



UNIVERSIDADE
DE ÉVORA

**FISIOLOGIA DIGESTIVA:
POLIGÁSTRICOS**

Texto de apoio para a Unidade
Curricular de Anatomia e Fisiologia
Animais II - CTA.

(Para uso exclusivo dos alunos)

J. M. Martins

Índice:

FISIOLOGIA DA DIGESTÃO: POLIGÁSTRICOS OU RUMINANTES	1
1. DIGESTÃO MECÂNICA DOS ALIMENTOS	1
2. DIGESTÃO BIOLÓGICA DOS ALIMENTOS	3
3. DIGESTÃO QUÍMICA DOS ALIMENTOS	8
4. DIGESTÃO BIOLÓGICA DOS ALIMENTOS (2º local de digestão)	10
BIBLIOGRAFIA	11

FISIOLOGIA DA DIGESTÃO: POLIGÁSTRICOS OU RUMINANTES

Nos ruminantes, a decomposição dos ALIMENTOS em NUTRIENTES, posteriormente absorvidos ao nível das mucosas do trato digestivo, é feita por três processos complementares:

- 1) PROCESSOS MECÂNICOS;
- 2) PROCESSOS BIOLÓGICOS ou MICROBIANOS;
- 3) PROCESSOS QUÍMICOS ou ENZIMÁTICOS.

1. DIGESTÃO MECÂNICA DOS ALIMENTOS

↳ TRITURAÇÃO

- a) **Mastigação rápida** (70 a 90 movimentos/minuto - bovinos)
(125 a 150 mov/min - ovinos e caprinos)

→ Os alimentos, pouco divididos, acumulam-se no rúmen, juntamente com a água bebida e a saliva.

- b) **Ruminação** (4 a 10 h/dia, em 6 a 8 períodos de 40 a 50 min cada)

- i) ***Regurgitação***★ dum bolo alimentar;
ii) ***Deglutição da porção líquida e expulsão dos gases*** produzidos no processo fermentativo;
iii) ***Remastigação*** do bolo alimentar regurgitado a um ritmo mais lento que o da primeira mastigação (50 a 60 mov/min);
iv) ***Deglutição*** do bolo alimentar remastigado, que regressa ao rúmen.

★ O estímulo inicial para desencadear o processo de regurgitação e de ruminação, é fornecido pela acção dos ALIMENTOS GROSSEIROS AO NÍVEL DA GOTEIRA ESOFÁGICA E DO CÁRDIA.

A RUMINAÇÃO É UM PROCESSO SEMI-REFLEXO/SEMI-VOLUNTÁRIO QUE, PARA SE VERIFICAR, NECESSITA DA ACÇÃO COORDENADA DOS MÚSCULOS LIGADOS AOS MOVIMENTOS RESPIRATÓRIOS, DOS MÚSCULOS ABDOMINAIS, DOS MÚSCULOS DO ESÓFAGO E DOS

MÚSCULOS LIGADOS À MOTRICIDADE DOS COMPARTIMENTOS GÁSTRICOS.

Para que se desencadeie o processo de RUMINAÇÃO:

- ☑ O retículo-rúmen tem de se encontrar **suficientemente cheio**. Se estiver totalmente cheio, a produção e acumulação excessiva de gás vai inibir a ruminação;
- ☑ A dieta deve conter **alimentos grosseiros**;
- ☑ Os alimentos devem encontrar-se num **meio suficientemente líquido**. Uma insalivação fraca inibe a ruminação;
- ☑ Os animais devem encontrar-se em **repouso** e em **bom estado sanitário**.

A duração total dos processos de mastigação (primeira mastigação e ruminação) depende do teor em fibra dos alimentos.

↳ ENSALIVAÇÃO

A secreção de saliva nos ruminantes é **muito desenvolvida e contínua** → 100 a 200 L/dia em bovinos; ~10 L/dia em ovinos.

↓
(1 Kg/h entre as refeições
5 Kg durante a ingestão de alimento
Muito mais durante a ruminação)

PROPRIEDADES E COMPOSIÇÃO DA SALIVA

☞ A saliva dos ruminantes actua como **solução tampão** e não tem enzimas (amilase ou ptialina) como a do Homem e dos suínos

- ◆ Líquido **incolor, inodoro e insípido**;
- ◆ pH entre **8.2 e 8.4**;
- ◆ **99 a 99.5%** de água;
- ◆ **Compostos inorgânicos**: fosfatos de sódio e potássio, bicarbonatos e sais básicos que ajudam a neutralizar os ácidos produzidos pela fermentação ruminal;
- ◆ **Compostos orgânicos**: Elevado conteúdo em ureia (10 a 35 mg/cc), proteínas, mucina

Quando se detecta uma **pequena produção de saliva** durante a ingestão alimentar, nomeadamente durante a ingestão de alimentos pobres em fibra ou muito fraccionados, pode aparecer uma situação patológica, a **meteorização** - acumulação excessiva de gases (CH_4 e CO_2) no rúmen.

