



2ª edição revista e ampliada

APOSTILA APLICADA À NUTRIÇÃO DE NÃO RUMINANTES



EMANUEL ISAQUE CORDEIRO DA SILVA
MARIA DO CARMO M. MARQUES LUDKE
THAYSA RODRIGUES TORRES
JULIO CEZAR DOS SANTOS NASCIMENTO

APOSTILA APLICADA À NUTRIÇÃO DE NÃO RUMINANTES

2ª edição revista e ampliada





Profa. Dra. Maria José de Sena
Reitora da UFRPE

Profa. Dra. Maria do Socorro de Lima Oliveira
Vice-Reitora

Antão Marcelo Freitas Athayde Cavalcanti
Diretor da Editora da UFRPE

José Abmael de Araújo
Coordenador Administrativo da Editora da UFRPE

Josuel Pereira de Souza
Chefe de produção gráfica da Editora da UFRPE

Diagramação
Victor Sandes de Meneses

Autores

Emanuel Isaque Cordeiro
Maria do Carmo Mohaupt Marques Ludke
Thaysa Rodrigues Torres.



Editora Universitária da UFRPE
Endereço: Av. Dom Manoel de Medeiros, s/n,
Bairro Dois Irmãos CEP: 52171-900 - Recife/PE

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP)
Sistema Integrado de Bibliotecas da UFRPE
Nome da Biblioteca, Cidade-PE, Brasil

A645

Apostila aplicada à nutrição de não ruminantes / Emanuel Isaque Cordeiro da Silva... [et al.]. – 2. ed. rev. ampl. – Recife : EDUFRPE, 2023. 198 p.: il.

Inclui bibliografia.

ISBN (FÍSICO) 978-85-7946-370-9

ISBN (DIGITAL) 978-85-7946-368-6

1. Fisiologia veterinária 2. Digestão animal 3. Absorção (Fisiologia) 4. Absorção intestinal 5. Rações 6. Água – Qualidade 7. Alimentos – Aditivos I. Silva, Emanuel Isaque Cordeiro da.

CDD 636.0852

EMANUEL ISAQUE CORDEIRO DA SILVA

Graduando em Zootecnia - UFRPE

MARIA DO CARMO MOHAUPT MARQUES LUDKE

Professora - UFRPE

THAYSA RODRIGUES TORRES

Professora - UFRPE

JULIO CEZAR DOS SANTOS NASCIMENTO

Professor - UFRPE

SUMÁRIO

1. Fisiologia da Digestão de Não Ruminantes.....	10
1.3 Particularidades na fisiologia digestiva de equinos.....	19
1.4 Particularidades na fisiologia digestiva de coelhos.....	20
1.5 Particularidades na fisiologia digestiva de aves.....	21
1.6 Particularidades na fisiologia digestiva de suínos.....	22
1.7 Particularidades na fisiologia digestiva de peixes.....	23
1.8 Particularidades na fisiologia digestiva de cães e gatos.....	24
2.5 Restrição de água.....	34
2.6 Qualidade da água.....	35
2.6.1 Critérios de avaliação.....	35
3. Carboidratos.....	38
3.1 Classificação.....	39
3.2 Digestão e absorção.....	40
3.3 Destinos metabólicos.....	43
3.4 Fibra.....	44
4. Lipídios.....	49
4.1 Funções dos Lipídios.....	49
4.2 Ácidos graxos essenciais.....	50
4.3 Digestão.....	53
4.4 Teores de lipídios em rações comerciais de animais não ruminantes.....	54
4.4.1 Ração para cães.....	55
4.4.2 Rações para gatos.....	55
4.4.3 Rações para frangos de corte.....	56
4.4.4 Rações para suínos.....	56
4.4.5 Rações para equinos.....	57
5. Energia.....	59
5.1 Conceito.....	59
5.2 Partição da energia.....	60
5.3 Importância da energia nas rações.....	60
5.4 O incremento calórico (IC).....	61
5.5 Aplicações práticas.....	62
5.5.1 Estimando energia para cães.....	62
5.5.2 Estimando composição energética de alimento para gatos.....	63
5.5.3 Digestibilidade da energia para não ruminantes.....	63
6. Proteínas.....	68
6.1. Conceito e classificação.....	68

6.2. Aminoácido limitante.....	70
6.3. Utilização de aminoácidos sintéticos.....	73
6.4. Desequilíbrio de aminoácidos.....	74
6.5. Proteína verdadeira e proteína bruta.....	75
6.6. Funções e qualidade das proteínas.....	75
6.7. Digestão e absorção e metabolismo.....	76
6.8. Digestibilidade e biodisponibilidade (proteínas e aminoácidos).....	79
6.9. Maneiras de adequar os níveis de aminoácidos na dieta.....	79
6.10. Proteína nas diferentes espécies de não-ruminantes.....	80
6.11. Aplicações práticas.....	83
7. Vitaminas.....	89
7.1. Conceito e classificação.....	89
7.2. Suplementação vitamínica.....	93
7.3. Premix de vitaminas.....	93
7.4. Vitaminas hidrossolúveis.....	94
7.4.1 Vitamina B1 (Tiamina).....	94
7.4.2 Vitamina B2 (Riboflavina).....	97
7.4.3 Vitamina B6 (Piridoxina).....	98
7.4.4 Vitamina B12 (Cobalamina).....	98
7.4.5 Vitamina B5 (Niacina).....	99
7.4.6 Vitamina H (Biotina).....	100
7.4.7 Ácido pantotênico.....	100
7.4.8 Ácido fólico.....	101
7.4.9 Colina.....	102
7.4.10 Vitamina C (Ácido ascórbico).....	103
7.5. Vitaminas lipossolúveis.....	103
7.5.1 Vitamina A.....	103
7.5.2 Vitamina D.....	105
7.5.3 Vitamina E.....	108
7.5.4 Vitamina K.....	111
7.6. Resumão sobre vitaminas.....	112
7.7. Fontes comerciais de vitaminas.....	114
8. Minerais.....	116
8.1. Minerais essenciais.....	116
8.2. Macrominerais.....	117
8.2.1 Cálcio e Fósforo.....	117
8.2.2 Magnésio.....	119
8.2.3 Sódio, Potássio e Cloro.....	121
8.2.4 Enxofre.....	122
8.3. Microminerais.....	122

8.3.1	<i>Ferro</i>	122
8.3.2	<i>Cobre</i>	124
8.3.3	<i>Manganês</i>	124
8.3.4	<i>Zinco</i>	125
8.3.5	<i>Selênio</i>	126
8.3.6	<i>Iodo</i>	126
9.	Aditivos	129
9.1.	Conceitos e definições.....	129
9.2.	Aditivos que aumentam a ingestão de alimentos.....	131
9.2.1	<i>Aglutinantes</i>	131
9.2.2	<i>Aromatizantes e flavorizantes</i>	131
9.3.	Aditivos que melhoram a digestão dos alimentos.....	131
9.3.1	<i>Acidificantes</i>	131
9.3.2	<i>Enzimas</i>	132
9.3.3	<i>Antibióticos</i>	134
9.3.4	<i>Arsenicais</i>	135
9.3.5	<i>Fungicidas</i>	135
9.3.6	<i>Probióticos</i>	135
9.3.7	<i>Prebióticos</i>	138
9.3.8	<i>Agentes anticoccidianos</i>	138
9.3.9	<i>Antioxidantes</i>	138
9.4	Agentes que alteram o aspecto do produto.....	138
9.5	Hormônios.....	138
10.	Exigências nutricionais e estratégias de manejo alimentar	141
10.1	Introdução.....	141
10.2	Fatores de variação nas exigências.....	141
10.2.1	<i>Idade</i>	141
10.2.2	<i>Espécie</i>	142
10.2.3	<i>Genética</i>	143
10.2.4	<i>Estado fisiológico</i>	143
10.2.5	<i>Sexo</i>	144
10.2.6	<i>Temperatura ambiente</i>	145
10.3	Métodos para determinação das exigências.....	145
10.4	Estratégias de manejo nutricional.....	146
10.4.1	<i>Muda forçada em aves</i>	146
10.4.2	<i>Flushing para fêmeas suínas</i>	148
11.	Formulação de premix vitamínico e mineral	150
11.1	Introdução.....	150
11.2	Formulação de premix vitamínico.....	150
11.3	Formulação de premix mineral.....	156

12. Formulação de ração	161
12.1 Introdução	161
12.2 Processamento e forma física da ração	161
12.2.1 <i>Processo de peletização</i>	161
12.2.2 <i>Processo de extrusão</i>	162
12.3 Métodos de formulação de ração	164
12.3.1 <i>Tentativa e erro</i>	165
12.3.2 <i>Quadrado de Pearson</i>	166
12.3.3 <i>Equações algébricas</i>	167
12.3.4 <i>Programação linear</i>	169
12.4 Formulação de ração para galinhas poedeiras.....	172
12.5 Formulação de ração para suínos	177
13. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	180

Capítulo 1

FISIOLOGIA DA DIGESTÃO DE NÃO RUMINANTES

1. Fisiologia da Digestão de Não Ruminantes

Primeiramente, precisamos definir ou relembrar alguns conceitos pertinentes à nutrição animal e que farão parte da vida acadêmica e/ou profissional.

➤ **Alimento:** é qualquer produto ou subproduto, natural ou artificial que possa fazer parte de uma dieta devido a alguma propriedade nutritiva. Em outras palavras, é todo material, que após ser ingerido, será digerido, absorvido e utilizado pelo animal.

➤ **Alimentação:** estuda os padrões nutritivos do alimento que será ofertado ao animal (que irá ocorrer digestão, absorção, metabolismo etc.). Consiste na ingestão ou administração de alimento ao animal. Por exemplo, o ato de fornecimento de ração no comedouro de frangos de corte ou de suínos ao qual os animais terão acesso para ingestão dessa ração.

➤ **Nutriente:** é qualquer constituinte alimentar que entra no metabolismo celular e concorre para a vida do organismo. Em miúdos, são todas as substâncias orgânicas (proteínas, lipídeos, carboidratos e vitaminas) e inorgânicas (sais minerais e água) que participam diretamente dos processos metabólicos.

➤ **Nutrição:** é a utilização adequada dos princípios nutritivos para a satisfação das necessidades animais. É o mecanismo pelo qual os animais recebem e utilizam os nutrientes necessários para manutenção, produção, gestação, lactação etc.

Na figura 1, podemos observar como a nutrição é dividida.

A alimentação representa o aporte mais importante de substratos aos metabolismos dos animais. Surgindo a necessidade de um estudo detalhado.

Os não ruminantes sofrem duas digestões: GÁSTRICA e INTESTINAL.

A maior parte da absorção é feita no intestino delgado, e no intestino grosso ocorre a ação de microrganismos fermentadores de fibra. Esses animais sofrem primeiramente uma digestão enzimática e posteriormente uma digestão aloenzimática.



Figura 1.1: Representação da divisão da nutrição.

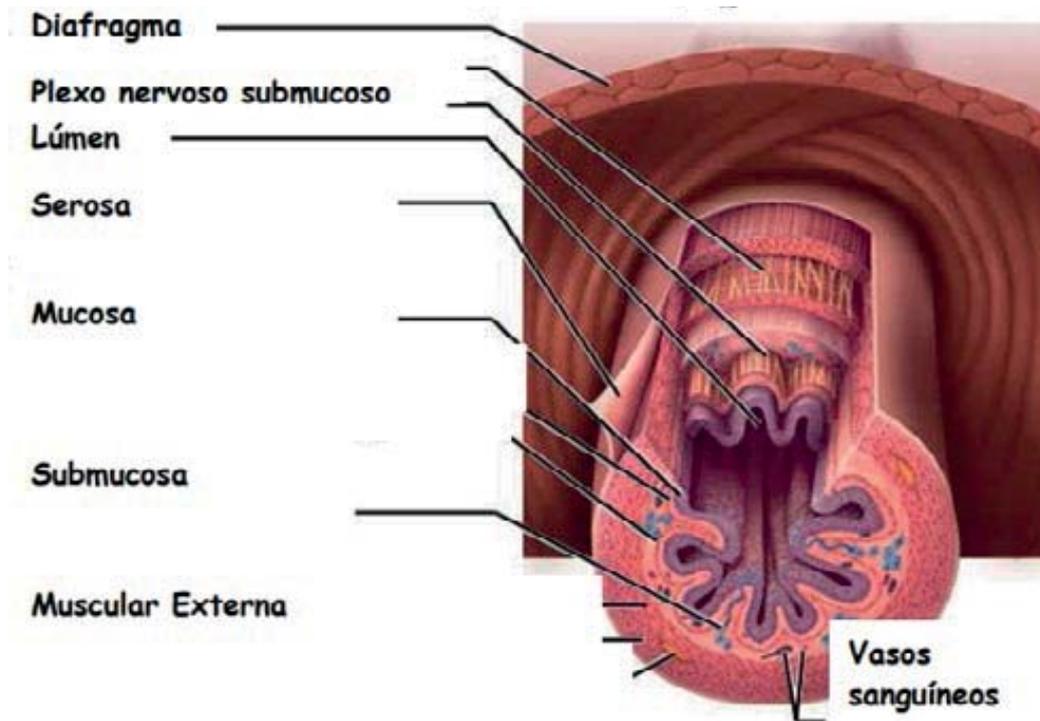


Figura 1.2: O tubo digestivo e suas principais estruturas. Anatomia do esôfago. **Fonte:** SALADIN, 2023. p. 1250.

Os não ruminantes possuem algumas características nutricionais importantes, tais como:

- Baixa capacidade de armazenamento;
- Taxa de passagem relativamente rápida;
- Baixa capacidade de digerir materiais fibrosos;
- Pequena capacidade de síntese gastrointestinal;
- Aproveitam mais eficientemente os alimentos concentrados.

A digestão é um processo que compreende todas as mudanças físicas e químicas que experimentam os alimentos antes de serem absorvidos nos intestinos, incluindo desde o preparo do alimento na boca, deglutição, maceração, trituração na moela (aves) e a ação das enzimas digestivas presentes na saliva, estômago, intestinos e bactérias. Esses processos têm o intuito de reduzir os nutrientes quimicamente complexos (carboidratos, gorduras e proteínas) a pequenas unidades (açúcares simples, ácidos graxos e aminoácidos) que podem ser absorvidos através da parede intestinal.

Sabe-se que os não ruminantes são animais que possuem um compartimento simples para a digestão gástrica, e que na maioria das vezes utilizam alimentos fibrosos pouco eficientemente, enquanto que os herbívoros podem utilizá-los bem melhor, devido ao maior

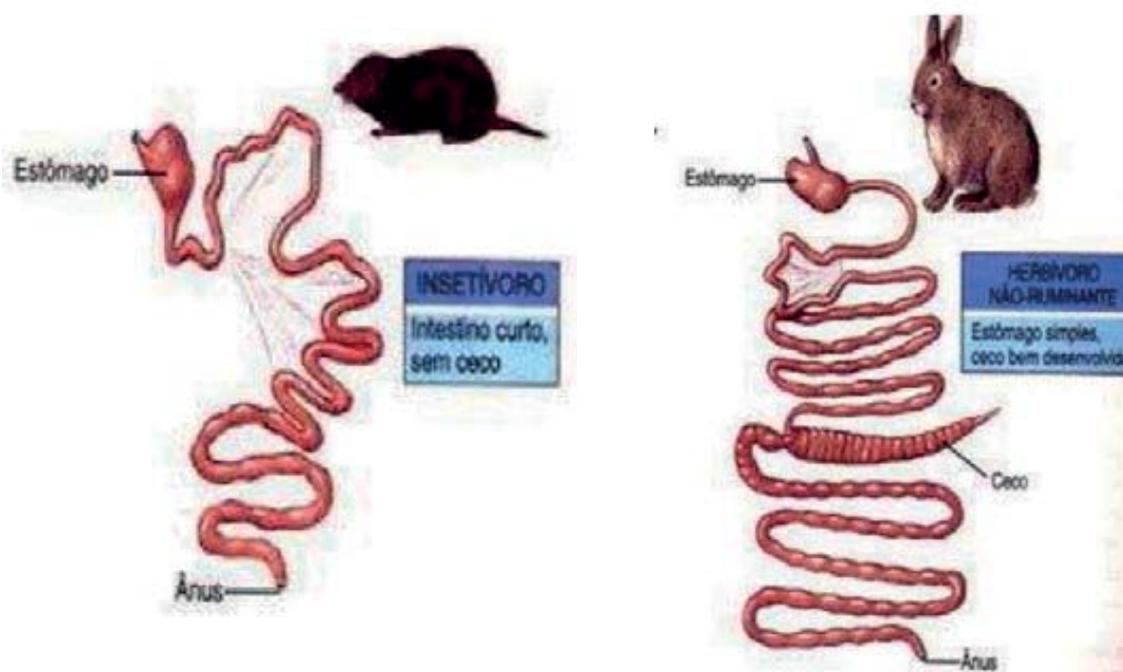
consumo de alimento por peso metabólico ($PV^{0,75}$), fermentações microbianas e estratégias alimentares, na qual se inclui a cecotrofia em coelhos.

1.1 Fisiologia comparada

As aves e suínos em relação aos ruminantes possuem uma reduzida capacidade de armazenamento, o que faz com que sua frequência alimentar seja maior. Visto que estes animais possuem uma pequena capacidade de síntese de nutrientes, os mesmos devem estar em quantidades suficientes nas rações para o bom desempenho animal.

Um aspecto importante a ser visto nas dietas de aves e suínos é sobre a produção de algumas vitaminas, enquanto os animais ruminantes necessitam de do elemento cobalto para síntese de vitamina B12 no rúmen, as aves e os suínos necessitam da própria vitamina na dieta; também necessitam de aminoácidos essenciais na dieta enquanto que para os ruminantes, o fornecimento de nitrogênio e carbono, supre as exigências destes aminoácidos através da biossíntese ruminal.

Quanto ao aproveitamento energético destes animais, os ruminantes são menos eficientes do que as aves e os suínos; enquanto os monogástricos aproveitam de 25-75% os ruminantes aproveitam de 10-35%. Isso é devido à manutenção da população microbiana no rúmen, a produção de calor e gases, e muitos processos de degradação da síntese, contribuem para reduzir a eficiência dos ruminantes. Na tabela 1.1, encontra-se uma comparação do aparelho digestivo de algumas espécies animais.



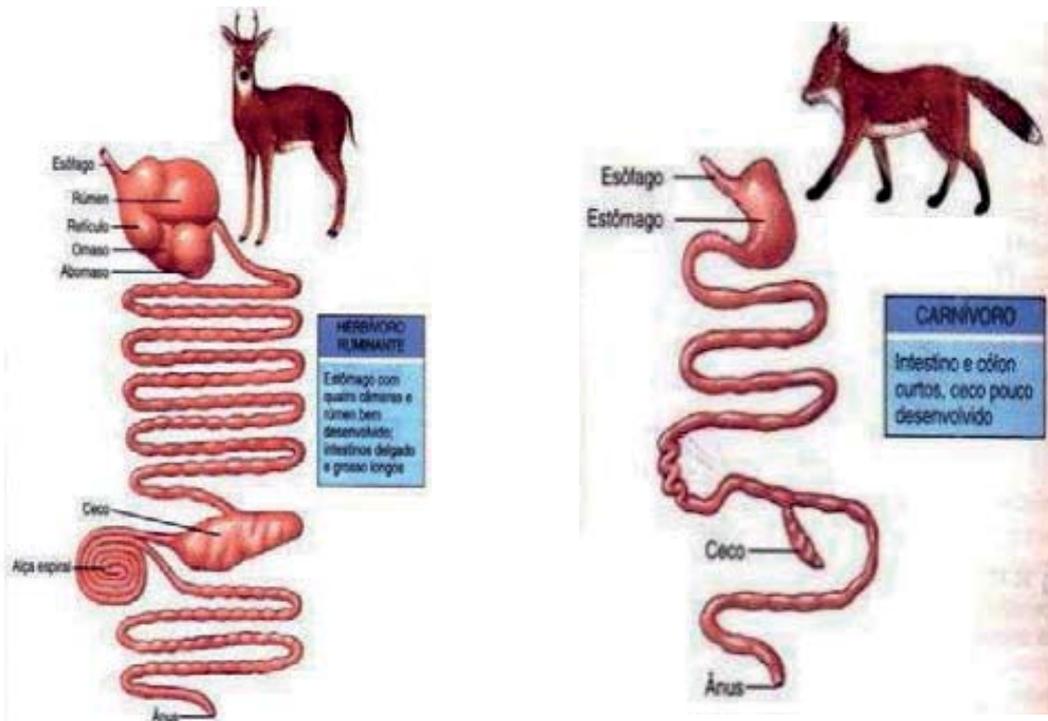


Figura 1.3: Aparelho digestivo de mamíferos mostrando as diferentes morfologias associadas a dietas diferentes. **Fonte:** Disponível em: <http://www.dbi.uem.br/Aula%208%20mamiferos.pdf>.

Tabela 1.1: Capacidade (em volume) das diferentes partes do aparelho digestório das principais espécies domésticas

Espécie	Parte do TGI	Capacidade Relativa (%)	Capacidade Absoluta (l)
Equinos	Estômago	8,5	17,96
	Intestino Delgado	30,2	63,82
	Ceco	15,9	33,54
	Grande Cólon	38,4	81,25
	Pequeno Cólon	7,0	14,77
	Total	100,0	211,34
Bovinos	Estômagos	70,8	252,50
	Intestino Delgado	18,5	66,00
	Ceco	2,8	9,90
	Cólon e Reto	7,9	28,00
	Total	100,0	356,40
Ovino e Caprinos	Rúmen	52,9	23,40
	Reticulo	4,5	2,00
	Omaso	2,0	0,90
	Abomaso	7,5	3,30
	Intestino Delgado	20,4	9,00
	Ceco	2,3	1,00
Cólon e Reto	10,4	4,60	
Total	100,0	44,20	
Suínos	Estômago	34,3	8,00
	Intestino Delgado	39,4	9,20
	Ceco	6,6	1,55
	Cólon e Reto	19,7	4,60
	Total	100,0	23,35
Aves	Papo ou Inglúvio	52,72	126 g
	Moela	5,86	14 g
	Intestinos	41,42	99 g
	Total	100,00	239 g

Fonte: ANDRIGUETTO *et al.*, 2002.

1.2 Funções do aparelho digestivo

A digestão é um processo complexo que envolve a ação de uma série de fatores responsáveis pelo funcionamento normal do trato gastrointestinal, que são:

a) Fatores mecânicos: apreensão, mastigação, deglutição, motilidade gástrica e intestinal, e defecação.

b) Fatores secretórios: corresponde à atividade das glândulas digestivas (salivares, gástricas, intestinais, pancreas e fígado).

c) Fatores químicos: atividade de enzimas, ácidos e substâncias tamponantes (bicarbonatos, fosfatos, sais biliares etc.).

d) Fatores microbiológicos: processos fermentativos.

e) Fatores hormonais: hormônios produzidos nas diversas seções do trato gastrointestinal que controlam todo o processo digestivo.

O sistema digestivo é composto por:

➤ **Boca e órgãos anexos**: Relacionado com a apreensão, mastigação, deglutição e sentido de gosto.

a) Lábios – apreensão.

b) Dentes - Relacionado com apreensão e mastigação (nos onívoros são adaptados para morder os alimentos e macerar, enquanto que nos carnívoros servem para arrancar e rasgar; já nos herbívoros estão adaptados para cortar e moer as plantas, enquanto que nos roedores os incisivos crescem durante toda a vida, adaptados para o desgaste provocado por roer materiais duros).

c) Língua - relacionada com apreensão, mistura e deglutição. Nela se encontram as papilas gustativas, responsáveis pelo paladar, podendo diferir quanto ao número e sensibilidade nas diversas espécies animais.

d) Glândulas salivares - Secretam a saliva, que por sua vez apresenta os seguintes componentes: água, mucina (lubrificante), íons bicarbonato (tamponantes auxiliares do pH estomacal), enzimas (amilase salivar – *a-amilase*, que inicia a digestão dos carboidratos e, lisozima, que ataca as bactérias).

➤ **Esôfago**: Tubo muscular que transporta a ingesta da boca para o estômago, por ondas peristálticas.

➤ **Estômago**: Estoca por algum tempo e mistura os alimentos, além de secretar o suco gástrico (água, ácido clorídrico e pepsinogênio - transforma-se em pepsina em pH ácido)

- A produção do suco gástrico inicia-se com a presença de alimentos no estômago.
- O material que sofreu ação do suco gástrico e que deixa o estômago é denominado quimo.
- **Intestino delgado:** Dividido em duodeno, jejuno e íleo, está relacionado com digestão e absorção ativa dos nutrientes. A parede é revestida por inúmeras vilosidades, que aumentam enormemente a superfície de absorção.
- **Intestino grosso:** Divide-se em ceco, cólon e reto. O tamanho destas porções varia consideravelmente nas diversas espécies. Em conjunto tem como funções a reabsorção de água, secreção de alguns minerais (ex. - cálcio), reservatório de alimentos não digeridos no intestino delgado, câmara de fermentação microbiana e formação e expulsão do bolo fecal.

No processo de digestão, o alimento entra pela boca ou bico e é conduzido por todo trato gastrointestinal sofrendo ação de enzimas e hormônios, até a formação das fezes, conforme o resumo ilustrado na Figura 1.4.

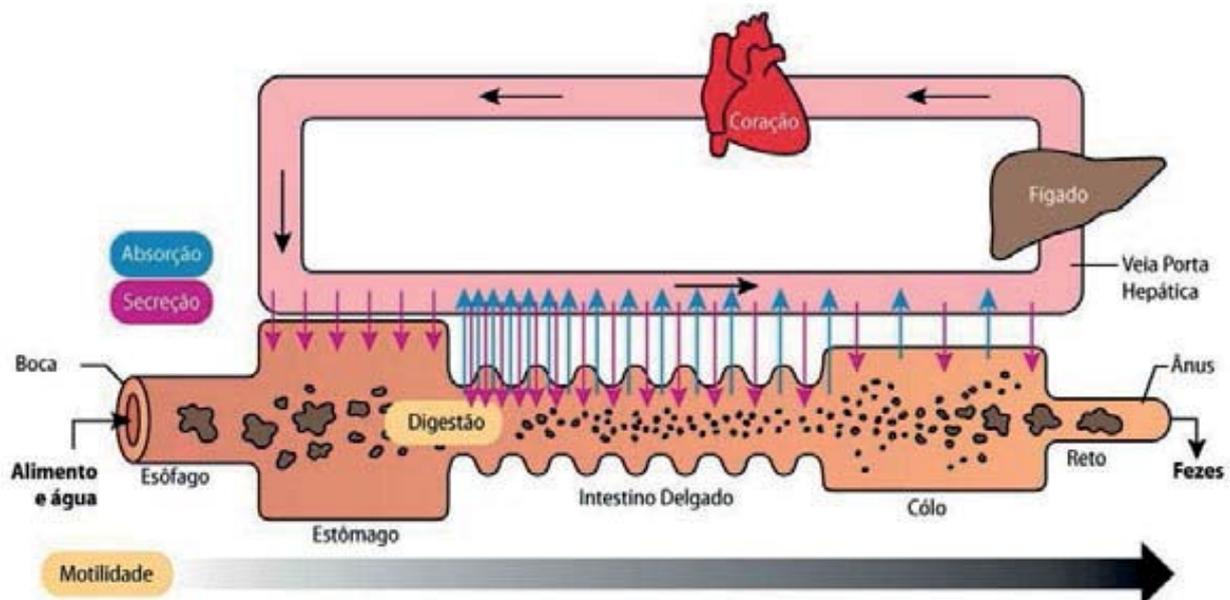


Figura 1.4: Trajeto das grandes funções do sistema digestivo: motilidade, digestão, secreção, absorção e excreção. **Fonte:** Slideplayer.com.br/sistemadigestivo.

Digestão na boca

- Principalmente mecânica, devido aos movimentos mastigatórios. Em algumas espécies como aves (ausência de dentes) e cães (rápida deglutição) não têm importância. A α -amilase presente na saliva começa a digestão enzimática (ausentes no cavalo, cão e gato). Esta enzima hidrolisa as ligações α 1-4 dos polissacarídeos (amido, glicogênio etc.).

Digestão no estômago

- O estômago secreta o suco gástrico, constituído de água, sais inorgânicos, muco, pepsinogênio, lipase, quimosina (renina) e ácido clorídrico a 0,1N. Inicialmente a presença do alimento seria o estímulo para a secreção do suco gástrico. A concentração de HCl varia conforme a dieta. Este último ativaria o pepsinogênio transformando-o na enzima proteolítica pepsina, que ataca ligações peptídicas.

- A quimosina tem ação coaguladora do leite (importante em filhotes).
- A lipase estomacal, se comparada à pancreática, tem pouca importância na digestão das gorduras.

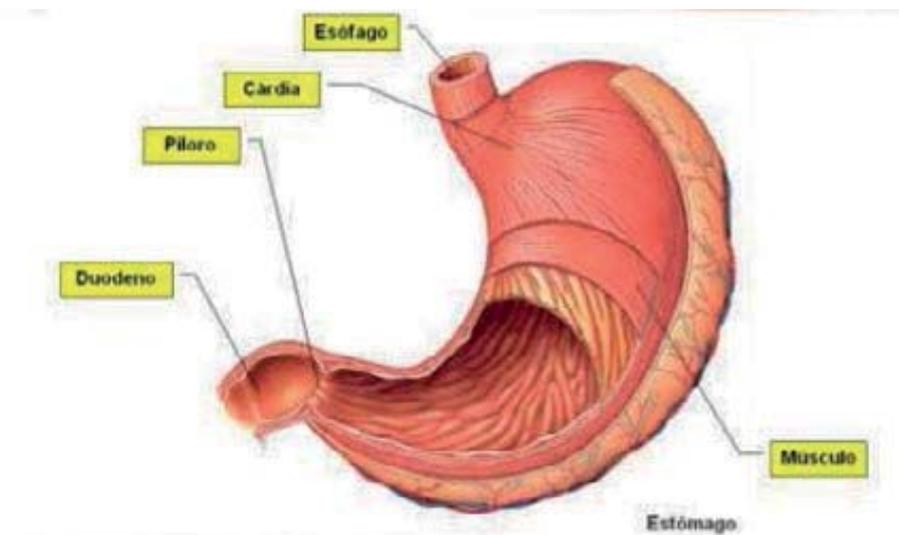


Figura 1.5: Regiões do estômago.

Digestão no intestino delgado

A digestão no intestino delgado é basicamente enzimática. Quatro secreções estão presentes neste local: suco duodenal, bile, suco pancreático e suco entérico.

- O *suco duodenal* é produzido pelas glândulas de Brunner, constituído por uma secreção alcalina que tem por função lubrificar e proteger a mucosa duodenal contra o HCl proveniente do estômago.

- A *bile* é secretada pelos hepatócitos, composta principalmente de ácidos biliares e pigmentos. Os ácidos biliares tem como função emulsificar os lipídeos, facilitando a ação da lipase. Os sais biliares também têm como função a ativação da lipase pancreática. Os pigmentos biliares (bilirrubina na maioria dos mamíferos) não tem função digestiva e dão cor às fezes dos monogástricos.

• O *suco pancreático* é secretado no pâncreas e desemboca no duodeno pelo ducto pancreático. O pH ácido do duodeno (pela entrada do quimo) estimula a produção de secretina, um hormônio da mucosa intestinal. Esta, por sua vez, estimula o pâncreas a produzir uma substância rica em íons bicarbonatos e pobre em enzimas. Já os peptídeos e alimentos ingeridos, presentes na luz duodenal estimulam a secreção de pancreozimina (hormônio) que, por sua vez, estimula o pâncreas a secretar zimogênios (precursores enzimáticos) e enzimas. As seguintes enzimas são secretadas pelo pâncreas:

• *Amilase pancreática* - quebram polissacarídeos até açúcares mais simples, encontra-se no pâncreas em estado ativo.

• *Tripsinogênio* - ativado inicialmente pela enteroquinase a tripsina (enzima proteolítica). A tripsina, por sua vez, continua ativando o tripsinogênio.

• *Quimotripsinogênio* - também ativado pela tripsina a quimotripsina. As duas últimas são classificadas como endopeptidases, atuando no meio da molécula protéica.

• *Procarboxipeptidase* - convertida a carboxipeptidase pela tripsina. É uma exopeptidase e ataca a molécula protéica nas extremidades, liberando um aminoácido terminal.

• *Lipase pancreática* - é ativada pelos sais biliares e tem como função romper a molécula lipídica. Os produtos finais da digestão dos triglicerídeos, pela lipase, são uma mistura de di e monoglicerídeos, mais ácidos graxos.

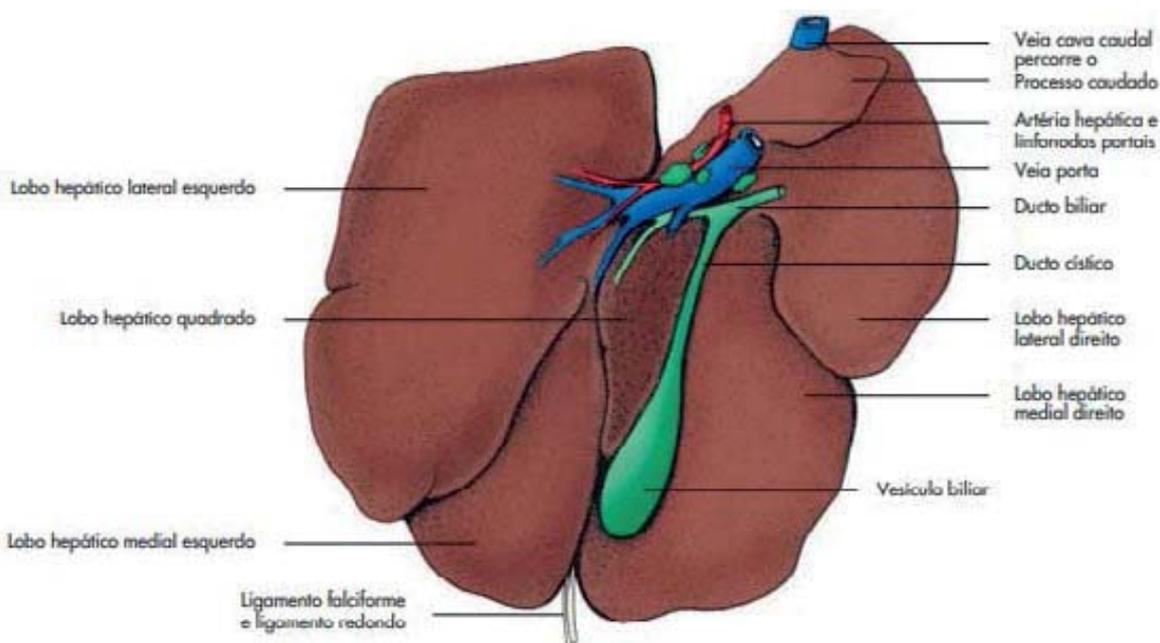


Figura 1.6: Estrutura do fígado e vesícula biliar de um suíno (face visceral). **Fonte:** KONIG & LIEBICH, 2016. p. 336.

Digestão no intestino grosso:

- Basicamente fermentativa, uma vez que suas células são do tipo mucoso, não produtora de enzimas. A digestão da maior parte dos componentes solúveis teve lugar no intestino delgado, de modo que chega ao intestino grosso grande parte de fibra - celulose, hemicelulose e lignina (algum material solúvel pode resistir à digestão enzimática no ID). Além disso, os tecidos lignificados podem aprisionar proteínas, carboidratos e lipídeos no seu interior.

