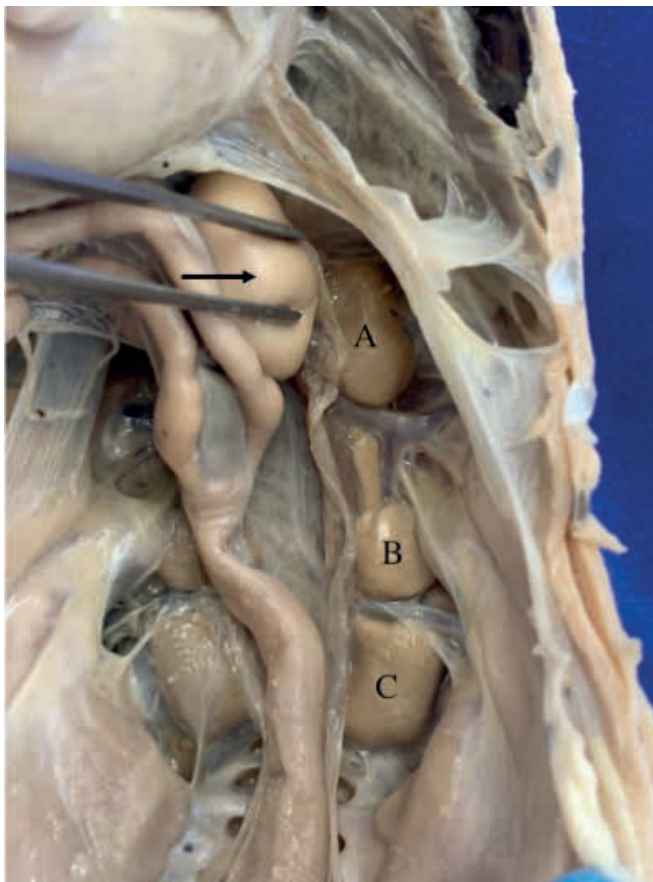


Figura 02 – Vista ventral do rim esquerdo do galo adulto. É possível observar as divisões cranial (A), média (B) e caudal (C) do rim, além das artérias que fazem o limite dessas divisões.

Fonte: Os Autores (2023). Na imagem também é visualizado a pinça deslocando o rim esquerdo (seta).

A superfície renal também está coberta de projeções arredondadas com cerca de um a dois milímetros de diâmetro e correspondem aos lóbulos renais que atingem a superfície. A periferia de cada um desses lóbulos está circundada por pequenos ramos terminais das veias porta renais. Através do rim passam diversos nervos espinhais e o nervo isquiático (GETTY, 1986).

A estrutura renal vai ser dividida em lóbulo e lobos, córtex e medula do lóbulo e néfron (GETTY, 1986). O lóbulo é a área de tecido que está entre os ramos terminais das veias porta renais. Histologicamente é uma área com formato de pêra, circundada e drenada por túbulos coletores que estão ao redor do lóbulo (GETTY, 1986; BENEZ, 2004). Swenson e Reece (1996) e Reece (2008) consideram que o lóbulo tem forma de cogumelo, cujo córtex corresponderia à cabeça do cogumelo e a medula corresponderia ao tronco. Muitos lóbulos estão abaixo da superfície renal e alguns estão salientes na superfície como

pequenas projeções arredondadas e com veias aferentes, os ramos das veias portas, em suas bordas (GETTY, 1986). Cada lóbulo do rim da ave consiste de córtex e medula (BENEZ, 2004; BERCHIERI JR, *et al.*, 2009).

Cada lóbulo é composto de néfrons e das redes vasculares responsáveis pela extração de urina a partir do sangue (DYCE, 2004). Os ramos das veias portas são vasos interlobulares, pois estão na periferia dos lóbulos, assim como os túbulos coletores também são considerados interlobulares. As veias eferentes e as artérias estão situadas no centro de cada lóbulo e são, portanto, veias e artérias intralobulares (GETTY, 1986).

Na superfície profunda de cada lóbulo, os túbulos coletores convergem e se reúnem para formar um feixe cônico de tubos circundados por uma cápsula de tecido conjuntivo. O feixe cônico de tubos coletores e as alças de Henle dos tipos medulares de néfron formam a região medular do lóbulo. A porção larga do lóbulo é a região cortical do lóbulo e nela contém néfrons corticais e medulares, exceto pelas alças de Henle dos néfrons medulares (GETTY, 1986).

Cada lobo é formado por lóbulos (SWENSON; REECE, 1996; REECE, 2008). O lobo do rim das aves não é bem definido como o dos mamíferos. Na superfície profunda, grupos de lóbulos convergem em conjunto, ou seja, o feixe cônico de túbulos coletores, no ápice de um lóbulo, converge para feixes cônicos de lóbulos adjacentes formando um tufo de túbulos coletores com formato de cone. Esse tufo é o lobo renal, ele possui aspectos semelhantes à pirâmide medular dos mamíferos e ele drena para o interior de um ramo secundário do ureter. O lobo com seus lóbulos podem ser relacionados ao lobo renal dos mamíferos ou rênulo (GETTY, 1986).

O córtex renal é formado pelas regiões corticais ou largas dos lóbulos e composto pelos tipos corticais e medulares de néfron, exceto pelas alças de Henle dos néfrons medulares. A medula do rim é formada pelas regiões medulares ou hastes dos lóbulos, sendo composta pelas alças de Henle dos néfrons medulares, pelos feixes cônicos dos túbulos coletores que estão reunidos no interior dos tufos cônicos piramidais do ureter (GETTY, 1986) e pelos ductos e vasos retos (SWENSON; REECE, 1996; REECE, 2008).

