

II Simpósio Avícola - NUTRINOVA SAÚDE e INTEGRIDADE INTESTINAL em AVES

Figueira da Foz, 24 de Outubro de 2019

Estrutura e função digestiva das aves “Chave para a produtividade”

Luís Martins

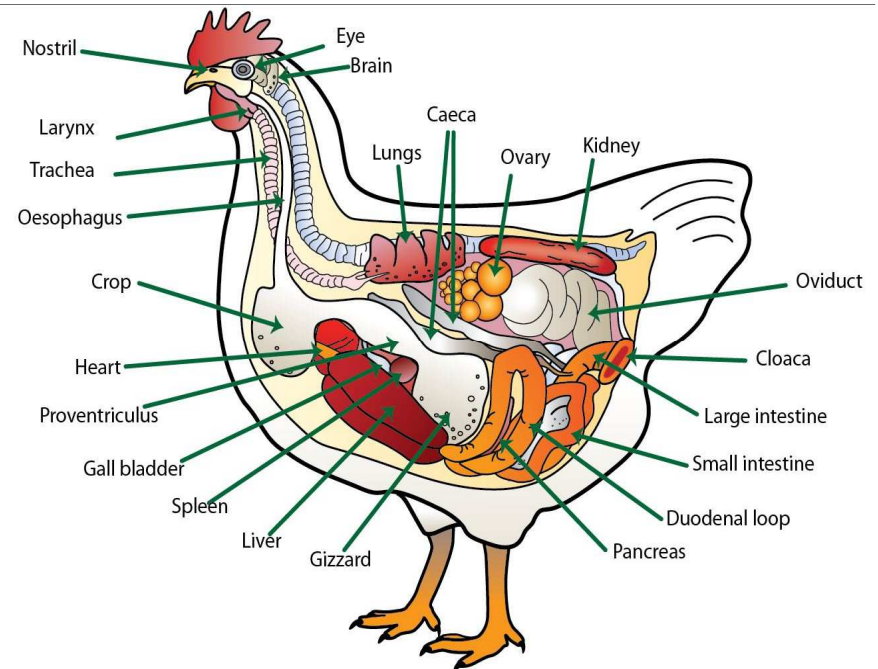


UNIVERSIDADE DE ÉVORA
ESCOLA DE CIÊNCIAS E TECNOLOGIA
DEPARTAMENTO DE MEDICINA VETERINÁRIA



Enquadramento morfológico particular da ave

- **Plumagem:** maior volume corporal sem aumento significativo de peso
- Órgãos pesados no centro do corpo
- **Ausência de diafragma**
- Ausência de dentes
- **Aparelho urinário simplificado, sem bexiga** e com excreção comum ao Ap. digestivo
- **Pneumaticidade dos ossos**
- Ossos fundidos: crânio, *notarium*, sinsacro
- Cintura escapular adaptada ao voo

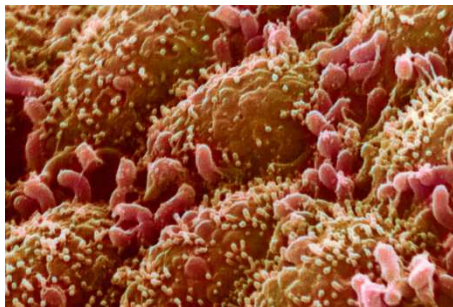


Aparelho digestivo em aves geneticamente melhoradas:

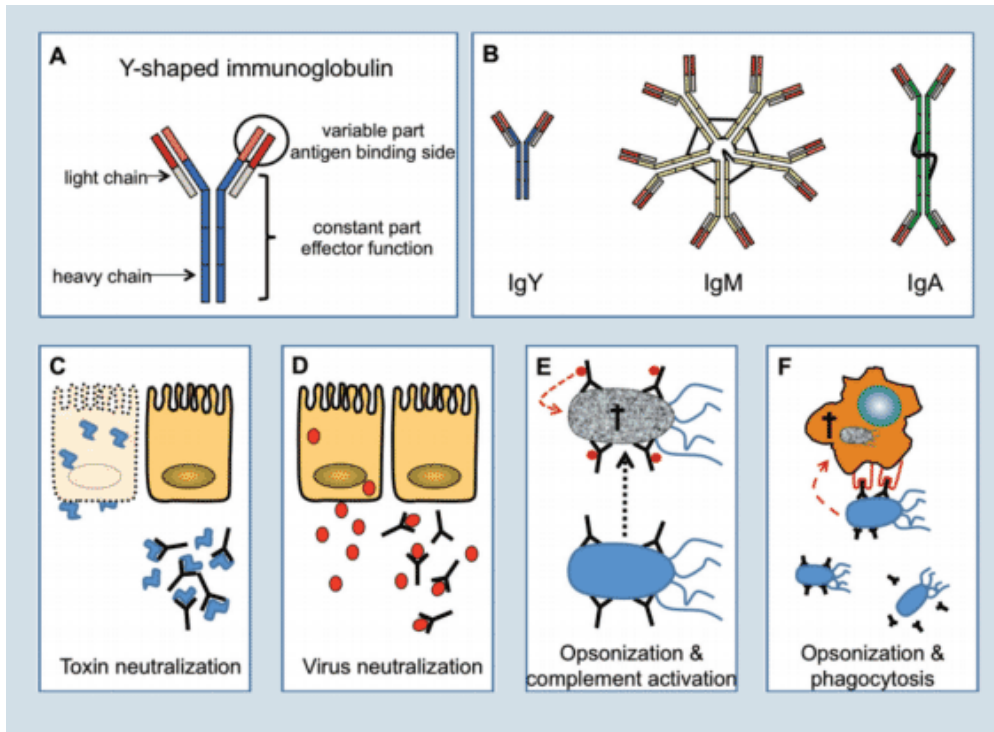
1. Servir necessidades nutricionais acrescidas