- A extensão das fermentações vai depender da qualidade material que chega ao IG, do tempo de retenção, da espécie animal com seus respectivos sítios de fermentação, etc.

- Nos suínos, a celulose é digerida em um grau limitado, comparado com ruminantes e bovinos, mas os AGV formados de sua fermentação podem contribuir com cerca de 10 - 12% das necessidades energéticas de manutenção de um suíno adulto.

- Nos equinos esta fermentação tem grande significado energético e, nos coelhos, podem contribuir, além da energia fornecida pelos AGV, com um aporte considerável de proteínas, devido à ação fisiológica de ingestão dos cecotrofos.

As vitaminas produzidas pelos microorganismos (vit. do complexo B e vit. K) podem ser parcialmente absorvidas e aproveitadas pelo hospedeiro, se bem que não suprem todas as necessidades do animal adulto, com exceção daqueles que praticam a cecotrofia.

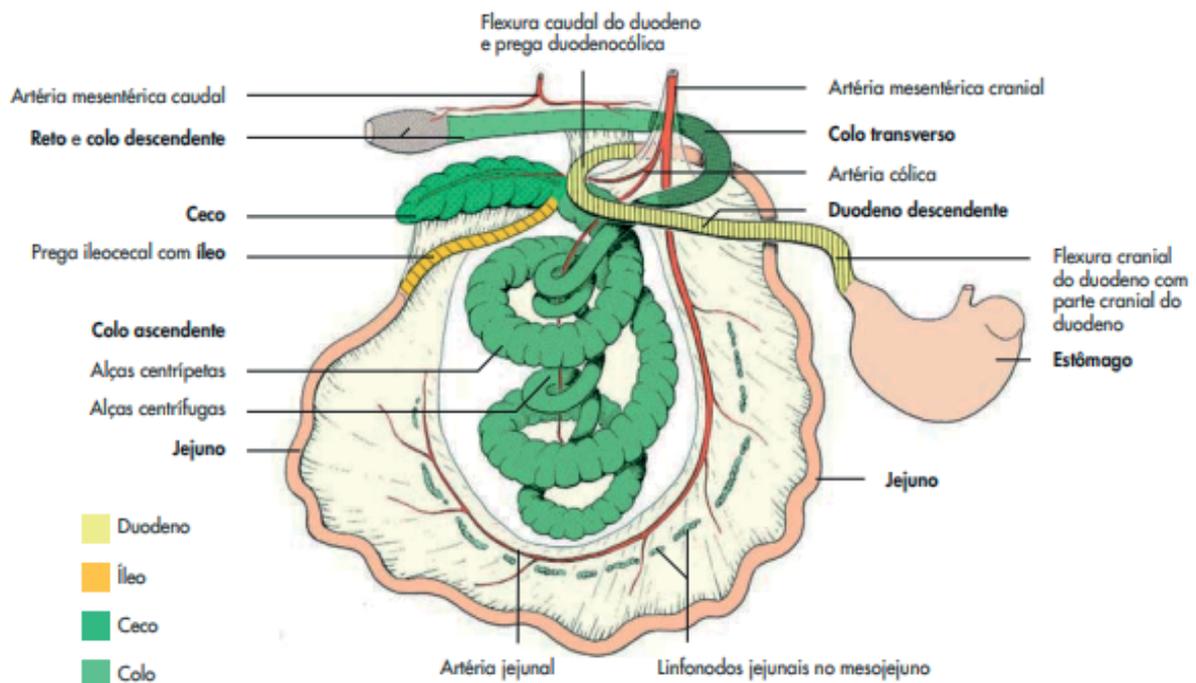


Figura 1.7: Trato intestinal do suíno (representação esquemática). **Fonte:** KONIG & LIEBICH, 2016. p. 356.

Para concluir, a digestão descreve a quebra dos nutrientes obtidos da dieta. Tal quebra pode ser física ou mecânica, desenvolvida por meio de processos como a mastigação ou a motilidade ao longo do sistema gastrointestinal. Também pode ser classificada como digestão química, quando a ação de secreções desenvolve efeito de redução de partículas obtidas da dieta. Entende-se que partículas devidamente reduzidas após os eventos mecânicos e químicos estão aptas a se deslocar do lúmen do sistema digestório para o sangue por meio de mecanismos específicos de transporte. Esse processo é conhecido como absorção (Figura 1.8).

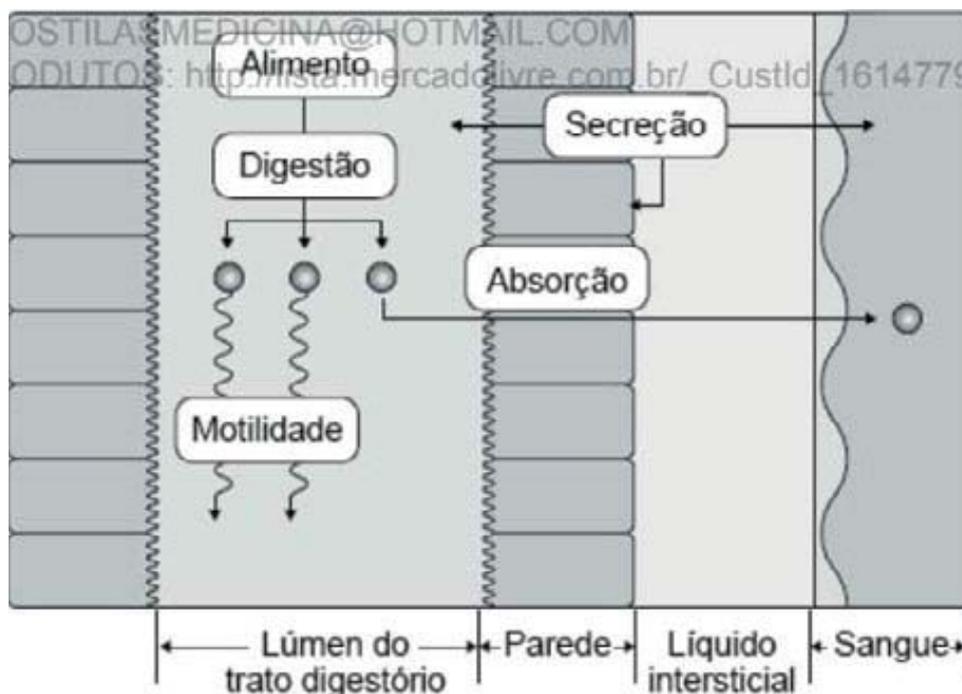


Figura 1.8: Os quatro processos básicos do sistema digestório. Fonte: CINTRA, 2016.

1.3 Particularidades na fisiologia digestiva de equinos

O cavalo desenvolveu-se como animal herbívoro, especializando-se na digestão de fibras. Para isso, ele desenvolveu bastante o ceco, porção do intestino grosso habitada por bactérias que digerem as fibras da dieta do cavalo e as transformam em nutrientes como energia e vitaminas. O cavalo é um animal habituado a refeições pequenas e frequentes.

Nos equinos a digestão se faz através dos processos enzimáticos semelhantes àquela dos outros monogástricos, seguindo-se uma digestão microbiana no intestino grosso. O equino é bastante seletivo e usa os lábios para apreensão e seleção das forragens. A deglutição é irreversível em razão do desenvolvimento do véu do palato, que impede o retorno do bolo alimentar à boca (aparecimento de rejeições gástricas pelas narinas significa rompimento da

cárdia, com morte rápida do animal). A digestão no intestino delgado se faz de modo semelhante a outros monogástricos, embora mais rápida. O cavalo não possui vesícula biliar, mas a secreção biliar hepática é contínua. No intestino grosso o bolo alimentar permanece por cerca de 24 horas, e os microrganismos presentes são semelhantes aos ruminantes. No cólon e ceco ocorrem fermentações da fibra com produção de AGV que são absorvidos pela mucosa intestinal. O principal sítio de fermentação seria o cólon. Na falta da fibra na dieta ocorre uma alteração do trânsito intestinal, com permanência excessiva da digestão no cólon e ceco. Isto acarretaria uma grande produção de gases e formação de aminas tóxicas, levando as cólicas. Na Figura 1.9 observamos os órgãos que compreendem o aparelho digestivo de um equino.

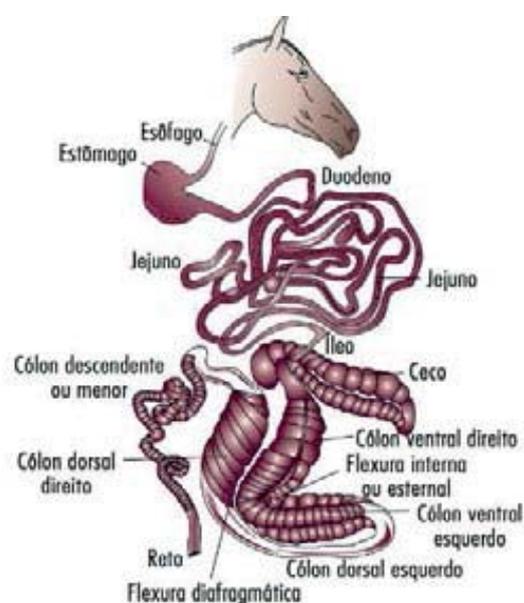


Figura 1.9: Aparelho digestivo do cavalo.
Fonte: CINTRA, 2018. p. 204.

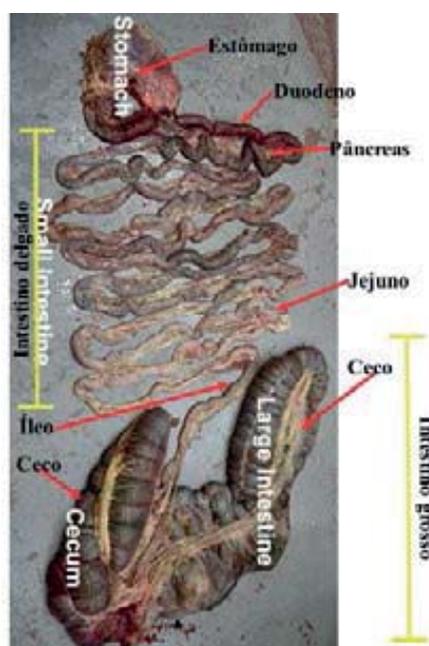


Figura 1.10: Trato digestivo simplificado do equino.

1.4 Particularidades na fisiologia digestiva de coelhos

Os coelhos são herbívoros, se alimentam de vegetais com as forrageiras (gramíneas e leguminosas) que podem ser: rami, soja perene, alfafa, e outros vegetais como, folhas de goiabeira e bananeira. Além dos verdes, devemos fornecer-lhes também uma ração balanceada, comendo o verde e a ração de maneira equilibrada. Eles possuem um ceco bem desenvolvido que desempenha função importante para o aproveitamento alimentar. No ceco ocorre a proliferação bacteriana (semelhante ao que ocorre no rúmen), e no período noturno o coelho se alimenta deste produto (cecotrofia).

A cecotrofia consiste num mecanismo de adaptação às difíceis condições ambientais, particularmente alimentares, pelo qual, como resultado da digestão dos alimentos pelos coelhos, dois tipos de excreta são produzidos: um eliminado na forma de fezes duras e outro na forma de fezes moles, denominadas cecotrofos, o qual difere entre si tanto pelo processo de formação e excreção quanto pela composição química. Além de fornecer determinada quantidade de nutrientes para os animais, os cecotrofos permitem a reciclagem de parte do alimento não digerido, o que possibilita sua melhor utilização.

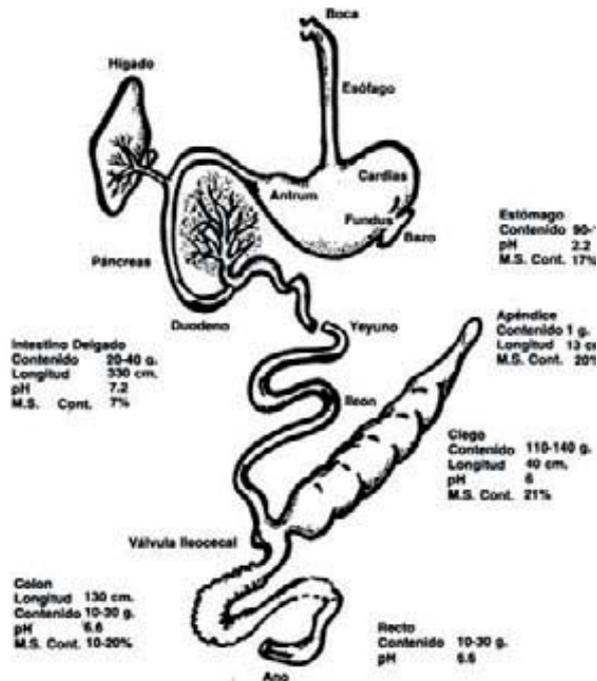


Figura 1.11: Aparelho digestivo do coelho.

Fonte: CASTILLO, 2004. p. 36.

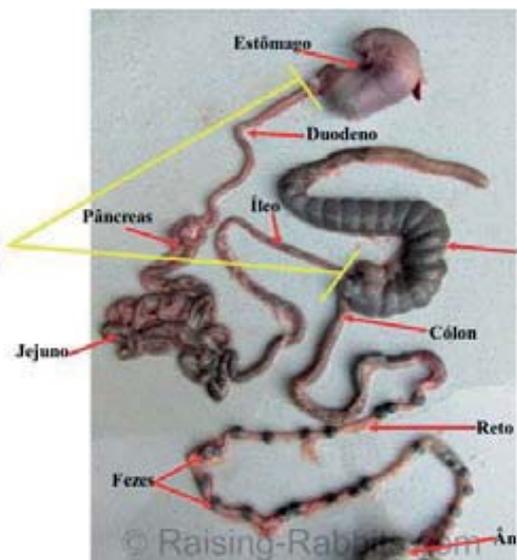


Figura 1.12: Sistema digestivo do coelho. Elaborado pelo autor.

1.5 Particularidades na fisiologia digestiva de aves

O TGI das aves difere em vários aspectos daqueles dos mamíferos monogástricos. Nas aves, os lábios e bochechas estão substituídos pelo bico, e os dentes estão ausentes. O esôfago diferencia-se em um saco piriforme - o inglúvio ou papo, cuja função é o de reservatório dos alimentos ingeridos.

A moela ou ventrículo é um órgão muscular oco, cornificado, que através de contrações, tritura e mistura os alimentos. A moela não secreta enzimas, mas o suco gástrico continua agindo. A presença de pedriscos na moela, embora não essencial, pode ajudar na trituração dos alimentos.

O intestino delgado tem todas as seções dos mamíferos com as mesmas funções. Como nos mamíferos, a alça duodenal abraça o pâncreas e os ductos pancreáticos e biliar.

Todas as enzimas das aves e sua atividade são similares à dos mamíferos, no entanto a lactase encontra-se ausente. A α -amilase salivar ocorre na maioria das espécies e continua agindo no Inglúvio. As aves possuem dois cecos, ao contrário dos mamíferos que possuem somente um. Estes funcionam como órgãos de absorção de água, não sendo essenciais as aves, desde que sua remoção cirúrgica não a afete. O trânsito da digesta é muito rápido e a fermentação microbiana no IG das aves tem pouca importância.

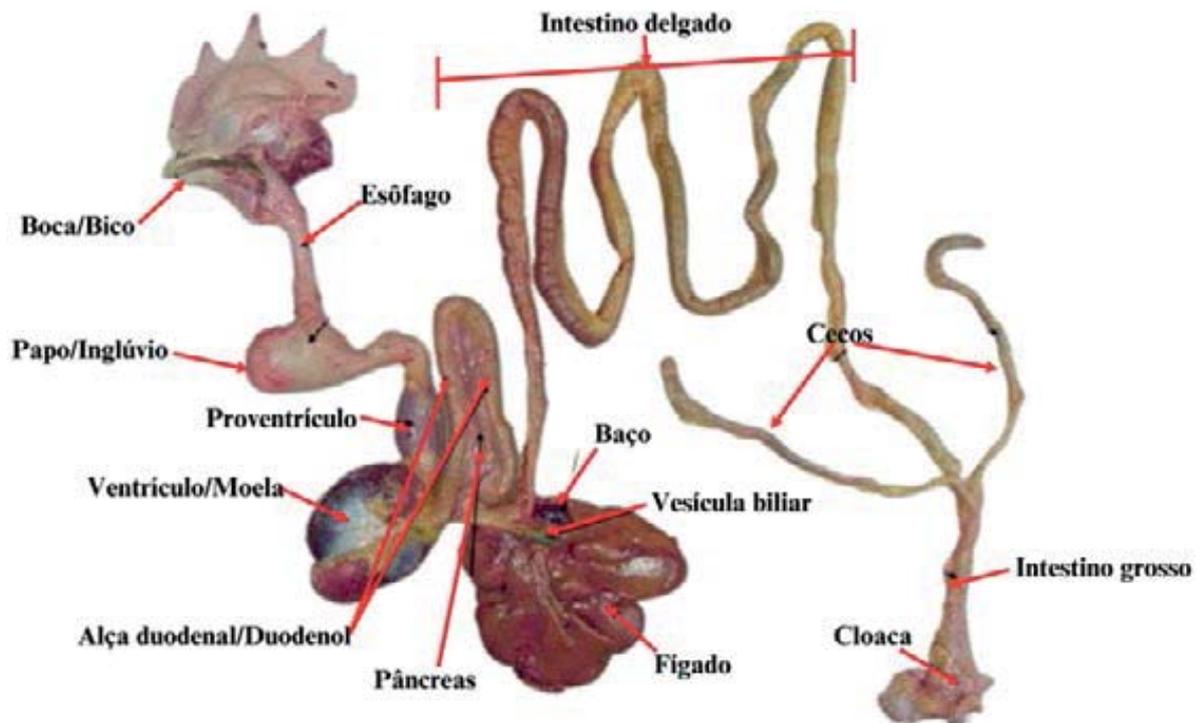


Figura 1.13: Sistema digestivo da galinha. Elaborado pelo autor.

1.6 Particularidades na fisiologia digestiva de suínos

O trato digestivo do suíno é relativamente pequeno, possuindo uma baixa capacidade de armazenamento. Possui uma alta eficiência na ingestão de alimentos, bem como no uso dos produtos da digestão, tendo a necessidade de dietas balanceadas e concentradas.

Os suínos diferem das aves, na divisão do intestino grosso, pois apresentam um único e pequeno ceco, e o cólon é mais extensivo. No processo digestivo o intestino grosso dos suínos é um importante sítio de digestão da fração de fibra dos alimentos, que pode contribuir com aporte de energia através da produção de ácidos graxos voláteis pela fermentação microbiana, ocorrendo também grande recuperação de água e eletrólitos do tubo digestivo.

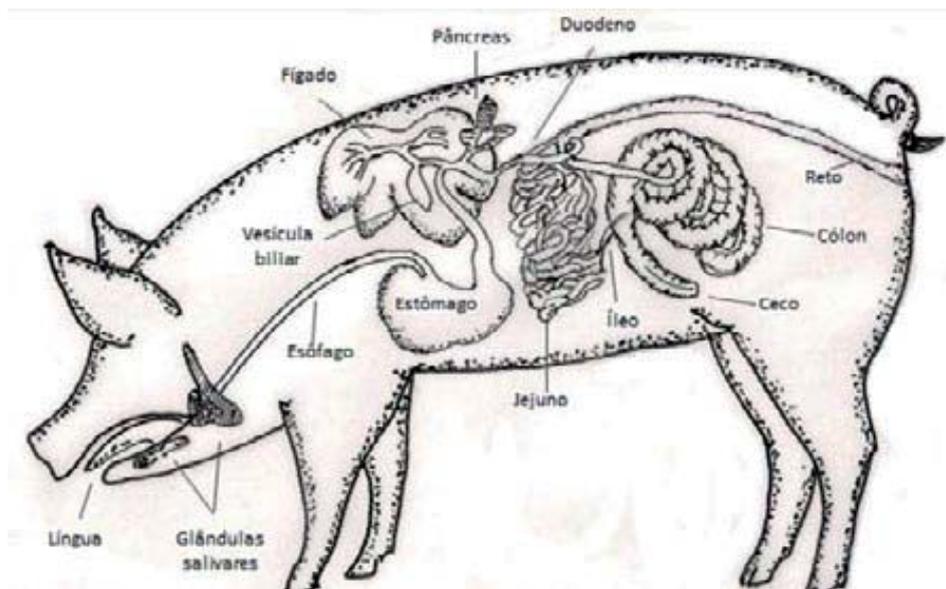


Figura 1.14: Anatomia do TGI do suíno. **Fonte:** Aula de anatomia digestiva de suínos.

1.7 Particularidades na fisiologia digestiva de peixes

Os peixes ingerem o alimento pela boca e o decompõem no esôfago. No estômago, o alimento é digerido e, em muitos peixes, processado em bolsas em forma de dedo chamadas cecos pilóricos que secretam enzimas digestivas e absorvem nutrientes.

A digestão nos peixes é dividida em duas fases, a primeira fase mecânica onde ocorre a trituração do alimento, e uma fase de digestão química onde as enzimas digestivas providas do pâncreas, por exemplo, reduzem grandes moléculas como proteínas, carboidratos e lipídios em pequenas moléculas absorvíveis. Porém, tudo varia conforme o hábito alimentar do peixe.

No caso da tilápia, um peixe plantófito, a boca é grande, os rastros branquiais são bem desenvolvidos, o estômago é glandular e a relação do intestino com o comprimento do peixe é igual a 4.

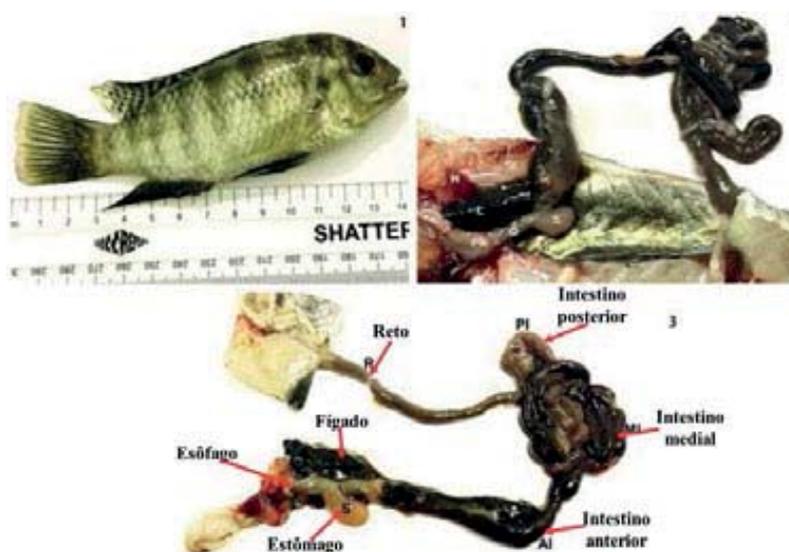


Figura 1.15: Aparelho digestivo da tilápia. **Fonte:** Adaptação de OKHUTE & BHOMELA, 2020.

1.8 Particularidades na fisiologia digestiva de cães e gatos

Cães e gatos são predominantemente carnívoros. O gato é o carnívoro mais rigoroso, enquanto o cão é mais adaptável e onívoro. No estado natural, a alimentação de ambos é composta principalmente de lipídio e proteína, com pouco carboidrato. Como consequência, o trato digestivo do cão e do gato é mais simples que o do suíno, com destaque para a digestão no estômago, intestino delgado e intestino grosso.

Comparado ao cachorro, no gato o intestino delgado é mais curto, mesmo quando corrigido para o tamanho do corpo, e o ceco é menos desenvolvido (tabela 1.2).

Os gatos possuem pH estomacal mais ácido que os cães, bem como possuem maior população microbiana no intestino grosso comparado aos cães.

Tabela 1.2: Comparação do trato digestivo do cão e do gato

	Cão	Gato
Comprimento do corpo (m)	0,75	0,5
Intestino delgado (m)	3,9	1,7
Intestino grosso (m)	0,6	0,4
Comprimento total do intestino (m)	4,5	2,1
Comprimento intestinal:comprimento do corpo	6:1	4:1

Fonte: McDONALD *et al.*, 2022. p. 170.

As figuras 1.16 apresenta o esquema do trato digestivo do cão, enquanto que a figura 1.17 apresenta sucintamente a anatomia do sistema digestivo do gato.

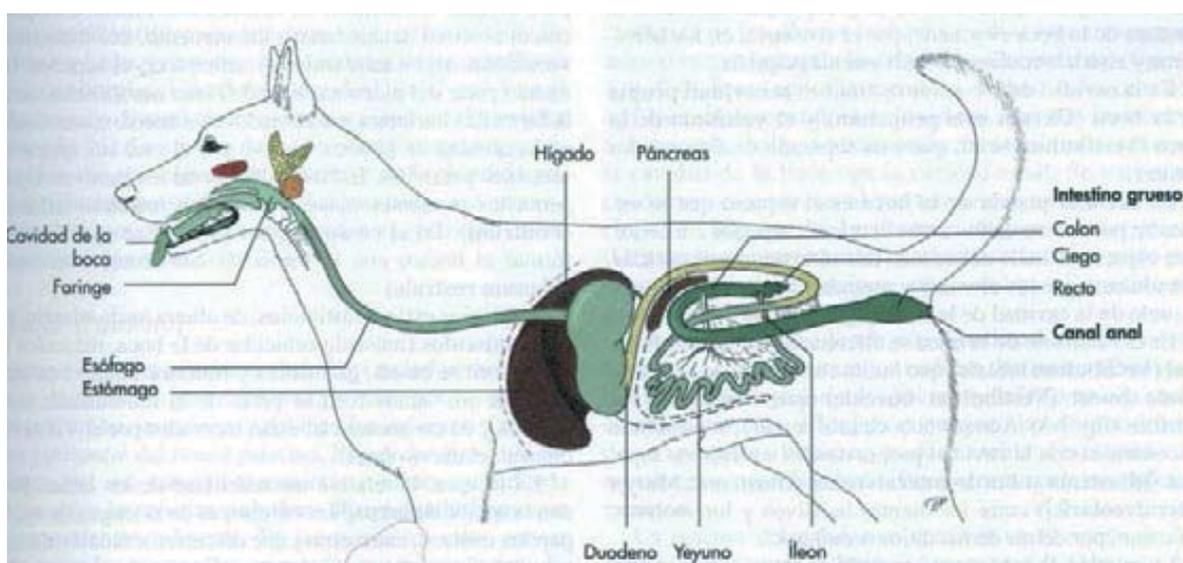


Figura 1.16: Trato digestivo do cão. Fonte: Internet.

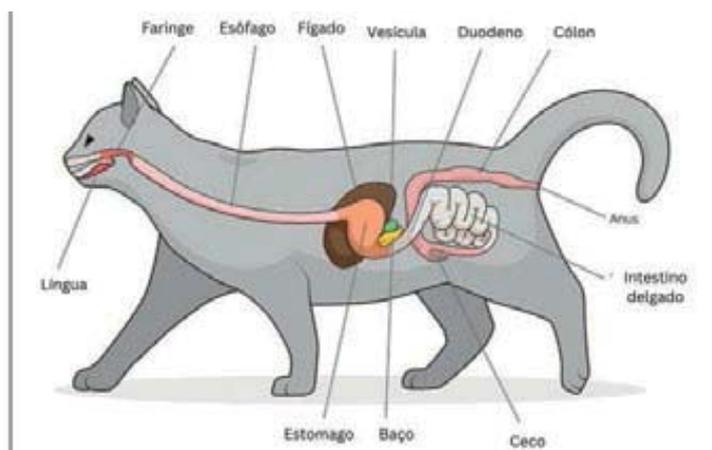


Figura 1.17: Trato digestivo do gato. **Fonte:** Internet.

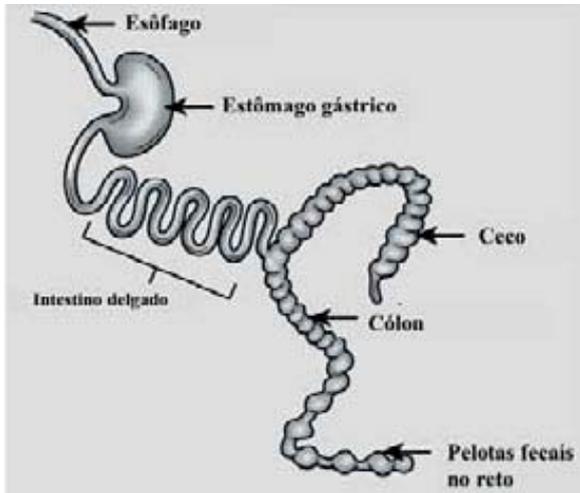
A tabela 1.3 apresenta um resumo das principais características anatômicas e fisiológicas do sistema digestivo de animais não ruminantes.

Tabela 1.2: Características nutricionais das principais espécies não ruminantes

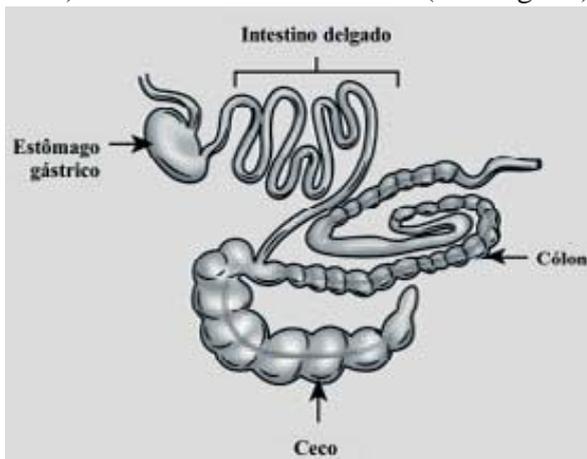
<p><i>Monogástricos carnívoros - Gato doméstico</i></p> <p>Diagrama do trato digestivo de um gato doméstico, mostrando o esôfago, estômago gástrico, intestino delgado, ceco, cólon e reto.</p>	<ul style="list-style-type: none"> • Sem amilase salivar; • Digestão majoritária no ID (alimentos com ↑ teor de nutrientes); • Necessita de vitamina A pré-formada; • Alta necessidade de arginina e niacina; • Adição de taurina obrigatória à dieta pois eles não sintetizam-na; • Necessidade ácido aracdônico; • Alta necessidade proteica na ração; • Falta de atividade glicolítica (glicoquinase), limitando a capacidade digestiva de CHO's.
<p><i>Monogástricos onívoros - Cães, Suínos e algumas aves</i></p> <p>Diagrama do trato digestivo de cães, suínos e algumas aves, mostrando o esôfago, estômago gástrico, intestino delgado, ceco e cólon.</p>	<ul style="list-style-type: none"> • Proporção altamente variável de dietas de plantas/animais.

Herbívoros monogástricos (fermentadores de ceco e cólon) - Algumas aves, Coelhos e Equinos

a) Fermentadores cecais (< 5 kg PC)



b) fermentadores colônicos (> 50 kg PC)



- Digestão dominada no intestino grosso;
- Dependente da relação simbiótica com os microrganismos no IG para fornecimento de energia (AGV's);
- A cecotrofia pode fornecer proteínas microbianas e vitaminas B e K em fermentadores cecais (coelhos);
- Mais seletivos que a maioria dos herbívoros ruminantes;
- Dieta mais rica em proteínas e mais digestíveis.

Capítulo 2

ÁGUA E SUAS PROPRIEDADES

2. Água e Suas Propriedades

A água é um nutriente indispensável na vida, tanto animal quanto humana. As células do organismo necessitam de um aporte de água para exercer todas as suas funções orgânicas. Também se destaca por ser o nutriente de mais baixo custo, porém, é essencial ao funcionamento do metabolismo orgânico.

Conceito: "*hidróxido de hidrogênio*" ou "*monóxido de hidrogênio*" ou ainda "*protóxido de hidrogênio*" é uma substância líquida que parece incolor a olho nu em pequenas quantidades, inodora e insípida, essencial a todas as formas de vida, composta por hidrogênio e oxigênio.

- Substância em maior quantidade nos seres vivos: 70% do corpo do humano.
- Alguns seres vivos (esporos de bactérias, cistos de protozoários e sementes de vegetais) podem viver por muito tempo sem água. Anidrobiose.
- Apresenta uma região positiva (a dos hidrogênios) e uma negativa (a dos oxigênios). Ou seja, é uma molécula polar.

DA SILVA & FONTAIN (2023, p. 3-5) estima que diariamente o efetivo de aves no Brasil consome cerca de 153,8 milhões de L/dia, representando 2,45% dos gastos de água da produção pecuária; o efetivo suíno consome cerca de 375,2 milhões de L/dia o que representa 5,9%; e o rebanho equino consome cerca de 85,5 milhões de L/dia o que representa 1,3%. Ainda segundo os autores, diariamente com o efetivo pecuário do país (aves, suínos, equinos, bubalinos, bovinos, caprinos, ovinos etc.) gasta-se cerca de 6,4 bilhões de litros, enfatizando a essência da existência de uma fonte de água limpa e fresca disponível à vontade para os animais.

2.1 Propriedades da água

1. SOLVENTE UNIVERSAL: A água dissolve vários tipos de substâncias polares e iônicas (hidrofílicas), como vários sais e açúcar, e facilita sua interação química, que ajuda metabolismos complexos. Pode dissolver diversas substâncias – sais, glicídios, proteínas, etc. A capacidade de dissolver é a causa da:

- a) Parte positiva da água que atrai a parte negativa da molécula a ser dissolvida;
- b) Parte negativa da água que atrai a parte positiva da molécula a ser dissolvida.

2. ALTO CALOR ESPECÍFICO: Calor específico é definido como a quantidade de calor que um grama de uma substância precisa absorver para aumentar sua temperatura em

1°C sem que haja mudança de estado físico. Devido ao alto calor específico da água, os seres vivos não sofrem variações bruscas de temperatura.

3. **CALOR DE VAPORIZAÇÃO:** É a quantidade de calor necessária para que uma substância passe de estado líquido para o estado de vapor. Devido ao elevado calor de vaporização da água, uma superfície se resfria quando perde água na forma de vapor.

4. **CAPILARIDADE:** Quando a extremidade de um tubo fino de paredes hidrófilas é mergulhada na água, as moléculas dessa substância literalmente “sobem pelas paredes” internas do tubo, graças a coesão e a adesão entre as moléculas de água.

2.2 Principais funções

- ❖ Transporte de substâncias
- ❖ Facilita reações químicas
- ❖ Termorregulação
- ❖ Lubrificante
- ❖ Reações de hidrólise
- ❖ Equilíbrio osmótico
- ❖ Equilíbrio ácido base

TRANSPORTE DE SUBSTÂNCIAS:

- a) A presença de água permite a difusão nos seres mais primitivos.
- b) Organismos mais evoluídos apresentam sistemas circulatórios (hemolinfa, sangue e seiva vegetal).
- c) A urina é uma maneira de eliminar toxinas.
- d) As células apresentam-se em estado coloidal (rico em água) o que facilita o transporte de substâncias.

FACILITA REAÇÕES QUÍMICAS:

- a) Reações químicas ocorrem mais facilmente com os reagentes em estado de solução.
- b) Em algumas reações químicas a união entre moléculas ocorre com formação de água como produto (síntese por desidratação).
- c) Reações de quebra de moléculas em que a água participa como reagente são denominadas reações de hidrólise.