Em muitas aves os feixes cônicos de túbulos coletores, as alças de Henle e a reunião de feixes cônicos que formam um tufo que conduz até o ureter estão envolvidos por uma bainha de tecido conjuntivo (GETTY, 1986).

O córtex e a medula do rim das aves não formam estratos contínuos externo e interno como nos rins de muitos mamíferos, como do cão, do gato e do ovino, pois nas aves os lobos e lóbulos estão em diferentes profundidades no rim, sendo assim a lobação do rim das aves se assemelha ao dos cetáceos, no qual os lobos estão situados em várias profundidades abaixo da superfície. A diferença entre o rim das aves e dos cetáceos é que os lobos adjacentes do rim dos cetáceos estão frouxamente reunidos por tecido conjuntivo e não estão fundidos, enquanto que nas aves os lobos adjacentes estão inteiramente fundidos formando uma massa contínua de rim, principalmente nas regiões corticais

(GETTY, 1986).

O néfron é a unidade funcional do rim e ele é composto pelo glomérulo, onde o sangue é filtrado, pelo túbulo contorcido proximal, túbulo contorcido distal e alça de Henle, onde as substâncias filtradas são reabsorvidas e os componentes plasmáticos são secretados na urina (BENEZ, 2004; BERCHIERI JR, *et al.*, 2009). No rim das aves existem dois tipos principais de néfrons, os néfrons do tipo cortical e os néfrons do tipo medular (GETTY, 1986; SWENSON; REECE, 1996; BENEZ, 2004; REECE, 2008; BERCHIERI JR, *et al.*, 2009). Os néfrons do tipo cortical são morfológicamente semelhantes aos néfrons dos répteis e não são capazes de concentrar urina e os néfrons do tipo medular são semelhantes aos néfrons dos mamíferos, sendo que existem também tipos intermediários de néfrons, que conectam os túbulos proximal e distal. A mácula densa e o aparelho justaglomerular também estão presentes nas aves (GETTY, 1986; SWENSON; REECE, 1996; BENEZ, 2004; REECE, 2008).

Os néfrons do tipo cortical ocorrem em maior quantidade, não possuem alça de Henle e estão presentes em todas as regiões do córtex, exceto próximo da medula. Os néfrons do tipo medular estão em menor quantidade, possuem alça de Henle e estão limitados às regiões do córtex mais próximas da medula (GETTY, 1986; SWENSON; REECE, 1996; BENEZ, 2004; REECE, 2008).

O corpúsculo renal da galinha sempre está presente no início do néfrons e fica situado no meio da distância entre as veias intralobulares e as interlobulares. Existem aproximadamente 420000 corpúsculos renais em cada rim (GETTY, 1986).

O túbulo contorcido proximal forma várias convoluções, principalmente em três segmentos, dando ao túbulo o formato de uma letra “N”. O segmento intermediário é bastante curto e contorcido e possui um diâmetro de 30 micrometros (GETTY, 1986). O túbulo contorcido distal tem convoluções compactas próximo da veia intralobular central e seu diâmetro é de aproximadamente 40 micrometros. Existe um curto túbulo conector, com diâmetro semelhante, que conduz até um maior túbulo coletor (GETTY, 1986).

Os néfrons do tipo cortical medem aproximadamente seis a oito milímetros de comprimento. O corpúsculo renal é esférico e possui cerca de 65 micrometros de diâmetro. O corpúsculo renal está unido ao túbulo contorcido proximal por um curto colo e este possui aproximadamente a metade do comprimento total do néfron e um diâmetro de cerca de 63 micrometros. Os néfrons do tipo medular medem cerca de 15 milímetros de comprimento e o seu corpúsculo renal mede 100 micrometros de diâmetro. O túbulo contorcido proximal é igual ao néfron cortical (GETTY, 1986).

O segmento intermediário possui 18 micrometros de diâmetro, forma uma alça de Henle com três a quatro milímetros de comprimento e mergulha na medula. A alça de Henle é semelhante à alça curta dos néfrons dos mamíferos, pois o calibre aumenta antes da dobra. Nas aves canoras as alças de Henle passam numa posição interlobular, sendo que o segmento delgado tem início ao descer no interior do anel de túbulos coletores, ele passa através do anel e continua a descer fora do anel, após isso se converte num segmento

espesso e continua por curta distância fora do anel, depois se dobra na alça e termina ascendendo perifericamente ao anel (GETTY, 1986).

O túbulo contorcido distal forma algumas espirais compactas próximo da veia central e se une ao túbulo coletor da mesma forma que ocorre nos néfrons do tipo cortical (GETTY, 1986).

Os ureteres são pares e estão simetricamente dispostos em cada lado do abdome. Cada ureter pode ser dividido numa parte renal, que passa ao longo do rim, e uma parte pélvica, que corre do rim até a cloaca. A bexiga está ausente (GETTY, 1986; DYCE, 2004) (Figura 3). Segundo Juárez (1965), o ureter é um tubo estreito que inicia na porção cranial dos rins, entre a divisão cranial e média, ele se continua por uma porção interna entre a divisão média e caudal e termina bilateralmente na parede dorsal da cloaca.