2. Servir de defesa orgânica, enquanto porta de entrada



3. Papel na estimulação antigénica para a imunidade



thepoultrysite.com

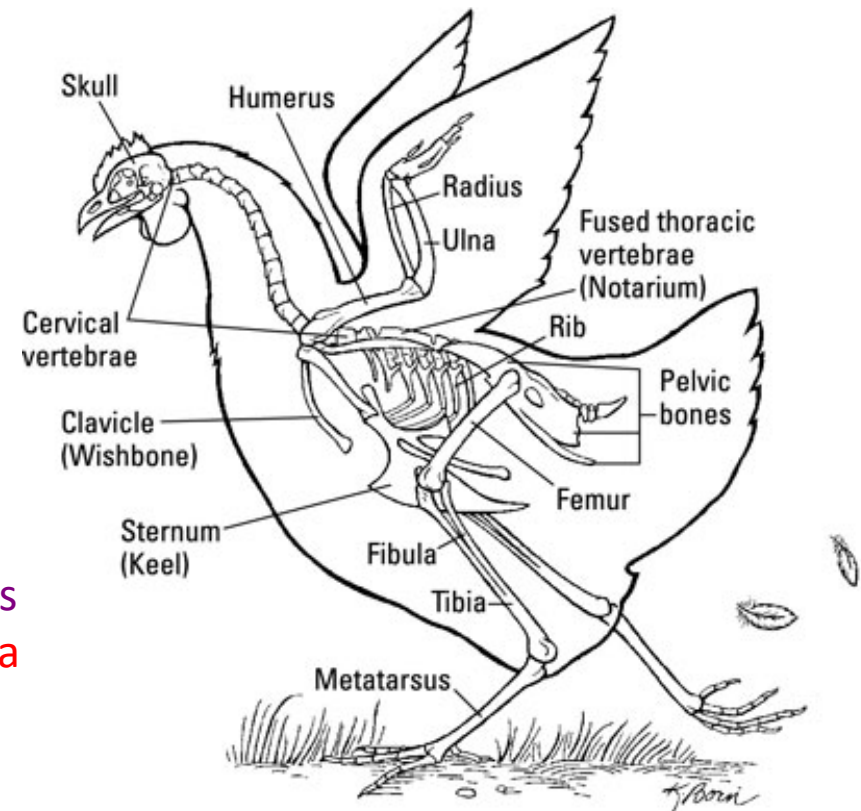


Particularidades esqueléticas e produção

↘ **Ossificação**: ao contrário dos mamíferos, não existem núcleos epifisários independentes durante a osteogénese; ossificação epifisária a partir das diáfises

↘ **Ossos com maior proporção mineral**; mais suscetíveis a fraturas, mas **reserva mineral**

↘ Durante a **reprodução** desenvolve-se osso secundário na cavidade medular de muitos ossos (**osso medular** – reserva mineral mobilizável para a formação da casca do ovo)



Aparelho digestivo – Aspectos específicos

- **Elevada taxa metabólica**
- **Mais alimento em proporção ao peso corporal que os mamíferos**
- **Elevada eficiência digestiva**
...tempo médio de retenção de marcadores digestivos:
 - Aves – 5 a 9 horas
 - Coelhos – 27 horas
 - Suínos – 48 horas
- **Espécies herbívoras, granívoras, frugívoras, nectarívoras, limícolas, filtradoras, piscívoras, carnívoras, omnívoras**



Proporções médias dos principais órgãos digestivos em diferentes espécies de interesse zootécnico

	“Estômago” (%)	ID (%)	IG (%)
Galinha Leghorn	6 (P+M)	80	14
Galinha Broiler	5 (P+M)	80	15
Peru	5 (P+M)	80	15
Pato doméstico	5 (P+M)	85	10
Avestruz	3 (P+M)	41	56
Porco	29	33	38
Coelho	15	12	73
Cavalo	10	20	70

(Adaptado de vários autores)

Secreções e digestão

Cavidade bucofaríngea

- **Glândulas salivares - Muco (+ amilase)**

Lubrificar o alimento
(Cobertura adesiva
para capturar insetos)

Gallus (ex: galinha) e
Meleagris (ex: peru)

<
Pardal “doméstico”

- **Papilas gustativas**

	Número de papilas		Número de papilas
Galinhas	24 - 312	Porco	≈15 000
Pombos	37 - 56	Coelho	≈17 000
Pato doméstico	200 - 375	Homem	≈7 900
Papagaio	≈350		

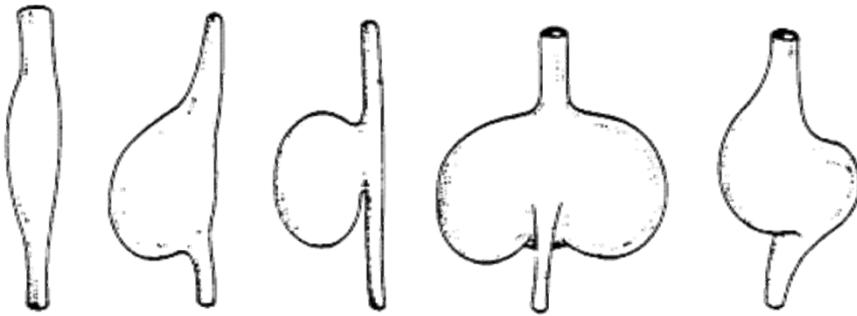
(Adaptado de vários autores)

Esófago

Secreção importante de **muco**, que ajuda o transporte dos alimentos, líquidos e saliva até ao proventrículo.