TERMORREGULAÇÃO:

- a) Seres vivos só podem existir em uma estreita faixa de temperatura.

- b) A água evita variações bruscas de temperatura dos organismos.
- c) A transpiração diminui a temperatura corporal de mamíferos.

LUBRIFICANTE:

- a) Nas articulações e entre os órgãos a água exerce um papel lubrificante para diminuir o atrito entre essas regiões.
- b) A lágrima diminui o atrito das pálpebras sobre o globo ocular.
- c) A saliva facilita a deglutição dos alimentos.

SAIS MINERAIS

- ❖ Encontram-se imobilizados em estruturas com função esquelética e de proteção.
 - a) Podem aparecer de diversas formas:
 - o Dissolvidos na água do corpo
 - o Formando cristais (como carbonato de cálcio no osso)
 - o Unido a moléculas orgânicas como o Ferro à hemoglobina.
 - b) Cálcio – forma o esqueleto, atua na contração dos músculos e na coagulação do sangue.
 - c) Fósforo – Atua na transferência de energia, ligada a ácidos nucleicos.
 - d) Sódio – Ajuda no equilíbrio osmótico do corpo, funcionamento dos nervos e das membranas celulares.
 - e) Cloro – Atua junto com o sódio e forma o ácido clorídrico do estômago.
 - f) Potássio – Mesmas funções do cálcio
 - g) Magnésio – Forma a clorofila, atua com várias reações enzimáticas.
 - h) Ferro – Participa da hemoglobina e da respiração celular, sua falta causa anemia ferropriva.
 - i) Iodo – faz parte dos hormônios da tireóide, controlando a taxa de metabolismo.
 - j) Flúor – forma ossos e dentes;
 - k) Cobre – Participa da produção de hemoglobina, melanina e participa da respiração celular.

Funções especiais

- Fluido cerebrospinal: protege o sistema nervoso, amortecendo choques;
- Fluido sinovial: lubrificando as juntas;
- Fluido auricular: transportando os sons;
- Fluido intra-ocular: importante no processo da visão;

- Flúido amniótico: protegendo o feto.

2.3 Fontes de água

Sua distribuição no organismo animal é dada de forma heterogênea, de forma a manter o equilíbrio dinâmico entre os compartimentos do organismo. A água no organismo é encontrada, nas seguintes formas:

1. Água de bebida: É a principal fonte de ingestão de água no organismo, devendo ser limpa e livre de contaminações. Existem certas características que afetam a qualidade da água, tornando-a imprópria ao consumo de aves e suínos, destacam-se: a) Minerais traços; b) Nitrogênio; c) Coloração; d) pH; e) Dureza; f) Bactérias.

2. Água dos alimentos: também chamada de água coloidal, é representada pela água presa nos alimentos.

3. Água metabólica: é definida como a água formada durante o processo de oxidação dos H₂ contidos nas proteínas, carboidratos e gorduras em nível de metabolismo orgânico.

Sabe-se que as gorduras produzem uma maior quantidade de água metabólica do que as proteínas e carboidratos. No entanto, os carboidratos produzem maiores quantidades de água metabólica por kcal de energia metabolizável (EM) produzida.

Eliminação de água

- Excreção renal
- Excreção fecal
- Evaporação
- Respiração
- Sudorese

Ex.: Suínos com 75 kg perdem 1 kg de vapor de água/dia; e.marrãs com 182 kg perdem 2,32 kg de vapor de água/dia.

2.4 Fatores que alteram o consumo de água

- Temperatura e umidade relativa ambiente;
- Função fisiológica;
- Espécie animal;
- Idade do animal;
- Tipos de bebedouro;
- Alimentação farelada, peletizada ou triturada - restrita ou à vontade;

- Nível de minerais na dieta. Na prática, pode-se considerar 3 - 4 vezes a quantidade de matéria seca ingerida.

Requisitos de água para equinos

- 30 a 45 litros (2-3 litros/kg MS ingerida)
- Trabalho e exercício - aumentam necessidades - chega a 75 litros
- Intoxicação pela água em equinos → cólicas

Requisitos de água para suínos

- 10 a 15 litros /dia
- Gestação; 20 litros /dia
- Lactação: 25 litros /dia

Requisitos de água para aves

- Relação de 3:1 água: MS ingerida

Requisitos de água para coelhos

- O fornecimento deverá ser contínuo, na razão de duas vezes mais água que MS do alimento. Normalmente, o consumo de água tende a diminuir com o fornecimento de alimentos verdes. A falta de água leva a uma diminuição no consumo de alimentos e, em casos graves, à impactação cecal

- Recomendação: 90 g/água PV^{0,75}
- Coelhas em lactação podem chegar a 4,5 litros
- Calcular 200 a 300 ml por animal (como um todo). A temperatura deve ser adequada, não podendo ser extremamente fria.

Requisitos de água para outras espécies

- Ratos: 2,0:1 água:alimento - lactação = 8:1. Camundongos: Podem morrer em privação por um dia. Hamsters: Devem ter acesso à água durante a lactação (morte e canibalismo). Cães: 2-3:1 de água/ MS ingerida (à vontade) - água fria após exercício - “intoxicação”.

Abaixo são mostradas algumas figuras dos mecanismos de regulação de água no organismo.

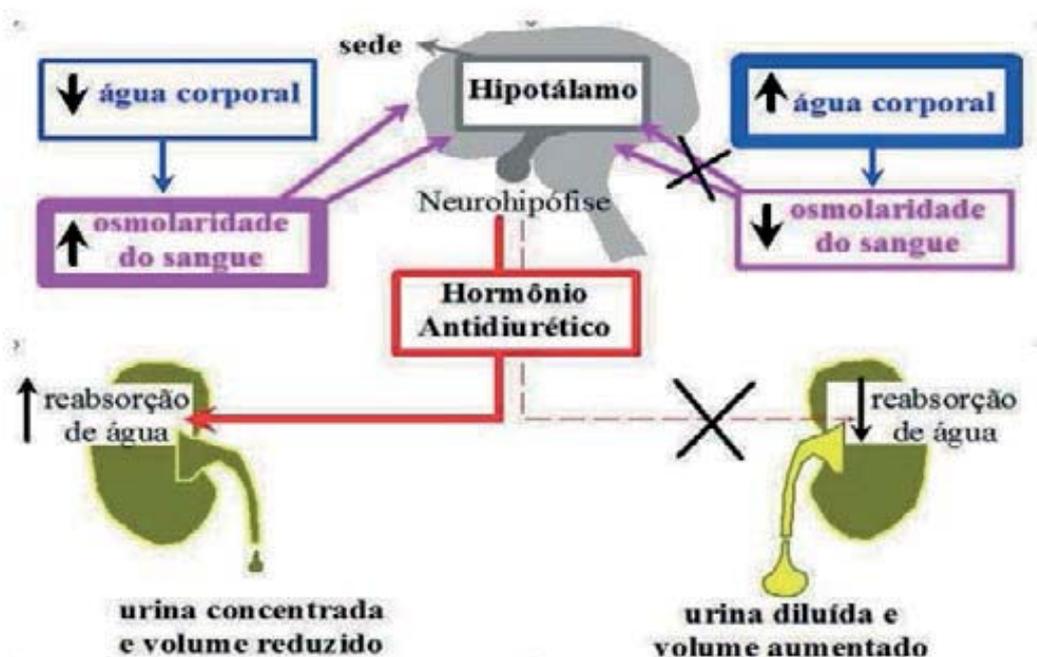


Figura 2.1: Regulação hormonal da reabsorção renal de água no néfron distal.

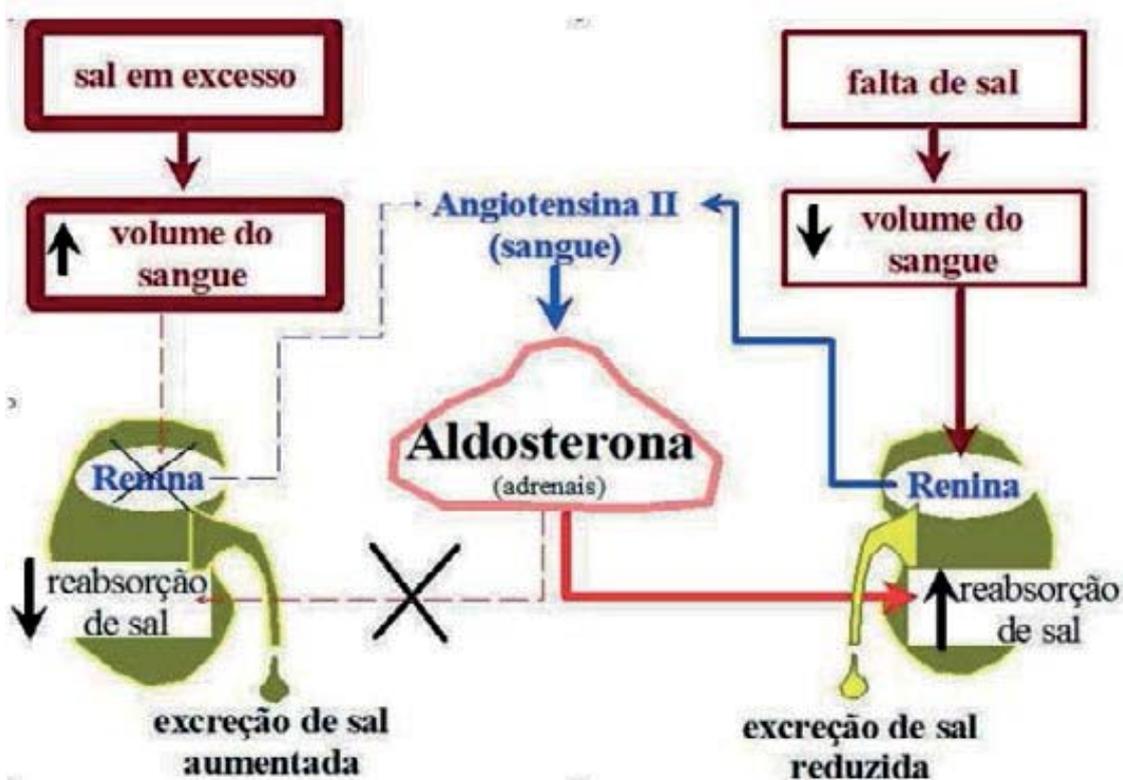


Figura 2.2: Regulação hormonal da reabsorção renal de NaCl no néfron distal.

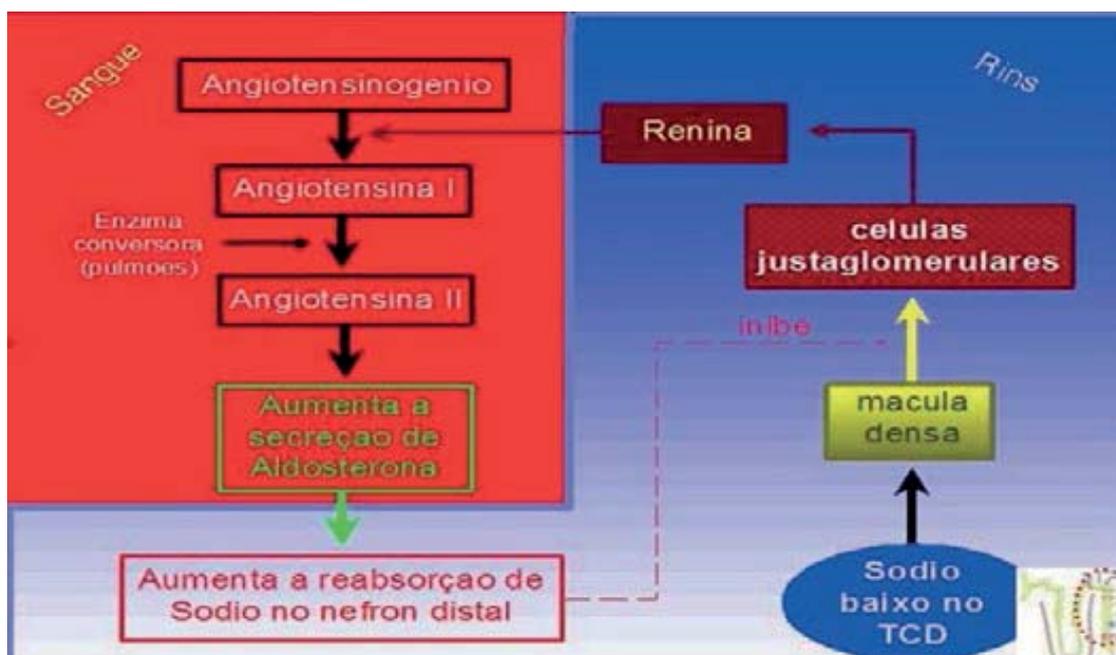


Figura 2.3: Eventos renais e extra-renais para a secreção de Aldosterona para a regulação da reabsorção de NaCl e secreção de K⁺.

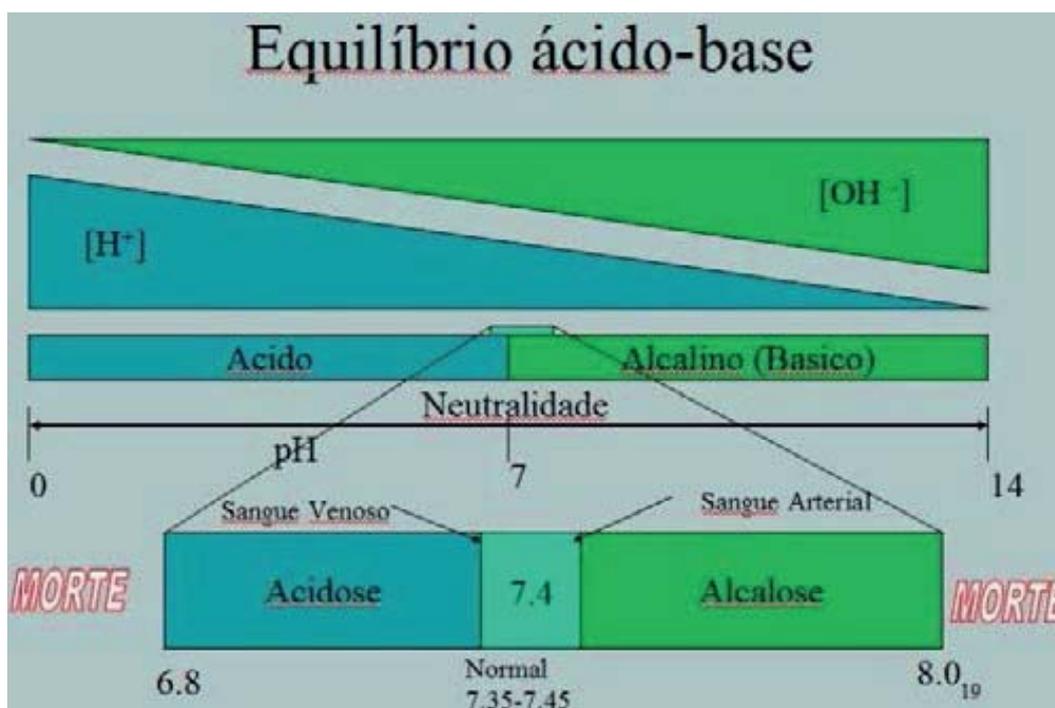


Figura 2.4: Equilíbrio ácido-básico.

2.5 Restrição de água

- Induz à desidratação dos tecidos, com decréscimo do volume de fluido corporal.
- Deve ser levada em consideração a pressão osmótica das perdas fluidas durante a desidratação; se as perdas são isotônicas (isto é, principalmente água, como durante uma evaporação intensa), a desidratação é hipertônica. Por outro lado, se as perdas são hipotônicas (diarréias) a desidratação será hipotônica, a qual pode ser considerada como uma deficiência de sódio.

- Os sintomas mais frequentes são a febre e a respiração ofegante, devido à inabilidade de drenar o calor corporal. Na desidratação hipertônica o padrão sanguíneo é típico: um aumento dos hematócritos, nas proteínas plasmáticas, na pressão sanguínea e sódio plasmático.

- Um alto conteúdo de uréia sanguínea e relacionado à baixa diurese e aumento do catabolismo (falta de apetite).

- Caso queiram se aprofundar no assunto água, sugiro leitura do livro “*A Água na Nutrição Animal*”, disponível em:
https://www.researchgate.net/publication/370260322_A_Agua_na_Nutricao_Animal.

2.6 Qualidade da água

Como definição, temos que se refere às características químicas, físicas e biológicas da água. É uma medida da condição da água em relação com os requisitos de uma ou mais espécies bióticas ou a qualquer necessidade humana ou propósito.

2.6.1 Critérios de avaliação

Algumas características físico-químicas necessitam ser observadas:

- Microrganismos: presença de protozoários, bactérias, fungos, ovos de parasitas etc.;
- Propriedades organolépticas: odor e sabor;
- pH entre 5,0 e 8,0: sendo o ideal o mais neutro possível uma vez que fora do pH ideal os animais tendem a diminuir o consumo;
- Sólidos dissolvidos totais (SDT): Ca, Mg, Na, Cl, bicarbonato e S;
- Dureza: Ca e Mg que prejudicam a vazão da água devido comprometer as tubulações;
- Presença ou excesso de minerais ou compostos (nitratos, sódio, sulfatos, ferro, arsênico etc.).

Uma água de má qualidade confere:

1. perda de peso do animal;
2. falta de apetite;
3. transtornos digestivos;
4. redução na produção (ovos, carne etc.);
5. alterações ou distúrbios reprodutivos;
6. morte em casos extremos.

A tabela 2.1 apresenta os parâmetros químicos e físicos para a água de consumo na avicultura brasileira.

Tabela 2.1: Análise ideal da água de bebida para a avicultura

Parâmetros químicos	Recomendável
pH	6,5 - 8,5
SDT (mg/L)	1000 - 1500
Dureza total (mg/L)	60 - 400
Cloretos (mg/L)	100 - 350
Sulfatos (mg/L)	50 - 400
Nitratos (mg/L)	5 - 45
Nitritos (mg/L)	0,01 - 0,1
Arsênico (mg/L)	0,01 - 0,05
Cálcio (mg/L)	50 - 200
Magnésio (mg/L)	14 - 125
Amônio (mg/L)	0,05 - 0,2

Fonte: Veterinária Digital, 2023.

Capítulo 3
CARBOIDRATOS

3. Carboidratos

Conceito: são definidos como poliidroxialdeídos ou cetonas e representam a principal fonte de energia para as rações de aves e suínos. O produto final da digestão dos carboidratos são açúcares simples que são metabolizados organicamente produzindo água, CO₂ e energia, ou participando da construção de outras substâncias.

Nos alimentos, os CHO's são a fração que menos fornece energia quando comparados com a energia e a gordura. Todavia, são os compostos mais abundantes na natureza, e uma vez que compõem grande parte da dieta dos animais, acabam sendo os que mais contribuem energeticamente para a alimentação de não ruminantes.

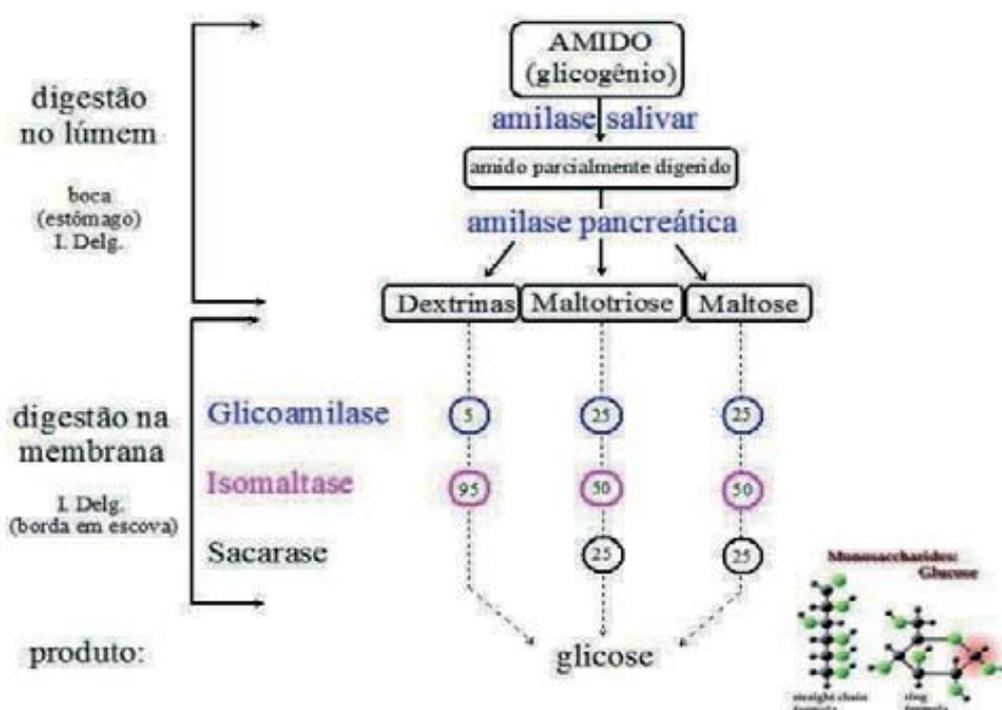


Figura 3.1: Diagrama do ataque enzimático na molécula de amido.

- Amido animal:

a) Glicogênio

- Amido vegetal:

a) Amilose (locais limitados p/ ação amilase, + demorada digestão);

b) Amilopectina (amido + rapidamente hidrolisado; > IG).

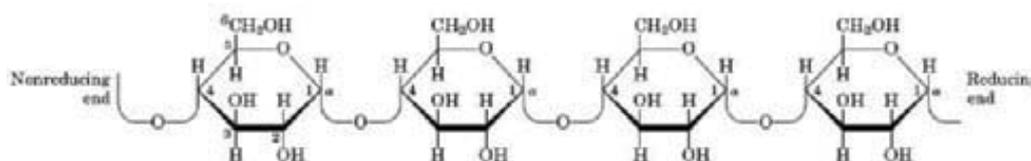


Figura 3.2: Estrutura do amido.

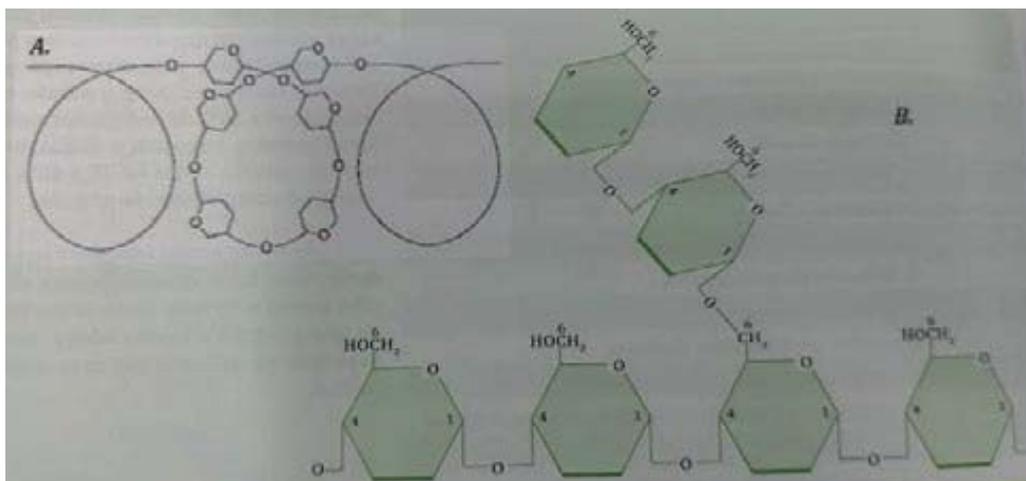


Figura 3.3: Estrutura do amido. A. amilose em α -hélice, B. Amilopectina. **Fonte:** SAKOMURA *et al.*, 2014. p. 52.

– Amido resistente (resiste à decomposição enzimática, é pouco digerível).

O amido é o principal polissacarídeo digerível das plantas, presentes em grandes quantidades nos grãos de cereais na quebra do amido, ocorre a produção de três componentes: dextrina, maltotriose e maltose.

A celulose é um polímero de glicose com ligações do tipo α - 1,4. A digestibilidade da celulose para aves e suínos é limitada, no entanto, exerce função importante no controle da taxa de passagem do bolo alimentar nos vários compartimentos do trato digestório.

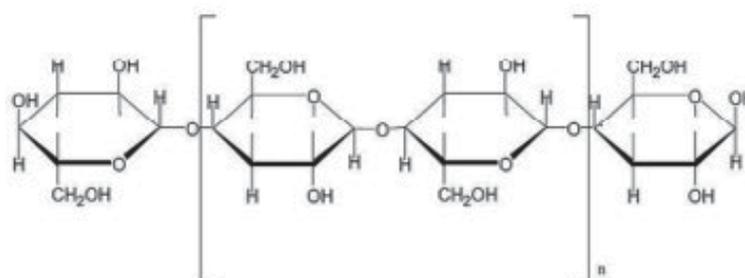


Figura 3.4: Estrutura da celulose.

3.1 Classificação

➤ Açúcares:

MONOSSACARÍDEOS	Trioses (C ₃ H ₆ O ₃)	Gliceraldeído, Diidroxicetona Eritrose
	Tetroses (C ₄ H ₈ O ₄)	
	Pentoses (C ₅ H ₁₀ O ₅)	Arabinose, xilose, xilulose, ribose, ribulose
	Hexoses (C ₆ H ₁₂ O ₆)	Glicose, Galactose, Manose, Frutose
	Heptoses (C ₇ H ₁₄ O ₇)	Sedoheptulose
OLIGOSSACARÍDEOS	Dissacarídeos	Sucrose, Lactose, Maltose, Celobiose
	Trissacarídeos	Rafinose
	Tetrassacarídeos	Estaquiose

➤ Não açúcares:

POLISSACARÍDEOS	Homoglicanos	Arabinanas (estaquiose), xilanas, Glucananas (amido, dextrina, glicogênio, celulose), Frutanas, galactanas, mananas, glucosaminas
	Heteroglicanos	Substâncias pectínicas, hemiceluloses, gomas, ácido hialurônico, Condroitina
CARBOIDRATOS COMPLEXOS	Glicolipídeos	-
	Glicoproteínas	-

Os carboidratos também podem ser classificados pela sua localização no alimento, sendo esta classificação de maior interesse prático na nutrição pelas implicações sobre a utilização dos carboidratos pelos não ruminantes. Os CHO's podem ser encontrados livres, no interior da célula vegetal e animal e na parede celular.

Classificação	Tipo
1. Livres ou não associados à estrutura celular do alimento	
	A. Lactose do leite
	B. Frutose do mel
	C. Trealose da hemolinfa (sangue dos insetos)
2. Intracelulares ou dentro da célula	
	A. Solúveis - dissolvidos no citosol celular
	B. Polissacarídeos de reserva.
	a. Amido (vegetal)
	1. Amilose, α 1-4 polímero de glicose
	2. Amilopectina, α 1-4 e α 1-6 polímero de glicose
	b. Glicogênio (animal) α 1-4 e α 1-6 polímero de glicose
	c. Frutanos
	1. Levana, β 2-6 polímero de frutose (bactérias)
	2. Inulina, β 2-1 polímero de frutose (plantas Asteraceae)
3. Parede celular	
	A. Celulose, β 1-4 polímero de glicose
	B. Hemicelulose, β 1-4 polímero de xilose
	C. Pectina, α 1-4 ácido galacturônico
	D. Gomas, β 1-4 e β 1-3 polímero de vários açúcares
	E. Lignina, polímero de fenilpropanoide (não é carboidrato)
4. Quitina - β 1-4 polímero de N-acetilglicosamina	
	A. Exoesqueleto
	B. Parede celular

Figura 3.5: Classificação dos carboidratos pela presença nos alimentos. **Fonte:** SAKOMURA *et al.*, 2014. p. 51.

3.2 Digestão e absorção

Os carboidratos ingeridos começam a ser umedecidos na boca pela saliva onde a água embebe as partículas que facilita a digestão. No estômago ocorre a paralisação da digestão devido ao pH ácido, sendo continuada no intestino delgado, pela ação de sacaridases

específicas, com a produção final de monossacarídeos, que são absorvidos por transporte ativo, com exceção da frutose que pode ser absorvida por difusão facilitada. Existem dúvidas sobre a absorção e isomerização da manose ao nível da parede intestinal.

- *Fase luminal*- secreções salivares e pancreáticas.
- *Fase Membranosa*- enzimas ligadas a membrana do enterócito.

A absorção é dada por difusão e transporte ativo. A maior fração de todo carboidrato absorvido por aves e suínos é metabolizado na forma de lipídios, que representa a reserva energética animal.

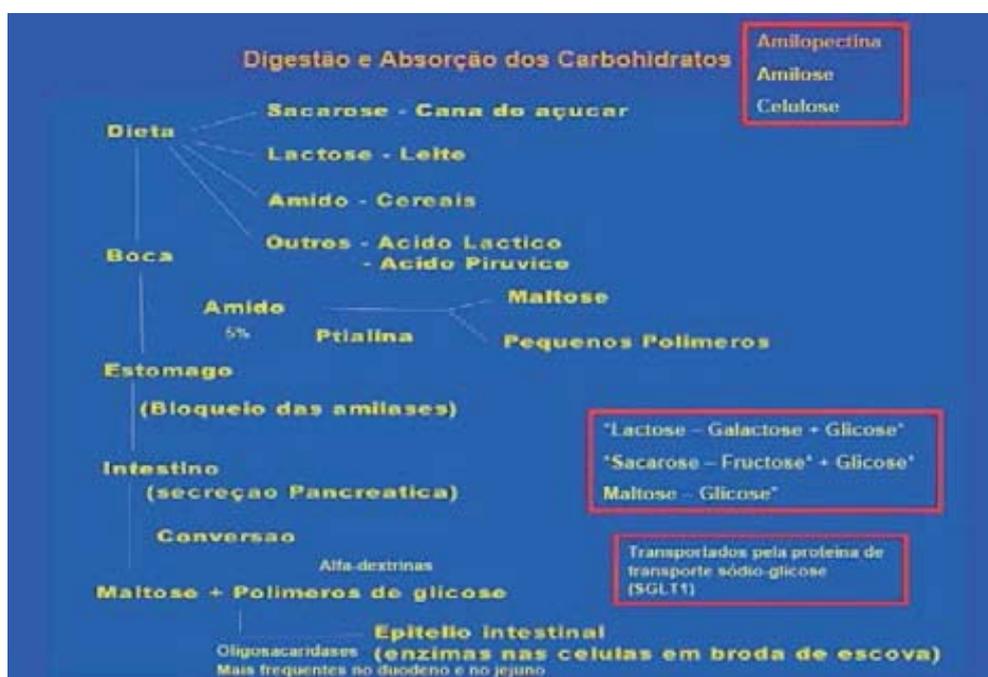


Figura 3.6: Representação esquemática da digestão e absorção dos carboidratos.

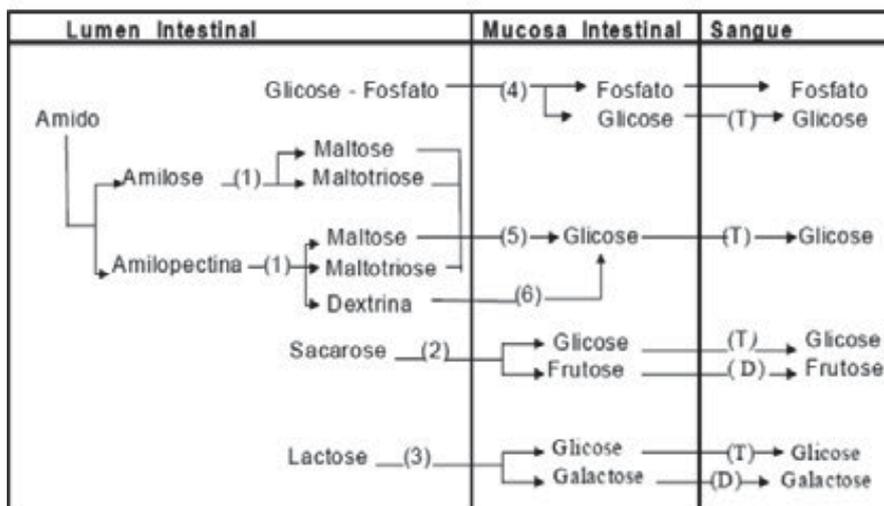


Figura 3.7: Esquema da digestão dos carboidratos.

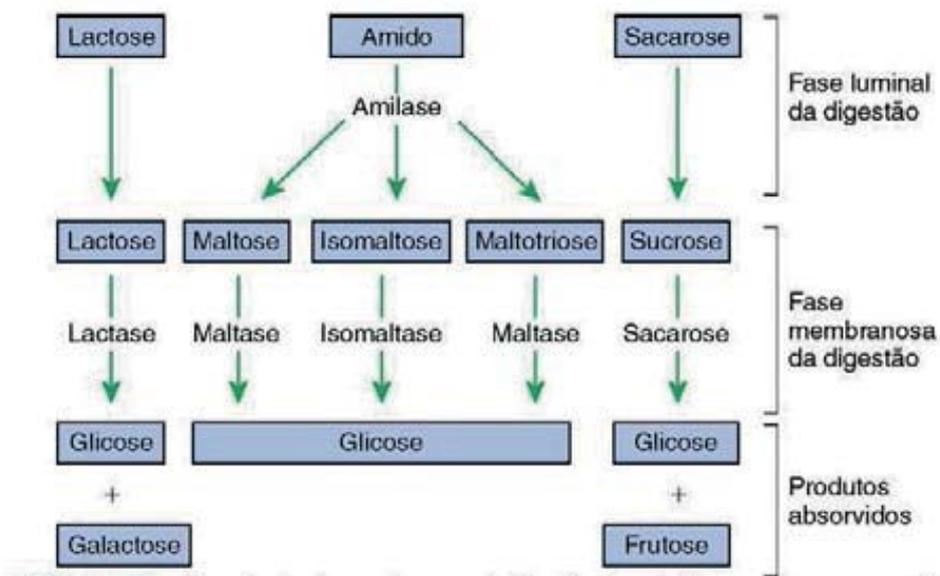


Figura 3.8: Digestão e produtos finais dos carboidratos.

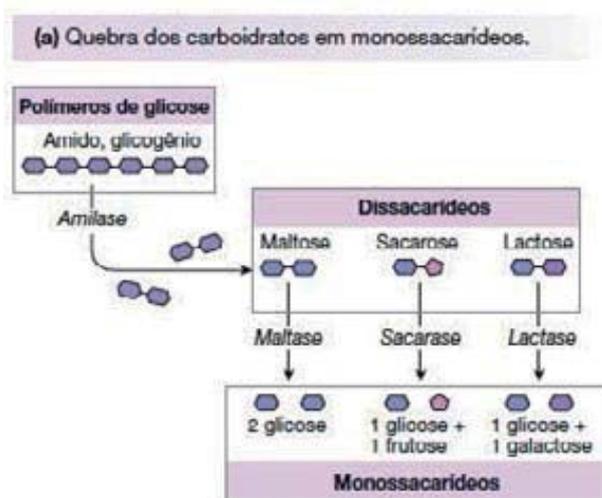


Figura 3.9: Enzimas da digestão do amido e dissacarídeos e seus produtos finais. **Fonte:** SAKOMURA *et al.*, 2014, p. 56.