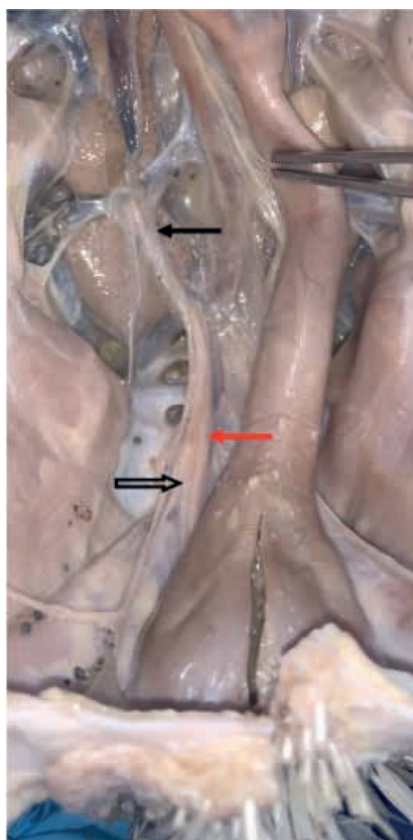


Figura 3 – Ureter de um galo. Observa-se na imagem a porção renal (seta preta), que inicia entre as divisões cranial e média e passa ao longo do rim, e a porção pélvica (seta vermelha), que vai do rim até a cloaca. Percebe-se, também, nesta imagem a ausência de bexiga urinária e a presença do canal deferente (seta vazada).

Fonte: Os Autores (2023).

A porção cranial da parte renal está situada profundamente na divisão cranial, mais próxima da superfície medioventral do rim (GETTY, 1986; DYCE, 2004). Durante o percurso,

a parte renal do ureter ocupa um sulco na superfície ventral do rim (GETTY, 1986).

A parte renal do ureter é um tubo que recebe uma série de tributários simples de tamanho e números variados. Os ramos primários resultam da confluência de vários ramos secundários, que recebem, cada um, urina de pequenos grupos de lóbulos renais. Geralmente são cerca de 17 tributários ou ramos primários do ureter, que são de comprimento variável. Os seus ramos vão variando de tamanho até chegar a grandes túbulos coletores. As extremidades periféricas dos ramos secundários conduzem a compactos feixes cônicos de túbulos coletores. Um feixe cônico de túbulos coletores são como as pirâmides do lobo renal dos mamíferos. A maioria desses feixes pode ser visível a olho nu. Em geral, aproximadamente cinco ou seis feixes, e possivelmente cinco ou seis lobos, convergem para um ramo primário do ureter (GETTY, 1986; DYCE, 2004). Há ausência de pelve renal (DYCE, 2004).

Como as aves não possuem bexiga urinária (Figura 3), elas não produzem uma urina aquosa como os mamíferos, e sim produzem uratos que são adicionados às fezes como uma mancha branca (BERCHIERI JR, *et al.*, 2009). Assim, a parte pélvica do ureter vai da extremidade caudal do rim e se abre no interior da região dorsal do urodeo, dorsalmente ao óstio genital (GETTY, 1986; BERCHIERI JR, *et al.*, 2009). O seu comprimento é de cinco centímetros e o diâmetro é de dois milímetros, aproximadamente. A parte pélvica está fixa ao ducto genital do macho ou ao ducto genital esquerdo da fêmea por uma prega de peritônio (GETTY, 1986).

Função do ureter é transportar a urina dos rins para a cloaca (Figura 4), que é o local comum de depósito dos órgãos digestivos, reprodutivos e urinários (SWENSON; REECE, 1996; REECE, 2008)

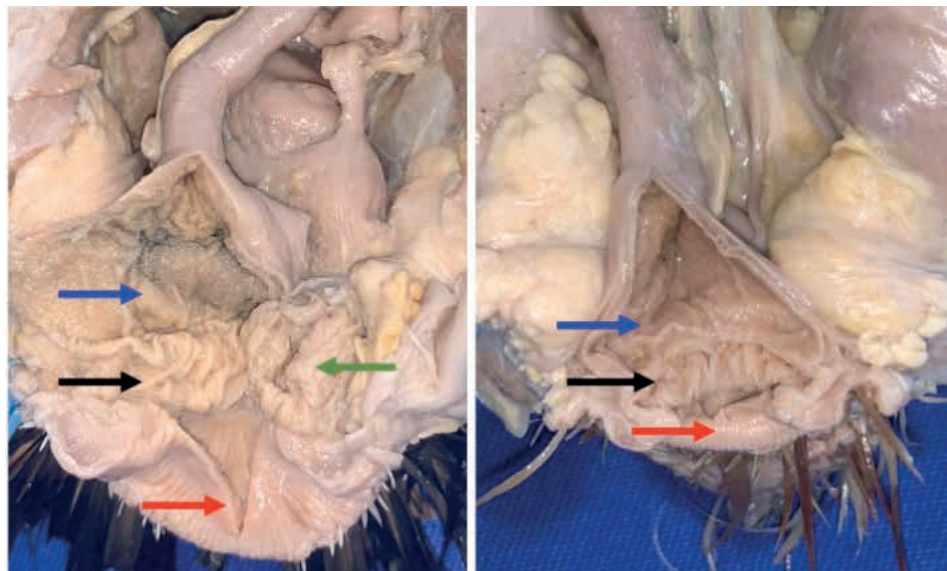


Figura 4 – Desenho esquemático da cloaca da galinha (A) e do galo (B).

Fonte: Os Autores (2023). As setas azuis indicam o coproceu. As setas pretas o uroceu, onde desemboca o orifício uretral e o oviduto na fêmea (seta verde) e a chegada dos canais deferentes no macho. As setas vermelhas indicam o proctoceu.