↳ **HOMOGENIZAÇÃO RUMINAL**

*Os alimentos, líquidos e sólidos, após a primeira mastigação ou após a ruminação, **caem no rúmen*** onde, através dos movimentos das paredes ruminais, são **homogeneizados com o líquido ruminal**.*

**Reflexo da
goteira esofágica**

**Excepções:*

vitelos até às 4 semanas de vida (leite e água);
bezerros em aleitamento (só o leite);
animal adulto em sede pronunciada;
animal adulto ingerindo soluções salinas.

O tempo de permanência de um alimento grosseiro no rúmen varia: pode ir de cerca de 1.5 dias para uma pastagem jovem a cerca de 5 (ou mais) dias para a palha.

2. DIGESTÃO BIOLÓGICA DOS ALIMENTOS

A digestão biológica ou microbiana é uma característica dos herbívoros (mono e poligástricos) e realiza-se no retículo-rúmen (poligástricos) e no ceco (mono e poligástricos).

Os microorganismos responsáveis pela digestão biológica dos alimentos encontram-se no retículo-rúmen (que não é mais que uma cuba de fermentação) e no ceco (IG).

CARACTERÍSTICAS DO MEIO RUMINAL

- ✓ **temperatura elevada** (39 a 40°C);
- ✓ **meio anaeróbio** (60-70% CO₂ e 25-35% CH₄);
- ✓ **pH relativamente constante** (6 a 7);

↳ Os AGV são neutralizados pelos sais básicos salivares e pelo NH₃ obtido através da digestão microbiana dos compostos azotados.

- ✓ **homogeneização permanente do conteúdo;**
- ✓ **entrada regular de forragens/grosseiros;**
- ✓ **presença da flora e fauna ruminal** em simbiose com o ruminante:

- **Protozoários ciliados** (20 a 200µ)
 - 10⁴ a 10⁶ por mL de líquido ruminal
 - Alimentam-se de bactérias e glúcidos e prótidos alimentares
 - Começam a desaparecer a pH < 5.5
- **Bactérias** (< 1µ)
 - 10¹⁰ a 10¹¹ por mL de líquido ruminal
 - *Prevotella, Fibrobacter, Ruminococcus, Streptococcus, Ruminobacter, Clostridium ...*
 - Produtoras de enzimas amilolíticos, celolíticos, lipolíticos e proteolíticos
 - Bactérias produtoras das vitaminas do grupo B
- **Fungos e leveduras**
 - 10⁶ a 10⁸ por mL de líquido ruminal

PRINCIPAIS ATIVIDADES DOS MICROORGANISMOS RUMINAIS

ATIVIDADE HIDROLÍTICA	Hidrólise dos alimentos com recurso à produção de enzimas amilolíticas, celulolíticas, lipolíticas e proteolíticas ↳ Os produtos finais resultantes desta atividade são principalmente oses (C ₅ e C ₆), amoníaco (NH ₃), ácidos gordos, glicerol e minerais
ATIVIDADE FERMENTATIVA	Atividade realizada no meio anaeróbio ruminal , a partir dos produtos resultantes da hidrólise dos alimentos ↳ Os produtos finais resultantes desta atividade são essencialmente energia (ATP e calor), gases perdidos por eructação e ácidos gordos voláteis (AGV), produtos terminais da fermentação anaeróbia
ATIVIDADE SINTETIZADORA	Desta atividade, resultam a biomassa constituinte dos microorganismos , os seus poli-holósidos de reserva (o "amido" dos microorganismos) e vitaminas do grupo B .

Nos ruminantes, a digestão biológica ou microbiana realiza-se primeiramente no retículo-rúmen, através da atividade das enzimas dos microorganismos ruminais.