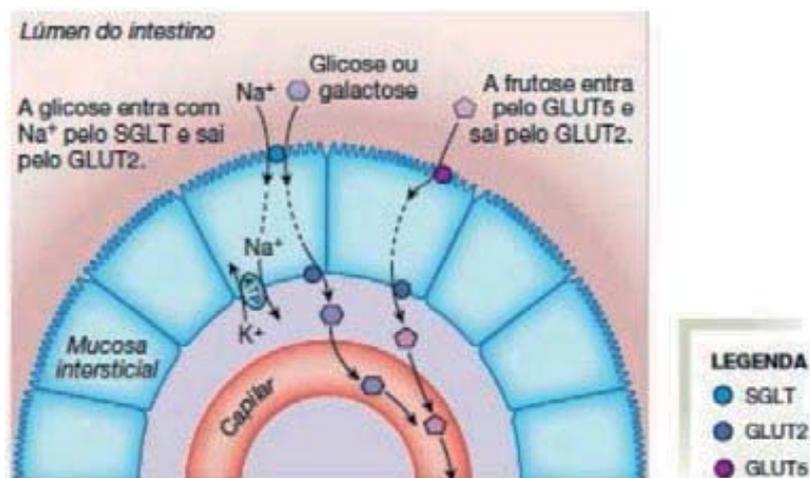


Figura 3.10: Absorção dos carboidratos no intestino delgado.

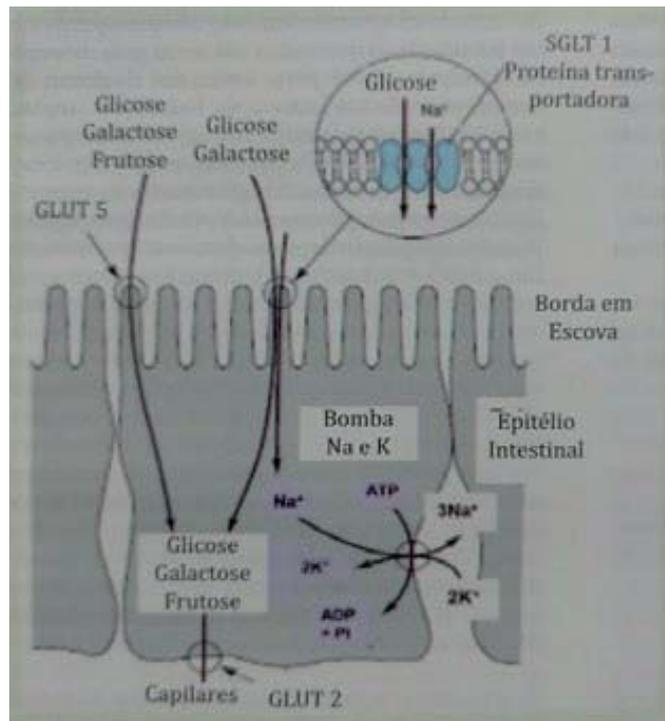


Figura 3.11: Esquema da absorção dos carboidratos pela borda em escova e enterócito do intestino delgado. **Fonte:** SAKOMURA *et al.*, 2014. p. 57.

3.3 Destinos metabólicos

Rotas metabólicas:

- *Glicólise*: é o processo de oxidação da glicose a piruvato e lactato, também chamada de via glicolítica ou de Embden – Meyerhof Parnas. Esta rota representa a maneira mais rápida de fornecimento de energia para o organismo.

- *Glicogenólise*: representa a quebra do glicogênio hepático, com liberação de unidades de glicose, em resposta à necessidade de recuperação dos níveis séricos de glicose.

- *Glicogênese*: haverá glicogênese para recuperar os pequenos depósitos de glicogênio no músculo e fígado, a partir da glicose 6-P, tendo a glicogênio sintetase como importante enzima no processo.

- *Gliconeogênese*: é a formação de glicose ou mesmo glicogênio, a partir de compostos que não são carboidratos.

- *Ciclo das pentoses*: é uma rota alternativa da via glicolítica, mais rápida e tem a finalidade básica, de produzir NADPH + H⁺ para a biossíntese dos ácidos graxos, durante a lipogênese.

- *Ciclo de Krebs (CK)*: Este ciclo atua na rota final da oxidação dos carboidratos e produzirá a maior quantidade de ligações de alta energia (ATP), via cadeia respiratória acoplada.

- *Lipogênese*: biossíntese de ácidos graxos a partir de intermediários do ciclo de Krebs.

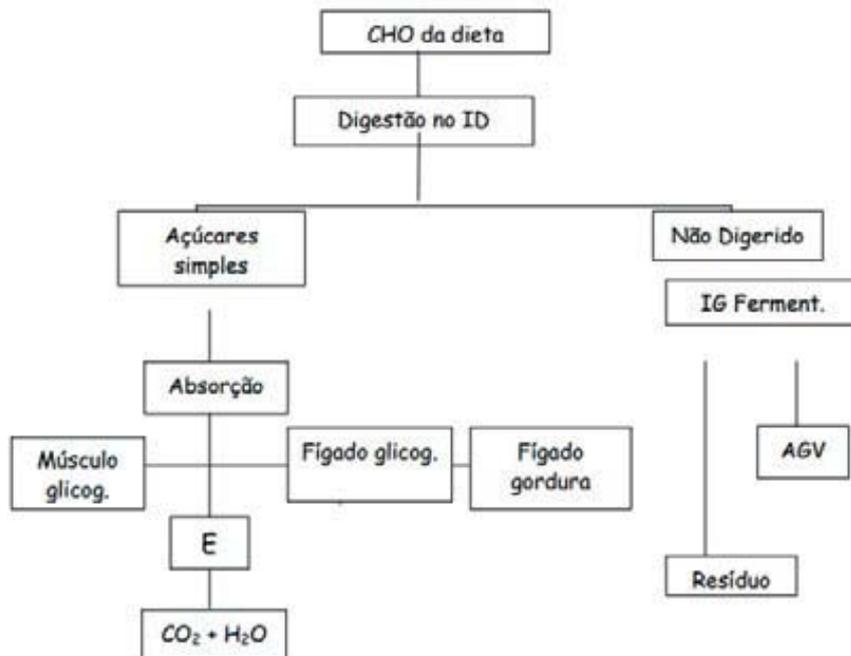


Figura 3.12: Caminho do carboidrato após a ingestão.

3.4 Fibra

A fibra é a fração indigestível ou parcialmente digestível pela microbiota animal. A fibra é responsável pelo aumento da viscosidade intestinal e também regula a taxa de passagem do alimento. Compõe: celulose, hemicelulose, pectinas, gomas e lignina.

Lignina: - em si é indigestível - combinando-se com a celulose e hemicelulose ela forma um envelope, impedindo o ataque enzimático e dos microorganismos. - componente frequente, mas que raramente ultrapassa a 20% do material total da parede celular vegetal.

Digestão nos Não-Ruminantes: A propriedade higroscópica da fibra (retenção de água) está ligada ao conteúdo de pectinas e hemiceluloses.

↑ **Fibra** = ↑ volume e peso das fezes = ↑ grau de viscosidade e sua relação com o trânsito da digesta.

Animais + jovens = ↑ taxa de passagem (quando alimentados com dietas altas em fibra) - ↑ retenção de água (sangue → lúmen)

Animais adultos → > flora microbiana → ↓ trânsito digestivo → ↓ consumo

A população microbiana ceco-cólica é formada por bactérias gram-negativas do gênero *Bacillus sp.* A digestão se processa no ceco e cólon (IG).

- Tanto nos ruminantes como nos não-ruminantes o ataque microbiano, a fermentação da fibra produz → AGV, CO₂, H⁺ e metano.

- A maioria dos autores dizem: 5 - 30% das necessidades energéticas de manutenção são cobertas pelos AGV's.

- Nas Aves a contribuição dos AGV's produzidos no ceco é de somente 2 - 3 % da exigência energética.

Acético e butírico → Acetil CoA → CK ou síntese de gorduras

Propiônico → precursor da glicose

Proporções → Acético - 60 - 77%, Propiônico - 17 - 21% e Butírico - 5 - 17%.

Ainda que ocorram fermentações no papo e ceco das aves, a contribuição dos AGV's para as aves não é relevante. Os AGV's produzidos no intestino grosso do suíno representam uma contribuição útil para sua economia energética. Nos suínos, os AGV's representam um suprimento de 19 a 25% dos requisitos de manutenção, enquanto a eficiência de utilização destes ácidos produzidos pode chegar a 67%. A utilização do acetato chega a 75% da eficiência de utilização da glicose; entretanto, a infusão intracecal de celulose (para aumentar a produção de acetato) não aumenta o ganho de peso de leitões submetidos a dietas baixas em energia.

Tabela 3.1: Tipo de fibra, fonte e suas respectivas propriedades químicas

Tipo de Fibra	Principal fonte na Dieta	Propriedades químicas
Celulose	Cereais não refinados Farelo de trigo Trigo integral	Não digerível Insolúvel em água Absorve água
Hemicelulose	Cereais não refinados Algumas frutas e vegetais Trigo integral	Parcialmente digerível Geralmente insolúvel em água Absorve água
Lignina	Partes lenhosas dos vegetais	Não digerível Insolúvel em água Absorve substâncias orgânicas
Pectina	Frutas	Digerível Solúvel em água Mucilaginosa
Gomas	Feijões secos	Digerível Solúvel em água Mucilaginosa

Fatores que interferem no valor energético da fibra:

- Espécie animal;
- Idade do animal;
- Hábitos nutricionais;
- Composição nutritiva da dieta;
- Efeito associativo dos alimentos;

- Moagem;
- Celulose;
- Lignificação.

Os níveis de fibra bruta que poderiam ser utilizados pelos suínos dependem de uma série de fatores como: tipo e níveis de fibra na ração; níveis dos outros nutrientes na ração; e idade e/ou peso dos animais.

Papel físico da fibra:

- 1) ↑ volume;
- 2) volume e consumo de energia;
- 3) Ação laxativa.

• Efeitos positivos:

- Manutenção da microflora gastrointestinal normal;
- Efeito de tamponamento através de troca de cátions.

• Efeitos negativos:

- Redução da digestibilidade dos demais nutrientes, ligado a taxa de passagem do bolo alimentar e de atuar como uma barreira ao ataque enzimático (dependente do tipo da fibra);
- Diluidor de energia

Características da fibra nos alimentos:

Fibra solúvel em água – polissacarídeos não-amídicos solúveis (β -glucanos da cevada, arabinoxilanos do centeio, e pectinas metiladas das frutas, galactomananas de leguminosas.

Fibra insolúvel em água – celulose, hemicelulose, substâncias pécicas e lignina.

Função dos alimentos fibrosos:

- Manutenção do trânsito intestinal;
- Movimentos peristálticos;
- Volume da massa fecal;
- Controle do consumo de ração;
- Controle de peso dos animais.

Tabela 3.2: Digestibilidade da fibra para várias espécies animais.

Espécie	Local de digestão	% de digestão
Ruminantes	Rúmen e cólon	50 - 90
Equinos	Ceco-cólon	34 - 40
Suínos	Ceco-cólon	3 - 25

Coelhos	Ceco	16 - 18
Cães	Ceco-cólon	10 - 30
Aves	Cecos	20 - 30

Fonte: NUNES, 1998. p. 64.

Importância da fibra na alimentação de monogástricos

- Rações comuns de suínos e aves possuem cerca de 2 a 3% de fibra; o teor de fibra pode chegar a 7% na ração de cachacos e porcas gestantes.

Uma ajudinha na digestão dos carboidratos?

Aditivos Enzimáticos: Auxiliam o processo digestivo melhorando a digestibilidade dos nutrientes da dieta.

1. Enzimas exógenas - destinadas a complementar quantitativamente as próprias enzimas digestórias endógenas dos animais (proteases, amilases, fitases.....);
2. Enzimas exógenas - enzimas que os animais não podem sintetizar (β -glucanases, pentosanas, α -galactosidases).

Porque adicionar enzimas a dietas de suínos e aves?

- Remover ou destruir fatores antinutricionais dos grãos;
- Aumentar a digestibilidade total da ração;
- Potencializar as enzimas endógenas;
- Diminuir a poluição ambiental causada por nutrientes excretados nas fezes.

Segundo Sheppy (2001) existem quatro principais razões para utilização de enzimas na nutrição animal:

1 - Remoção de fatores antinutricionais: os componentes da parede celular dos grãos (b-glucanos e arabinose) possuem um efeito antinutricional nas aves. Quando estes componentes se encontram na forma solúvel, aumentam a viscosidade da ingesta, interferindo na motilidade e na absorção de outros nutrientes e favorecendo o aparecimento de fezes úmidas e pegajosas, sendo a causa de baixos rendimentos. As enzimas b-glucanases são específicas para estas frações de polissacarídeos e podem ser adicionadas nas dietas para melhorar a qualidade nutricional dos grãos de cereais, como a cevada, centeio, aveia, trigo e triticale.

2 - Aumento da disponibilidade de nutrientes: a má digestibilidade das matérias-primas e, a princípio, o resultado da quantidade insuficiente de enzimas endógenas para extrair os nutrientes dos alimentos. A suplementação de enzimas nas dietas pode

melhorar a ação massal das enzimas endógenas sobre os ingredientes tradicionais, melhorando o seu valor nutritivo e o desempenho das aves.

3 - Aumento na digestibilidade de polissacarídeos não amiláceos (fibras): os monogástricos não tem capacidade endógena para digerir as fibras. Enzimas exógenas podem ser utilizadas para hidrolisar os polissacarídeos não amídicos que podem, potencialmente, serem utilizados pelas aves.

4 - Suplementação na produção de enzimas endógenas: em aves e suínos jovens, a produção de enzimas endógenas é menor que em adultos, de modo que, a digestibilidade dos alimentos, em geral, é menor nos animais jovens, podendo ser melhorada pela adição.

Tabela 3.3: Enzimas utilizadas na avicultura

ENZIMA	SUBSTRATO	EFEITOS
Xilanases	Arabinoxilanas	Redução da viscosidade da digesta.
Glucanases	β -glucanos	Redução da viscosidade da digesta. Menor umidade na cama.
Pectinases	Pectinas	Redução da viscosidade da digesta
Celulases	Celulose	Degradação da celulose e liberação de nutrientes.
Proteases	Proteínas	Suplementação das enzimas endógenas. Degradação mais eficiente das proteínas.
Amilases	Amido	Suplementação das enzimas endógenas. Degradação mais eficiente do amido.
Fitases	Ácido fólico	Melhora a utilização do fósforo dos vegetais. Remoção do ácido fítico.
Galactosidases	Galactodídeos	Remoção dos galactosídios.
Lipases	Lipídios e ácidos graxos	Melhora a utilização de gorduras animais e vegetais.

4. Lipídios

Conceito: são biomoléculas orgânicas insolúveis em água. Existem várias famílias diferentes ou classes de lipídeos, mas todas derivam suas diferentes propriedades da natureza hidrocarbonada de uma porção principal de suas cadeias.

- Método de weende

Estrutura: compreende as gorduras, óleos, ceras e compostos relacionados.

Classificação

- Lipídios Simples - formados por ésteres de AG com álcool → as gorduras e óleos (AG + Glicerol) e ceras.

- Lipídios Compostos - formados por ésteres de AG contendo grupos de substâncias além do álcool e o AG → fosfolipídeos, lecitina, glicolipídeos e lipoproteínas, entre outros.

4.1 Funções dos Lipídios

- São componentes estruturais das membranas das células e das organelas; atuam como formas de armazenamento e transporte de combustível metabólico;

- Servem como uma película protetora sobre a superfície de muitos organismos;

- Servem como componentes da superfície celular incumbidos do reconhecimento de células, da especificidade das espécies e da imunidade dos tecidos.

- Algumas substâncias classificadas entre os lipídios possuem intensa atividade biológica; elas incluem algumas vitaminas e hormônios.

Gorduras são compostos mais reduzidos que açúcares e proteínas, ou seja, têm mais hidrogênio (e menos oxigênio). É por isso que fornecem mais do dobro da energia (9 kcal por grama) que açúcares (4 kcal/g) e proteínas (4 kcal/g). Por outro lado, por ser apolar, a gordura pode ser estocada de forma anidra - o glicogênio hidrata-se numa base de 3 g de H₂O para cada 1 g de glicogênio. As gorduras fornecem, na prática, 9 (nove) vezes mais energia metabólica que o mesmo peso de glicogênio hidratado, já que:

1 g glicogênio (peso seco) = 4 kcal

4 g glicogênio (hidratado) = 4 kcal

1 g gordura (peso seco) = 9 kcal

4 g gordura (anidra) = 36 kcal (9 vezes mais que 4 g de glicogênio hidratado)

Essa característica é tão importante que os animais possuem uma linhagem celular específica - os adipócitos, organizados na forma de um panículo adiposo contido no tecido celular subcutâneo - para armazenar os excedentes calóricos da dieta sob forma de gordura.

O panículo adiposo, que corresponde a 20% do peso de um homem e 25% do peso de uma mulher, forma um coxim gorduroso que protege órgãos e corpo contra impactos, fornece isolamento térmico e modela o corpo de acordo com o padrão hormonal masculino ou feminino.

No nosso organismo, apenas 1/2 kg corresponde a carboidrato (menos de 2000 kcal, o bastante apenas para satisfazer as necessidades calóricas de um dia); cerca de 15 kg correspondem a gordura - um estoque de mais de 130 000 kcal! E acondicionadas como gordura - a forma mais leve (anidra) e confortável de transportar energia.

4.2 Ácidos graxos essenciais

Linoléico, Linolênico e Araquidônico

Linoléico e Linolênico → precursores de diversos AGI.

Araquidônico → precursor síntese de prostaglandinas

Óleo de linhaça → rico em linoléico e linolênico

Óleo de amendoim → rico em ácido. Aracônico

Tabela 4.1: Composição aproximada das gorduras

Fonte	Saturados			Insaturados		
	14 : 0	16 : 0	18 : 0	18 : 1	18 : 2	18 : 3
Girassol	-	5,5	5,0	20,5	69,0	-
Soja	-	12,0	4,0	23,0	53,0	8,0
Milho	-	9,5	4,5	35,5	49,0	0,5
Algodão	1,4	23,0	1,0	24,0	49,6	-
Colza	1,0	5,0	2,0	59,0	22,0	10,0
Aves	-	25,4	7,0	46,5	21,4	-
Oliva	24,0	11,0	2,3	73,7	13,0	-
Manteiga	1,5	29,0	11,0	30,8	5,0	0,2
Sebo bovino	76,0	27,4	14,1	48,2	3,0	1,0
Coco	76,0	10,0	4,0	7,0	3,0	-
Ovo	0,3	22,1	7,7	36,6	11,1	0,3
Suíno	-	32,2	7,8	48,0	11,0	0,6

Fonte: MAYNARD & LOOSLI, 1984.

Exigência de Ácido Linoléico:

Poedeiras - 1,6%

Frangos de corte - 1,0%

Suínos - 0,1%

- As poedeiras é que devem se preocupar por influir no tamanho do ovo.

Sintomas de deficiência:

Aves → crescimento retardado, fígado gorduroso, ↓ tamanho do ovo, ↓ taxa de postura, ↓ eclodibilidade dos ovos, ↑ mortalidade embrionária.

Suínos → perda de pêlo, dermatite escamoso, pêlo seco e quebradiço, ↓ produção de bile, atrofia dos testículos, ↓ ou falta de espermatogênese.

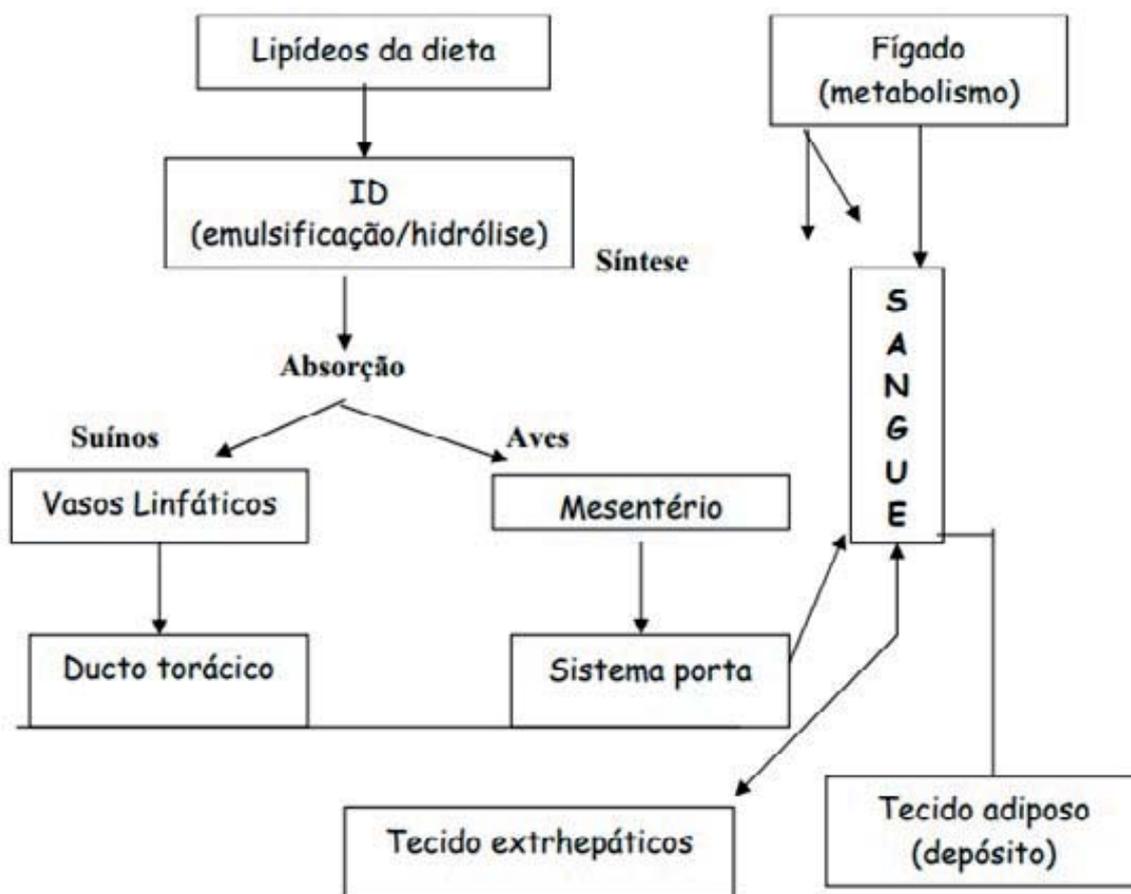


Figura 4.1: Destinos metabólicos dos lipídeos da dieta.

Digestão pré-duodenal → Lipase lingual e Lipase gástrica

Digestão Duodenal

→ Lipase pancreática

→ 2-monoglicerídeos

→ Sais biliares

→ Transporte das micelas

→ Reesterificação dos AG

→ Transferência triglicerídeos

- *Há diferenças entre mamíferos e aves:*

Mamíferos → sistema linfático → ducto torácico → corrente sanguínea → fígado

Aves → absorção se faz pelo mesentério (sistema porta)

- *Dietas de cães e gatos:*

Cães → necessitam de 50 g de gordura → contendo 10 g de linoléico/dia

Gato → 90 g de gordura → 10 g linoléico/dia e 1,0 g de aracdônico/dia

- *Relação energia / nutrientes:*

- para cada 4% de ↑ de gordura → deve haver 1% de ↑ proteína

- ↑ Ca

- *Ação dinâmica associativa das gorduras:*

- sinergismo AGSaturados e AGInsaturados

- ↓ taxa de passagem

- *Gordura da dieta e gordura corporal:*

Ratos - índice de iodo 122 - utilizando na dieta óleo de soja (II=132)

índice de iodo 35 - utilizando gordura de coco (II = 7,7)

- *Rancidez das gorduras:*

- Hidrolítica: ocorre pela ação de microorganismos e/ou fatores de rancificação causando uma simples hidrólise com liberação de mono, diglicerídeos e ácidos graxos, não afetando o valor energético das gorduras, porém afeta suas propriedades organolépticas.

- Oxidativa: é resultante do decréscimo no valor energético. Ocorre entrada de O₂ na cadeia carbônica insaturada dos ácidos graxos que reduz a capacidade de receber O₂ durante a oxidação, havendo perda no valor energético.

- *Fatores que favorecem a rancificação:*

- Umidade: alta umidade favorece as reações de oxidação, favorecendo o aparecimento de fungos e bactérias que fazem à hidrólise das gorduras e facilita também a ação de íons metálicos.

- Temperatura: altas temperaturas associadas à alta temperatura e presença de íons metálicos favorecem grandemente a rancificação.

- Presença de íons metálicos: os íons Ca⁺⁺, Cu⁺⁺, Fe⁺⁺ e Zn⁺⁺ catalisam as reações da rancificação.

- *Uso de energia pelo animal:*

1. Manutenção e Produção

Se a quantidade de energia ingerida é insuficiente severa e por tempo prolongado :

- Animal perde peso → catabolismo → pequena quantidade. Glicogênio é exaurido;

- A maior parte dos lipídios de reserva é utilizada;

- As proteínas tissulares passam a ser usadas para manutenção de glicose no sangue.
- 2. Quando tem escassez de alimento (ordem de prioridades):
 1. Energia
 2. Proteína
 3. Minerais e vitaminas

Problemas no Metabolismo dos Lipídeos nas aves

1. **Síndrome do Fígado gorduroso (poedeiras e frangos de corte):**

Característica:

- Alta mortalidade (0,5% → 2-3%);
- Fígado hemorrágico;
- Palidez do fígado;
- Queda postura (80 → 50% - em 15 dias);
- As aves ficam muito sensíveis ao estresse (calórico).

Exame pós-morte:

- ↑ infiltração de gordura no fígado e cavidade abdominal
- ↑ de gordura (50 - 60%) na MS do fígado

Causas:

- Transporte deficiente de lipídios no sangue (Lipoproteínas)
- Rações ↑ energia

Aplicação de Gorduras nos Misturadores:

- Adicionadas na forma líquida;
- Uso de antioxidantes;
- Isenta de água (gordura pura);
- Maquinário isento de Cu.

Fatores que afetam a digestibilidade e absorção dos lipídeos:

- Idade
- Nível de utilização da dieta
- Tipo de lipídio utilizado (grau de insaturação)
- Composição da dieta

4.3 Digestão

A bile – emulsificação - ↑ a superfície por formação de microgotículas

Hormônio CCK – atua na sua liberação

COLIPASE (fator polipeptídico, age como âncora da lipase) – é requerida para a ativação da lipase – as suas cargas permitem a sua entrada na camada dos sais biliares (recobrem a superf. da gordura) – SUBSTRATO – anexando a lipase (ligando esta enzima à superfície)

Transporte dos Lipídeos:

VLDL, LDL, IDL, HDL

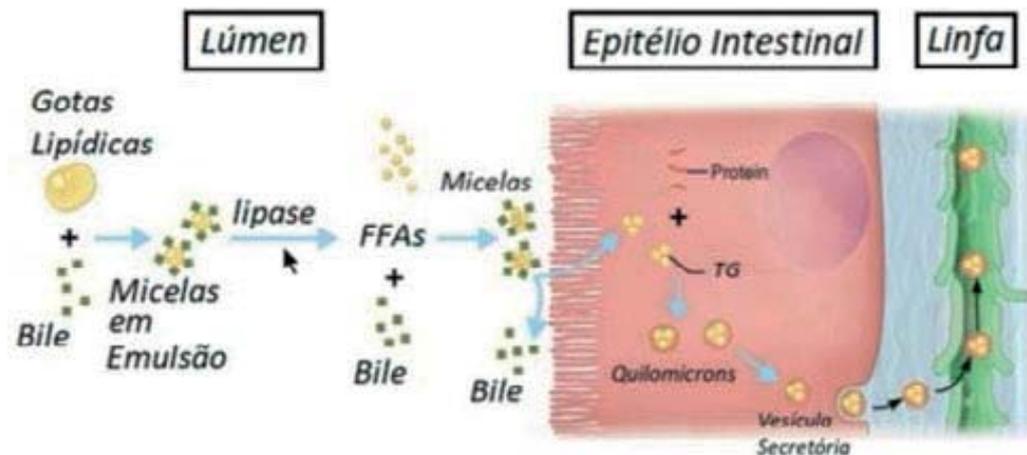


Figura 4.2: Esquema básico da digestão e absorção dos lipídios.

Tabela 4.2: Níveis de colesterol medidos na pele e nos músculos do peito e coxa de acordo com os diferentes fontes de óleo

FONTE DE ÓLEO	PEITO	COXA	PELE
Sem óleo	81,67 a	76,16 b	225,3 a
Óleo de soja	76,93 a	127,6 a	194,1 a
Óleo de canola	47,2 b	110,8 a	183,9 a
Óleo de palma	63,0 a	86,1 a	132,7 b

Digestibilidade das Gorduras

Há duas fontes de erro:

- Gordura metabólica – 26% da gordura total – **subestima a DG**
- Os ácidos graxos no intestino na presença dos íons de Ca formam sais orgânicos de Ca (não são absorvidos – fezes) Na determinação do EE (não extrai esta gordura - perdida) – então a digestibilidade é **superestimada**.

4.4 Teores de lipídios em rações comerciais de animais não ruminantes

A gordura nas rações comerciais de animais não ruminantes é expressa na forma de extrato etéreo (figuras 4.3, 4.4 e 4.5).

4.4.1 Ração para cães



Farinha de vísceras de aves, farinha de proteína isolada de sulno, milho integral moído*, quirera de arroz, gordura de frango, polpa de beterraba, gordura suína, glúten de milho*, glúten de trigo, óleo de peixe refinado, óleo de soja refinado

Proteína bruta (min.)	250,0 (g/kg)
Extrato etéreo (min.)	140,0 (g/kg)
Matéria mineral (máx.)	63,0 (g/kg)
Matéria fibrosa (máx.)	24,0 (g/kg)
Umidade (máx.)	110,0 (g/kg)



Farinha de vísceras de aves, farinha torresmo, milho integral moído, quirera de arroz, gordura suína, gordura de frango, farelo de glúten de milho*, óleo de peixe refinado, óleo de soja refinado*, sulfato de condroitina, hidrócloro de glicosamina, levedura seca de cervejaria, cloreto de sódio (sal comum), cloreto de potássio, carbonato de cálcio, zeólita, fosfato bicálcico, levedura enriquecida com selênio, sorbato de potássio, fosfato monocálcico, vitaminas (E, C, A, D3, B1, B2, B6, B12,

Umidade (máx.)	110 g/Kg
Proteína Bruta (min.)	240 g/Kg
Extrato Etéreo (mín.)	150 g/Kg
Matéria Fibrosa (máx.)	24 g/Kg
Matéria Mineral (máx.)	73 g/Kg
Cálcio (min.)	9600 mg/Kg
Cálcio (máx.)	14,4 g/Kg

4.4.2 Rações para gatos



Farinha de vísceras de aves, quirera de arroz, gordura de frango, casca de ervilha, farelo de glúten de milho*, farinha de torresmo, ovo em pó, gordura suína, polpa de beterraba, óleo de peixe refinado, levedura seca de cervejaria, óleo de soja refinado

Umidade (máx.):	75 g/kg (7,5%);
Proteína Bruta (mín.):	300 g/kg (30%);
Extrato Etéreo (mín.):	200 g/kg (20%);
Matéria Fibrosa (máx.):	

4.4.3 Rações para frangos de corte

Frango
Crescimento

Dugrão
Nutrição Animal

Indicação
Ração indicada para aves de corte ou pastura de 16 a 25 dias de vida, possui ótima relação de nutrientes (energia/proteínas/minerais/vitaminas) para garantir o pleno desenvolvimento das aves, e também, possui antibióticos para assegurar a proteção das aves.

Composição
Milho, Farelo de Soja, Casquinha de soja, Sorgo, Calcário Calcítico, Fosfato bicálcico, blends de mineral, vitaminas, adjuvos e aminoácidos antibióticos.

Níveis de Garantia

Calcio (Min)	10,00 g	Vitamina B2 (Min)	0,03 mg.
Calcio (Máx)	12,50 g	Vitamina B12 (Min)	6,66 mcg.
Fósforo (Min)	4100,00 mg	Vitamina K3 (Min)	1,06 mg.
Extrato Etéreo (Min)	21,00 g	Vitamina B6 (Min)	1,33 mg
Matéria Fibrosa (Máx)	65,00 g	Manganês	46,68 mg
Matéria Mineral (Máx)	55,50 g	Ferro (Min)	33,33 mg.
Proteína Bruta (Min)	170,00 g	Zinco (Min)	33,33 mg
Umidade (Máx)	130,00 g	Iodo (Min)	0,80 mg
Sulfonamida (Min)	4000,00 mg	Selênio (Min)	0,13 mg
Colina (Min)	13,40 mg.	Cobre (Min)	65,20 mg
Niacina (Min)	20,00 mg	Sódio (Min)	1710 mg
Acido Fólico (Min)	0,40 mg.	Metionina (Min)	85,00 mg
Acido Pantotênico (Min)	7,32 mg.	Lisina (Min)	17,00 mg
Vitamina A (Min)	4000,00 UI	Fluor (Max)	0,11 mg
Vitamina D3 (Min)	133,00 UI	Halquinol (Min)	20,00 mg
Vitamina E (Min)	6,64 UI		
Vitamina B1 (Min)	0,93 mg.		

4.4.4 Rações para suínos

DuSuíno
Crescimento

Dugrão
Nutrição Animal

Indicação
Indicada suínos de 36 a 85 dias de vida para garantir uma proteção contra contaminações de microrganismos patogênicos do ambiente e uma boa formação de carne.

Composição
Milho, Farelo de Soja, Casquinha de soja, Sorgo, Calcário Calcítico, Fosfato bicálcico, blends de mineral, vitaminas, adjuvos e aminoácidos antibióticos.

Níveis de Garantia

Calcio (Min)	11,50 mg	Vitamina B1 (Min)	1,58 mg.
Calcio (Máx)	13,50 mg	Vitamina B12 (Min)	18,90 mcg.
Fósforo (Min)	4100,00 mg	Vitamina K3 (Min)	1,89 mg.
Extrato Etéreo (Min)	21,00 g	Vitamina B6 (Min)	2,21 mg
Matéria Fibrosa (Máx)	65,00 g	Manganês	29,40 mg
Matéria Mineral (Máx)	77,00 g	Ferro (Min.)	49,00 mg
Proteína Bruta (Min)	170,00 g	Fluor (Max)	9,75 mg.
Umidade (Máx)	130,00 g	Cobre (Min)	15,75 mg
Biotina (Min.)	0,13 mg	Sódio (Min)	2000,00 mg
Niacina (Min)	18,38 mg	Zinco (Min)	58,80 mg
Acido Fólico (Min)	0,44 mg	Iodo (Min)	0,74 mg
Colina (Min)	234,50 mg	Acido Pantotênico (Min)	10,50 mg.
Vitamina A (Min)	3500,00 UI	Vitamina B2 (Min)	5,95 mg
Vitamina D3 (Min)	12,25 UI	Fitase (Min.)	437,50 /tu
Vitamina E (Min)	17,50 UI	Selênio (Min.)	0,22 mg

4.4.5 Rações para equinos



Indicado para equinos adultos em manutenção, garanhões, éguas gestantes e lactantes e animais que desempenham atividades físicas leves e moderada

MODO DE USO:
Fornecer de **4 a 6 kg/dia por animal dividido em 2** ou mais refeições, juntamente com feno de gramíneas ou leguminosas de boa qualidade.