Em algumas espécies de aves as divisões caudais direita e esquerda são fundidas (DYCE, 2004). No pato e no ganso o rim é relativamente longo craniocaudalmente e estreito transversalmente. A largura transversalmente vai afunilando progressivamente no sentido da extremidade cranial. O comprimento do rim do pato é de nove centímetros e a maior largura transversalmente é de 2,2 centímetros, enquanto que o rim do ganso tem onze centímetros de comprimento e 2,5 centímetros na maior largura transversal, aproximadamente. Cada rim do pato apresenta um milhão de corpúsculos renais, aproximadamente, e cada rim do ganso tem cerca de 830 (GETTY, 1986).

As artérias ilíacas comum e isquiática também são consideradas como limites entre as três divisões do rim. O tamanho relativo e os formatos das três divisões são diferentes da galinha, pois o pato e o ganso possuem a divisão cranial mais estreita e a divisão caudal mais comprida (GETTY, 1986).

As grandes veias e artérias na superfície do rim são semelhantes às da galinha, porém a artéria isquiática está mais profundamente inserida na superfície ventral, enquanto a veia renal caudal e a veia porta renal caudal são superficiais na superfície ventral. A veia renal caudal e a parte mais cranial da veia porta renal caudal estão intimamente inseridas por uma bainha comum de tecido conjuntivo. As relações do rim com o nervo isquiático são as mesmas na galinha, no pato e no ganso (GETTY, 1986).

A valva porta do pato e do ganso é cônica e possui uma borda irregularmente papilada e seu óstio é circular (GETTY, 1986; CARVALHO, 2007). No ganso o tecido conjuntivo da

valva é reforçado por músculo liso e agregados de células epitelióides (GETTY, 1986).

A parte renal do ureter emerge sobre a superfície ventral do rim a um nível bem mais caudal no pato e no ganso do que na galinha (GETTY, 1986).

No rim de avestruz há a presença de três valvas renais portais, cônicas, denominadas de valvas renais portais craniais, médias e caudais, localizadas na origem das veias ilíacas comuns. As valvas renais portais médias possuem um óstio com borda irregularmente papilada e as caudais são geralmente menores e apresentam um formato cilíndrico semelhante às das galinhas. O ápice das valvas está voltado para a veia ilíaca comum e algumas valvas apresentaram extensões livres da borda do óstio irregular. As bases das valvas estão dispostas lado a lado formando uma parede contínua com a veia porta renal caudal (CARVALHO, 2007). Algumas aves, como ema e avestruz, possuem um reservatório de urina semelhante à bexiga urinária (BENEZ, 2004).

Com relação a irrigação, drenagem e inervação do sistema urinário das aves, as artérias renais cranial, média e caudal são pares e vascularizam, respectivamente, as divisões cranial, média e caudal do rim (Figura 5). A artéria renal cranial se origina da aorta e as artérias renais média e caudal se originam da artéria isquiática, sendo que a artéria renal média se prolonga cranialmente através da divisão média e a artéria renal caudal se distribui no interior da divisão caudal. Muitas vezes as artérias renais média e caudal se originam de um tronco comum da artéria isquiática (GETTY, 1986; DYCE, 2004; CARVALHO, 2007). As veias renais deixam o rim e se unem à veia ilíaca comum e, através dela, à veia cava caudal (DYCE, 2004). As veias isquiáticas, assim como as veias ilíacas externas, drenam o sangue dos membros pélvicos para a veia porta renal caudal (CARVALHO, 2007).

A veia renal caudal é um vaso grande e se estende pelos dois terços caudais do rim, paralelamente e próximo à superfície medial do ureter. A veia renal caudal ocupa um sulco na superfície ventral da divisão média e passa através da substância da divisão caudal. A veia renal caudal drena na veia ilíaca comum, logo ao lado da valva porta renal (GETTY, 1986).

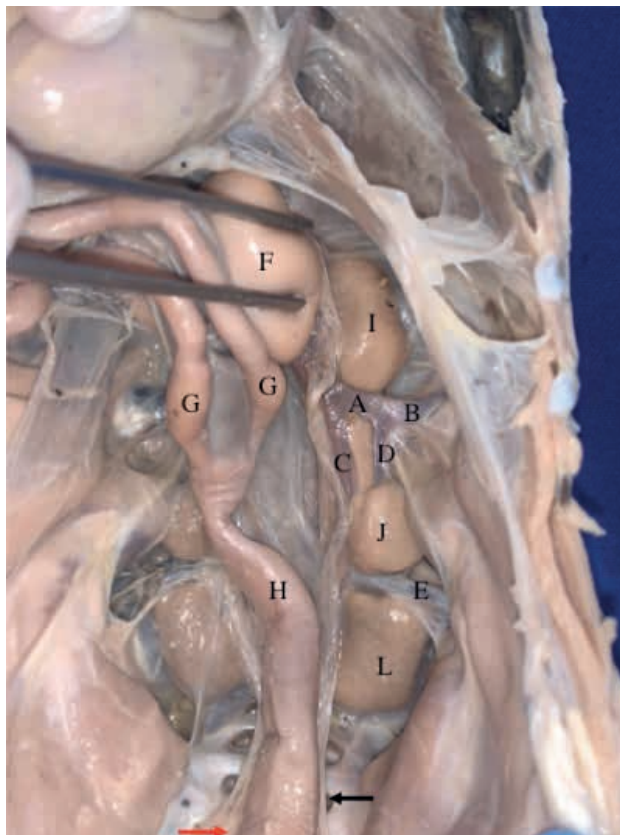


Figura 5 – Imagem das veias renais do rim esquerdo do galo.