		GLÚCIDOS	LÍPIDOS	SUBST. AZOTADAS	Substâncias absorvidas
Retículo-rúmen	Enzimas microbianas celulases e hemicelulases amilases e oligoglucosidases sacarases, lactases e maltases lipases e fosfolipases proteínases, polipeptidases e peptidases	<p><i>GLÚCIDOS SOLÚVEIS</i> <i>AMIDO</i> <i>CELULOSE e</i> <i>HEMICELULOSES</i></p> <p>↓</p> <p>Algumas celuloses e hemiceluloses Algumas hexoses, dextrina e amido</p> <p><i>Ácidos gordos voláteis (AGV)</i> +</p> <p>Energia e gases</p>	<p><i>TRIACILGLICERÓIS</i></p> <p>↓</p> <p>Monoacilgliceróis, ácidos gordos (AG) e glicerol</p> <p>↓</p> <p>Biomassa microbiana</p> <p><i>FOSFOLÍPIDOS</i></p> <p>↓</p> <p>Glicero-fosfato Colina</p> <p>↓</p> <p>Biomassa microbiana</p>	<p><i>PROTEÍNAS</i> <i>POLIPEPTÍDEOS</i> <i>SUBST. AZOTADAS NÃO PROTÍDICAS</i></p> <p>↓</p> <p>AMINOÁCIDOS (Aa)</p> <p>↓</p> <p>Amoníaco (NH₃)</p> <p>↓</p> <p>Aa microbianos</p> <p>↓</p> <p>Biomassa microbiana</p>	<p><i>H₂O</i></p> <p><i>Iões (Na⁺, K⁺, Cl⁻...)</i></p> <p><i>Pequenas quantidades de glucose</i></p> <p><i>AGV</i></p> <p><i>NH₃ em excesso</i></p>

A **simbiose ruminante - microorganismos** permite ao animal:

- ⇒ **Utilizar os AGV** (ácido acético, ácido propiónico e ácido butírico) absorvidos no rúmen, como **substrato energético**;
- ⇒ **Beneficiar da síntese das vitaminas do grupo B**;
- ⇒ **Digerir a biomassa microbiana**, rica em proteína e veiculando praticamente todos os aminoácidos essenciais ao organismo animal.

 Toda a modificação alimentar brusca altera o ambiente ruminal, afetando assim as condições de vida dos microorganismos. Isto pode repercutir-se na sua capacidade de sobrevivência e portanto, na saúde do ruminante, com o qual estes microorganismos se encontram em simbiose;

 Assim, **toda a mudança de regime alimentar nos ruminantes deve ser progressiva.**

3. DIGESTÃO QUÍMICA DOS ALIMENTOS

A digestão química ou enzimática dos alimentos realiza-se em meio gástrico (nos ruminantes, no abomaso, um meio ácido) e em meio intestinal (meio alcalino).

• DIGESTÃO GÁSTRICA

		GLÚCIDOS	LÍPIDOS	SUBST. AZOTADAS	Substâncias absorvidas ^①
Abomaso	Suco gástrico [lipase gástrica] HCl* pepsinogénio* → pepsina (renina → coagulação leite) muco, H ₂ O, aniões, catiões	Algum amido alimentar não digerido pelos microrganismos (Mo) GLÚCIDOS MICROBIANOS	COLESTEROL Triacilgliceróis Fosfolípidos LÍPIDOS MICROBIANOS	Polipeptídeos alimentares não digeridos pelos Mo PROTEÍNA MICROBIANA	AGV não absorvidos no rúmen (10 a 30%) H ₂ O

① Substâncias absorvidas ao nível da mucosa do omaso e abomaso.

• DIGESTÃO INTESTINAL ^(a)