RECOMENDAÇÕES:
Fornecer água de qualidade e volumoso à vontade.

GARANTIAS NUTRICIONAIS	MÍN/MÁX	TOTAL
Umidade g/kg	MÁX	130,00
Proteína Bruta g/kg	MÍN	140,00
Extrato Etéreo g/kg	MÍN	45,00
Fibra Bruta g/kg	MÁX	100,00



Ração para equinos da nossa linha de alta performance.

Alimento multiparticulado, que além do pellet, conta com a inclusão de aveia, melado, óleo e partículas extrusadas, resultando em um produto altamente palatável, altamente digestível

Fornecer de 4 a 6 kg/dia por animal dividido em duas ou mais refeições, juntamente com feno de gramíneas ou leguminosas de boa qualidade.

GARANTIAS NUTRICIONAIS	MÍN/MÁX	TOTAL
Umidade g/kg	MÁX	130,00
Proteína Bruta g/kg	MÍN	120,00
Extrato Etéreo g/kg	MÍN	90,00
Fibra Bruta g/kg	MÁX	100,00

Capítulo 5

ENERGIA

5. Energia

5.1 Conceito

É o principal componente nutricional que determina o desempenho. Não é um nutriente, mas uma propriedade dos nutrientes de transferir energia quando oxidados durante o metabolismo. É a capacidade de realizar trabalho, que é em nutrição a máxima produção de ganho de peso, produção de ovos e melhor aproveitamento do alimento.

A unidade de energia mais usual é a caloria (cal) e a quilocaloria (kcal) ou grande caloria.

1 cal = quantidade de calor necessária para elevar 1 g água de 1°C (14,5 - 15,5°C)

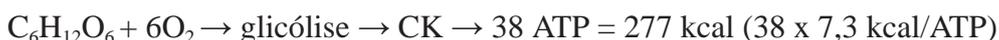
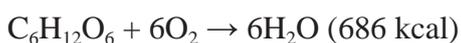
1 kcal = quantidade de calor necessária para elevar 1 kg água de 1°C

1 Mcal = quantidade de calor necessária para elevar 1 ton. de água de 1°C

1 J = 0,239 cal (1 cal = 4,18 J).

O organismo animal possui uma eficiência energética de aproximadamente 40%. Para aves e suínos que são animais de sangue quente, a perda de energia do metabolismo na forma de calor (60%) é importante na homeotermia destes animais. Por isso, os suínos e aves, por exemplo, apresentam maior exigência energética do que os peixes. Estes últimos têm exigência mais baixa em energia comparados com os animais de sangue, especificamente suínos e aves.

Oxidação da Glicose:



$$\text{Eficiência Metabólica} = 277/686 \times 100 = 40\%$$

A energia bruta de diferentes nutrientes variam, tais como:

Carboidratos - 4,1 kcal/g

Proteínas - 5,7 kcal/g

Lipídios - 9,4 kcal/g

A diferença entre estes nutrientes primariamente reflete o estado de oxidação do composto inicial. *A energia química varia inversamente com a relação C/H e o conteúdo de oxigênio e nitrogênio.* Por exemplo, um típico monossacarídeo como a glicose tem um fórmula $\text{C}_6\text{H}_{12}\text{O}_6$, ou 1 átomo de oxigênio por átomo de carbono (relação 1:1), enquanto que uma molécula de gordura, glicerol tem uma composição molar de $\text{C}_{57}\text{H}_{104}\text{O}_6$, ou seja 6 átomos de oxigênio por 57 átomos de carbono, uma relação de 1:9,5. Entretanto, a gordura exige mais oxigênio para a oxidação e fornece mais calor no processo.

5.2 Partição da energia

ENERGIA BRUTA = energia liberada como calor quando uma substância é totalmente oxidada.

- Lipídeos → 9,4 kcal/g
- Glicídios → glicose – 3,7 kcal/g e Amido – 4,2 kcal/g
- Protídeos 5,7 kcal/g

ENERGIA DIGESTÍVEL = $E_{Bconsumida} - E_{Bfezes}$ (para aves é mais complicado)

ENERGIA METABOLIZÁVEL APARENTE = $E_{Balimento} - E_{Bfezes, urina e gases}$

ENERGIA METABOLIZÁVEL VERDADEIRA = $E_{Balimento} - E_{Bexcretada} + E_{Fm} + E_{Ue}$

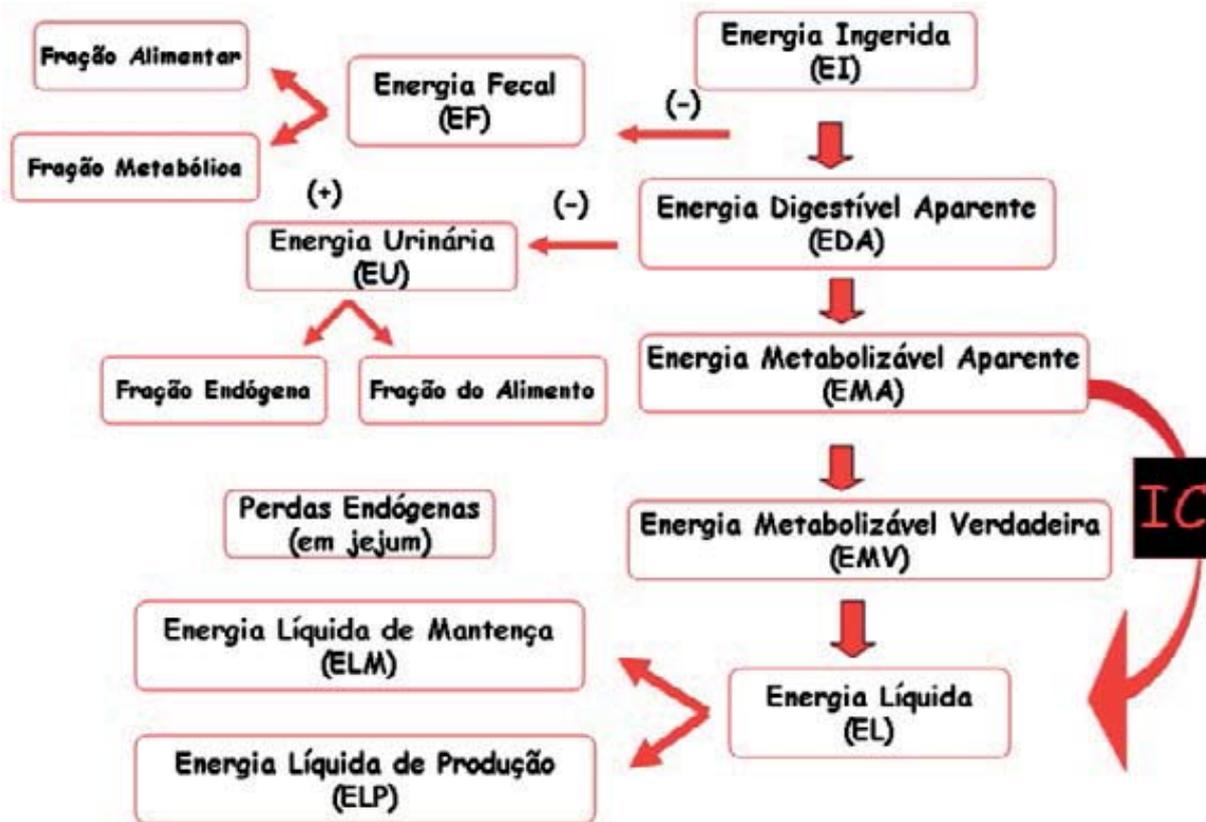


Figura 5.1: Esquema de partição da energia em não ruminantes.

5.3 Importância da energia nas rações

↑ energia → ↓ consumo (Hipótese Glicostática – os animais se alimentam para satisfazerem suas necessidades energéticas. Este fato sugere que todos os nutrientes da dieta devem estar relacionados ao seu conteúdo de energia.

Como podemos observar a energia digestível ingerida varia pouco, pelo menos quando a concentração energética da ração compreende entre 2500 – 3000 kcal de ED/kg, devido

estes níveis energéticos estarem compreendidos em torno da exigência dos coelhos em energia (2500 kcal de ED/kg). Se estiver abaixo (2138 kcal de ED/kg) deste nível de 2500 kcal de ED/kg, a quantidade de ED ingerida será muito baixa, onde o aumento no consumo alimentar não chegará a manter constante a quantidade de ED ingerida.

Hipótese Termostática → Quente - ↓ consumo.

5.4. O incremento calórico (IC)

É influenciado por vários fatores:

- *Proporção entre os nutrientes na dieta* – por exemplo, a substituição de substâncias glicídicas por gorduras ocorrerá redução no incremento calórico dos animais, já que a gordura produz menos IC por produzir alta energia para o organismo ao serem consumidas pelos animais.

- *Deficiência de nutrientes* – se houver deficiência em alguns nutrientes o organismo aumentará seu IC, as reações metabólicas para repor esta deficiência nutricional.

- *Proteína* – níveis pouco acima do recomendado haverá maior IC, pois haverá maior perda de energia na excreção do excesso de nitrogênio, na forma de uréia ou de ácido úrico.

- *Nível de consumo* – aumentando o consumo de ração ocorrerá aumento no IC, sendo assim vantagem em ambientes com temperaturas mais baixas, por isso os animais elevam a ingestão.

- *Finalidade da energia* – quanto mais os animais estão em produção maior será seu IC.

Os fatores que afetam os valores de energia são:

Idade: Os valores de EM dos alimentos para aves aumentam com o avançar da idade. Esse fato se dá devido as aves jovens possuem menos eficiência em digerir as gorduras da dieta.

Espécie/linhagem: Os valores de EM variam menos com a genética do que a idade, existem diferenças nos valores da energia em relação às espécies animais e também em relação às linhagens.

Granulometria: A eficiência da digestão dos alimentos pode ser influenciada também pela superfície de exposição destes às ações das secreções digestivas, bem como pela taxa de passagem no trato gastrointestinal dos monogástricos. Sendo assim, o grau de moagem influencia, consideravelmente, os valores de digestibilidade e a consequente disponibilidade de nutrientes. Partículas menores de alimentos favorecem uma maior ação digestiva sobre os lipídeos.

Processamento: A peletização aumenta a digestibilidade dos nutrientes pela ação mecânica e pela temperatura do processo. O processo de peletização também solubiliza parcialmente as proteínas, pela alteração das suas estruturas naturais, melhorando a digestibilidade das mesmas. Entretanto, o excesso de temperatura durante a peletização pode comprometer a disponibilidade de alguns aminoácidos como a lisina pela ocorrência da reação de Maillard.

5.5 Aplicações práticas

5.5.1 Estimando energia para cães

1) Qual a necessidade de energia de manutenção (NEM) de um cão adulto ativo?

$$\text{Fórmula: } \text{NEM} = 132 \times \text{PC}^{0,75}$$

Para um cão de 15 kg de PC, temos:

$$\text{NEM} = 132 \times 15^{0,75} \rightarrow 132 \times 7,62 = \mathbf{1006 \text{ kcal/dia}}$$

Mas, qual a quantidade diária de uma determinada ração este cão irá consumir?

1º passo - Estimar a energia desta ração, caso não tenha. Se tivermos a composição da ração faremos os cálculos:

O que tem é a composição:

Umidade = 11%

PB = 22%

EE = 13%

MM = 4%

FB = 3%

Calcular o ENN:

$$\text{ENN} = 100 - (11+22+13+4+3)$$

$$\text{ENN} = 47\%$$

- Calcular o Energia Estimada da ração:

$$\text{EM} = (\text{PB} \times 5,65) + (\text{EE} \times 9,4) + (\text{ENN} \times 4,15)$$

$$\text{EM} = (22 \times 5,65) + (13 \times 9,4) + (47 \times 4,15) = 441,55 \text{ kcal/100g}$$

2º passo - Já foi calculada a energia de manutenção do cão anteriormente. Agora, calcular a quantidade diária de ração:

$$100 \text{ g de ração} \text{ — } 441,55 \text{ kcal}$$

$$x \text{ — } 1006 \text{ kcal/dia}$$

$x = \mathbf{227,8 \text{ g de ração/dia}}$ que o cão deverá consumir para satisfazer sua necessidade energética.

5.5.2 Estimando composição energética de alimento para gatos

- 2) Faça uma estimativa da energia bruta (EB – kcal/kg), % de digestibilidade, energia digestível (ED – kcal/kg) e a energia metabolizável (EM – kcal/kg) de um determinado alimento para gatos, utilizando as seguintes equações abaixo:

$$EB \text{ (kcal/kg)} = (5,7 \times g \text{ PB}) + (9,4 \times g \text{ EE}) + [4,1 \times (g \text{ ENN} + g \text{ FB})]$$

$$\% \text{ digestibilidade} = 89,9 - (0,88 \times \% \text{ FB na MS})$$

$$ED \text{ (kcal/kg)} = EB \times (\% \text{ digestibilidade}/100)$$

$$EM \text{ (kcal/kg)} = ED - (0,77 \times g \text{ PB})$$

A composição do alimento (arroz integral cozido) é:

MS (%)	PB (%)	EE (%)	FB (%)	ENN (%)
29,9	2,6	1,33	2,75	25,9

Utilizando as fórmulas e substituindo as variáveis temos:

Transformando % para grama: 2,6% PB = 26 g/kg, logo:

a) $EB = (5,7 \times 26) + (9,4 \times 13,3) + [4,1 \times (259 + 27,5)] = \mathbf{1.448 \text{ kcal/kg}}$

Para achar %FB para %FB na MS: $2,75 \times 100/29,9 = 9,2$

b) $\% \text{ dig.} = 89,9 - (0,88 \times 9,2) = \mathbf{81,8\%}$

c) $ED = 1.448 \times (81,8/100) = \mathbf{1.184 \text{ kcal/kg}}$

d) $EM = 1.184 - (0,77 \times 26) = \mathbf{1.164 \text{ kcal/kg}}$

5.5.3 Digestibilidade da energia para não ruminantes

- 3) Calcule a energia bruta consumida (EB consumida), energia bruta excretada nas fezes (EB excretada nas fezes), ED (Energia digestível) e EMA (Energia Metabolizável Aparente) de uma ração para suínos em crescimento. Complete a tabela abaixo antes de determinar a energia:

Dados na MS	Valores
<u>Ração</u>	
Consumo de ração (g)	4338
EB da ração (kcal/g)	4,135
EB consumida	-
<u>Fezes/Urina</u>	
Produção de fezes (g)	448
EB fezes (kcal/g)	3,758
EB excretada nas fezes (kcal)	-
EB excretada na urina	96,6

<u>Valor energético</u>	
ED da ração (kcal/kg)	-
EMA da ração (kcal/kg)	-

Fórmulas:

$ED = \frac{EB \text{ consumida} - EB \text{ excretada fezes}}{\text{Consumo de ração}}$	$EMA = \frac{EB \text{ cons} - EB \text{ exc fezes} - EB \text{ exc urin}}{\text{Consumo de ração}}$
--	--

1º passo: EB consumida = 4338 x 4,135 = 17.937,6

2º passo: EB excretada nas fezes = 448 x 3,758 = 1.683,6

3º passo: ED = 17.937,6 - 1.683,6/4338 = 3.746,9

4º passo: EMA = 17.937,6 - 1.683,6 - 96,6/4338 = 3.724,6

Resultados:

Completando as lacunas da tabela, temos:

Dados na MS	Valores
<u>Ração</u>	
Consumo de ração (g)	4338
EB da ração (kcal/g)	4,135
EB consumida	<u>17.937,6</u>
<u>Fezes/Urina</u>	
Produção de fezes (g)	448
EB fezes (kcal/g)	3,758
EB excretada nas fezes (kcal)	<u>1.683,6</u>
EB excretada na urina	96,6
<u>Valor energético</u>	
ED da ração (kcal/kg)	<u>3.746,9</u>
EMA da ração (kcal/kg)	<u>3.724,6</u>

- 4) Calcule a energia bruta consumida (EB consumida), energia bruta excretada nas fezes (EB excretada nas fezes), ED (Energia digestível) e EMA (Energia Metabolizável Aparente) de um determinado alimento para suínos em crescimento que substituiu a dieta referência em 30%. Complete a tabela abaixo antes de determinar a energia.

Dados na MS	Ração Referência (RR)	Ração Teste (RT)
<u>Ração</u>		
Consumo de ração (g)	4350	5110
EB da ração (kcal/g)	4,100	4,050
EB consumida	-	-
<u>Fezes/Urina</u>		
Produção de fezes (g)	430	660

EB fezes (kcal/g)	3,690	4,010
EB excretada nas fezes (kcal)	-	-
EB excretada na urina	95,4	165
<u>Valor energético</u>		
ED da ração (kcal/kg)	-	-
EMA da ração (kcal/kg)	-	-
ED do alimento (kcal/kg)	-	-
EMA do alimento (kcal/kg)	-	-

Fórmulas:

$ED = \frac{EB \text{ consumida} - EB \text{ excretada fezes}}{\text{Consumo de ração}}$	$EMA = \frac{EB \text{ cons} - EB \text{ exc fezes} - EB \text{ exc urina}}{\text{Consumo de ração}}$
$ED_{\text{Alimento}} = ED_{RR} + \frac{ED_{RT} - ED_{RR}}{\% \text{ substituição}}$	$EMA_{\text{Alimento}} = EMA_{RR} + \frac{EMA_{RT} - EMA_{RR}}{\% \text{ substituição}}$

1º passo: EB cons da RR = 4,100 x 4350 = 17.835

2º passo: EB exc fezes da RR = 430 x 3,690 = 1.586,7

3º passo: ED da RR = 17.835 - 1.586,7/4350 = 3.735,2

4º passo: EMA da RR = 17.835 - 1.586,7 - 95,4/4350 = 3.713,3

5º passo: EB cons da RT = 5110 x 4,050 = 20.695,5

6º passo: EB exc fezes da RT = 660 x 4,010 = 2.646,6

7º passo: ED da RT = 20.695,5 - 2.646,6/5110 = 3.532,1

8º passo: EMA da RT = 20.695,5 - 2.646,6 - 165/5110 = 3.499,8

9º passo: ED do alimento = 3.735,2 + $\left(\frac{3.532,1 - 3.735,2}{0,3}\right) = 3.058,2$

10º passo: EMA do alimento = 3.713,3 + $\left(\frac{3.499,8 - 3.713,3}{0,3}\right) = 3.001,6$

Resultados:

Completando as lacunas da tabela com os dados calculados teremos:

Dados na MS	Ração Referência (RR)	Ração Teste (RT)
<u>Ração</u>		
Consumo de ração (g)	4350	5110
EB da ração (kcal/g)	4,100	4,050
EB consumida	<u>17.835</u>	<u>20.695,5</u>
<u>Fezes/Urina</u>		
Produção de fezes (g)	430	660
EB fezes (kcal/g)	3,690	4,010
EB excretada nas fezes (kcal)	<u>1.586,7</u>	<u>2.646,6</u>
EB excretada na urina	95,4	165

<u>Valor energético</u>		
ED da ração (kcal/kg)	<u>3.735,2</u>	<u>3.532,1</u>
EMA da ração (kcal/kg)	<u>3.713,3</u>	<u>3.499,8</u>
ED do alimento (kcal/kg)		<u>3.058,2</u>
EMA do alimento (kcal/kg)		<u>3.001,6</u>

Capítulo 6
PROTEÍNAS

6. Proteínas

6.1 Conceito e classificação

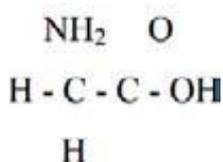
As proteínas variam amplamente na composição química, propriedades físicas, tamanho, solubilidade e funções biológicas. São compostas basicamente por 53% de C, H, 22,5% de O, 16% de N, 1,3% de S e, às vezes, 0,8% de P e Fe.

A proteína é o componente mais caro da ração animal, e a qualidade da proteína de um alimento pode ser comparada com a de outro pela composição dos aminoácidos.

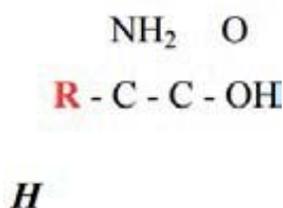
Todas as proteínas são compostas de unidades simples, aminoácidos. As proteínas são constituídas de n aminoácidos, onde cerca de 20 aminoácidos são comumente encontrados nas proteínas e até 10 aminoácidos são exigidos nas dietas dos animais, pois a síntese nos tecidos não é adequada para suprir as necessidades metabólicas.

São macromoléculas complexas, compostas de aminoácidos, e necessárias para os processos químicos que ocorrem nos organismos vivos. São os constituintes básicos da vida: tanto que seu nome deriva da palavra grega "proteios", que significa "em primeiro lugar".

GLICINA - é um dos aminoácidos mais simples em que ilustra a estrutura básica de um aminoácido.



A estrutura geral representando todos os demais aminoácidos é da seguinte forma:



Onde R é o que diferencia um aminoácido do outro.

Estruturalmente as proteínas são compostas de unidades básicas, que são os aminoácidos, ligados por ligação peptídica (grupo amino ligado ao grupo carboxílico de outro aminoácido).

Classificação

1. Proteína simples (albuminas, prolaminas, globulinas e mioglobinas);
2. Proteínas conjugadas (fosfoproteínas, nucleoproteínas e lipoproteínas).

Os aminoácidos não sintetizados nos tecidos animais de muitas espécies em suficientes quantidades para satisfazer a necessidade metabólica sem ser adicionado a dieta são os essenciais ou indispensáveis, enquanto aqueles geralmente não necessários nas dietas, porque o organismo sintetiza são os não-essenciais ou dispensáveis.

Os aminoácidos são classificados como essenciais e não essenciais e, considerando a espécie animal, surgem mais duas categorias: os necessitados pela espécie animal, como a arginina pelas aves que não possuem a enzima *carbamil-fosfato-sintetase*, e a taurina pelos gatos; e os condicionalmente não essenciais a depender da idade, do estado fisiológico, da disponibilidade de substrato para a conversão ou da capacidade absorptiva do animal.

Essenciais	Aminoácidos exigidos/espécie	Não essenciais
Metionina (Met)	Arginina (gatos, aves e peixes)	Ác. glutâmico (Glu)
Lisina (Lys)	Taurina (gatos)	Glutamina (Gln)
Treonina (Thr)		Cistina (Cys)
Triptofano (Trp)	Condicionalmente não essenciais	Glicina (Gly)
Valina (Val)	Cisteína (Cys)/cistina (Cys-Cys)	Serina (Ser)
Fenilalanina (Phe)	Tirosina (Tyr)	Alanina (Ala)
Leucina (Leu)	Arginina (Arg)	Aspartato (Asp)
Isoleucina (Ile)	Prolina (Pro)	Asparagina (Asn)
Histidina (His)		

Figura 6.1: Classificação de acordo com a essencialidade ou não dos aminoácidos. **Fonte:** SAKOMURA *et al.*, 2014. p. 98.

A essencialidade de alguns aminoácidos pode variar de acordo com a espécie e em função da idade; no caso dos suínos e aves.

Tabela 6.1: Aminoácidos Essenciais (não sintetizados no organismo em velocidade suficiente para atender as necessidades de máximo desempenho do animal)

Leitões	Suínos/Aves	Pintos	Coelhos	Cães e gatos
Lisina	Lisina	Lisina	Lisina	Lisina
Metionina	Metionina	Metionina	Metionina	Metionina
Triptofano	Triptofano	Triptofano	Triptofano	Triptofano
Valina	Valina	Valina	Valina	Valina
Histidina	Histidina	Histidina	Histidina	Histidina
Fenilalanina	Fenilalanina	Fenilalanina	Fenilalanina	Fenilalanina
Leucina	Leucina	Leucina	Leucina	Leucina
Isoleucina	Isoleucina	Isoleucina	Isoleucina	Isoleucina
Treonina	Treonina	Treonina	Treonina	Treonina
Arginina	-	-	Arginina	Arginina
-	-	Glicina ou Serina	Glicina	-
-	-	Prolina	-	-

Quimicamente os aminoácidos são classificados:

1. Quanto à natureza química do grupo R:

- Aromáticos – fenilalanina, tirosina.
- Básicos – lisina, histidina, glutamina e histidina.
- Ramificados – isoleucina, leucina e valina.
- Sulfurados – metionina, cisteína, cistina.

2. Quanto ao destino metabólico:

- Glicogênicos – são os aminoácidos que através de um intermediário do ciclo de krebs ou do piruvato via fosfoenolpiruvato, podem se transformar em glicose.
- Glicocetogênicos – transformam-se em glicose e corpos cetônicos.
- Cetogênicos – apenas em corpos cetônicos.

Glicogênicos	Cetogênicos	Glicogênicos e Cetogênicos
Treonina	Leucina	Isoleucina
Arginina	Lisina	Fenilalanina
Metionina		Tirosina
Valina		Triptofano
Histidina		
Cisteína		
Glutamato		
Glutamina		
Aspartato		
Asparagina		
Glicina		
Serina		
Prolina		
Alanina		

Figura 6.2: Aminoácidos glicogênicos e cetogênicos. **Fonte:** SAKOMURA *et al.*, 2014. p. 99.

Dietas elaboradas apenas com cereais, farelos e farinhas não atendem com exatidão as necessidades de aminoácidos dos tecidos animais, sendo necessária a inclusão de aminoácidos industriais ou fontes de aminoácidos sintéticas como a DL-metionina (99%), L-lisina-HCl (78,4%) e L-treonina (99%), e a redução da proteína de rações à base de milho e farelo de soja requer a suplementação com outras fontes (L-valina, L-triptofano, L-glicina, L-arginina e L-isoleucina) para acomodar o perfil de aminoácidos da dieta com o da proteína ideal.

6.2 Aminoácido limitante

Os animais não ruminantes são caracterizados pela necessidade de receber quantidades específicas de aminoácidos na dieta.

Mesmo que todos os aminoácidos essenciais estejam presentes na dieta, em quantidades adequadas, mas com exceção de um, a síntese protéica efetuada pelo animal far-se-á até o nível daquele presente em menor quantidade; o excesso dos demais será desaminado e oxidado (a sua cadeia carbonada), para fornecimento de energia, e o grupamento amino, em excesso, será excretado via urina (uréia ou ácido úrico). A esse aminoácido que se encontra em quantidades não suficientes na dieta, é dado o nome de primeiro limitante. Suprido este, poderá aparecer outro, cuja quantidade também está abaixo das necessidades (segundo limitante), e assim por diante. Nos alimentos geralmente utilizados os aminoácidos lisina, metionina, treonina e triptofano sobressaem, em conjunto ou isolados, usualmente como limitantes. Cabe ressaltar que as diferentes proteínas do corpo animal, para terem sua síntese cumprida, necessitam da presença em quantidades adequadas e ao mesmo tempo de todos os aminoácidos que utilizarão na sua estrutura.

Os 3 aminoácidos limitantes para suínos e aves em rações à base de milho e farelo de soja, estão apresentados na tabela 6.2, onde verifica-se que o primeiro limitante pode variar entre espécies, dadas as necessidades metabólicas distintas entre elas.

Tabela 6.2: Aminoácidos limitantes para aves e suínos

Aminoácidos	Aves	Suínos
1º	Metionina	Lisina
2º	Lisina	Metionina
3º	Triptofano/Treonina	Triptofano/Treonina

• Rações a base de milho e farelo de soja

Teoricamente, a predição do(s) aminoácido(s) limitante(s) é feita através do cálculo de rações com níveis subótimos de proteína e comparadas às exigências nutricionais em relação à fornecida pela dieta. Essa metodologia é chamada de "Escore químico" que evidencia as limitações de aminoácidos na dieta formulada (Tabela 6.3).

Tabela 6.3: Escore químico (EQ) de uma dieta contendo 16% de proteína bruta a base de milho / farelo de soja para suínos com 15 kg de peso vivo

Aminoácidos Essenciais	Exigências (%)	Fornecido pela dieta (%)	EQ (% suprida pela dieta)
Lisina	0,950	0,842	89,0
Metionina + cistina	0,480	0,546	113,7
Triptofano	0,140	0,201	143,6
Histidina	0,250	0,393	157,3
Isoleucina	0,530	0,699	131,9
Leucina	0,700	1,641	134,5
Fenilalanina	0,770	0,821	106,7
Treonina	0,560	0,631	112,7
Valina	0,560	0,748	133,5

Fonte: NRC, 2012.

Tabela 6.4: Aminoácidos limitantes de alguns ingredientes para suínos

Ingredientes	Primeiro	Segundo
Milho	lisina	Triptofano
Sorgo	lisina	Treonina
Farelo de soja	Aminoácidos sulfurados	Treonina
Farelo de Girassol	lisina	?

Fonte: NRC, 2012.

Tabela 6.5: Composição dos ingredientes utilizados nas dietas experimentais

Nutrientes	Ingredientes		
	Milho	F. de Soja	L-Lisina
Proteína Bruta (%)	7,92	46,68	94,00
Lisina (%)	0,25	2,82	78,50
Metionina (%)	0,15	0,71	0,00
Triptofano (%)	0,06	1,12	0,00

Fonte: NRC, 2012.

Exigência de Proteínas/Aminoácidos:

1. Idade do animal;
2. Nível de energia da ração;
3. Temperatura ambiente;
4. Sexo.

Tabela 6.6: Composição das dietas de acordo com os ingredientes utilizados e a análise químico-bromatológica ou calculada (Experimento 1)

Ingredientes	R1	R2
Milho	72,79	67,74
Farelo de soja	21,51	27,02
Óleo de soja	1,57	1,35
L-Lisina	0,21	0,02
NUTRIENTES		
Proteína Bruta (%) ⁵	16,00	18,00
Lisina (%) ⁵	0,95	0,95

Fonte: NRC, 2012.

Nas rações formuladas acima (tabela 6.6) verifica-se que aumentando o teor de proteína à limitação do aminoácido lisina nesta dieta a base de milho e farelo de soja torna-se menor, ou seja, não foi preciso ser adicionado tanta L-Lisina na segunda ração quanto foi adicionado na primeira, já que esta última tem o nível de proteína bruta mais baixo (16%).

Supondo que todos os aminoácidos essenciais estejam presentes em uma determinada dieta em quantidades adequadas, com exceção de um, haverá o comprometimento do desempenho animal. Isso ocorre porque durante a síntese proteica não pode haver substituição de um aminoácido por outro, mesmo que hajam semelhanças químicas, uma vez que um mesmo códon codificado pelo ribossomo celular do animal não codificará dois aminoácidos,

sendo assim, a síntese proteica acontecerá até o nível daquele aminoácido presente em menor quantidade, enquanto o excesso dos demais será desaminado e excretado.

As limitações por deficiência culminam quando um ou mais aminoácidos não são fornecidos na dieta e limitam a síntese proteica. Aquele AA causador da interrupção da síntese proteica é considerado o limitante. Uma vez suplementado via dieta, pode surgir um segundo ou terceiro AA limitante.

Em certos casos, os AA podem ser convertidos e atender parte da necessidade de outro AA. A metionina pode atender até 50% das necessidades de cistina, uma vez que se converte em tal AA.

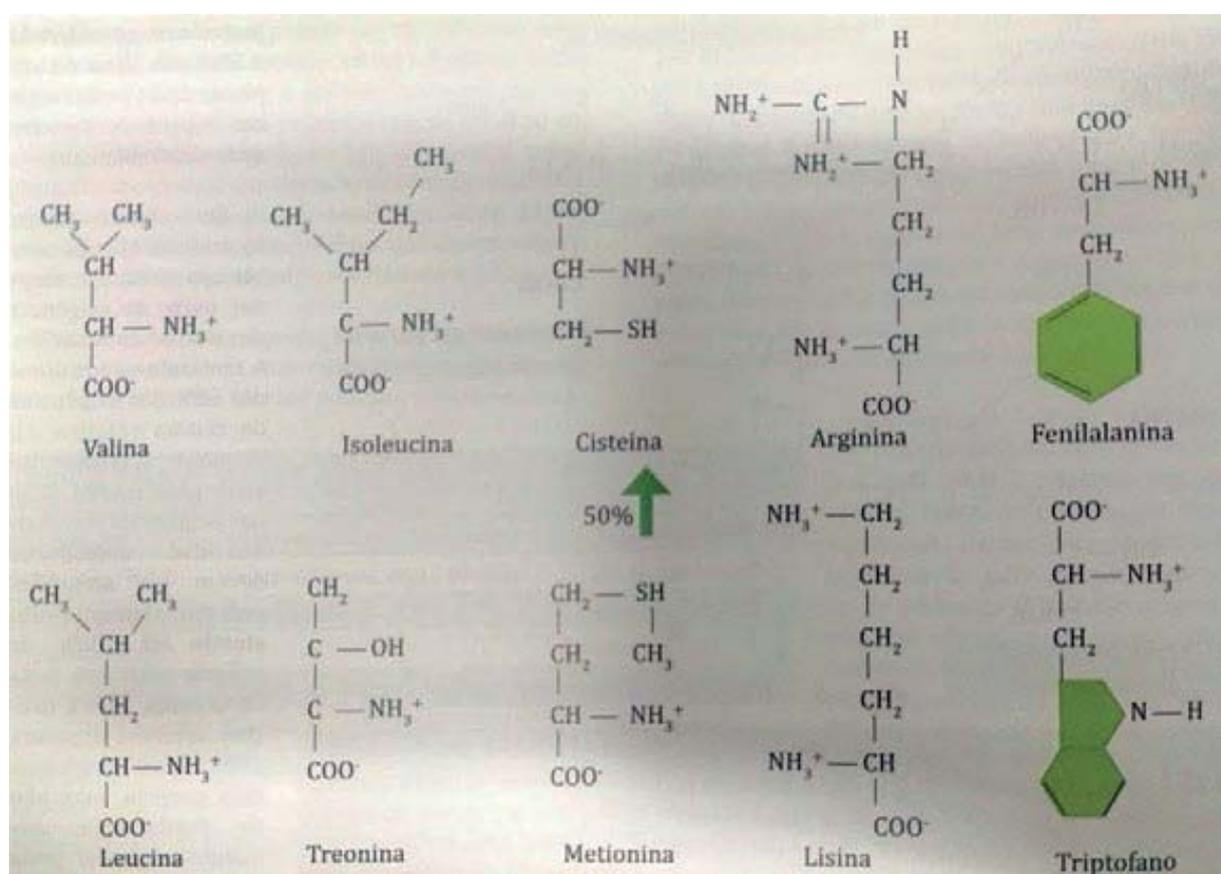


Figura 6.3: L-a-aminoácidos essenciais e não essenciais. **Fonte:** SAKOMURA *et al.*, 2014. p. 100.

6.3 Utilização de aminoácidos sintéticos

A partir da fabricação a nível industrial de aminoácidos sintéticos, tornou-se prático a complementação dos mesmos em dietas deficientes.

A primeira DL-metionina pó comercial, foi produzida na década de 40. Quatro aminoácidos sintéticos são comumente fabricados em escala industrial que são a

DL-metionina (98 - 99%), L-Lisina-HCl (99% de pureza e 78% eficiência), L-treonina (98%) e L-triptofano (98%).

Os aminoácidos ocorrem na natureza numa configuração L. O organismo animal tem a capacidade de transformar a forma D de alguns aminoácidos na forma L. Para que isto ocorra, D-aminoácidos oxidases específicos deverão estar presentes no fígado para esta conversão. Por não haver esta enzima, para os aminoácidos como lisina e treonina, as suas formas dietéticas deverão ser na forma L.