Fonte: Os Autores (2023). Visualiza-se a veia íliaca comum (A), veia íliaca externa (B), veia renal caudal (C), veia porta renal caudal (D), veia isquiática (E), ureter (seta preta), canal deferente (seta vermelha), testículo esquerdo (F), cecos (G), reto (H), lobo cranial do rim esquerdo (I), lobo médio do rim esquerdo (J) e lobo caudal do rim esquerdo (L).

Os ramos das artérias renais acompanham os ramos das veias renais (eferentes) e podem dar origem a uma ou diversas artérias intralobulares (muito pequenas), que acompanham as veias intralobulares (de maior calibre) no centro de um lóbulo renal (GETTY, 1986).

Arteriolas glomerulares aferentes se originam das artérias intralobulares e se continuam como arteriolas glomerulares eferentes, que se esvaziam na rede capilar intertubular associada com os túbulos renais, principalmente quando próximo a borda do lóbulo renal. Essa rede capilar intertubular também é suprida pelas veias interlobulares do sistema porta venoso. As artérias interlobulares originam um pequeno numero de curtos ramos retos que se esvaziam na rede capilar intertubular. Esses ramos curtos, muitas vezes, possuem um calibre bem maior do que as arteriolas eferentes e podem ser, portanto, um canal arterial significativo, sobrepassando todos os glomérulos. A rede capilar intertubular

é drenada pela veia intralobular do sistema venoso eferente. As veias intralobulares se unem e formam veias maiores que acompanham os ramos das artérias renais. As redes capilares, associadas com os túbulos renais, das divisões média e caudal do rim drenam na veia renal caudal. As redes capilares da divisão cranial drenam através das veias renais craniais que se abrem diretamente na veia íliaca comum ou na veia cava caudal. No córtex os capilares da rede estão intimamente aplicados à membrana basal do néfron (GETTY, 1986). As artérias interlobulares suprem os corpúsculos e os túbulos renais (DYCE, 2004).

O glomérulo das aves é muito mais simples que o glomérulo dos mamíferos e consiste de algumas alças capilares que circundam um centro não vascular de células. Os glomérulos na região cortical do lóbulo são os mais simples, podendo consistir apenas de duas alças capilares, enquanto que os glomérulos próximos da medula são mais complexos. Essa diferença de complexidade entre os glomérulos estão relacionados com o tamanho pequeno do corpúsculo renal do néfron cortical e com o tamanho relativamente grande do corpúsculo renal do néfron do tipo medular (GETTY, 1986; BENEZ, 2004).

O suprimento arterial para a região medular é feito pelas arteríolas eferentes dos néfrons mais próximos da medula. Essas arteríolas se continuam com os vasos retos, que descem para o interior dos cones piramidais da medula e, em seguida, retornam como capilares retos ascendentes. Essa disposição em alça desses vasos é semelhante aos vasos retos dos mamíferos (GETTY, 1986).

As veias porta renais são veias aferentes que conduzem o sangue das partes caudais do corpo para os rins, e elas constituem o sistema porta renal. O sangue que chega no rim pelas veias porta renais é canalizado para os leitos capilares intralobulares (GETTY, 1986; BENEZ, 2004; DYCE, 2004; CARVALHO, 2007). As veias porta renais formam um anel venoso que é completado caudalmente por anastomose direta com a veia mesentérica caudal (veia coccígea mesentérica) e cranialmente por anastomoses com o seio venoso vertebral interno. O anel está dividido em duas partes pelas veias portas renais cranial e caudal (aferentes) (GETTY, 1986).

A veia porta renal cranial transporta sangue para a divisão cranial do rim e a veia porta renal caudal transporta sangue para as divisões média e caudal do rim. Os ramos dessas veias não são satélites das artérias e veias eferentes e correm independentemente. Seus ramos finais estão situados entre os lóbulos renais com as veias interlobulares e são contínuas com vênulas que conduzem sangue para a rede capilar intertubular, sendo que esse sangue vai ser drenado pelas veias intralobulares e estas serão drenadas pelas veias eferentes (GETTY, 1986). A veia porta renal caudal corre na face dorsal do rim no percurso entre as divisões craniais e caudais do rim, e, no restante do trajeto ela corre dentro do parênquima da divisão caudal até deixar os rins como veia íliaca interna (CARVALHO, 2007).

O sangue porta pode ser desviado do rim por três desvios porta renais. O primeiro desvio é através da valva porta renal, desviando sangue para a veia cava caudal. O

segundo desvio é pela veia aferente caudal, que desvia o sangue para a veia mesentérica caudal. O terceiro desvio é através da veia porta renal cranial, desviando o sangue para o seio venoso vertebral interno, que se encontra dentro do canal neural. Os três desvios podem atuar em conjunto para que o fluxo porta renal sobrepasses completamente o rim. Geralmente os desvios funcionam parcialmente, fazendo com que parte do fluxo porta renal sobrepasse o rim e o restante o penetra. Normalmente a direção do fluxo na veia mesentérica caudal é no sentido do rim, mas pode, ocasionalmente, ser inverso e fluir no sentido do fígado (GETTY, 1986).

A veia mesentérica caudal se comunica na linha média da extremidade caudal dos rins com a anastomose interilíaca das veias portas renais caudais esquerda e direita, e a veia mesentérica caudal se estende cranialmente no mesentério, unindo-se a veia mesentérica cranial e drenando na veia porta hepática, formando, assim, uma ligação direta entre os sistemas porta do fígado e dos rins. A anastomose interilíaca é um vaso transversal que liga as duas veias ilíacas internas. Como as veias ilíacas externas e as veias isquiáticas se unem às veias portas renais caudais, a veia mesentérica caudal está indiretamente ligada com as veias do membro pélvico. Da anastomose interilíaca até a veia ilíaca externa, a veia porta renal caudal emite diversas veias renais aferentes dentro das divisões caudal e média do rim. Na metade do seu percurso a veia porta renal caudal recebe a veia isquiática da coxa (GETTY, 1986).