Papo

- Pode ocorrer digestão de amido (amilase salivar)
- *Pombos e rolas* - “Leite do papo”, secreção lipoproteica produzida durante a época de nidificação
- Ingluviotomia - Não afeta o crescimento de galinhas alimentadas *ad libitum*, mas reduz o crescimento em casos onde a alimentação é restringida



A função principal do papo é o **armazenamento de alimento**

Estômago

- **Proventrículo** (glandular), istmo e **moela** (muscular)
- **Secreção do suco gástrico** (pH≈2,6) através de:
 - Células secretoras de muco
 - Células oxintopépticas - Segregam HCl e pepsinogénio, depois convertido em pepsina

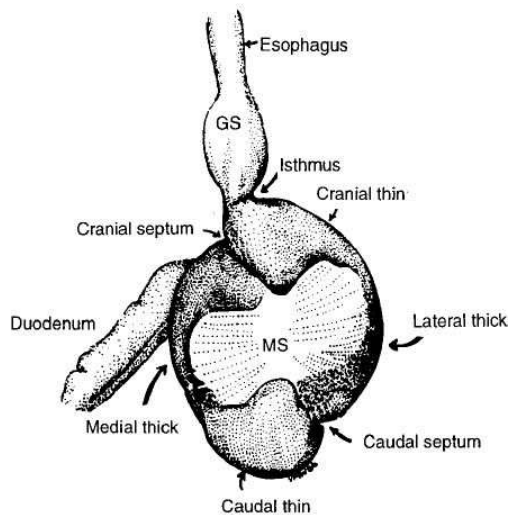
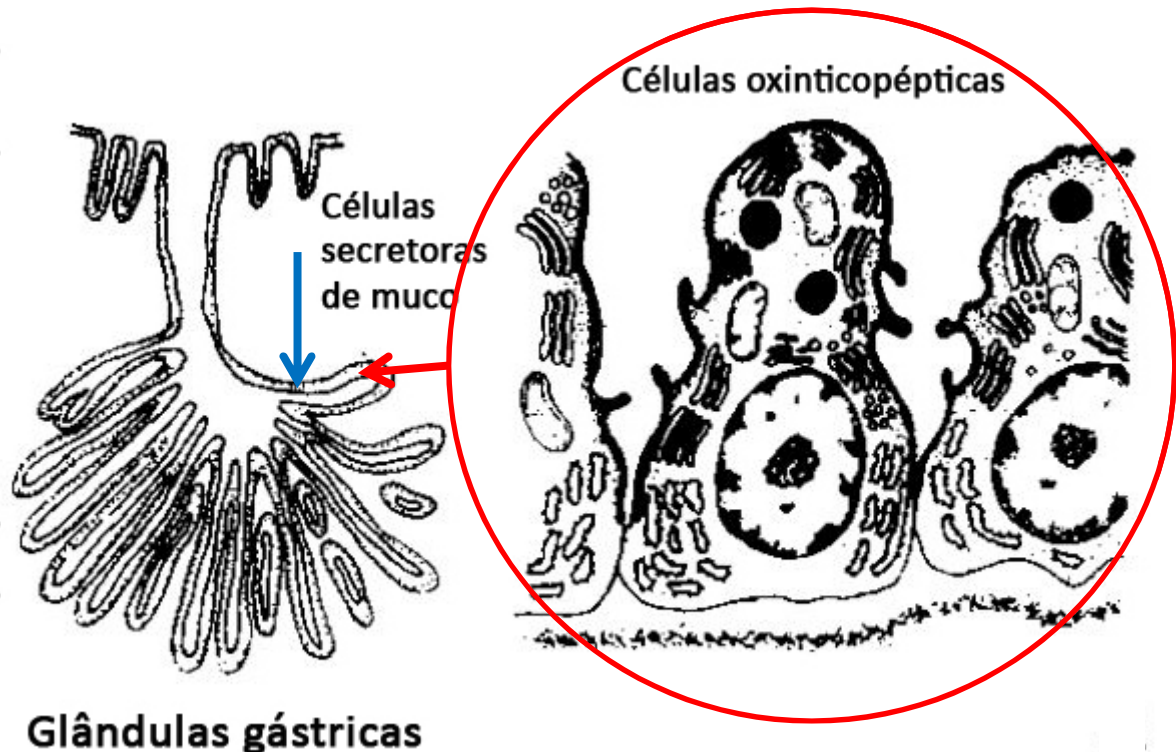


FIGURE 3 Anatomical features of muscular stomach of domestic turkeys. GS, glandular stomach; MS, muscular stomach. Note that cranial thin muscle of MS is continuous with lateral thick muscle and separated from caudal thin muscle at caudal septum. Similarly, the caudal thin muscle is continuous with the medial thick muscle and separated from cranial thin muscle by cranial septum. (From Chaplin and Duke (1990), *Am. J. Physiol.* with permission.)

(Adaptado de Vial e Garrido, 1979)



Aparelho digestivo

A **secreção de HCl** é superior, ajustada ao elevado ritmo de passagem de alimento pelo trato digestivo

	PV (kg)	Produção de ácido (mEq/kg/h)	Produção de pepsina (UP/kg/h)
Homem	70	0,03	862
Cão	15	0-0,004	0-62
Rato	0,35	0,25	2230
Macaco	2,5	0,12	730
Galinha	1,75	0,78	2430

(Long, 1967)

Aparelho digestivo

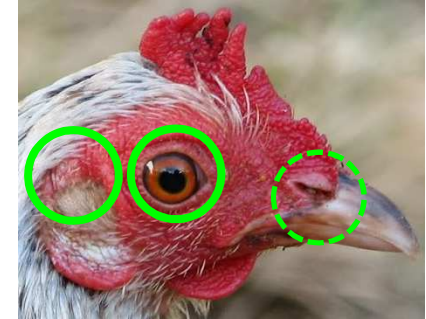
As Aves apresentam **3 fases de secreção gástrica:**