- DL-Metionina = 98 a 99% de pureza;
- L-Lisina = 99% de pureza e 78% de eficiência;
- L-Treonina = 98% de pureza;
- L-Triptofano = 98% de pureza.

6.4 Desequilíbrio de aminoácidos

- Imbalanço - ocorre geralmente em dietas baixas em proteína, que ocorrerá aumento no catabolismo de aminoácidos limitantes da dieta.

- Antagonismo - lisina e arginina (aves) - um pequeno excesso de lisina vai aumentar a produção de arginase, que atua sobre a arginina produzindo ornitina e uréia. A relação máxima de Lisina:Arginina para que não ocorra excesso é de 1,2 : 1,0.

- Toxidez - é muito difícil ocorrer excesso de aminoácidos (2 - 4% considerado tóxico). A tirosina em ratos jovens em excesso, e recebendo uma dieta baixa em proteína, não só deprime a ingestão de alimento e o crescimento, mas provoca lesões nos olhos e nas patas.

Exemplos de alguns sintomas de deficiência de aminoácidos específicos:

Em aves, somente se conhecem sintomas típicos na deficiência de 4 aminoácidos, sendo dos demais aminoácidos pouco elucidativos:

- Triptofano - catarata
- Treonina e metionina - fígado gorduroso
- Lisina - defeitos de plumagem e atraso na maturidade sexual.

Nos cães e gatos uma dieta deficiente em arginina provoca hiperamonemia, sendo mais dramático em gatos.

A deficiência proteica tem quadro geral em todos os animais, dependendo da gravidade e duração do estado carencial, seguintes sintomas:

- Anorexia, parada de crescimento; eficiência alimentar reduzida;
- Baixa proteína sérica;
- Anemia e degeneração gordurosa hepática.;

- Anasarca (edema generalizado);
- Infertilidade e tamanho ao nascimento reduzido;
- Queda de produção;
- Síntese reduzida de certas enzimas e hormônio;
- Atraso de desenvolvimento mental etc.

6.5 Proteína verdadeira e proteína bruta

O termo proteína bruta refere-se a todo nitrogênio contido no alimento, que é analisado pelo método Kjeldahl.

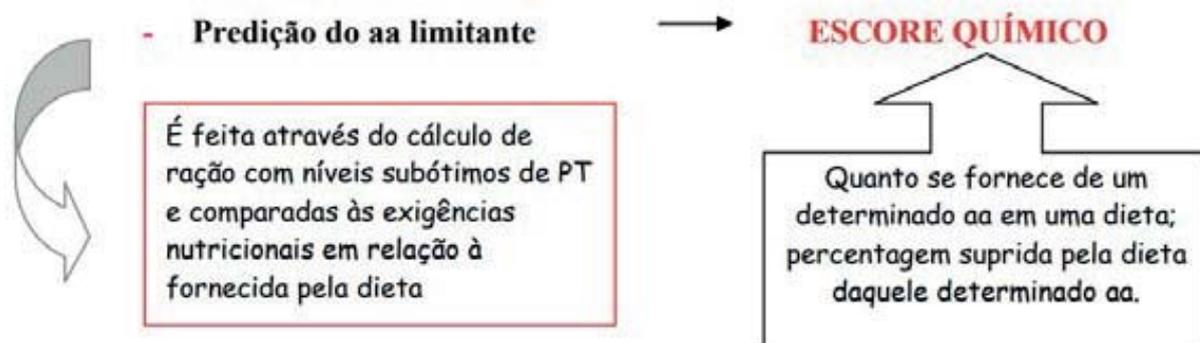
- ❖ PB → Proteína Verdadeira (N proteico)
 - NNP (nitrogênio não-protéico) - ureia, nitratos e amônia

6.6 Funções e qualidade das proteínas

- Estrutural - formação e manutenção dos tecidos orgânicos;
- Formação de hormônios e enzimas;
- Fonte secundária de energia;
- Transporte e armazenamento das gorduras e minerais;
- Agente tamponante e auxílio na manutenção da pressão osmótica;
- Na reprodução, formação de espermatozoides e ovos;
- Transporte de oxigênio (hemoglobina).

QUALIDADE DAS PROTEÍNAS

Valor biológico: variável que expressa o aproveitamento da proteína. As proteínas de boa qualidade, ou de alto valor biológico, são aquelas que possuem todos os aminoácidos essenciais em proporções adequadas, como a albumina, a caseína e a proteína do soro do leite.



6.7 Digestão e absorção e metabolismo

A proteína da dieta começa a ser digerida no estômago pela ação do suco gástrico (figura 6.4), no entanto, no intestino delgado encontra-se o principal sítio de digestão e absorção dos aminoácidos e peptídeos. A fração de aminoácidos absorvidos pode seguir vários destinos metabólicos. A principal utilização dos aminoácidos ocorre na síntese protéica orgânica, no entanto em caso de deficiência energética, esses aminoácidos poderão ser desaminados e o esqueleto de carbono entrar no metabolismo energético para produção de ATP. E o grupamento amino, também em excesso, será eliminado via urina, na forma de uréia ou ácido úrico (aves).

A hidrólise da proteína da dieta ocorre por enzimas proteolíticas, que são secretadas inicialmente como precursores inativos (zimogênios), por exemplo, o pepsinogênio passa para forma ativa a pepsina, no estômago, com a presença de um meio ácido (presença de HCl). O ataque às ligações peptídicas é iniciado pela ação da pepsina, e continuado no intestino delgado pela tripsina, quimotripsina e elastase (figura 6.5). As enzimas proteolíticas são classificadas como endopeptidases (que atacam ligações peptídicas no interior da cadeia peptídica), e em exopeptidases, que atacam as ligações terminais ou “externas”. As enzimas endopeptidases são a pepsina, tripsina e quimotripsina; e as enzimas exopeptidases são a carboxipeptidase e peptidases.

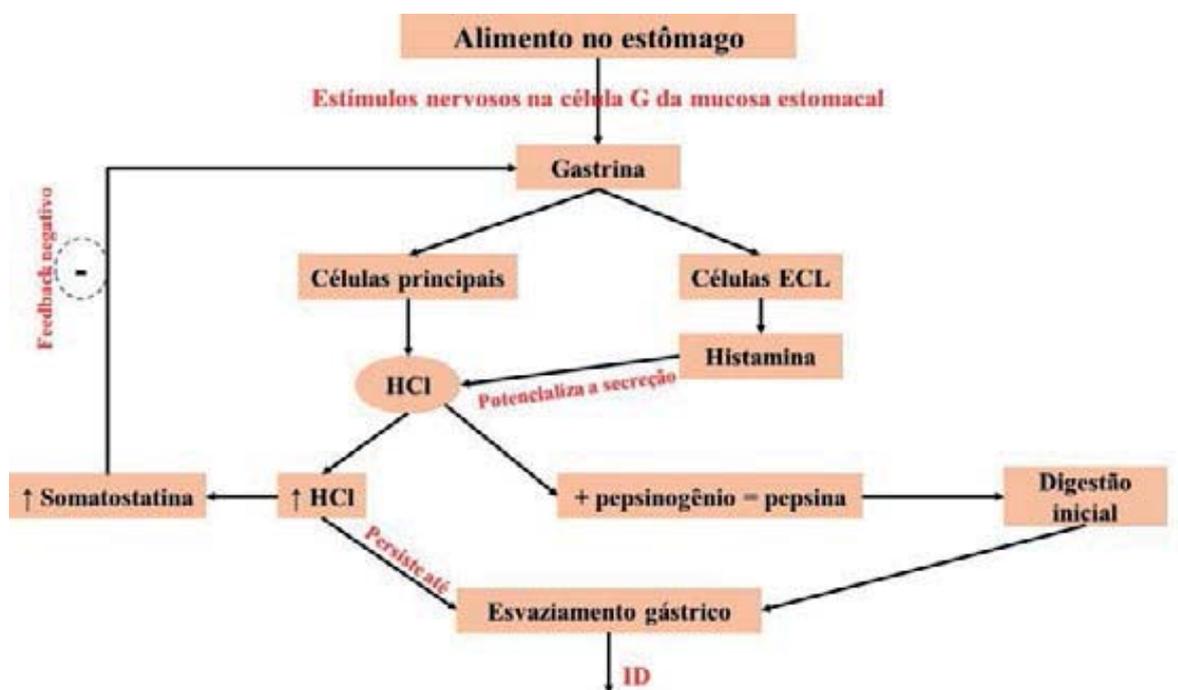


Figura 6.4: Esquema simplificado da digestão parcial das proteínas no estômago de animais não ruminantes. **Fonte:** Adaptado pelo autor através de SAKOMURA *et al.*, 2014.

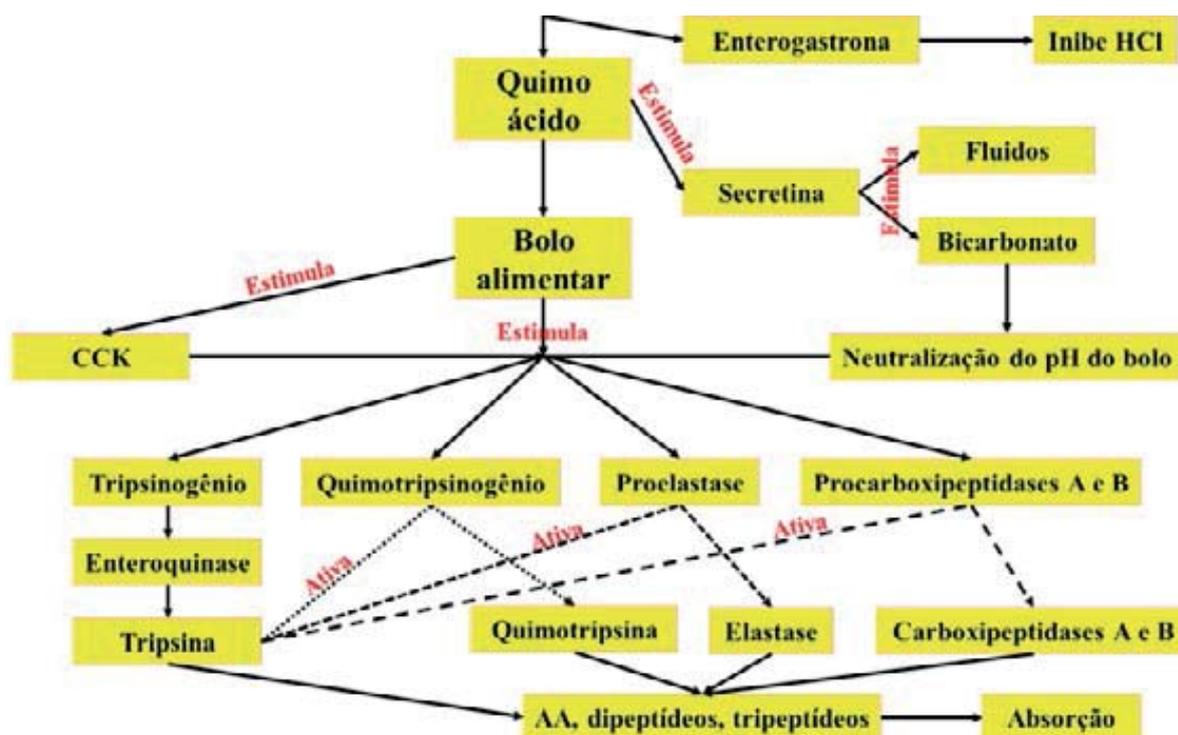


Figura 6.4: Esquema simplificado da digestão das proteínas no intestino delgado de animais não ruminantes. **Fonte:** Adaptado pelo autor através de SAKOMURA *et al.*, 2014.

Fonte/estímulo à secreção	Enzima	Condições ótimas para ativação	Substrato	Produto final	Local de ação /desativação
Quimo ácido ativa a síntese de secretina, que estimula o fluxo do suco pancreático	Tripsina	pH=5,2-6,0 maior atividade da enteroquinase. pH= 7,9 autocatálise	Proteína e peptídeos	Poli-peptídeos e dipeptídeos	Duodeno/IG
	Quimotripsina	pH=8,0 pela tripsina	Proteína e peptídeos	Idem tripsina. Maior poder de coagulação do leite.	Duodeno/IG
	Elastase	Tripsina	Proteína e peptídeos	Poli-peptídeos e dipeptídeos	Duodeno/IG
	Carboxipeptidases	Tripsina	Poli-peptídeos ou grupos carboxílicos livres	Peptídeos inferiores. Aminoácidos livres	Duodeno/IG

Figura 6.5: Relação das enzimas proteolíticas e suas características na digestão de proteínas em não ruminantes. **Fonte:** SAKOMURA *et al.*, 2014. p. 103.

À nível de ID, quando o alimento chega no duodeno ocorre atuação da secretina na liberação de bicarbonato para elevar o pH do quimo proveniente do estômago. Também ocorre atuação da CCK na liberação de enzimas inativas provenientes do pâncreas → tripsinogênio, quimiotripsinogênio, pró-carboxipeptidases A e B e pró-elastase. A ativação ou conversão do tripsinogênio em tripsina atua a enteroquinase, que é liberada no próprio lúmen do ID. A enzima tripsina vai ativar as demais. O produto final da digestão são os aminoácidos ou dipeptídeos, nos quais serão absorvidos. Algumas proteínas que não foram digeridas

passam para o IG onde haverá atuação das bactérias transformando o NNP em proteína microbiana como também em aminoácidos através do processo de fermentação microbiana. A diferença entre as espécies não ruminantes está na quantidade de proteína microbiana formada.

A absorção dos produtos ocorre na forma de aminoácidos livres, peptídeos e de oligopeptídeos (2 – 6 aminoácidos). Os peptídeos e oligopeptídeos são desdobrados por peptidases (enzimas intracelulares), indo para o sangue somente aminoácidos livres, nos quais cada aminoácido segue sua rota metabólica. A absorção ocorre por transporte ativo. Os aminoácidos se movem ao lado da membrana da célula intestinal contra um gradiente de concentração, exigindo suplemento de energia pelo metabolismo celular.

Os AA são absorvidos por transporte ativo secundário dependente da bomba Na/K, cada molécula de Na que entra também entra 1 AA. Após sua absorção vai para a síntese de proteína corporal, conseqüentemente o animal terá maior desenvolvimento e produção. Os AA que sobram serão desaminados, processo que trata da separação do grupo amina do esqueleto de C. O grupo amino vai para os rins sintetizar ureia (mamíferos) ou ácido úrico (aves) do qual serão excretados na urina do animal, e o esqueleto de C vai para a formação de algum metabólito do ciclo de Krebs produzindo, assim, energia.

A eficiência que ocorre na hidrólise determina o grau de absorção dos aminoácidos individualmente, e contribui para o valor nutricional. O outro importante fator que contribui com o valor nutricional é o balanço de aminoácidos essenciais absorvíveis. As proteínas podem ser caracterizadas nutricionalmente em base da digestibilidade e absorção.

O animal tem capacidade limitada de estocagem de aminoácidos livres, somente por poucas horas, para depois irem aos seus destinos:

1. São utilizados para síntese protéica;
2. Para a síntese de aminoácidos não-essenciais por transaminação;
3. Servem como precursores de compostos nitrogenados, como ácidos nucléicos, creatina, colina e tiroxina;
4. São convertidos em gordura (corpos cetônicos);
5. São utilizados para síntese da glicose;
6. São desaminados, e o esqueleto de carbono é degradado a CO₂ e H₂O e energia, e o radical nitrogenado é transformado em uréia ou ácido úrico.

Para ocorrer a síntese proteica (anabolismo) é necessário:

- Que os aminoácidos estejam presentes em quantidade e qualidade;
- Os aminoácidos devem ser ativados;

- Deve estar presente o código genético (DNA e RNA) – é o que determina a posição dos aminoácidos.

6.8 Digestibilidade e biodisponibilidade (proteínas e aminoácidos)

Sabe-se que a digestibilidade das proteínas depende de uma série de fatores relacionados com a composição e estrutura química das mesmas. A qualidade protéica depende não somente da digestibilidade da fonte, mas também, da quantidade e balanço ou equilíbrio dos aminoácidos essenciais contidos na proteína.

Deve-se lembrar que as proteínas que possuem muitas ligações covalentes ou pontes de enxofre, são de difícil digestão.

A digestibilidade protéica refere-se apenas à fração da proteína que foi ingerida e absorvida, não recuperada nas fezes. Quando a fração absorvida é expressa em porcentagem, tem-se o coeficiente de digestibilidade. Esta pode ainda pode ser aparente quando não se faz as correções das perdas endógenas e verdadeiras, quando se corrige essas perdas através do uso de dietas isentas de proteína.

Já o termo biodisponibilidade é mais complexo, ele além da digestibilidade, refere-se à utilização efetiva dos aminoácidos absorvidos para síntese protéica. A qualidade protéica é que define a utilização dos aminoácidos no metabolismo orgânico.

Desaminação dos aminoácidos

A desaminação oxidativa ocorre primariamente no fígado e rins. Quanto mais glutamato é desaminado mais α -cetoglutarato é formado, com isso ocorre um aumento na velocidade do ciclo de Krebs.

Como a amônia é tóxica ao organismo ela pode circular como GLUTAMINA e como ALANINA, e destas formas a amônia é transportada até o fígado.

A ureia se difunde do fígado e é transportada no sangue para os rins, onde é filtrada e excretada na urina.

6.9 Maneiras de adequar os níveis de aminoácidos na dieta

As três formas básicas de adequar os níveis protéicos nas rações:

1. *Combinação de ingredientes da ração*: na combinação de ingredientes que se complementam em aminoácidos permite a formulação prática de dietas com níveis de proteína adequados sem excessos neste nutriente.

2. *Utilização dos aminoácidos sintéticos*: a utilização destes aminoácidos permitiu a redução da quantidade de proteínas nas rações de aves e suínos, tornando-as mais eficientes, contribuindo também para redução da excreção de N no meio ambiente.

3. *Formulação da ração com excesso de proteína*: além de elevar os níveis mínimos dos aminoácidos limitantes se tornarem prática, acarreta problemas de metabolismo e de custo da ração. Esta maneira deve ser utilizada em última instância a não ser que a elevação necessária do nível de proteína para atendimento da necessidade do ácido seja pequena, não afetando significativamente o desempenho destas rações.

6.10 Proteína nas diferentes espécies de não-ruminantes

a) Aves e Suínos

As proteínas são essenciais para as aves e suínos, sob o aspecto metabólico, pois estão relacionadas aos processos vitais do organismo, tais como a formação de tecidos, de enzimas e de hormônios. As proteínas provenientes das dietas constituem a maior fonte de aminoácidos necessários para o metabolismo dos frangos de corte. As proteínas microbianas do ceco são pouco relevantes.

As formulações de rações antigamente eram baseadas na proteína bruta do alimento (Nitrogênio x 6,25), resultando em dietas com teores de aminoácidos acima da exigência do animal. Com a disponibilidade de aminoácidos sintéticos, as dietas passaram a ser formuladas com níveis inferiores de proteína e com a suplementação de aminoácidos, porém, as reais necessidades de aminoácidos ainda não estão sendo levadas em consideração.

O excesso de proteína deprime a eficiência de utilização dos primeiros aminoácidos limitantes (Lisina e Metionina), por isso o surgimento do conceito proteína ideal que oferece uma perspectiva promissora para redução dos níveis de proteína bruta na dieta de aves e suínos.

A proteína ideal tem como proposta que cada aminoácido essencial seja expresso com relação ou porcentagem a um aminoácido referência, isto possibilita determinar a exigência de todos os aminoácidos essenciais e permite manter a proporcionalidade entre os aminoácidos. Geralmente a Lisina é utilizada com o aminoácido referência pelas seguintes razões segundo (Pack, 1995 e Zaviezo, 2000):

- Primeiro aminoácido limitante dos suínos e segundo das aves;
- Estritamente essencial;
- Análise relativamente simples;

- Exigência conhecida e não é exigido para manutenção;
- Conhecimento sobre concentração e digestibilidade dos alimentos;
- Suplementação economicamente viável.

b) Equinos

Cavalos que estão em metabolismo de manutenção aproveitam geralmente só uma parte dos aminoácidos absorvidos para os processos de regeneração constante das proteínas teciduais, assim como a substituição de perdas inevitáveis, através de intestino, urina e pele. Animais em crescimento, animais prenhes e lactantes necessitam dos aminoácidos para a síntese de tecidos corporais e respectivamente do leite. Os aminoácidos não utilizados para a síntese protéica são desaminados (separação do grupo amina) e os ácidos resultantes são metabolizados para a obtenção de energia. O grupo amino liberado na desaminação é detoxificado no fígado e a uréia resultante (junto com outros metabólitos que contenham nitrogênio) é eliminada pelo rim. O fato da ureia ter um valor de combustão de 10,6 kJ/g e da síntese da ureia também consumir energia, faz com que as proteínas utilizadas para a obtenção de energia tenham um valor de combustão de somente 18 kJ/g aproximadamente.

A necessidade diária de proteínas de potros em crescimento (por kg de PC) é mais alta nos primeiros meses de vida (cerca de 3g) e diminui de uma maneira constante até (0,8 – 1 g). O requerimento absoluto também diminui com o avançar da idade. A Relação necessária de proteína bruta digestível se reduz correspondentemente de 10:1 para 6:1 aproximadamente.

c) Peixes

A composição de aminoácidos de proteínas, principalmente das proteínas dietéticas, é marcadamente diferente. Alguns alimentos como a gelatina (proteínas derivadas do colágeno) ou o glúten de milho, por exemplo, são bastante deficientes em um ou mais aminoácidos. Outros, como a farinha de peixes, possuem um balanço aminoacídico mais adequado para atender as exigências dos peixes. Portanto, a capacidade dos alimentos protéicos em suprir os requisitos nutricionais de aminoácidos para peixes é muito variável (NRC, 1993). E sua avaliação deve ser feita em função da composição e digestibilidade dos aminoácidos nele presente (Portz, 2001b). O requisito de proteína na dieta envolve dois componentes: a necessidade de aminoácidos essenciais, os quais não podem ser sintetizados a partir de outros aminoácidos e que são fundamentais para a deposição de proteínas e produção de diversos compostos com funções metabólicas; e o suprimento dos aminoácidos não essenciais ou de nitrogênio suficiente para que estes possam ser sintetizados pelo peixe. Vale lembrar que a

síntese de aminoácidos não essenciais requer gasto de energia, e que o fornecimento de aminoácidos essenciais e não essenciais em proporções adequadas proporciona maior eficiência na utilização da proteína e energia contidas na dieta (Nutrient, 1993). É recomendado que o nível de aminoácidos não essenciais da dieta de tilápias não exceda 60% do total de aminoácidos desta (Stickney, 1997). Algumas investigações observaram uma alta correlação entre os níveis de aminoácidos livres no sangue e nos músculos com a ingestão de aminoácidos pelo peixe. Com isso surgiu a hipótese de que a concentração de aminoácidos no soro e nos tecidos se manterá baixa até que sejam atendidas as exigências destes e chegue a altos níveis quando há ingestão excessiva de aminoácidos. Apenas em poucos casos essa técnica confirmou as exigências desses nutrientes. Por exemplo, dos requisitos dos dez aminoácidos essenciais estimados para o bagre do canal, apenas os níveis de lisina, treonina, histidina e metionina do soro confirmaram os requisitos estimados com base nos dados de ganho de peso (Wilson, 1994).

d) Coelhos

Os animais não têm exigências específicas de proteína, mas sim de aminoácidos, a partir dos quais as proteínas corporais são sintetizadas. Para objetivos práticos é útil expressar as exigências de proteína bruta simplesmente. No entanto, existem diferenças significativas na digestibilidade de proteína entre concentrados protéicos (+ ou - 80%), cereais e forragens (45-60%).

As necessidades diárias de manutenção estimadas por De Blas *et al.* (1985) em proteína digestível (PD) para coelhos foi de 3,8g PD/kg^{0,75}/dia, e de 3,1g PD/kg^{0,75}/dia por Partridge *et al.* (1989).

De Blas *et al.* (1985) calcularam a necessidade total de proteína (g/PD/dia) para coelhos em crescimento. Um coelho que ao desmame pesa 600g e tenha 40g de ganho de peso médio diário e que ao ser sacrificado pese 2,6 kg tem necessidades diárias de energia de 332,3 kcal ou 133 g de ração com um conteúdo de ED de 2.400 kcal. As necessidades diárias totais de PD são de 13,5g ou uma PD na dieta de 10,2%. Se assumirmos a digestibilidade média da PB em 70%, significa que o conteúdo de PB que se deve incluir na dieta é de no mínimo 14,6%. De Blas & Wiseman (1998) recomendam a PB para animais em crescimento na ordem de 15,3% em média. Assumindo uma margem de segurança de 10% se recomenda um conteúdo de proteína na dieta de 16% para coelhos em crescimento, isto é relativamente baixo comparado com suínos e frangos em crescimento. Alguns achados têm indicado que as

necessidades de proteína e de aminoácidos estão relacionadas com a idade na fase do crescimento (Maertens, 1998).

Apesar da prática da cecotrofia pelos coelhos, a qualidade da proteína é importante para se obter um alto rendimento, mesmo porque o consumo de proteínas dos cecotrofos representa somente de 15 a 20 % do total da proteína necessária. Por esta razão que se deve ter atenção nas dietas para os aminoácidos limitantes lisina, metionina+cistina, arginina, treonina e triptófano. As necessidades de aminoácidos na dieta são expressas em g/kg, mas seria desejável expressá-los como aminoácidos digestíveis ileais em relação à concentração de energia da dieta.

6.11 Aplicações práticas

- 1) Qual aminoácido importante, que não pode estar em falta, que pode proporcionar melhor bem estar ao animal?

→ Um aminoácido importante que não pode estar em falta e que pode proporcionar melhor bem-estar ao animal é o triptofano. O triptofano é um aminoácido essencial que desempenha um papel crucial na produção de serotonina, um neurotransmissor relacionado ao humor, sono e bem-estar geral. A deficiência deste aminoácido pode levar a problemas de humor, ansiedade, insônia e outros distúrbios relacionados ao bem-estar emocional do animal.

- 2) Uma proteína pode mudar sua conformação se o ingrediente ou a ração passar por um processo térmico em excesso. Como chamamos este processo prejudicial que ocorre com a proteína e que consequências isso pode trazer para os animais em relação a digestibilidade e disponibilidade dos aminoácidos pelos animais, ou seja, ao valor biológico desta proteína? Quais as análises podemos fazer para verificar se o farelo de soja foi bem processado sem interferir na qualidade protéica e se destruiu o fator antinutricional?

→ O processo prejudicial que ocorre com a proteína devido ao excesso de calor é chamado de desnaturação. A desnaturação da proteína resulta em uma alteração na sua estrutura tridimensional, o que afeta sua digestibilidade e a disponibilidade dos aminoácidos pelos animais. Isso pode levar a uma diminuição no valor biológico da proteína, ou seja, a capacidade da proteína de fornecer os aminoácidos necessários para o crescimento e manutenção do animal.

Para verificar se o farelo de soja foi bem processado sem interferir na qualidade proteica e destruiu o fator antinutricional, podem ser realizadas várias análises. Alguns testes comumente utilizados incluem:

1. Análise de aminoácidos: essa análise determina a composição e proporção dos aminoácidos presentes na proteína. Comparando os resultados com a composição ideal de aminoácidos para a espécie animal em questão, é possível avaliar a qualidade da proteína e sua capacidade de suprir as necessidades nutricionais.
2. Digestibilidade *in vitro*: nesse teste, o farelo de soja é submetido a enzimas digestivas em condições simulando a digestão no trato gastrointestinal dos animais. A quantidade de aminoácidos liberados durante a digestão é medida e utilizada para estimar a digestibilidade da proteína.
3. Análise de fator antinutricional: são realizadas análises para determinar a presença e a quantidade de fatores antinutricionais, como inibidores de tripsina e fitatos, que podem afetar a digestibilidade e a utilização dos nutrientes.
4. Teste de reatividade: o farelo de soja pode ser testado quanto à presença de substâncias alergênicas usando soros específicos de animais alérgicos ao farelo de soja.

Essas análises ajudam a avaliar a qualidade protéica do farelo de soja e a determinar se o processamento foi adequado, garantindo uma melhor digestibilidade e disponibilidade de aminoácidos para os animais.

- 3) Digamos que uma ração para aves de postura (de acordo com o exemplo da aula) foi formulada em relação a quantidade de ingredientes e composição de proteína bruta e aminoácidos mostrado de acordo com a tabela abaixo:

Ingredientes	%	Composição (%)		
		Proteína Bruta	Lisina digestível	Metionina + cistina digestível
MILHETO	50,00	12,89	0,32	0,53
FARELO DE SOJA	14,14	45,71	2,54	1,13
MILHO	13,00	6,96	0,17	0,26
FARINHA DE CARNE E OSSOS	4,38	43,42	1,73	0,58

- a) Em quanto cada quantidade desses ingredientes estão contribuindo em proteína bruta (PB - %), lisina digestível (%) e metionina + cistina digestível (%) para que a ração apresente aquela composição total?

Para realizar os cálculos, vejamos o exemplo do milho:

$PB_{\text{MILHETO}}: 50\% \text{ de inclusão} \times 12,89/100 = 6,445\%$

$\text{Lisina dig.}_{\text{MILHETO}}: 50\% \text{ de inclusão} \times 0,32/100 = 0,16\%$

$M+C \text{ dig.}_{\text{MILHETO}}: 50\% \text{ de inclusão} \times 0,53/100 = 0,265\%$

Faça o mesmo raciocínio para os demais ingredientes. A composição final será:

Ingrediente	% MS	PB %	Lisina Dig. %	Met. + Cist. %
Milho	50	6,445	0,16	0,265
Farelo de soja	14,14	6,463	0,359	0,160
Milho	13	0,905	0,022	0,034
FCO	4,38	1,902	0,076	0,025
TOTAL	-	15,715	0,617	0,484

- b) Existe algum aminoácido limitante? Demonstre.

→ O aporte de metionina e lisina da ração está deficiente quanto às necessidades do animal logo são limitantes.

- c) Se caso existir, como podemos suprir o déficit deste(s) aminoácido(s)?

→ Quando há déficit de algum elemento na ração, faz-se necessário sua suplementação por meio dos aminoácidos sintéticos, nesse caso, para suprir a deficiência de metionina usa-se DL-metionina e de lisina L-lisina-HCl.

- d) Porque devemos formular ração para não ruminantes à base de aminoácidos, não somente de PB, e mais especificamente aminoácidos digestíveis?

→ Sabemos que as proteínas podem ser superestimadas ou subestimadas na ração, logo, quando usamos apenas proteína bruta, os aa essenciais para o corpo animal podem não estar

sendo supridos, então a utilização de aa digestíveis é de suma importância, uma vez que serão completamente absorvidos e utilizados pelo animal para as funções específicas.

- e) Na ração acima, se por acaso reduzirmos o teor de PB, o que ocorrerá com o primeiro e segundo aminoácidos limitantes? E os demais aminoácidos essenciais, se fossem considerados na ração, o que poderá ocorrer?

→ Se diminuirmos a porcentagem de PB, conseqüentemente diminuimos o aporte de aa essenciais o que ocasiona déficit sendo necessária uma maior suplementação e, com isso, oneração dos custos com a ração.

4) Faça um comentário sobre a relação entre os aminoácidos ideais para dietas de não ruminantes (Consulte a tabela do Rostagno *et al.*, 2017). Consulte como é a relação entre os aminoácidos essenciais em suínos e em aves.

→ Os aminoácidos são expressos como uma relação com um aminoácido limitante, por exemplo, para suínos e aves, os aminoácidos são melhor expressos como uma proporção em relação à lisina. Esse conceito segue o padrão de proteína ideal e expõe que os aa serão atendidos se seguir os parâmetros de relação com a lisina que é o aa de melhor, fácil e barata determinação. A proteína ideal tem total disponibilidade de digestão, sendo capaz de atender, sem excessos nem deficiências, as necessidades absolutas de todos os aa requeridos para manutenção e produção. ROSTAGNO *et al.*, (2017) apresenta a relação aminoácido/lisina ideal para determinar as exigências de frangos de corte, poedeiras e suínos em crescimento, gestação e lactação.

AMINOÁCIDO	AVES			SUÍNOS	
	Frangos de corte	Poedeiras	Crescimento	Gestação	Lactação
Lisina	100	100	100	100	100
Metionina	41	54	30	34	28
Metionina + Cisteína	74	98	59	68	56
Treonina	66	77	65	77	65
Triptofano	18	23	20	20	22
Arginina	107	100	42	100	100
Glicina + Serina	147	77	-	-	-
Valina	77	93	69	73	83
Isoleucina	67	78	55	60	60
Leucina	107	122	100	90	115
Histidina	37	29	33	35	40
Fenilalanina	63	65	50	55	58
Fenilalanina + Tirosina	115	118	100	100	116

→ Usando os dados da tabela supra, vamos a um exemplo: exigência de uma porca com 180 kg PV em lactação.

- Necessidade de lisina = 1,075
- Pela relação da tabela: $1,075 \times 28\% = 0,301$ que é igual a exigência de metionina segundo os autores.
- $1,075 \times 56\% = 0,602$ que é a exigência de Metionina + Cistina digestível. E assim por diante.

Tabela 3.49 - Exigências Nutricionais Diárias de Suínos Reprodutores em Lactação (% da Ração)

Peso Corporal	Kg	180
Lisina	%	1,075
Metionina	%	0,301
Metionina + Cisteína	%	0,602

Fonte: ROSTAGNO *et al.*, 2017. p. 432.

Capítulo 7
VITAMINAS

7. Vitaminas

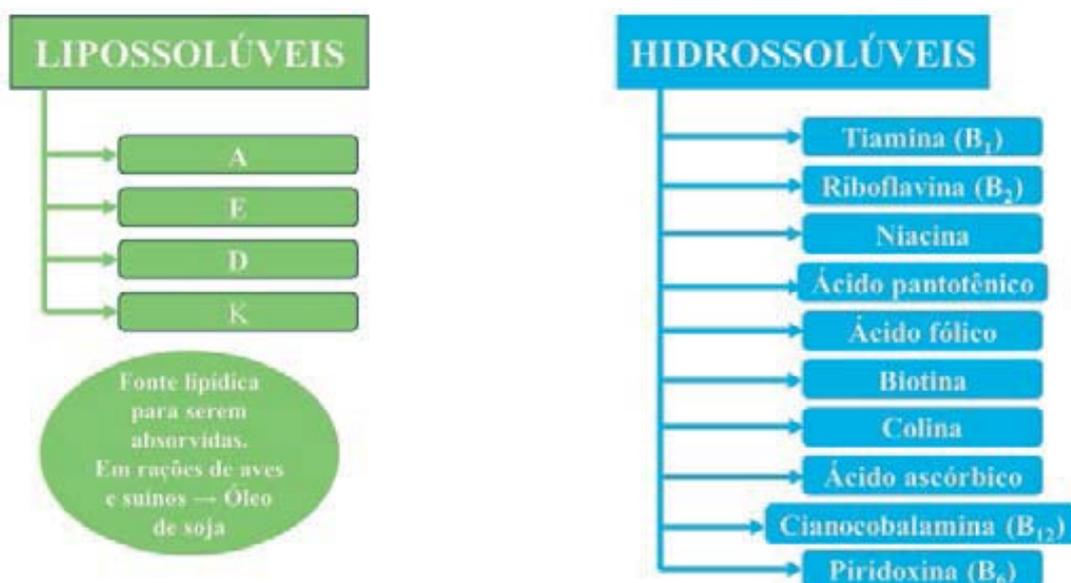
7.1 Conceito e classificação

As vitaminas são geralmente definidas como compostos orgânicos necessários em pequenas quantidades para o crescimento normal e manutenção da vida animal, mas que não podem ser sintetizados pelo organismo animal. Mas esta definição ignora o papel importante que essas substâncias desempenham nas plantas e sua importância geralmente no metabolismo de todos os organismos vivos. Ao contrário dos nutrientes abordados até aqui, as vitaminas não são apenas blocos de construção ou compostos produtores de energia, mas são envolvidos ou são mediadores das vias bioquímicas (figura 7.1). Por exemplo, muitas das vitaminas do complexo B atuam como cofatores em sistemas enzimáticos, mas nem sempre é claro como os sintomas de deficiência estão relacionados com a falha da via metabólica.