A valva porta renal (Figura 6) é uma valva cônica ou cilíndrica na veia ilíaca comum, imediatamente periférica (lateral) à abertura da veia renal caudal, e ela regula a quantidade de sangue venoso que penetra no rim (GETTY, 1986; SWENSON; REECE, 1996; DYCE, 2004; CARVALHO, 2007; REECE, 2008). No macho a abertura muitas vezes tem borda serrilhada e mede um a dois milímetros de diâmetro e três milímetros de comprimento, aproximadamente (GETTY, 1986).



Figura 6 – A seta branca indica a posição da valva porta renal, na veia íliaca comum (A), lateralmente a chegada da veia renal caudal (B).

Fonte: Os Autores (2023).

A valva, quando aberta, desvia o sangue porta do rim e o conduz diretamente para a veia cava caudal. A valva tem a capacidade de se fechar por contração de suas fibras musculares lisas e circulares sob influência de nervos autônomos ou pela saliência das células epitelióides especiais no ápice da valva (GETTY, 1986). O fechamento da valva porta renal é afetado pela inervação adrenérgica e a abertura da válvula é pela inervação colinérgica (CARVALHO, 2007; REECE, 2008). Quando a válvula fecha, mais sangue entra nos rins e sai pelo seio venoso vertebral interno e pela veia mesentérica caudal. A maior parte do sangue na veia mesentérica caudal passa pela veia porta hepática direita e pelo fígado, até chegar na veia cava caudal e no coração (Figura 7). Se ocorrer o aumento do nível da concentração de sal de uratos a valva porta renal se fecha e o sangue passa pelas veias porta renais até chegar a veia mesentérica caudal (DYCE, 2004).

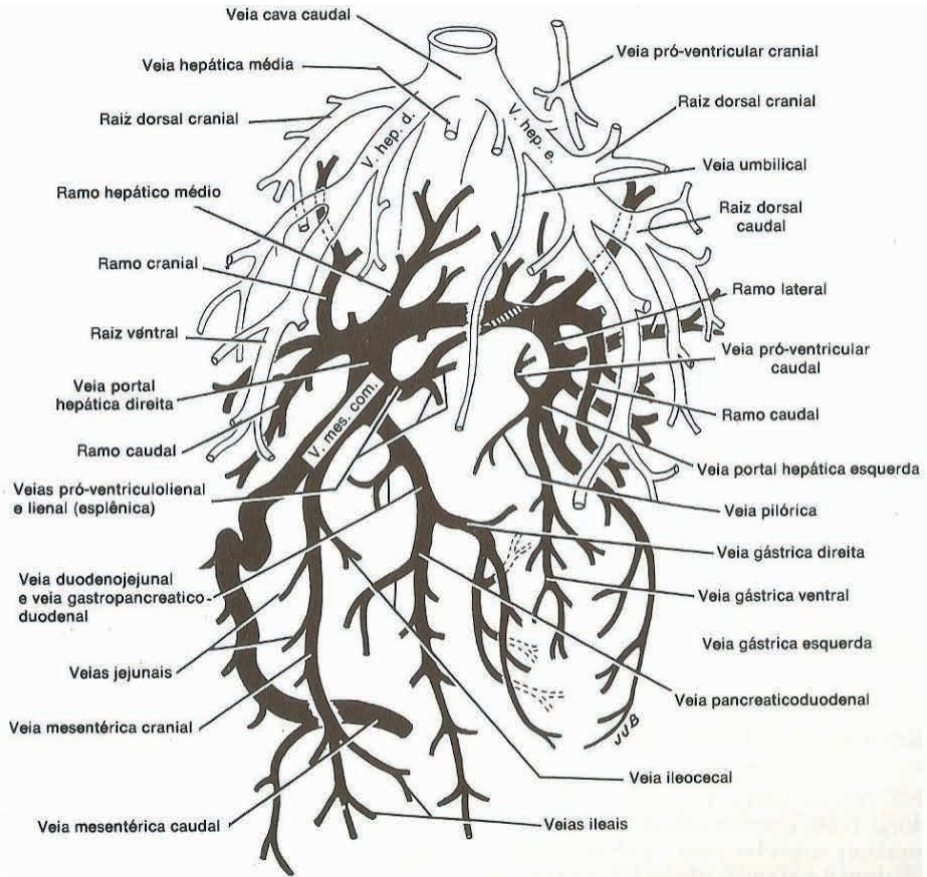


Figura 7 – Desenho esquemático da ligação entre os sistemas porta renal e porta hepático através da veia mesentérica caudal e da drenagem do fígado.

Fonte: GETTY (1986).

O suprimento arterial da parte renal do ureter provém de uma rede anastomótica de ramos uretéricos que surge das artérias renais cranial, média e caudal. O suprimento sangüíneo da parte pélvica do ureter é feito pela artéria e veia pudenda. Há estudos que o suprimento nervoso possui controle simpático. A galinha recebe ramos de inervação da parte caudal do plexo lombossacral (GETTY, 1986).

2.2 Sistema porta renal

As aves, os répteis, os anfíbios e os peixes possuem o sistema porta renal (BERCHIERI JR, *et al.*, 2009). O sistema venoso porta hepático coleta sangue venoso das vísceras abdominais supridas pelas artérias celíaca e mesentéricas caudal e cranial. Essas artérias suprem estômagos muscular e glandular, fígado, pâncreas, baço e intestinos delgado e grosso. O sistema porta hepático também pode receber sangue venoso das veias somáticas através da comunicação da veia mesentérica caudal com a anastomose

interilíaca (GETTY, 1986).