- Fase cefálica
- Fase gástrica
- Fase entérica

Estimulação vagal

- ↗ secreção H^+
- ↗ secreção pepsinogénio

Estimulação hormonal



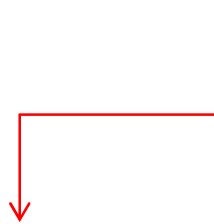
	Local síntese	Ação biológica
Gastrina	Proventrículo	↗ secreção H^+ ↗ secreção pepsinogénio
Polipéptido pancreático	Proventrículo, <u>pâncreas</u> , duodeno	↗ secreção H^+ ↗ secreção pepsinogénio
Péptido libertador de gastrina	Proventrículo	↗ secreção H^+

(Denbow, 1999)

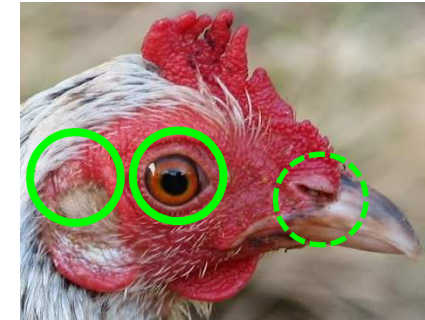
Aparelho digestivo

As Aves apresentam **3 fases de secreção gástrica:**

- Fase cefálica
- Fase gástrica
- Fase entérica



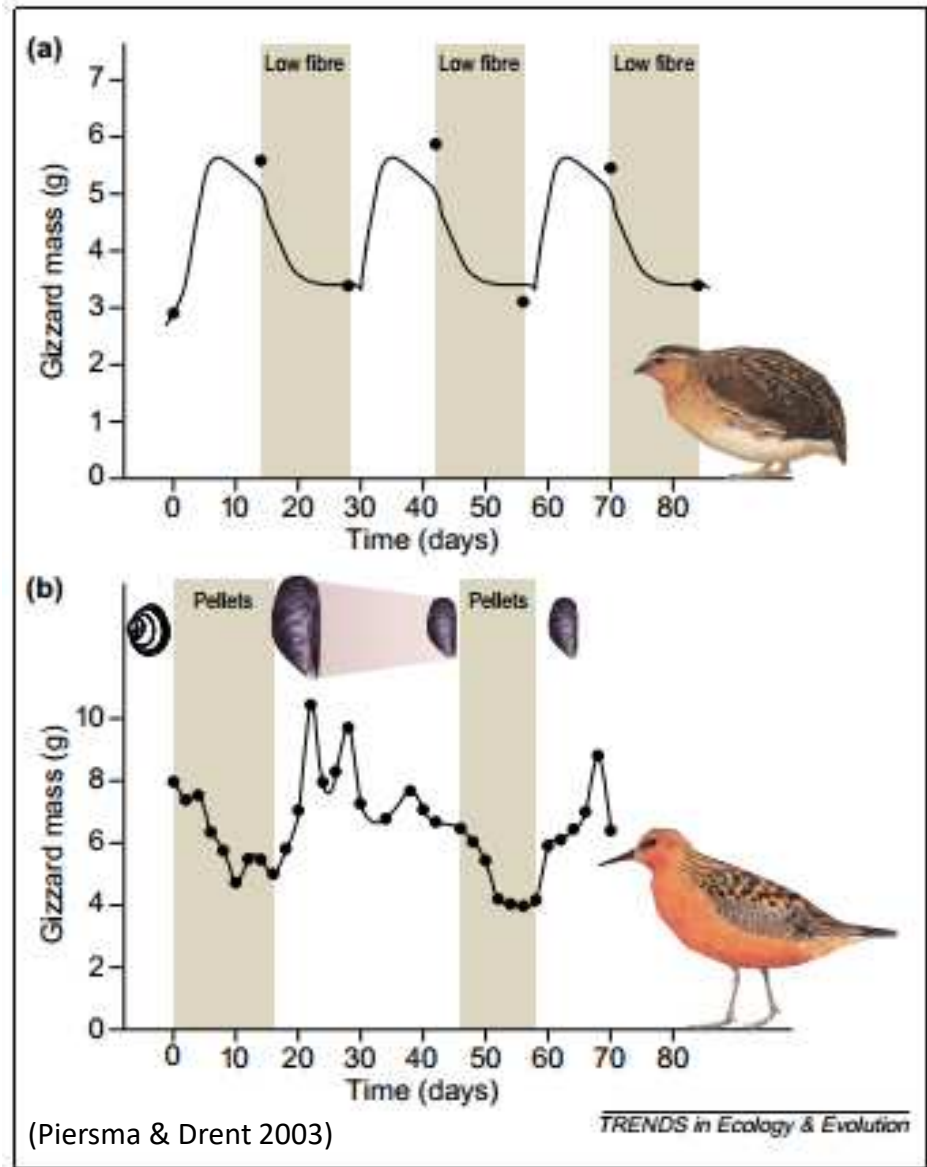
Estimulação hormonal



	Local síntese	Ação biológica
Polipéptido pancreático	Proventrículo, <u>pâncreas</u> , duodeno	↗ secreção H ⁺ ↗ secreção pepsinogénio
CCK	Duodeno, jejuno	↗ secreção H ⁺ ↗ <u>suco pancreático</u>
Secretina	Duodeno, jejuno	↗ secreção H ⁺ ↗ secreção pepsinogénio ↗ <u>bicarbonato de sódio</u>

(Denbow, 1999)