Além de evitar sintomas explícitos de deficiência ou uma depressão geral na produção devido a uma deficiência subclínica, algumas vitaminas são adicionadas à dieta em níveis mais elevados, a fim de: melhorar a qualidade do produto animal, por exemplo, vitamina D para fortalecer a casca do ovo e vitamina E para prolongar a vida útil das carcaças; ou melhorar a saúde, por exemplo, vitamina A para melhorar a saúde da glândula mamária.

As vitaminas são exigidas pelos animais em quantidades muito pequenas em comparação com outros nutrientes; por exemplo, a necessidade de vitamina B1 (tiamina) de um suíno de 50 kg é apenas cerca de 3 mg/dia. No entanto, uma deficiência contínua na dieta resulta em metabolismo desordenado e, eventualmente, em doenças.

As vitaminas podem ser classificadas como:



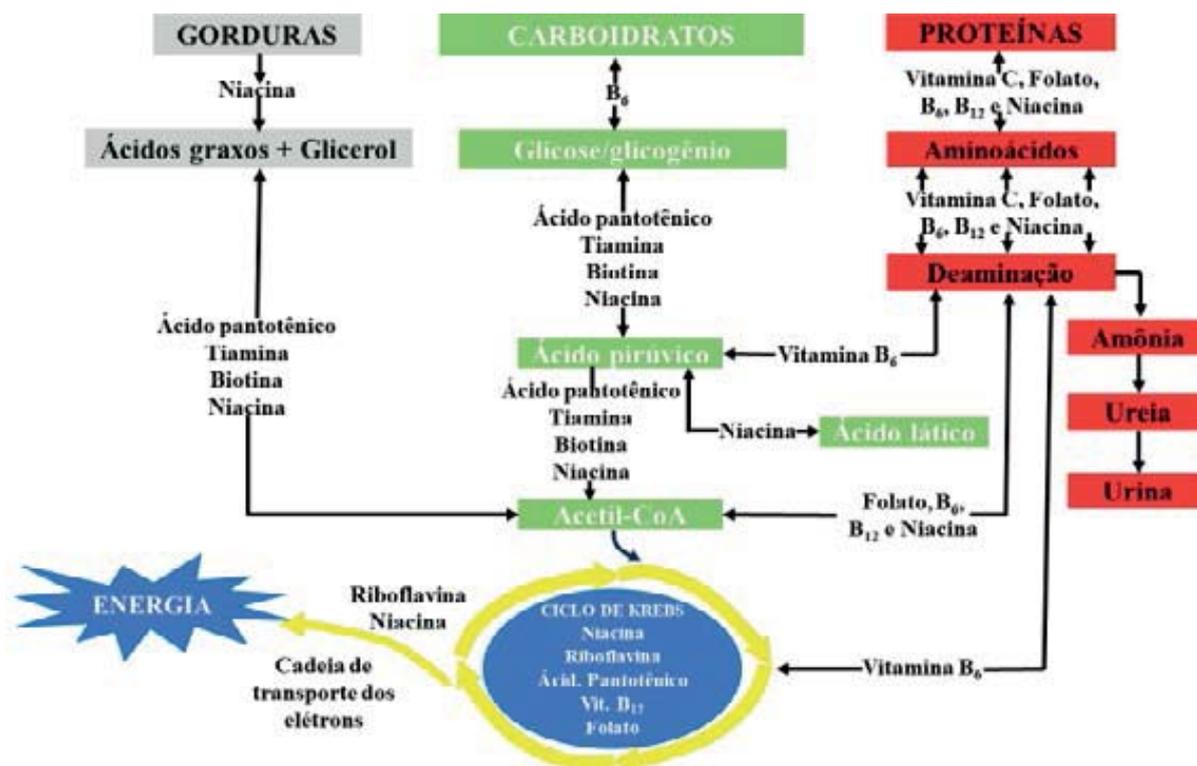


Figura 7.1: Esquema da participação das vitaminas nas vias metabólicas. **Fonte:** Elaborado pelo autor.

A figura 7.2 apresenta um resumo da comparação entre os mecanismos fisiológicos de estocagem, excreção, funções etc. das vitaminas hidrossolúveis e lipossolúveis no organismo dos animais.

	Lipossolúveis	Hidrossolúveis
Estocagem	Sim	Não (muito pequena)
Excreção	Lenta (Bile)	Rápida (urina)
Controle	Rígido (A e D)	Quase ausente
Intoxicação	SIM (A e D)	Rara (B ₂)
Funções	Não enzimáticas Hormonais	Co-enzimáticas Não Hormonais
Estabilidade	Muito Baixa	Variável

Figura 7.2: Comparativo entre os grupos vitamínicos. **Fonte:** Elaborado pelo autor.

Recentemente, as novas classificações têm mudado a perspectiva de algumas vitaminas. Por exemplo, a posição da vitamina C que ainda é incerta, e ainda não é essencial para aves, uma vez que as mesmas sintetizam-na através da ação da enzima gulonolactona redutase. Entretanto, em condições adversas como estresse a suplementação é benéfica. Outras mudanças recentes apresentam a vitamina D sendo classificada como hormônio; a

colina, pela grande quantidade utilizada na ração, tem sido questionada como vitamina, assim como o ácido nicotínico, pelo fato de poder ser originado do triptofano, também tem sido questionado como vitamina.

Em geral, buscamos fornecer o mínimo de vitamina necessária para propiciar o máximo desempenho e lucro, acrescido de uma margem de segurança. As vitaminas representam 0,05% do peso e 1,5% do custo das rações de não ruminantes. Não obstante, uma série de fatores pode afetar as exigências vitamínicas. Por exemplo, seleção para crescimento rápido e sistemas intensivos de produção impõem maiores estresses metabólicos, o que pode aumentar as necessidades vitamínicas. Sendo assim, dentro da nutrição de não ruminantes, suplementamos as rações com vitaminas de acordo com alguns fatores, dentre eles:

- Determinar os fatores em um sistema de produção que têm impacto na suplementação vitamínica;
- Determinar os objetivos a serem atingidos com mínimo de vitaminas necessário;
- Determinar o provável nível de estresse local e a margem de segurança. Esses fatores estabelecem os níveis de vitaminas a serem empregados e a margem de segurança.

As vitaminas são absorvidas em diferentes locais do ID dos animais; algumas são absorvidas em dois sítios, o duodeno e o jejuno, já outras são absorvidas apenas no jejuno.

Muitas necessitam ser esterificadas (uma reação entre um ácido carboxílico e o álcool, neste caso o éster) ou uma reesterificação, sendo estas as dependentes de veículo lipídico para serem prontamente absorvidas e disponibilizadas para o aproveitamento do organismo. A maioria das hidrossolúveis necessitam ser fosforiladas para serem absorvidas e se transformarem em seus compostos ativos, como a piridoxina que necessita da adição de um grupo fosfato para produzir piridoxal fosfato (PYF) sua forma ativa, e atuar como cofator de uma série de enzimas no organismo.

Além disso, as vitaminas possuem uma variação grande quanto a eficiência de absorção, ou seja, o quanto da vitamina ingerida através de um alimento x é prontamente absorvida em seu sítio de absorção. A eficiência de absorção depende muito do veículo de administração, sendo maior a eficiência quando se fornece um premix de vitaminas misturado na ração dos animais.

A figura 7.3 demonstram o local de absorção, metabolismo no enterócito para serem absorvidas e a eficiência de absorção das vitaminas no organismo de animais não ruminantes.

Vitamina	Local	Metabolismo no enterócito	Eficiência de absorção (%)
Difusão dependente de micelas			
Retinol	D, J	Esterificação	80-90
Ésteres de retinol	D, J	Reesterificação	
β -caroteno	D, J	Reesterificação	50-60
Vitamina D	D, J		-50
Tocoferóis	D, J		20-80
Ésteres de tocoferol	D, J		20-80
Menaquinonas	D, J		10-70
Menadiona	D, J		10-70
Transporte ativo			
Filoquinona	D, J		-80
Ácido ascórbico	I		70-80
Tiamina	D	Fosforilação	
Tiamina di-P	D	Fosforilação	
Riboflavina	J	Fosforilação	
FMN, FAD	J	Fosforilação	
Flavoproteínas	J	Fosforilação	
Vitamina B12	I	Adenosilação, Metilação	>90
Difusão facilitada			
Ácido nicotínico	J		>90
Nicotinamida	J		100
Niacina	J		
NAD (P)	J		
Biotina	J		
Ácido pantotênico	J		
Coenzima A	J		
Difusão simples			
Ácido ascórbico	D, J, I		<50
Tiamina	J	Fosforilação	
Ácido Nicotínico	J	Fosforilação	
Nicotinamida	J	Fosforilação	
Pirodoxol	J	Fosforilação	
Pirodoxal	J	Fosforilação	
Pirodoxamina	J	Fosforilação	
Biotina	D, J	Fosforilação	
Ácido pantotênico			
Vitamina B12	D, J	Adenosilação, Metilação	-1

Legenda: D - Duodeno. J - Jejun.

Figura 7.3: Principais locais de absorção das vitaminas. Fonte: SAKOMURA *et al.*, 2014.

7.2 Suplementação vitamínica

Antes de 1950, a maior parte das vitaminas era fornecida pela administração de óleo de fígado de peixes, subprodutos industriais e pelos ingredientes naturais. Hoje, todas as vitaminas estão disponíveis no mercado, seja para adição direta aos alimentos ou a água de bebida, seja para fins terapêuticos. Embora todas as vitaminas estejam presentes nos alimentos (vegetais e animais), tornou-se rotina a suplementação de rações comerciais. Como os riscos de intoxicação são relativamente pequenos é mais seguro adicionar vitaminas em excesso do que não adicioná-las.

Muitos autores recomendam uma margem de segurança na adição de vitaminas a rações de monogástricos, pois há inúmeras razões para isto, e as dez mais comumente relacionadas são:

- A formulação de rações de custo mínimo → reduziu o número de ingredientes → removendo com isto muitas fontes naturais;
- Os níveis de vitamina nos ingredientes naturais variam com a localização do cultivo, estações do ano, adubações, genética, etc;
- As vitaminas podem ser destruídas durante o processamento dos ingredientes e durante armazenamento;
- A criação confinada e o uso de gaiolas com piso de arame (este por não possibilitar a reciclagem) exigem a suplementação vitamínica;
- Os animais mais atuais, particularmente suínos e aves, crescem mais rápidos e com menos alimentos, dessa forma requerem níveis mais altos de vitaminas na alimentação;
- Condições de estresse podem reduzir a ingestão de alimentos, exigindo aumento de concentração dos níveis de vitaminas na ração;
- A oferta comercial de vitaminas destinadas à suplementação de alimentos permite suplementar com margem de segurança e de forma econômica.

Estabilidade das Vitaminas - é afetada pela: temperatura, pH, minerais, oxidação, luz, solubilidade, tamanho da partícula, tempo de estocagem e umidade.

7.3 Premix de vitaminas

As vitaminas podem ser adquiridas individualmente ou em misturas. As misturas no comércio podem ser unicamente de vitaminas, de vitaminas e minerais e, ainda, virem acompanhadas ou não de medicamentos. As vitaminas lipossolúveis necessitam de um estabilizante ou antioxidante. Os produtos postos à venda usualmente são estabilizados.

Os premix vitamínicos são adicionados aos poucos aos alimentos, sofrendo uma pré-mistura em pequena quantidade, sendo posteriormente adicionados aos demais ingredientes em um misturador, para obtenção da fórmula final. Este procedimento implica em que quantidades muito pequenas de vitaminas sejam dispersas em grande volume de alimento.

7.4 Vitaminas hidrossolúveis

7.4.1 Vitamina B₁ (Tiamina)

a) Absorção, Transporte e Excreção

Absorvida → ID → Difusão Passiva e Transporte Ativo

Sangue → Fígado (para síntese de coenzimas) e para outros tecidos (armazenamento).

Excretada → urina (como tiamina livre)

→ Os fosfoésteres de tiamina são completamente hidrolisados pelas fosfatases intestinais, e a tiamina está presente livre no lúmen; baixas concentrações → transporte ativo, altas concentrações → transporte passivo; tiamina é absorvida por um sistema mediado por carreadores que envolve a fosforilação da vitamina e está relacionada à idade; a única forma biologicamente ativa conhecida de tiamina é a coenzima tiamina pirofosfato (TPP). A tiamina é convertida em TPP por meio da enzima tiamina pirofosfoquinase e adenosina trifosfato.

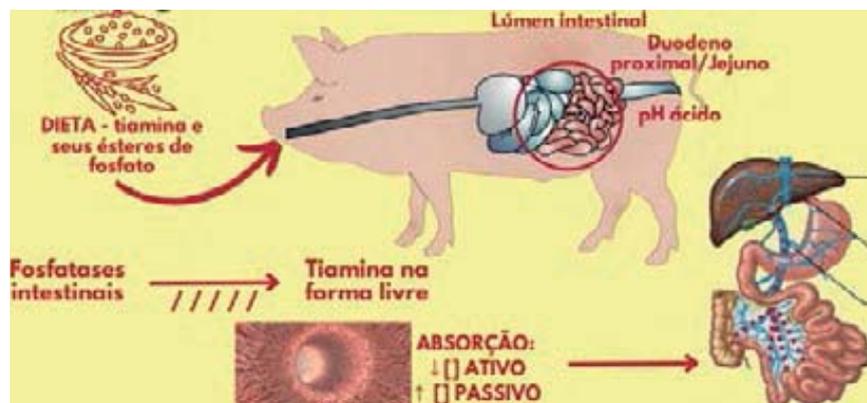


Figura 7.4: Esquema simplificado do metabolismo da tiamina em suínos. **Fonte:** Slide de apresentação do autor.

b) Funções:

Atua no metabolismo dos carboidratos (coenzima). Os sistemas enzimáticos são:

- Piruvato descarboxilase (TPP dependente)

Ácido Pirúvico → TPP → acetaldeído + CO₂

- Atua no ciclo das pentoses → NADPH + H⁺

c) Fontes: Carne, gema do ovo e grãos integrais (germe de trigo)

d) Exigências:

As tabelas abaixo apresentam as exigências de tiamina e riboflavina das espécies não ruminantes de interesse zootécnico.

Animal/Fase	Exigências vitamínicas (mg/kg)	
	Tiamina (B1)	Riboflavina (B2)
Aves		
Frangos de corte	3,64 - 1,90	9,05 - 4,72
Poedeiras	1,8	4,8
Matrizes	2,8	8,0
Pintainhos, 1 dia	3,64	9,05
Codornas	2,0	3,0 - 4,0
Perus	2,0	2,5 - 4,0
Patos	3,5	4,0
Gansos	1,8 - 2,6	2,5 - 4,0
Galinha d'angola	4,3	5,0
Avestruzes	1,0 - 3,0	5,0 - 8,0
Coelhos		
Lactente/engorda	2,0	4,0 - 6,0
Lactante	2,5	5,5
Desmamado	2,0	6,0
Crescimento	2,0	6,0
Intensiva criação	10,0	10,0

Fonte: ROSTAGNO *et al.*, 2017.

Animal/Fase	Exigências vitamínicas (mg/kg)	
	Tiamina (B1)	Riboflavina (B2)
Peixes		
Carpa-comum	0,5	7,0
Tilápia-do-nylo	-	6,0
Bagre-americano	1,0	9,0
Robalo	-	5,0
Truta-arco-iris	1,0	4,0
Salmão-do-pacifico	10,0	7,0
Suínos		
Pré-inicial I	1,81	6,73
Pré-inicial II	1,60	5,98
Inicial	1,31	4,89
Crescimento I	1,07	3,97
Crescimento II	0,88	3,29
Terminação I	0,73	2,74
Terminação II	0,62	2,30
Reprodutores	1,30	5,20
Porcas em gestação	3,75	1,00
Porcas em lactação	3,75	1,00
Cachaços	3,75	1,00

Fonte: ROSTAGNO *et al.*, 2017.

Animal/Fase	Exigências vitamínicas (mg/kg de PV)	
	Tiamina (B1)	Riboflavina (B2)
Equinos		
Manutença	0,048 - 0,06	0,04 - 0,08
<i>Garanhões</i>		
Monta leve	0,06 - 0,07	0,04 - 0,11
Monta média	0,06 - 0,072	0,04 - 0,12
Monta intensa	0,06 - 0,074	0,04 - 0,13
Éguas gestação	0,048 - 0,06	0,04 - 0,08
Éguas em lactação	0,072 - 0,075	0,05 - 0,12
<i>Potros</i>		
Até 4 meses	0,034 - 0,075	
4 a 6 meses	0,034 - 0,096	0,05 - 0,057
6 a 12 meses	0,034 - 0,075	
12 a 18 meses		
18 a 24 meses	0,06 - 0,075	0,10 - 0,05
24 a 36 meses	0,06	0,10
<i>Cavalos atletas</i>		
Trabalho leve	0,06 - 0,075	0,04 - 0,12
Trabalho médio	0,077 - 0,093	0,045 - 0,13
Trabalho intenso	0,079 - 0,125	0,05 - 0,14
Trabalho muito intenso	0,125	0,05

Fonte: NRC, 2007.

Animal/Fase	Exigências vitamínicas	
	Tiamina (B1)	Riboflavina (B2)
Cães (mg/kg de PC)		
Crescimento de filhotes após o desmame	0,075	0,27
Manutença de cães adultos	0,074	0,171
Cadelas final da gestação e pico de lactação	0,28	0,6
Gatos (mg/kg de PC)		
Filhotes após desmame	0,29	0,21
Manutença de gatos adultos	0,14	0,10
Gatas final da gestação e pico de lactação	0,32	0,31
Rações comerciais de cães e gatos (mg/kg)		
Cães	0,10	0,25
Gatos	0,50	0,50
Cães em crescimento	0,27	1,00
Gatos em crescimento	5,00	4,00

Fonte: NRC, 2006.

e) Deficiências:

AVES

- atraso no crescimento
- anorexia
- polineurites
- baixa taxa respiratória

SUÍNOS

- baixo crescimento
- cianose (cor azulada por má oxigenação)
- coração dilatado
- temperatura subnormal

EQUINOS

- pior conversão alimentar
- animal mais nervoso, assustado
- incoordenação, manqueira

COELHOS

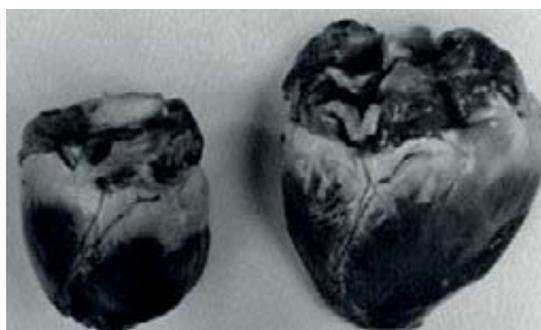
- falta de apetite
- paralisia muscular

OBS: Os sintomas de deficiência, incluindo lesões no coração, podem resultar do acúmulo de ácido pirúvico e ácido lático.

As fotos subsequentes apresentam os distúrbios relacionados à deficiência de tiamina em diferentes espécies.



Ventroflexão em um gato que pode ser causada por deficiência de tiamina. **Fonte:** Cortesia do HV da UFRPE, 2023.



O coração suíno aumentado à direita é devido à deficiência de tiamina. À esquerda, normal. **Fonte:** MCDOWELL, 2012. p. 290.



Polineurite em um pintinho com deficiência de tiamina. A paralisia muscular causa extensão das pernas e retração da cabeça. **Fonte:** MCDOWELL, 2012. p. 291.



Sinais neurológicos, como ataxia, patas dianteiras abertas, observação de estrelas, tremores e hiperestesia, foram observados em suínos. **Fonte:** HOUGH et al. 2015. p. 144.

7.4.2 Vitamina B₂ (Riboflavina)

a) Absorção, transporte e excreção

Absorvido → transporte ativo

Excreção → urina

→ As fontes dietéticas de riboflavina estão principalmente na forma de derivados de coenzimas e devem ser hidrolisadas antes que possam ser absorvidos. A riboflavina é absorvida por um mecanismo especializado de transporte de fosforilação-desfosforilação. O processo é Na dependente e envolve um sistema de transporte ativo, que pode ser saturado. No intestino a absorção de riboflavina parece ser aumentada pela presença de alimentos e pela diminuição da taxa de esvaziamento gástrico. As enzimas flavoproteínas são críticas no metabolismo de carboidratos, proteínas e gorduras.

b) Funções: Sua função é nas coenzimas FAD e FMN → está em inúmeros sistemas enzimáticos. Principal precursor das coenzimas Flavina Mononucleotídeo (FMN) e Flavina Adenina Dinucleotídeo (FAD); FMN e FAD são coenzimas da desidrogenase que catalisam o primeiro passo na oxidação de diversos intermediários no metabolismo da glicose e ácidos graxos; pela oxidação de substratos é gerado ATP através do sistema de transporte de elétrons. A riboflavina está envolvida na atividade da glutatona redutase, enzima essencial para a produção de glutatona.

c) Fontes: Leite, carne e verduras.

d) Deficiências:

AVES

- diarréias
- baixo crescimento
- paralisia dos dedos curvos

SUÍNOS

- baixo crescimento
- problemas reprodutivos
- distúrbios no TGI
- dermatite seca e escamosa
- visão danificada

COELHOS

- baixo crescimento

EQUINOS

- conjuntivite
- lacrimejamento

7.4.3 Vitamina B₆ (Piridoxina)

a) Absorção, transporte e excreção

Absorvido → nas formas de: piridoxina, piridoxal e piridoxamina

Excreção → urina na forma de ácido piridóxico

b) Funções: - coenzima de transaminases → metabolismo das proteínas ↑ proteína da dieta → ↑ exigência

c) Deficiências:

AVES

- baixo peso
- baixo crescimento
- edema nas pálpebras

SUÍNOS

- baixo crescimento
- convulsões
- distúrbios no TGI
- dermatite em volta dos olhos e focinho

COELHOS

- dermatite
- sintomas neurológicos

7.4.4 Vitamina B₁₂ (Cobalamina)

Só existe em alimentos de origem vegetal, sendo absorvida na região do íleo (ID).

a) Funções: Coenzima de isomerases → envolvida síntese da metionina

Coenzima da metilmalonil Co-A isomerase

Metilmalonil CoA → succinato

b) Deficiências:

AVES

- baixo crescimento (↓ síntese protéica)
- ↓ eficiência
- ↓ fertilidade dos ovos
- perose

- encurtamento do bico

SUÍNOS

- baixo crescimento

- pelos eriçados

- anemia

COELHOS

Existindo quantidades suficientes de Co há síntese pelos seus microorganismos → senão haverá anemia.

EQUINOS

Existindo quantidades suficientes de Co há síntese pelos seus microorganismos no IG.

7.4.5 Vitamina B₅ (Niacina)

a) Absorção, transporte e excreção

Absorvido → difusão simples

Excreção → urina (mínima)

b) Fontes: Forragens verdes, leveduras e fontes protéicas de origem vegetal e animal → ricas Milho, centeio e produtos lácteos → pobres

c) Funções: São constituintes de 2 coenzimas → NAD e NADP

Atuam:

- Metabolismo dos carboidratos (oxidação glicose e CK)

- Metabolismo lipídeos (síntese e degradação glicerol, síntese e degradação AG)

- Metabolismo das proteínas (síntese e catabolismo dos aminoácidos)

- Síntese da rodopsina

d) Deficiências:

AVES

- baixo crescimento

- engrossamento das juntas

- curvamento das pernas

- semelhante a perose (sem deslocamento do tendão)

SUÍNOS

- baixo crescimento

- dermatite

- problemas digestivos

COELHOS

- redução consumo
- diarreias

7.4.6 Vitamina H (Biotina)

Encontrada tanto alimento animal como vegetal, sendo cereais pobres, mas o milho apresenta boa disponibilidade. A raspa integral de mandioca é isenta.

- a) Funções: Atua nas reações de carboxilação: - síntese ácido oxalacético, a partir do ácido pirúvico - síntese de malonil CoA → para dar início a síntese de lipídios - síntese de carbamil-P

- b) Deficiências:

AVES

- dermatite
- deformação óssea das pernas e crânio
- membrana entre os dedos dos pés

SUÍNOS

- dermatite nas orelhas, pescoço e dorso
- lesões dérmicas, perda de pêlos e fissuras nas patas
- ↓ crescimento e ↓ reprodução
- espasmos pernas traseiras.

COELHOS

- dermatite
- perda de peso.

CAVALOS

- muito difícil, porém têm efeito positivo, em doses altas, (15 mg biotina/animal/d em animais de casco mole ou com rachaduras.

7.4.7 Ácido pantotênico

- a) Absorção, transporte e excreção

Absorvido → NA FORMA LIVRE E COMO CoA

Excreção → urina

- b) Fontes: Produtos lácteos, farelos de oleaginosas, resíduos de destilaria e farinhas de alfafa → ricos Isento na mandioca

c) Funções: - Substrato para síntese de CoA → Participa de metabólitos envolvendo carboidratos, proteínas e gorduras - Bom funcionamento da pele e mucosas, pigmentação do pelo e formação de anticorpos

d) Deficiências:

AVES

- ↓ crescimento
- lesões nos ângulos do bico, pálpebras e pés
- hemorragia subcutânea
- empenamento anormal

SUÍNOS

- Passo de Ganso
- Exsudato de cor castanha em volta dos olhos
- Distúrbios no aparelho digestivo
- Distúrbios na glândula adrenal
- Anemia

COELHOS

- sua carência raramente foi demonstrada.

CAVALOS

- sua carência raramente foi demonstrada.

7.4.8 Ácido fólico

Encontrado nas farinhas de origem animal na forma biodisponível, já as plantas possuem esta vitamina mas na forma indisponível para os animais.

a) Absorção, transporte e excreção

Absorvido → processo ativo, e absorvido livremente → tecidos

Fígado contém altas concentrações

Excreção → urina, fezes e suor

b) Funções: Síntese purinas (adenina e guanina). Síntese protéica.

c) Deficiências:

AVES

- ↓ crescimento
- perose
- anemia
- empenamento anormal.

SUÍNOS

- ↓ crescimento
- anemia
- problemas reprodutivos

CAVALOS

- ↓ crescimento
- anemia

7.4.9 Colina

Colina livre, acetilcolina e componente de fosfolipídeos (lecitina e esfingomielinas).
Mais ricas em fontes proteicas de origem animal.

a) Funções:

- componente estrutural dos tecidos (lecitina e esfingomielina)
- transmissão de impulsos nervosos (acetilcolina)
- efeito lipotrópico (substâncias que se fixam nas gorduras ou que lhes facilitam o metabolismo)
- a metionina doa grupos metila para síntese de colina
- lecitina
- absorção e transporte de gorduras no fígado
- esfingomielina
- metabolismo nervoso.

b) Deficiência:

AVES

- ↓ crescimento
- fígado gorduroso
- perose.

SUÍNOS

- ↓ crescimento
- membros traseiro abertos
- infiltração de gordura fígado
- rigidez das juntas

COELHOS

A velocidade de síntese é inferior a sua necessidade, carência provoca:

- baixo crescimento

- degeneração da gordura no fígado, cirrose
- distrofia muscular

7.4.10 Vitamina C (*Ácido ascórbico*)

Sintetizada por todos os mamíferos – a partir da glicose (exceto homem e porquinho-da-índia) e plantas, e aves.

a) Funções:

- metabolismo dos aminoácidos aromáticos
- mantém o Fe na forma ferrosa
- liberação do Fe da molécula transferrina
- transporte de elétrons
- síntese de colágeno
- manutenção da integridade das células

b) Deficiências:

AVES

- somente em condições de stress não consegue sintetizar.

SUÍNOS

- sintetizam, a não ser leitões até 6 semanas de idade.

7.5 Vitaminas lipossolúveis

7.5.1 Vitamina A

Nome químico: retinol, retinal ou ácido retinóico

- destruído por oxidação quando exposto ao ar e a luz
- sensível à temperatura, oxigênio, água e pH ácido

a) Fontes • Apenas em produtos de origem animal, notadamente no fígado. • Existe nos vegetais na forma de pigmentos carotenóides: beta-caroteno, criptoxantina, alfa-caroteno e gama-caroteno (precursores da Vit. A) • Beta-caroteno: nutricionalmente mais importante. • Animais convertem os pigmentos carotenóides em Vitamina A na parede intestinal e/ou fígado.

b) Funções:

- Auxilia no processo de visão (figura 7.6)
- Manutenção da integridade dos epitélios
- Formação óssea

- Incoordenação motora
- Enfraquecimento geral
- Acúmulo de uratos nos ureteres e túbulos renais
- Aumento da mortalidade
- Infecções secundárias (aves adultas)
- Cegueira noturna
- Queda na produção de ovos

SUÍNOS

- Redução da resistência a doenças (trato respiratório)
- Incoordenação motora, podendo chegar a ataxia total
- Problemas reprodutivos (porcas)
- Cegueira noturna

EQUINOS

- Queda na resistência orgânica
- Distúrbios de fertilidade (morte embrionária)
- Casco quebradiço com aparecimento de fendas
- Afeta formação óssea
- Cegueira noturna (tardia)

COELHOS

- Retardo no crescimento
- Lesões neurais
- Ataxia
- Paralisia espasmática
- Xeroftalmia
- Reprodução prejudicada
- Falta de apetite
- Elasticidade anormal do pulmão e da aorta associada com redução do conteúdo de elastina.

7.5.2 Vitamina D

a) Natureza Química:

- Nome químico: ergocalciferol (D₂ - plantas) e colecalciferol (D₃ – animais)
- Estabilidade à oxidação: D₂ e D₃ > A ; D₃ > D₂
- Vitamina D₃ : sensível à temperatura, oxigênio, umidade e pH ácido

b) Aproveitamento pelas aves e suínos:

- Suínos: D₂ e D
- Aves: D₃

c) Fontes:

- Precusores: D₂ - ergosterol vegetal e D₃ – 7-dehidrocolesterol
- Pequenas quantidades em certos tecidos animais
- Folhas secas: ergocalciferol
- Gema do ovo e óleo de fígado de bacalhau: boas fontes
- Colostro: 6 a 10 vezes mais que o leite normal
- Ambos compostos: raio ultravioleta ⇒ transformação em Vitamina D

d) Funções:

→ Absorção de cálcio e fósforo no ID

→ OBS: A vitamina D₃ dirige a síntese de uma proteína específica para a ligação do cálcio na célula da mucosa intestinal, e consequente absorção (depende de energia e Na⁺)

→ Anti-raquitismo

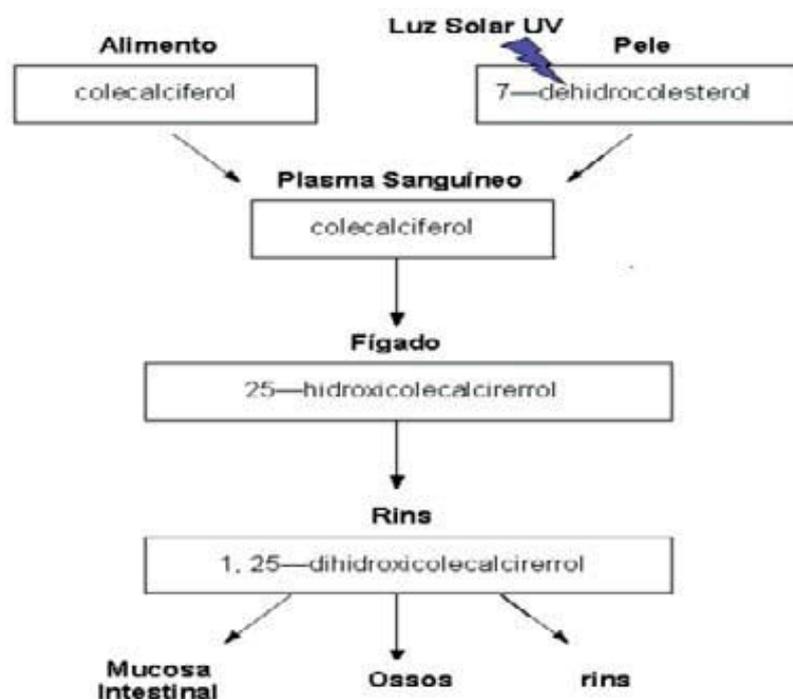


Figura 7.7: Rota metabólica mostrando a produção da forma hormonal ativa da vitamina D₃.

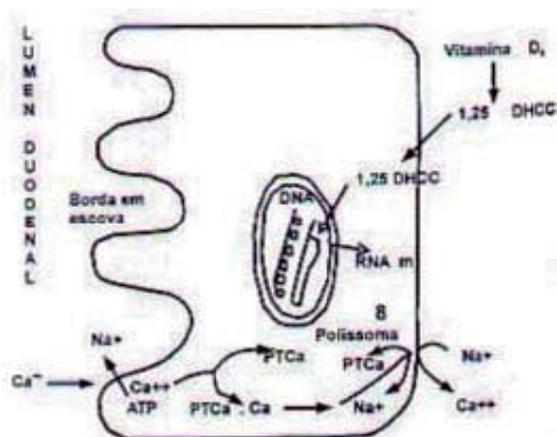


Figura 7.8: Atuação da vitamina D₃ na absorção do cálcio.

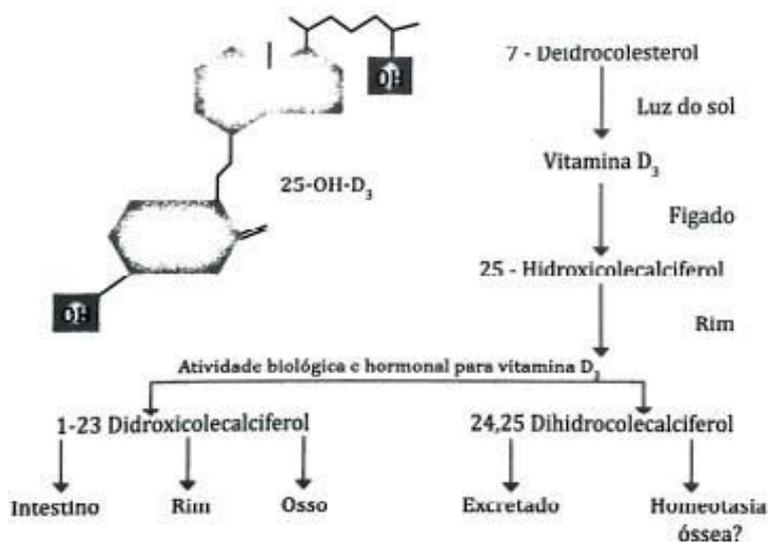


Figura 7.9: Metabolismo da vitamina D. Fonte: SAKOMURA *et al.*, 2014.

e) Deficiências:

AVES

- Redução no crescimento e raquitismo (2^a a 3^a semana)
- Ossos e bicos moles e dobráveis
- Nódulos na união costela vértebra em poedeiras
- Ovos sem casca ou casca mole
- Poedeiras reduzem a mobilidade e a produção de ovos
- Hipertrofia da glândula paratireóide

Osteodistrofia

SUÍNOS

- Redução do crescimento
- Engrossamento e rigidez das juntas provocando paralisia em leitões
- Osteomalácia (desmineralização dos ossos, com redução da resistência óssea em adultos)

EQUINOS

- Raquitismo
- Perda do apetite, menor mineralização do esqueleto e troca dental retardada em potros
- Osteomalácia em animais velhos

COELHOS

- Calcificação óssea prejudica, podendo ocorrer raquitismo nos animais em crescimento.

f) Excesso:

Todas as espécies: • Deposição de cálcio em certos tecidos como os músculos cardíacos, vasos sanguíneos, pulmões, túbulos renais e em outros tecidos moles • Devido a esta deposição de cálcio podem ocorrer osteoporoses.