O sangue do trato alimentar é conduzido para as veias porta hepática. A veia porta hepática esquerda penetra na superfície medial do lobo esquerdo do fígado, junto com a artéria hepática esquerda, e une-se ao ramo dorsal esquerdo da veia portal hepática direita. Dentro do fígado as veias portais hepáticas se ramificam várias vezes formando uma rede tridimensional de sinusóides fenestrados, nos espaços entre as células hepáticas, ocorrendo troca de substância entre as células do parênquima do fígado e o sangue dos sinusóides. Os sinusóides desembocam nas veias hepáticas, que eventualmente podem drenar dentro da parte distal da veia cava caudal (GETTY, 1986).

A galinha possui duas veias portais hepáticas. A veia portal hepática direita é maior, corresponde à veia porta dos mamíferos e as suas principais tributárias da veia portal hepática direita são as veias mesentérica comum, gastropancreaticoduodenal e a pró-ventrículo esplênica. A veia portal hepática esquerda é pequena e drena o sangue do território suprido pelo ramo esquerdo da artéria celíaca (GETTY, 1986).

A veia ilíaca comum (figura 5) é formada pela junção da veia ilíaca externa e da veia portal renal caudal, cranialmente à articulação do quadril. A veia ilíaca comum se situa ventralmente à veia ilíaca externa e se localiza entre as divisões cranial e média dos rins. A veia ilíaca comum recebe tributárias ao longo de sua borda cranial e a união das veias ilíacas direita e esquerda forma a veia cava caudal. A veia ilíaca comum esquerda é mais longa que a veia ilíaca comum direita devido ao deslocamento da veia cava caudal para a direita. A veia ilíaca externa é a continuação intra-pélvica da veia femoral. A veia ilíaca interna drena as veias da parede e vísceras pélvicas. As veias portais renais cranial e caudal são ramos da veia ilíaca externa. Não há artéria ilíaca comum nas aves (GETTY, 1986; CARVALHO, 2007).

Próximo a confluência da veia ilíaca externa e porta renal caudal, a veia portal renal cranial se une com a veia ilíaca comum. A veia porta renal cranial anastomosa-se com o seio venoso vertebral interno e a anastomose penetra no canal vertebral, na extremidade cranial da fossa renal da pelve, por um forame intervertebral. Medialmente na porção inicial da veia ilíaca comum, há uma valva porta renal, com formato de bico (GETTY, 1986). O fechamento da valva desvia o sangue da veia ilíaca externa para fora da veia ilíaca comum e assim leva mais sangue para o sistema porta renal (GETTY, 1986; SWENSON; REECE, 1996).

As veias renais craniais (veias renais eferentes craniais) drenam a parte cranial da divisão cranial do rim. A veia renal caudal (veia renal eferente caudal) está medial e paralela à veia porta renal caudal e se situa ao longo da coluna vertebral. A veia renal caudal recebe as veias intrasegmentaresinsacrais do esqueleto axial e da musculatura, da medula espinhal e do tegumento dorsal e ela drena a parte caudal da divisão cranial, as divisões média e caudal do rim, o ureter adjacente e o ducto deferente no macho, sendo que na fêmea a veia renal caudal esquerda recebe a veia media do oviduto. Sua abertura

na veia íliaca comum é medial à valva portal renal e suas tributárias das divisões caudal e média do rim se situam ventral à veia portal renal caudal. Raízes intra-renais das veias renais caudal e cranial (veias renais eferentes) se relacionam aos ramos intra-renais das artérias renais (GETTY, 1986).

2.2.1 Função das veias portais renais

O sangue das veias íliaca interna e mesentérica caudal pode fluir cranialmente na veia portal renal caudal, diretamente para a veia íliaca comum, passa pela valva portal renal e depois vai para a veia cava caudal. Quando ocorre constrição da valva portal renal, o sangue do membro pélvico pode ser desviado da veia íliaca externa para as veias portais renais caudal e cranial. O sangue na veia portal caudal pode fluir para a veia mesentérica caudal e seguir para o sistema portal hepático. O sangue na veia portal cranial pode fluir para o seio vertebral interno (GETTY, 1986).

Outro percurso que o sangue pode ter, ao invés de passar ao longo dos rins, é o que os ramos renais aferentes podem conduzir o sangue para o parênquima do rim, onde ele é misturado com o sangue arterial, na rede peritubular de capilares, na qual também a arteríola eferente descarrega seu sangue arterial pós-glomerular. A mistura do sangue venoso portal renal e do sangue arterial renal drena para as raízes eferentes das veias renais e desta para a veia cava caudal (GETTY, 1986).

A valva portal renal e os ramos renais aferentes das veias portais renais estão sob o controle neural, permitindo que se contraíam para que o sangue passe longe do parênquima do rim. O sistema portal desempenha uma importante função no suprimento do néfron, porque ele transporta sangue venoso nos túbulos contorcidos proximais, os quais são responsáveis pela secreção tubular de uratos (GETTY, 1986).