Moela ou ventrículo: órgão não glandular, muscular – movimentos de fricção e compressão (“dentes” das aves)



Moela ou ventrículo: órgão não glandular, muscular – movimentos de fricção e compressão (“dentes” das aves)

- Epitélio revestido por membrana endurecida (coilina):
 - Proteção mecânica da superfície
 - Proteger da ação do HC e das enzimas proteolíticas

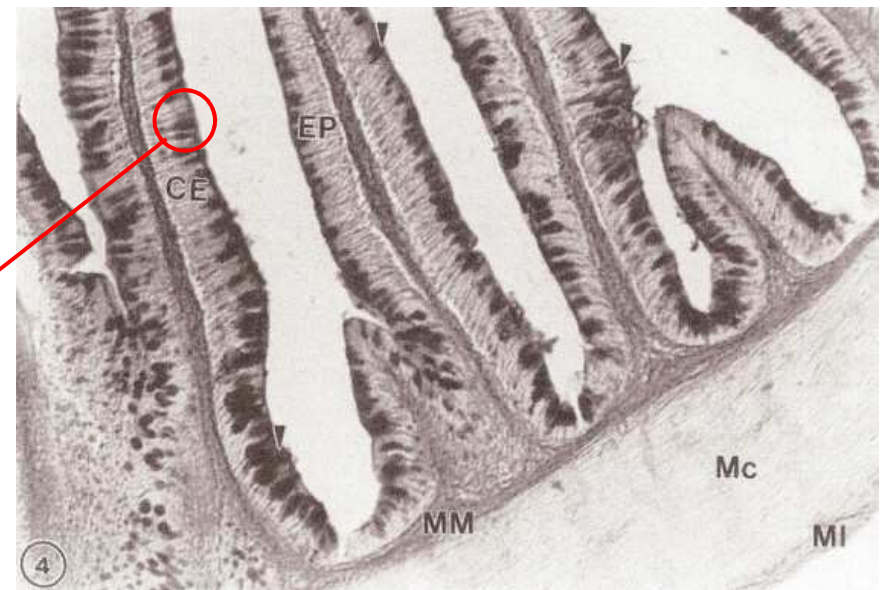


- “Areias”/minerais no interior, resistentes aos ácidos (“grit”) que são ingeridas periodicamente devido ao desgaste contínuo
- A ação proteolítica que se deteta na moela é devida a enzimas sintetizadas no proventrículo

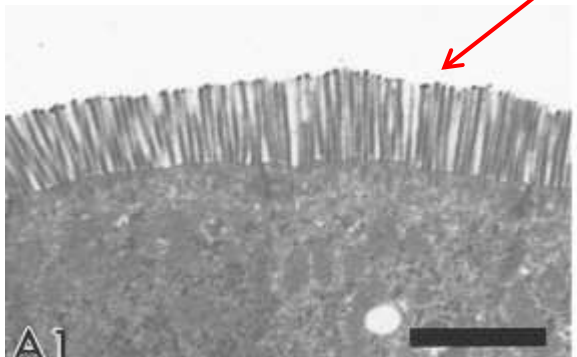
Intestino delgado

- Tubo musculado e comprido que recebe:
 - Suco pancreático
 - BÍlis
 - Segrega o suco intestinal (células epiteliais dos *vilus*)

Secção transversal do intestino (íleo) de uma *Nothura maculosa*. As vilosidades são revestidas com epitélio colunar (EP), incluindo células caliciformes (setas) que segregam muco. A camada muscular inclui fibras longitudinais (MI) no perímetro, fibras circulares (Mc) e fibras longitudinais adicionais na base das vilosidades (*muscularis muscosae*; MM)



(Chikilian & Speroni, 1996)



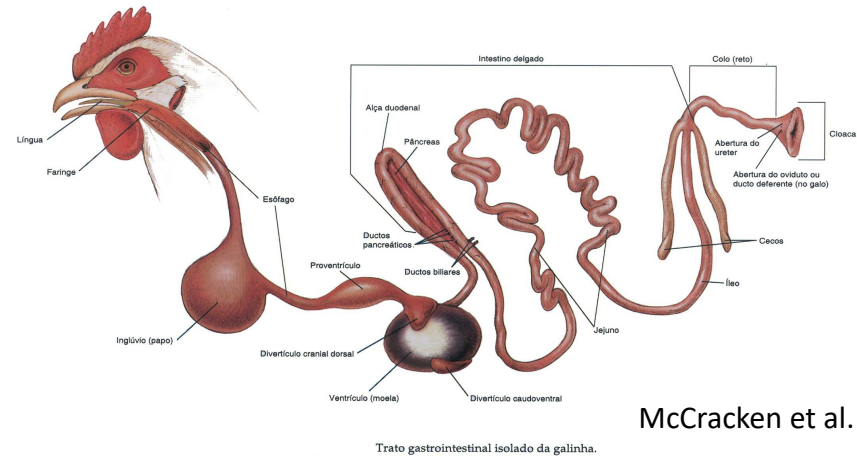
Microvilosidades intestinais (*brush border*) de um “pardal doméstico” (escala = 0,5 μm)

(Casotti, 2001)