		GLÚCIDOS	LÍPIDOS	SUBS. AZOTADAS	Bílis Sais biliares Colesterol Iões bicarbonato
Intestino delgado	Suco pancreático α-amilase pancreática oligoglucosidase e maltase lipase pancreática α e β-fosfolipases tripsinogénio ^(*1) → tripsina ^(*2) ↓ quimotripsinogénio ^(*2) → quimotripsina pró-carboxipeptidases ^(*2) → carboxipeptidases desoxiribo e ribonucleases bicarbonato de sódio	Algum Amido (e glicogénio) <i>Dextrinas</i> <i>Sacarose, lactose e maltose</i> Glucose ↓ <i>Algumas dextrinas</i> <i>Sacarose, lactose e maltose</i> Glucose ↓ <i>Glucose, galactose, frutose e manose</i> <i>Xilose</i>	<i>Triacilgliceróis</i> ↓ <i>Monoacilgliceróis</i> AG e glicerol <i>Triacilgliceróis</i> <i>Fosfolípidos</i> ↓ <i>Glicero-fosfato</i> <i>Colina</i> Colesterol <i>AG cadeia curta</i> Lípidos de origem microbiana	<i>Proteínas</i> <i>Polipeptídeos</i> ↓ <i>Peptídeos</i> ↓ <i>Dipeptídeos</i> ↓ Aminoácidos Proteínas e peptídeos de origem microbiana	Substâncias absorvidas <i>Glucose</i> <i>Frutose</i> <i>Galactose</i> <i>Manose</i> <i>Xilose</i> <i>Triacilgliceróis</i> <i>Acilgliceróis...</i> <i>Ác. gordos</i> <i>Aminoácidos</i> <i>H₂O e minerais</i> <i>Vitaminas</i>
	Suco entérico ou intestinal α-dextrinase sacarase, lactase e maltase colesterol esterase α e β-fosfolipases pró-amino e pró-carboxipeptidases ^(*2) → amino e carboxipeptidases pró-dipeptidases ^(*2) → dipeptidases enteroquinase ^(*1) ↑ muco, água, sais minerais...	Glúcidos de origem microbiana	Lípidos de origem microbiana		

^(a) Nos ruminantes lactantes, a produção de sucos digestivos do ID só se inicia 24 a 65 horas após o seu nascimento.

4. DIGESTÃO BIOLÓGICA DOS ALIMENTOS (2º local de digestão)

Nos ruminantes, a digestão biológica ou microbiana também se realiza no intestino grosso, mais precisamente no ceco, através da atividade das enzimas dos microorganismos cecais.

		GLÚCIDOS	LÍPIDOS	SUBST. AZOTADAS	Substâncias absorvidas
Intestino grosso	Enzimas microbianas celulases e hemicelulases amilases e oligoglucosidases sacarases, lactases e maltases lipases e fosfolipases proteinasas, polipeptidasas e peptidasas	<p>Algum amido (e dextrinas)* Alguma sacarose, lactose, maltose e glucose* <i>Celulose* e hemiceluloses*</i></p> <p>↓</p> <p>Algumas celulosas e hemiceluloses Algumas hexoses</p> <p>Ácidos gordos voláteis + Energia e gases</p>	<p>Alguns triacilgliceróis*</p> <p>↓</p> <p>Monoacilgliceróis, AG e glicerol</p> <p>↓</p> <p>Biomassa microbiana</p> <p>Alguns fosfolípidos*</p> <p>↓</p> <p>Glicero-fosfato Colina</p> <p>↓</p> <p>Biomassa microbiana</p>	<p>Algumas proteínas* e polipeptídeos* Substâncias azotadas não protídicas*</p> <p>↓</p> <p>Aminoácidos</p> <p>↓</p> <p>Amoníaco (NH₃)</p> <p>↓</p> <p>Aa microbianos</p> <p>↓</p> <p>Biomassa microbiana</p>	<p><i>H₂O</i></p> <p><i>Iões (Na⁺, K⁺, Cl⁻...)</i></p> <p><i>Minerais</i></p> <p><i>Pequenas quantidades de glucose</i></p> <p><i>AGV</i></p>
	<p>↓</p> <p>FORMAÇÃO DAS FEZES</p>				

*Estes nutrientes escaparam, em maior ou menor quantidade, ao ataque realizado pelas enzimas dos microorganismos ruminais e do animal nas porções anteriores do tubo digestivo; são esses “restos” da digestão biológica e química que são atacados pelas enzimas microbianas no ceco, além dos glúcidos estruturais ou parietais e das substâncias azotadas não protídicas que escaparam à digestão biológica ruminal.

BIBLIOGRAFIA:

- Frandsen, R.D.; T.L. Spurgeon (1995). *Anatomia y Fisiología de los Animales Domésticos*. Interamericana – McGraw-Hill (5ª edición), México.
- Reece, W.O. (2005). *Functional anatomy and physiology of domestic animals*. Lippincott, Williams & Wilkins (3rd edition), USA.
- Soltner, D. (1978). *Alimentation des animaux domestiques*. Sciences et Techniques Agricoles (12^e édition), Angers.
- Swenson, M.J.; W.O. Reece (1993). *Duke's Fisiologia dos animais domésticos*. Guanabara Koogan S.A. (11ª Edição), Rio de Janeiro.
- Van Wynsberghe, D.; C.R. Noback; R. Carola (1995). *Human Anatomy and Physiology*. McGraw-Hill, Inc. (3rd. edition), New York.