2.2.2 Formação e eliminação de uratos

A amônia, a uréia e o ácido úrico são formas de excreção do nitrogênio proveniente do metabolismo das proteínas e aminoácidos. Em aves e répteis que vivem em ambiente seco, o ácido úrico é formado em vez da uréia (forma de excreção do nitrogênio pelos mamíferos), pois o desenvolvimento embrionário ocorre em ovos que possuem cascas impermeáveis à água, então como o embrião se desenvolve com uma oferta limitada de água presente no ovo, é melhor que os produtos excretados sejam depositados como materiais insolúveis em água que não requerem água para sua remoção (SWENSON; REECE, 1996; BERCHIERI JR, *et al.*, 2009).

Existe um gradiente osmótico corticomedular no fluido peritubular do cone medular que é estabelecido pelas alças de Henle dos néfrons do tipo medular e mantido pelos vasos retos. O gradiente osmótico permite a excreção da urina com uma osmolaridade maior do que a do plasma. Todo o fluido tubular dos néfrons do tipo cortical e do tipo medular é

exposto ao gradiente osmótico, devido a saída dos túbulos coletores e ductos através do cone para se unir ao segmento uretral comum (SWENSON; REECE, 1996).

Acredita-se que o rim das aves pode alternar entre a utilização dos néfrons do tipo cortical e do tipo medular, dependendo da necessidade de conservação de água. Quando é fornecida uma sobrecarga de sal para as aves, há a necessidade de conservar água para diluir o excesso de sal, assim cerca de 80% dos néfrons do tipo cortical não realiza a filtração (SWENSON; REECE, 1996).

O ácido úrico nas aves é formado no fígado a partir da amônia, é filtrado pelo glomérulo e secretado pelos túbulos. Acredita-se que além do fígado, o rim também possa ser um local de síntese do ácido úrico das aves. O ácido úrico é filtrado livremente pelo glomérulo e também é secretado pelos túbulos. A secreção tubular é responsável por 90% da excreção total de ácido úrico. O sistema porta renal oferece maior fonte de sangue, do que as arteríolas eferentes, para os túbulos renais para ser depurado. Quando há grande quantidade de ácido úrico nos túbulos ocorre precipitação e esse precipitado é misturado com muco e aparece na urina como um coágulo esbranquiçado. Como o ácido úrico não permanece em solução, ele não contribui para a pressão osmótica do fluido tubular e assim a perda de água é evitada (SWENSON; REECE, 1996; BERCHIERI JR, *et al.*, 2009).

A urina das aves não misturada às fezes é de cor creme e contém muco espesso, sendo que a secreção de muco facilita o transporte dos solutos precipitados (SWENSON; REECE, 1996). Ocorre modificação pós-renal da urina uretral, pois ela é exposta às membranas da cloaca, do cólon e do ceco por causa do fluxo retrógrado provocado pelo peristaltismo intestinal reverso (SWENSON; REECE, 1996; BERCHIERI JR, *et al.*, 2009). A cloaca é impermeável à água, porém o cólon reabsorve água da urina e também faz reabsorção ativa de sódio (SWENSON; REECE, 1996). O fluxo de urina médio em galinhas hidratadas é de 18 ml/kg/h e de perus hidratados é de 30 ml/kg/h (REECE, 2008).

3 | CONCLUSÃO

O sistema urinário das aves é diferente dos mamíferos e adaptado a essa espécie. Como particularidade, as aves não apresentam bexiga urinária, possuem dois tipos principais de néfrons, um sistema porta renal, formam ácido úrico como principal produto final do catabolismo de nitrogênio, fazem modificação pós-renal da urina uretral e possuem cloaca.

O sistema portal desempenha uma importante função no suprimento do néfron, porque ele transporta sangue venoso nos túbulos contorcidos proximais, os quais são responsáveis pela secreção tubular de uratos além de oferecer maior fonte de sangue para os túbulos renais para ser depurado que as arteríolas eferentes. Quando há grande quantidade de ácido úrico nos túbulos ocorre precipitação e esse precipitado é misturado com muco e aparece na urina como um coágulo esbranquiçado. Como o ácido úrico não

permanece em solução, ele não contribui para a pressão osmótica do fluido tubular e assim a perda de água é evitada.

REFERÊNCIAS

BENEZ, S. M. **Sistema reprodutor e urinário**. In _____. *Aves: criação, clínica, teoria, prática: silvestres, ornamentais, avinhados*. 4 ed. Ribeirão Preto: Tecmedd, 2004. p. 97-104.

BERCHIERI JR, A. *et al.* **Doenças das aves**. 2.ed. Campinas: FACTA, 2009. 1104p.

CARVALHO, H. S. *et al.* **Anatomia do sistema porta renal e suas implicações no emprego de agentes anestésicos na contenção de avestruzes (*Struthio camelus*)**. *Ciência Rural*, Santa Maria, v. 37, n. 6, p. 1688-1694, nov-dez, 2007.

DYCE, K. M. *et al.* **Anatomia das aves**. In _____. *Tratado de anatomia veterinária*. 3.ed. Rio de Janeiro: Sunders Elsevier, 2004. p. 773-798.

GETTY, R. **Sisson/Grossman anatomia dos animais domésticos**. 5.ed. Rio de Janeiro: Guanabara Koogan, 1986. v. 2, 2000p.

JUÁREZ, J. S. **Lasvisceras**. In _____. *Anatomia de las aves*. Zaragoza: Acribia, 1965. p. 94-101.

REECE, W. O. **Sistema urinário**. In _____. *Anatomia funcional e fisiologia dos animais domésticos*. 3.ed. São Paulo: Roca, 2008. p. 255-294.

SWENSON, M. J.; REECE, W. O. **Os rins – equilíbrio hídrico e excreção**. In _____. *Dukes – fisiologia dos animais domésticos*. 11.ed. Rio de Janeiro: Guanabara Koogan, 1996. p. 544-547.