Aparelho digestivo

Intestino relativamente curto
Movimentos peristálticos e antiperistálticos

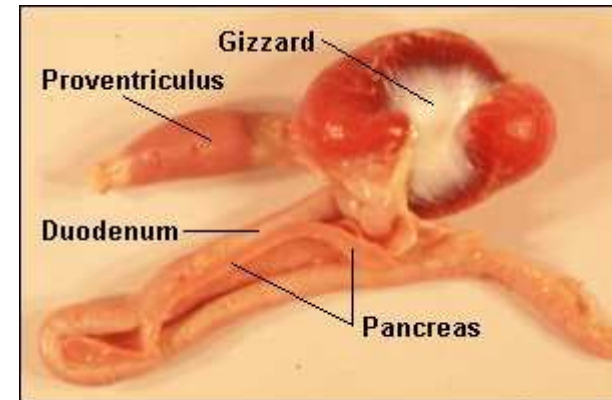
Enzimas digestivas
Bílis



Enzimas	Substrato	Produto da reação
Amilase	Amido	Dextrina, maltose
Maltase	Maltose	Glucose
Isomaltase	Dextrinas	Glucose
Sacarase	Sacarose	Glucose, frutose
Lipase	Monogliceridos	Glicerol, AG
Enteroquinase	Tripsinogénio	Tripsina
Peptidases	Di- e tripeptídeos	Aminoácidos
(Denbow, 1999)		

Aparelho digestivo

- **Suco pancreático** com várias enzimas digestivas
- Iões bicarbonato contribuem para neutralizar o pH ácido proventricular
- **Ação biliar** adjuvante



Enzimas	Substrato	Produto resultante ou função
Amilase	Amido	Dextrina, maltose
Inibidor de tripsina	Tripsina	Reduz ação da tripsina
Tripsinogénio		
Quimotripsinogénio		
Pró-carboxipeptidases		

(Pubols, 1991)

Aparelho digestivo

- **Taxa de secreção de suco pancreático** nas aves é superior à dos mamíferos

	Duração do jejum	Secreção pancreática (mL/kg/h)
Galinha	24 h	0,70
	48 h	0,68
	72 h	0,65
Cão	24 h	0,1-0.3
	48 h	Vestígios
Rato	24 h	0,6-0,7
Ovelha	24 h	0,13
	48 h	0,07

(Kokue & Hayama, 1972)

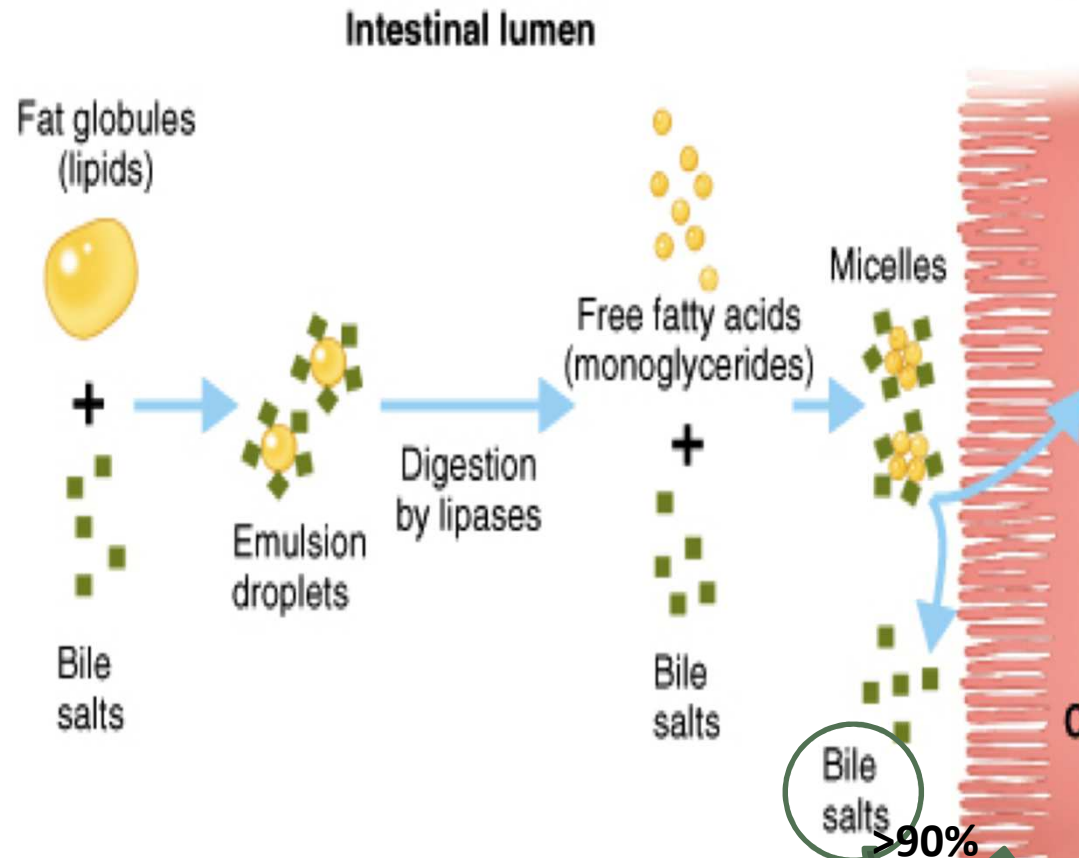
- **A taxa de secreção do suco pancreático** nas aves é controlada por estímulos nervosos e hormonais

Estímulo	Ação na secreção pancreática
Vagotomia	↘
Agentes colinérgicos	↗
Péptido intestinal vasoativo (VIP) dos neurónios do trato gastrintestinal e do pâncreas	↗ (s/efeito nas enzimas)
(↗ lípidos e AA ⇒) CCK	↗
Distensão por peptona do proventrículo, mediada pelo péptido libertador de gastrina (GRP-27)	↗

(Vários autores citados por Denbow, 1999)

Aparelho digestivo

- A **bílis** é essencial à **digestão lipídica**; também intervém na **digestão dos carboidratos**. A partir das 4-8 semanas de vida deteta-se amilase na bílis de galinhas



Aparelho digestivo

- A **bílis** é essencial à **digestão lipídica**; também intervém na **digestão dos carboidratos**. A partir das 4-8 semanas de vida deteta-se amilase na bílis de galinhas
- Baixos níveis hepáticos de glucoroniltransferase e pouca ou nenhuma biliverdina redutase ➔ **secreção de biliverdina elevada em relação à bilirrubina**



Excretas no coprodeu das aves apresentam cor esverdeada típica



Não desenvolvem icterícia como resultado de patologias hepáticas

Aparelho digestivo

- No **intestino delgado** dá-se a absorção de vários nutrientes, por mecanismos passivos e ativos, para além de água

Nutrientes	Local de absorção
Monossacáridos	Duodeno, jejuno e íleo
Aminoácidos	Duodeno, jejuno e íleo
Péptidos	Duodeno, jejuno e íleo
Ácidos gordos	Jejuno e íleo (*)
AGV	Íleo
Eletrólitos	Duodeno, jejuno
Vitaminas	Duodeno, jejuno e íleo

(Vários autores)

(*) AG → Portomicrons → veia porta-hepática

Aparelho digestivo

Intestino grosso

- Relativamente curto, apresenta a função principal de absorver **água e eletrólitos**
- Elimina rapidamente a excreta

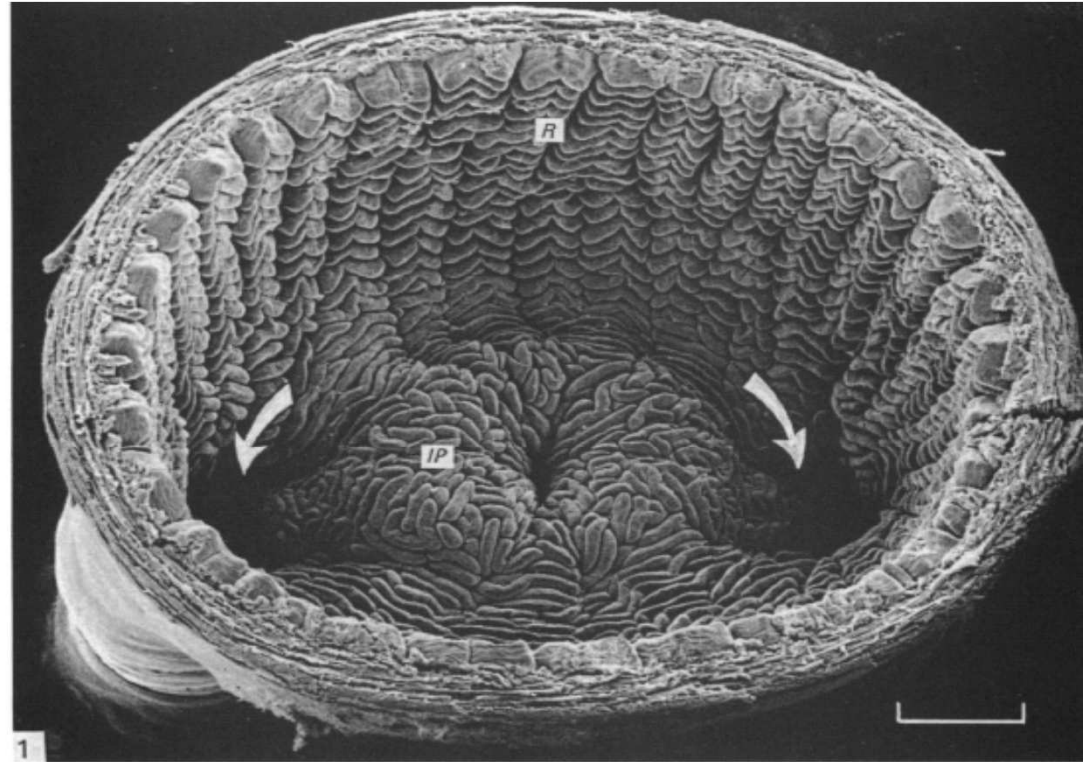


Fig. 1. Scanning electron micrograph of the ileo-caeco-rectal junction of the domestic duck. The junction is formed by the ileal papilla (*IP*) which protrudes caudally into the lumen of the rectum (*R*), the openings of the right and left caeca (arrows) into the rectum lying lateral to the papilla. Scale, 1 mm.

Mahdi & McLelland (1988)

- Entrada de conteúdo intestinal nos cecos ocorre por **movimentos de retropulsão** – partículas alimentares e fração líquida e rica em urina entram nos cecos

Aparelho digestivo

Principais funções dos **cecos**:

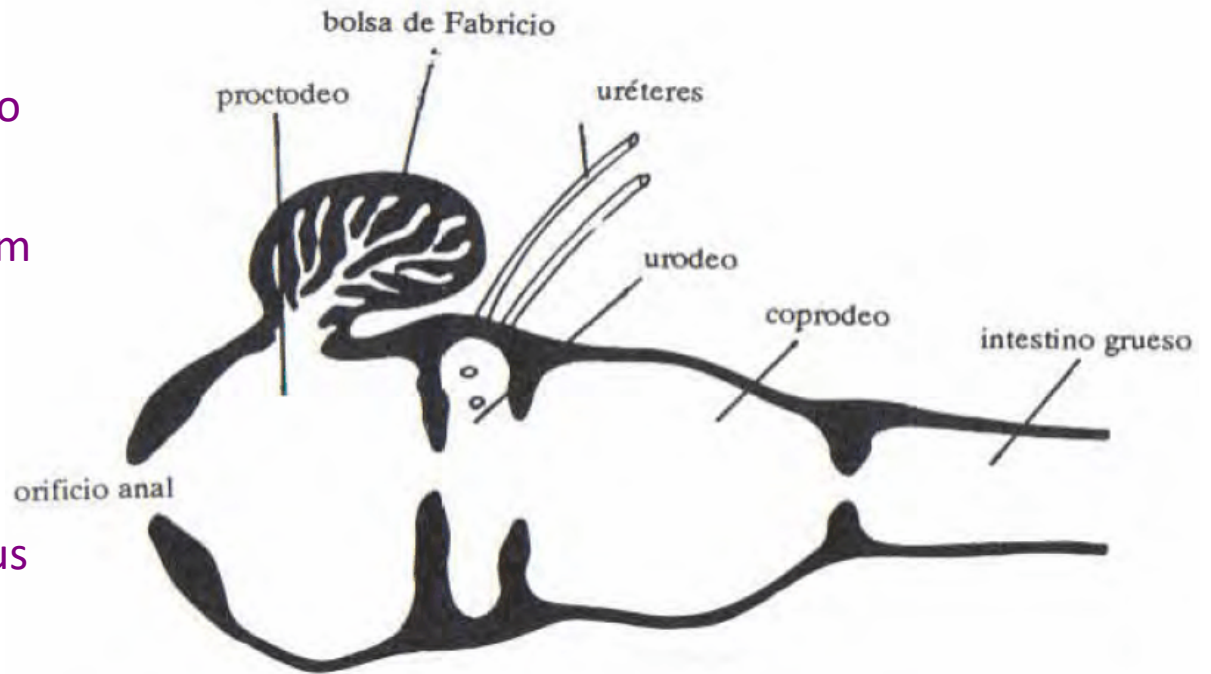
- Absorção de água (bebida e urina) e eletrólitos
- Digestão microbiana de glúcidos estruturais
- Absorção de AGV e AA (alimento e urina) e glucose

Mais importante em aves silvestres que domésticas de produção

Aparelho digestivo

Cloaca

- Porção terminal, comum ao intestino e ao aparelho urogenital, separada do cólon pelo esfíncter da cloaca
- Possui 3 compartimentos:
 - **Coprodeu** – Armazenamento de dejetos
 - **Urodeu** – Onde desembocam ureteres e ductos genitais
 - **Proctodeu** – Conecta com a B. Fabrícus; termina no ânus



Aparelho digestivo

Eficiência funcional digestiva

Dieta

Estrutura e função da barreira gastrointestinal

Interação hospedeiro/microbiota intestinal

Eficiência digestiva e absorptiva

Estado imunitário

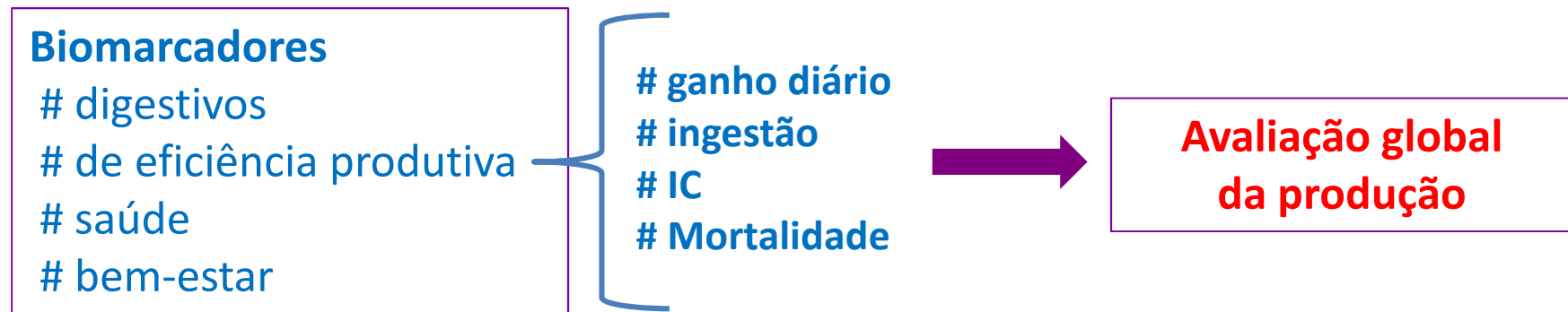
Equilíbrio neuroendócrino intestinal



(Pietro et al. 2019)

Aparelho digestivo

Avaliação da eficiência funcional digestiva



Combinação de alvos e metodologias de detecção

(Pietro et al. 2019; Celi et al. 2017; Gilani et al. 2016; Niewold, 2015)

	A FAVOR	CONDICIONALISMOS
Plumagem	Frio	Calor
Órgãos pesados centrais	Equilíbrio de voo	Calor
Ausência de diafragma	Não compromete a respiração	Progressão celômica de infecções; não tosse
Ausência de dentes	Não compromete a digestão	Granulometria das partículas alimentares na formulação
Pneumaticidade e teor mineral ósseo	Voo, respiração e reserva mineral	Menor resistência mecânica e limitações de administração intraóssea
Aparelho urinário simplificado	Poupança de água; fluxo sanguíneo dirigível	Reabsorção de água, AA, glucose e eletrólitos
Excreção de ácido úrico	Poupança de água	Sem poder osmótico; cc ureia na urina e no sangue
Aparelho digestivo curto	Elevada eficiência digestiva	Dependência dos sucos digestivos; reabsorção de água, AA, glucose, AGV e eletrólitos; peristaltismo
Taxa metabólica elevada	Elevada eficiência metabólica	Elevada exigência nutricional
Omnívoras	Versatilidade digestiva	Qualidade dos alimentos na formulação
Ap. Respiratório: dinâmica ventilatória >volume total >volume tidal <frequência respiratória sem diafragma	Eficiência da hematose e menor gasto energético	Infeções respiratórias e complicações

As aves são dos mais eficientes animais de produção

As aves requerem um manejo de produção altamente cuidado