Tabela 7.4: Valores médios das características de consumo de ração (g/ave/dia), produção de ovos (%ovos/ave/dia), peso dos ovos (g), massa dos ovos (g/ave/dia) e CA (g ração/ g massa de ovos) em poedeiras suplementadas com três níveis de Vit. D em três faixas etárias, 33, 46, 66 semanas de idade.

Característica	Vitamina D (UI/kg)		
	2500	3000	3500
Cons. de ração	112,65	114,36	111,84
Produção de ovos	79,11	80,21	81,24
Peso dos ovos	63,47	63,49	63,53
Massa dos ovos	50,02	50,74	50,08
CA	2,31	2,27	2,19

7.5.3 Vitamina E

a) Natureza química:

- Nome químico: alfa-tocoferol, beta-tocoferol, gama-tocoferol e sigma-tocoferol
- Alfa-tocoferol: nutricionalmente mais importante
- Beta-tocoferol, gama-tocoferol e sigma-tocoferol: 35, 1, 1% da potência biológica relativa do alfa-tocoferol, respectivamente
- Das Vit. Lip. é a mais susceptível à destruição por oxidação
- Sensível à umidade, luz e pH alcalino

b) Fontes

- Fração lipídica dos vegetais
- Forragens verdes: boas fontes de alfa-tocoferol
- Fontes primárias de beta - tocoferol, gama-tocoferol e sigma- tocoferol: germe de trigo, milho e soja, respectivamente

- Produtos animais: fontes pobres

Tabela 7.5: Concentrações de tocoferol nos principais alimentos para rações de suínos e aves

Fontes	alfa	beta	gama	delta
Gordura Animal	6	Traços	8	Traços
Milho	6	-	0,5	-
Óleo de milho	112	50	602	18
Farelo de algodão	8	-	10	-
Óleo de algodão	389	-	387	-
Sorgo	5	-	15	-
Farelo de soja	2	-	14	Traços
Óleo de soja	101	-	593	264

c) Funções:

- Atua no metabolismo dos carboidratos
- Atua no metabolismo muscular
- Regula as reservas de glicogênio
- Desenvolvimento e função das glândulas
- Estimula a formação de anticorpos
- Efeito antitóxico no metabolismo celular
- Antioxidante biológico

IMPORTANTE: Inter-relação Vit. E/Selênio: Mantém a integridade das membranas celulares. COMO?

- Vit. E: evita a peroxidação (formação de peróxidos) dos tecidos, destruindo radicais livres.
- Selênio: ativa enzima glutationa peroxidase, destruindo os peróxidos formados.

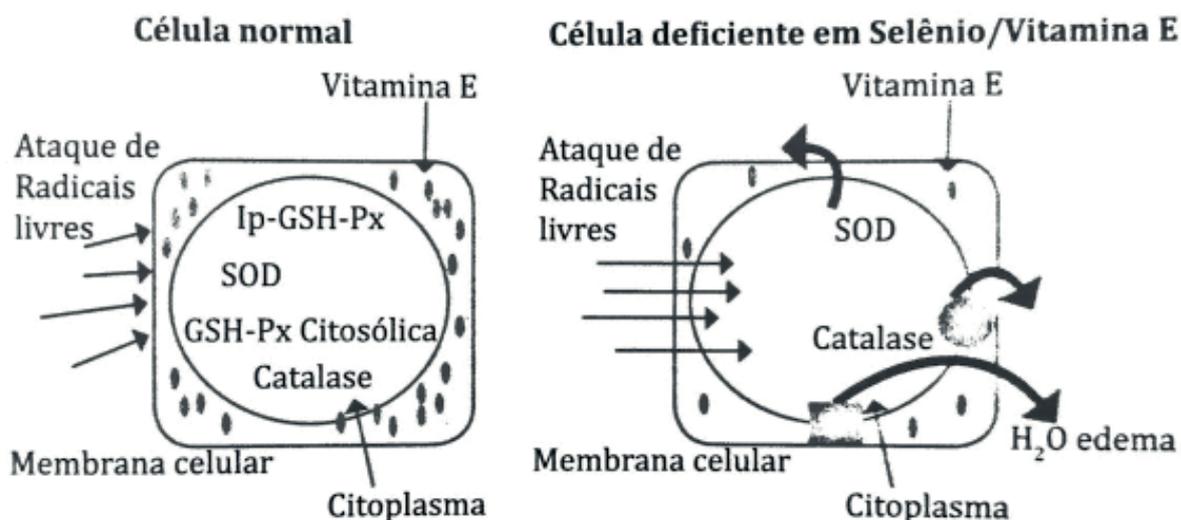
**Figura 7.10:** Relação entre vitamina E e selênio. **Fonte:** SAKOMURA *et al.*, 2014.

Tabela 7.6: Efeito da adição de níveis de vitamina E sobre as necessidades de selênio na dieta de frangos de corte

Nível de Vitamina E (ppm)	Necessidade de Selênio (ppm)
0	0,05
10	0,02
100	0,01

d) Deficiências (Vit. E e selênio):

- Período de calor: adição de óleo
- Pobreza de selênio dos solos brasileiros: pobreza dos ingredientes de rações utilizadas no Brasil

AVES

- Encefalomalácia nutricional (“doença da galinha louca”) - 2^a a 4^a semana de vida
 - o Ataxia
 - o Curvamento do pescoço
 - o Hemorragias e necroses no cérebro
 - o Incoordenação
 - o Contrações
 - o Relaxamento rápido das pernas
 - o Prostração e morte
- Diátese exsudativa (3 a 6 semanas)
 - o Aumento da permeabilidade dos capilares, com formação de edemas
 - o Coloração verde azulada no peitoral da ave
 - o Edema peitoral
- Distrofia muscular nutricional
 - o Degeneração das fibras musculares na região do peito e pode ocorrer no músculo da perna
 - o Erosão da moela
- Problemas reprodutivos
 - o Redução da eclodibilidade
 - o Degeneração testicular

SUÍNOS

- Distrofia muscular
 - o Redução do crescimento
 - o Andar rígido

o Decúbito permanente

- Hepatose Dietética
- Microangiopatia dietética

EQUINOS

- Distúrbios de permeabilidade das membranas
- Processos degenerativos no músculo
- Depressão da resposta imunitária
- Lipodistrofia em potros

Coelhos

- Distrofia muscular e morte dos recém-nascidos
- Infertilidade nos reprodutores
- Degeneração do esqueleto e músculo cardíaco
- Fígado gorduroso

e) Excesso:

Não há comprovações de problemas com excesso de vitamina E nos não ruminantes.

7.5.4 Vitamina K

a) Natureza química:

- Três formas ativas. São as séries das:
 - o Filoquinona – plantas (K_1)
 - o Menaquinona – fibra bacteriana intestinal (K_2)
 - o Menadiona – formas sintéticas (K_3)
- Menadiona: utilizada nas rações.
- Menadiona: molécula incompleta \Rightarrow fígado \Rightarrow + cadeia carbônica isoprênica.
- Relativamente estável a temperaturas extremas, porém é rapidamente destruída quando exposta à luz solar.

Tabela 7.7: Desempenho de frangos de corte no período de 1 a 42 dias de idade, de acordo com o NVE da dieta

Item	Nível de Vitamina E (mg/kg)				CV %
	25	250	500	750	
Peso Inicial	47,69a	46,86a	47,70a	46,36a	1,73
Peso Final	2054,6b	2137,0ab	2209,0a	2208,3a	3,38
Ganho de Peso	2006,9b	2090,1ab	2161,4a	2162,0a	3,39
Cons. de ração	3876,5a	3848,2a	3962,9a	3899,8a	2,32
CA	1,89b	1,80ab	1,79ab	1,77a	3,21
Viabilidade	96,2a	96,7a	96,7a	99,2a	3,86

b) Fontes:

- Folhagens verdes (inclusive pastos): boas fontes
- Produtos de origem animal: fontes pobres, exceto fígado e gema de ovo
- K₂: sintetizada por bactérias no trato gastrointestinal.
- Maioria das forragens: < 1mg de vitamina K/kg

c) Funções:

- Atua no mecanismo complexo de coagulação sanguínea
- A vitamina K: cofator para a c-carboxilase que catalisa a conversão de resíduos de ácido L-Glutâmico (L-Glu) a c-carboxi-glutâmico (Gla). Algumas proteínas do tecido ósseo, osteocalcina e Gla-proteína da matriz, possuem resíduos Gla. Apesar da função biológica dessas proteínas não ser conhecida, acredita-se que elas desempenham função importante no metabolismo ósseo.

d) Deficiências:

Em geral provocam:

- Pontos hemorrágicos na pele e no trato gastrintestinal
- Anemia

e) Observações:

- Poedeiras em gaiolas: suplementação de vitamina K
- Leitões pós-desmame: distúrbios digestivos associados a hemorragias, podendo levar a morte: suplementação

f) Fatores antivitamina K: Os três primeiros são drogas antimicrobianas.

- Sulfonamidas
- Sulfaquinoxalina
- Warfarin
- Dicumarol – “trevo mofado”

7.6 Resumão sobre vitaminas

As vitaminas estão envolvidas em vias metabólicas como coenzimas e na expressão de genes, e algumas atuam como protetores nos sistemas antioxidante e imunológico. As funções de vitaminas, e os distúrbios causados por suas deficiências, estão resumidos abaixo:

VITAMINA	FONTE	AÇÃO	SINAIS DE DEFICIÊNCIA
A, retinol	Óleo de fígado de peixe	Visão, tecidos epiteliais	Cegueira, infecção epitelial

D ₃ , colecalciferol	Óleo de fígado de peixe e fenos	Absorção de Ca	Raquitismo
E, tocoferol	Alimentos verdes e cereais	Antioxidante	Degeneração muscular, dano hepático
K, menadiona	Alimentos verdes e gema de ovo	Síntese de protrombina	Anemia, atraso na coagulação
B ₁ , tiamina	Grãos	Metabolismo de CHO's e lipídios	Retardo no crescimento, polineurite
B ₂ , riboflavina	Alimentos verdes, leite	Metabolismo de CHO's e aminoácidos	Retardo no crescimento, paralisia dos dedos curvos
Niacina	Levedura, fígado, triptofano	Transferência de H (NAD e NADP)	Retardo no crescimento, dermatite
B ₆ , piridoxina	Cereais, levedura	Metabolismo de aminoácidos	Retardo no crescimento, convulsões
Ácido pantotênico	Fígado, leveduras, cereais	Metabolismo dos AGV's (coenzima A)	Retardo no crescimento, pele escamosa, passo de ganso em suínos
Ácido fólico	Alimentos verdes, cereais e farelos de oleaginosas	Metabolismo de compostos com único C	Anemia, retardo no crescimento e baixa eclodibilidade
Biotina	Fígado, vegetais	Transferência de CO ₂	Lesões nos pés, perda de pelo
Colina	Alimentos verdes, cereais, metionina	Componente de lecitina	Retardo no crescimento, fígado gorduroso, perose
B ₁₂ , cianocobalamina	Microrganismos, fígado	Síntese de metionina (metanocobalamina), metabolismo do propionato (desoxiadenosilcobalamina)	Retardo no crescimento, anemia, pelagem/penas deficientes
C, ácido ascórbico	Frutas cítricas, vegetais folhosos	Reações de oxirredução	Baixa na imunidade

Fonte: McDONALD *et al.*, 2022. p.102-103.

7.7 Fontes comerciais de vitaminas

Fontes ¹	Concentração de Vitamina FG (Feed Grade) Produtos em Pó
Rovimix A 500	500.000 UI de vitamina A estabilizada/g
Vitamina D ₂	40.000.000 UI de Vitamina D ₂ /g
Vitamina D ₃	500.000 UI/g de Vitamina D ₃ /g
Rovimix E 50%	500 UI de vitamina E/g
Rovimix E 25%	250 UI de vitamina E absorvida/g
Vitamina C	Ácido ascórbico USP
Vitamina C	Ascorbato de Sódio USP ²
Vitamina K ₃	Menadiona Bissulfito, 52 %
Ácido Fólico	Ácido Fólico, 90%
Vitamina B ₁	Cloreto de Tiamina, 91 %
Vitamina B ₂	Riboflavina 5 Fosfato de Sódio USP
Roviflan	Riboflavina, 97-98%
Vitamina B ₆	Cloridrato Piridoxina 82%
Vitamina B ₁₂	Cianocobalamina, 1.000 mg/kg (0,1%)
Vitamina H	D-Biotina USP
Bios II	D-Biotina, 1 e 2%
Ácido Pantotênico	D-Pantotenato de cálcio, 80%
Ácido Pantotênico	Ácido Pantotênico, 90%
Ácido Nicotínico	Niacina, 96-98%
Colina	Cloreto de Colina, 60%=52% de colina
Pós Hidromissíveis	
Rovimix ¹ A/D3 300/100 W	300.000 UI de A e 100.000 UI de D ₃ /g.
Rovimix A 300 W	300.000 UI de Vitamina A/g
Rovimix E 20W	200 UI de Vitamina E/g
Líquidos Hidromissíveis	
Vitamina A / D ₃ 100/20	100.000 UI de A e 20.000 UI de D ₃ /ml
Vitaminas Oleosas	
Vitamina A palmitato	1.700.000 UI/g
Vitamina A palmitato	1.000.000 UI/g
Vitamina A acetato	1.000.000 UI/g
Vitamina E acetato	1.000 UI/g

Figura 7.11: Fontes comerciais de vitaminas para não ruminantes. **Fonte:** BERTECHINI, 2012, p. 205.

Capítulo 8

MINERAIS

8. Minerais

Os alimentos e a água contém praticamente todos os elementos minerais conhecidos, nutricionalmente desejáveis ou não, sob várias formas químicas, ou seja, em estado livre ou sob a forma de compostos orgânicos e inorgânicos, ou sob a forma muito variáveis, desde traços até altas percentagens, como o cálcio no calcáreo (38% de Ca). Alguns estão em combinação com a matéria orgânica e, neste caso, perdem as características de matéria mineral, como o enxofre na metionina e cistina, o fósforo nos fosfolípidos, e o ferro na hemoglobina.

8.1 Minerais essenciais

Um elemento inorgânico é considerado essencial quando atende os quatro critérios a seguir:

1. Estar presentes em concentrações aproximadamente constantes nos tecidos sadios de todos os animais, com pequenas variações entre espécies;
2. Deficiências em dietas adequadas em outros nutrientes resultam em aparecimento de anormalidades estruturais e/ou fisiológicas reproduzíveis;
3. A adição do elemento a dietas seletivamente deficientes evita ou recupera a anormalidade;
4. As anormalidades induzidas por deficiências minerais devem ser acompanhadas por alterações bioquímicas específicas, que são prevenidas ou revertidas ao estado normal, quando a deficiência for removida.

a) Classificação dos Minerais essenciais de acordo com a quantidade presente no corpo do animal:

- Macroelementos (Ca, Mg, Na, K, S, P e Cl)
- Microelementos (Mn, Fe, Cu, Co, I, Zn, Se, Mo, Ni, V, Si, Sb, F, Cr)

b) Funções Gerais dos Minerais:

1. Como constituinte das estruturas esqueléticas – é a função reconhecida a mais tempo. Sendo o cálcio e o fósforo os principais elementos presentes nos ossos e nos dentes, conferindo-lhes rigidez e resistência.

2. Manutenção do estado coloidal da matéria corporal e regularização de algumas propriedades físicas do sistema coloidal (viscosidade, difusão e pressão osmótica) – o organismo animal é um conjunto de sistemas coloidais. O mais

importante é o citoplasma. Os sistemas coloidais podem solidificar-se sem separar da água formando géis, e o cálcio aumenta esta característica, e o sódio e potássio diminuem. Se o citoplasma tornar-se totalmente gel (gelificada), ocorrerá a morte da célula.

3. Equilíbrio ácido/básico – o pH do sangue do homem sadio normal é de $7,4 \pm 0,1$, com extremos de 7,0 – 7,8, onde a vida é possível. Alimentos vegetais em que predominam folhas e frutos, as cinzas são compostos de Ca, Mg, K, etc, que são formadores de bases (de caráter alcalino). Entretanto, os alimentos ricos em grãos de cereais, carne e peixes, cuja as cinzas predominam o Cl, P e S são formadores de ácidos. Também alimentos ricos em proteínas.

4. Componentes do sistema enzimático – ex: a enzima citocromo oxidase contém Fe.

c) Absorção dos Minerais

Pode ocorrer por simples difusão ou envolver mecanismos específicos de transporte, por exemplo, o Ca que é absorvido por transporte ativo, regulado pela vitamina D. A quelatação de metais com aminoácidos, torna os elementos não reativos e facilita a sua absorção no intestino delgado. Por outro lado, alguns ligantes na alimentação prejudicam a absorção (ex: fitatos).

d) Biodisponibilidade dos minerais ou disponibilidade biológica

É definida como a proporção de um nutriente presente no alimento que é absorvido pelo animal e utilizado nas funções biológicas. Há dois aspectos da biodisponibilidade: 1) a absorção; 2) a utilização dos minerais.

Diversos fatores interferem com a absorção e utilização dos minerais, entre eles: idade, espécie, estado fisiológico, presença de quelantes no alimento ou no intestino, e forma química em que o elemento está presente no alimento ou no intestino (ex: o P dos grãos estão presentes na forma de ácido fítico ou fitato; e depende da espécie para utilizar este P).

8.2 Macrominerais

8.2.1 Cálcio e Fósforo

- a) Funções comuns aos dois: formação do tecido ósseo (99% do Ca e 80% do P estão no tecido ósseo; na síntese do leite (0,12% Ca e 0,10% P); na produção de ovos (3,60% Ca e 0,18% P).

- *Funções do Ca*: participa na regulação dos batimentos cardíacos, necessário para a coagulação do sangue, participa da manutenção da tonicidade do tecido muscular, ativador de enzimas.
- *Funções do P*: componentes de compostos biológicos como fosfoproteínas, fosfolipídeos, fosfatos de Na e K; componentes de enzimas.

b) Digestão e assimilação do Ca e P:

A absorção é dependente da solubilidade do cálcio e do fósforo pela membrana intestinal. O meio ácido favorece a absorção dos dois minerais. Alguns fatores colaboram positivamente ou negativamente para esta absorção:

- Ácido láctico → aumenta o meio ácido → favorecendo a absorção
- Oxalatos → encontrados nas plantas → é insolúvel no intestino → prejudica absorção
- Fitatos → prejudica a absorção
- Ácidos Graxos → formam sabões de cálcio que são insolúveis e muito pouco absorvidos
- Metais → altos níveis de Fe, Al, Mg → prejudicam a absorção do P
- Inter-relação entre Ca e P → aumento de cálcio prejudicará a absorção do P, devido formar o fosfato tricálcico, e vice-versa - Vitamina D → favorece a absorção

c) Hormônios responsáveis pelo equilíbrio de cálcio sanguíneo:

- Estrogênio - em níveis elevados no sangue das frangas no início de postura é acompanhada pelo aumento do nível sérico de Ca e redução do nível de P, preparando para a grande demanda de cálcio para formação da casca do ovo.
- Paratormônio – reduz a secreção de Ca e P pelos rins, estimula a reabsorção óssea ativando os osteoclastos e ativa a absorção a nível intestinal, com a finalidade de elevar os níveis sanguíneos destes elementos.
- Calcitonina – atua em feedback negativo ao paratormônio, portanto, aumentando a eliminação de cálcio e fósforo pelos rins, estimulando sedimentação óssea ativa e reduzindo a absorção intestinal.

d) Sintomas de Deficiência:

- Ossos frágeis, ocasionando má ossificação, com isso o crescimento fica prejudicado → ocasionando Raquitismo (animais jovens) e osteomalácia (adultos), podendo ocasionar até paralisia das pernas posteriores
- Nas fêmeas prenhas ocasiona morte dos fetos
- Nas fêmeas ocorre cio irregular ou ausente, principalmente na deficiência de P

- Fêmeas em lactação → queda na produção
- Poedeiras → Deficiência de Ca: cascas fracas, morte dos embriões, baixa eclodibilidade. Deficiência de P: morte dos embriões e baixa eclodibilidade
- Em coelhos → deficiência de P ocasiona canibalismo, nervosismo, pior eficiência reprodutiva
- Em cavalos pode aparecer uma maior mineralização dos ossos faciais → “cara inchada”.

e) Fontes de Ca e de P

Farinha de carne e ossos, Farinha de peixe, Fosfato Bicálcico

f) Fontes somente de Ca: Calcário (40% de Ca), Farinha de ostras Fonte somente de P: Fosfato Monossódico, Fosfato Monoamônio, Polifosfatos

g) Ca e P nos alimentos: - Forragens são mais ricas em Ca - Grãos e sementes são mais ricos em P do que em Ca - Leguminosas são mais ricas em Ca e P do que as não-leguminosas - Os produtos de origem animal são mais ricos em ambos do que os de origem vegetal

Teores de Ca e P total e disponível em alguns alimentos:

Alimento	Ca (%)	P Total (%)	P Disponível (%)	% Disponibilidade do P
<i>ORIGEM VEGETAL</i>	0,26	0,95	0,31	33
Farelo de algodão	0,14	0,70	0,23	33
Farelo de amendoim	0,07	0,55	0,18	33
Farelo de babaçu	0,36	0,55	0,18	33
Farelo de Soja	0,11	1,59	0,23	14
Farelo de arroz, integral	0,11	1,46	0,21	14
Farelo de arroz, deseng.	6,21	0,21	0,07	33
Melaço, em pó	0,02	0,27	0,09	33
Milho, grão	0,03	0,22	0,07	32
Sorgo, grão				
<i>ORIGEM ANIMAL</i>				
Farinha de pena e vísceras	1,34	0,89	0,89	100
Farinha de Carne e Osso	11,97	5,80	5,80	100
Farinha de Peixe	6,10	3,00	3,00	100
Farinha de sangue	0,20	0,15	0,15	100

8.2.2 Magnésio

a) Absorção e Distribuição

São solúveis em ácido, portanto sem problemas de absorção. Este elemento está extremamente associado ao cálcio e ao fósforo, tanto na sua distribuição como no

seu metabolismo. De 50 – 70% de todo Mg orgânico é encontrado no esqueleto representando 0,8 a 1,0% da cinza óssea.

b) Funções

- Constituinte dos ossos e dente
- Componente de enzima → arginase Arginina arginase ornitina e ureia
- Ativador de enzimas (quinases, mutases, ATPases, fosfatase alcalina, enolases) do metabolismo dos carboidratos, principalmente.

c) Sintomas de Deficiência

Em aves e suínos, é pouco provável a deficiência de Mg pois, o milho e o farelo de soja varia de 0,2% a 0,4% deste elemento e as necessidades variam de 500 a 800 ppm que significa de 0,05 a 0,08% nas rações.

Sintomas de deficiência provocada em ratos:

- crescimento retardado
- hiperirritabilidade
- calcificação renal
- convulsões

Em cavalos foi encontrado:

- tremores
- espasmos musculares (tetania)

Em cavalos 15 mg/kg PV/dia são suficientes para evitar problemas de deficiência.

Em coelhos pode ser encontrado:

- retardo no crescimento
- hiperexcitabilidade
- alopecia
- problemas de pele

d) Fontes de Mg

- Cloreto de magnésio
- Carbonato de magnésio
- Farinha de carne e ossos
- Melaço - por isso pode ser considerado diarreico pela quantidade de minerais presentes, se ingeridos em excesso; e também pelo açúcar.

e) Inter-relação com outros minerais: Níveis altos de cálcio e fósforo exigem altos níveis de Mg, o inverso também é verdadeiro.

8.2.3 Sódio, Potássio e Cloro

Estes elementos estão distribuídos nos fluídos e tecidos moles do organismo, exercendo conjuntamente com íons fosfato e bicarbonato, todo o controle homeostático orgânico, mantendo a pressão osmótica, o equilíbrio ácido-básico, o controle da passagem dos nutrientes e no metabolismo da água.

Parte do Na encontra-se no esqueleto numa forma insolúvel, sendo a maior parte encontrada nos fluídos extracelulares, onde possui metabolismo muito ativo. Representa 93% das bases do soro sanguíneo (parte líquida), não participando das células do sangue, porém ocorre em quantidades nos músculos.

A taxa de K no organismo é semelhante ao do Na, sendo nos músculos encontrados 6 vezes mais K do que Na, enquanto no plasma ocorre o inverso.

O Cl está distribuído tanto dentro como fora da célula, sendo 15 a 20% de todo Cl orgânico está na forma de cloretos.

a) Funções do Na

- regulador dos fluídos do corpo, pH e relações osmóticas
- participa das contrações musculares
- absorção e transporte de nutrientes para as células

b) Funções do K

- regulador dos fluidos intracelulares, mantendo o pH e relações osmóticas dentro da célula
- ativador de enzimas
- exigido para atividade normal do coração, onde exerce efeito contrário ao Ca, reduzindo a contratilidade do músculo do coração favorecendo o relaxamento
- mecanismo de transmissão de impulsos nervosos

c) Funções do Cl

- manutenção da pressão osmótica e pH
- formação de HCl gástrico

d) Sintomas de deficiência do Na e Cl

- inapetência
- baixa taxa de crescimento
- apetite depravado (os animais também mastigam objetos estranhos a sua alimentação normal, tais como, pedra, terra, madeira)
- canibalismo em poedeiras

- e) Sintomas de deficiência do K
 - fraqueza muscular
 - fraqueza no músculo cardíaco (lesões cardíacas)

8.2.4 Enxofre

Sua importância biológica reside no fato de constituir cerca de 21,5% do aminoácido essencial à metionina. As plantas e a flora do TGI dos ruminantes podem sintetizar metionina a partir de S inorgânico, porém os monogástricos devem dispor de formas orgânicas do elemento, tais como, metionina, cistina e cisteína (aminoácidos sulfurados), das vitaminas tiamina e biotina. Na forma inorgânica aparece como componente de cartilagens (condroitina).

A maioria das rações comuns fornecem suficientes quantidades de S, sendo rara a sua deficiência. Estas proporções correspondem ao S contido nos aminoácidos sulfurados.

Os sintomas de deficiência se assemelham a deficiência dos aminoácidos sulfurados ou da proteína, como baixo desempenho.

8.3 Microminerais

8.3.1 Ferro

A maior fração do ferro orgânico está na molécula de hemoglobina, representando de 60 a 70% do total de ferro do organismo. O restante está distribuído nos músculos (mioglobina), enzimas (citocromo oxidase), placenta e útero (uteroferrina), fígado (ferritina e hemossiderina), soro (transferrina), leite (lactoferrina), baço (ferritina), rins (transferrina), etc.

a) Absorção do Fe

É absorvido na forma ferrosa (Fe^{2+}), por ser mais solúvel e portanto, a mais indicada como suplementação alimentar. Após a absorção, todo o Fe é transportado (transferrina) e armazenado na forma férrica (Fe^{3+}).

b) Exigências de Fe

São maiores em animais nas fases inicial e de crescimento, onde a demanda para a síntese de mioglobina é grande.

c) Funções do Fe

- Na molécula de hemoglobina (dar a cor vermelha ao sangue) e mioglobina → transporte de O_2 (respiração)
- Participa de coenzimas e enzimas

- Participa de produtos (ovo = 1 – 1,5 mg de Fe; leite = 1 – 1,2 mg/l)

d) Excreção

Fezes, através da bile (na forma de bilirrubina) e descamações epiteliais, suor e urina. O ferro é altamente reciclado no organismo, havendo muito pouca excreção.

e) Importância do Fe para leitões

Os leitões nascem com aproximadamente 50 mg, deste total, a maior parte (70 – 80%) está na molécula da hemoglobina, enquanto 6 – 8 mg formam reserva no fígado e baço. A alimentação das porcas durante a gestação com altos níveis de Fe não aumenta a sua transferência para o feto. O conteúdo de Fe no leite é de 1 – 2 mg/l, onde não são aumentados significativamente pelo aumento de ferro das dietas das porcas em lactação.

As exigências dos leitões recém-nascidos são de 7 – 16 mg/d. As reservas de ferro se esgotam logo na primeira semana de vida do leitão, havendo necessidade de suplementação.

f) Elemento Fe para aves

O conteúdo normal de ferro nos ingredientes utilizados nas rações para aves, possui quantidades deste elemento que suportam suas exigências. No entanto, as poedeiras podem necessitar de ferro suplementar, já que eliminam de 1 – 1,5 mg / ovo produzido.

g) Fe para coelhos

O leite é deficiente em ferro, mas quantidades suficientes são armazenadas no fígado durante o período fetal.

h) Fe para cavalos

A suplementação nos animais adultos normalmente está garantida, pois os alimentos empregados normalmente contém mais ferro do que o necessário. No entanto, alimentos como grãos de cereais o ferro se encontra sob forma de fitato, que é mal aproveitado; e teores altos de Mn no alimento a absorção de ferro cai.

i) Sintomas de deficiência

- anemia hipocrômica microcítica

– hipocrômica = em função do índice de cor (concentração de hemoglobina) e microcítica = em função do tamanho da hemácia.

- Diarréia

- Aumento dos movimentos respiratórios

- Taquicardia

8.3.2 Cobre

a) Absorção

São bem absorvidos nas formas de nitrato, sulfato, cloreto, carbonato e citrato. Sendo pouco absorvido na forma de óxido, e não absorvido na forma de sulfeto. Níveis altos de carbonato de cálcio prejudicam a absorção, e níveis altos de Mo ou sulfato também prejudicam.

b) Distribuição

O fígado é o principal órgão armazenador de Cu, na forma de metaloproteína. A ceruloplasmina é a principal proteína ligadora do Cu, que funciona com uma enzima a ferroxidase no metabolismo do ferro (ajuda no transporte do ferro).

c) Funções do Cu

- participa indiretamente na síntese da hemoglobina, através da ativação da ferroxidase, mantendo os níveis de ferro no plasma.
- essencial na formação óssea
- essencial na manutenção da mielina do SNC
- envolvido na síntese de queratina, principal componente do pelo

d) Sintomas de deficiência

- anemia
- crescimento retardado do osso, afetando a calcificação dos ossos (osteoblastos)
- despigmentação do pelo e peles
- ataxia enzoótica em suínos (dorso curvado), devido à desmielinização da área do dorso (membro posterior fica paralisado)
- poedeiras reduzem a produção de ovos e sua eclodibilidade
- em coelhos sua deficiência causa anemia, redução da quantidade de pelos, degeneração da pele

e) Fontes

Sulfato, cloreto, carbonato. Dentre os alimentos temos: farelo de fígado, farinha de carne, melaço.

8.3.3 Manganês

a) Absorção

Pode-se considerar com % de absorção 10%, níveis altos de carbonato de Ca e fosfato tricálcico prejudicam a absorção.

b) Distribuição

A maior concentração ocorre no fígado, estando presente também nos ossos, pele e no músculo. Quando se quer testar o nível de manganês utilizamos o osso.

c) Funções

- Essencial para o desenvolvimento da matriz orgânica óssea, na qual é composta por mucopolissacarídeos;
- Ativador de várias enzimas (arginase, fosfatase, tiaminase, desoxiribonuclease, enolase, glicosiltransferase)
- Essencial para a reprodução e funcionamento normal do SNC.

d) Sintomas de deficiência

- Perose em aves – é caracterizada pelo engrossamento e mal formação da junta túbio-tarsal, que provoca a saída do tendão de Aquiles da sua posição normal
- Encurtamento e má formação dos ossos das pernas, provocando arqueamento e rigidez óssea
- Os suínos ficam com patas curtas e curvas
- Em poedeiras reprodutoras reduz a produção de ovos e eclodibilidade

8.3.4 Zinco

a) Absorção

Sais e óxidos são bem absorvidos. Excesso de Ca e fitatos prejudica a absorção.

b) Distribuição

Está distribuído em todos os tecidos orgânicos, porém as maiores concentrações são encontradas no fígado, pele e pelos.

c) Fontes

Em fontes proteicas de origem animal, como a farinha de carne, contém de 100 a 150 ppm (disponível), o farelo de soja e o milho contém de 50 e 5 ppm, respectivamente, porém, grande parte indisponível devido a quelatos insolúveis.

d) Recomendações

Aves e suínos em torno de 40 – 50 ppm. Coelhos – 50 – 200 ppm

e) Funções

- participa de vários sistemas enzimáticos (anidrase carbônica, desidrogenases, peptidases, fosfatases)
- envolvido em todo o processo de multiplicação celular.

f) Interação Zn x Ca e P

↑ Ca e P no intestino delgado interferem na absorção do Zn, formando compostos insolúveis

g) Sintomas de deficiência

- paraqueratose (suínos) – hiperqueratinização que se inicia ao redor dos olhos e extremidades das patas, que atingem estágios de rachaduras na pele e cascos, debilitando os animais

- problemas reprodutivos

- baixo desempenho

- emplumagem pobre

8.3.5 Selênio

Ocorre em todos os tecidos em concentrações que variam com suas necessidades, sendo o fígado e rins que contém maiores níveis de Se no organismo. E os músculos cardíacos possuem mais Se do que os esqueléticos.

a) Fontes: Alimentos (grãos são geralmente deficientes) e selenito de Na.

b) Funções: Está associado à vitamina E, que tem a função orgânica de evitar a oxidação dos tecidos, mantendo a integridade da parede celular. O Se através da ativação da glutatona peroxidase, destrói os peróxidos formados, recuperando as membranas.

c) Sintomas de deficiência

- distrofia muscular (degeneração dos músculos), sendo nas aves estar associada a diátese exudativa, especialmente os músculos peitorais

- problemas de reprodução

8.3.6 Iodo

É pobre em alimentos de origem vegetal.

a) Distribuição: 60% nas glândulas Tireóides Conteúdo de Iodo varia com a ingestão, atividade da glândula e idade.

b) Absorção: Na forma de iodeto.

c) Funções

- integrante dos hormônios da tireóide, que controlam o metabolismo

- a tiroxina regula o hipotálamo e a hipófise.

d) Sintomas de deficiência

- bócio – hipertrofia da glândula tireóide, para manter os níveis de tiroxina no sangue

- leitões – ausência de cerdas, edema , pele grossa e pescoço intumescido.

Capítulo 9

ADITIVOS

9. Aditivos

9.1 Conceitos e definições

É toda substância intencionalmente adicionada ao alimento com a finalidade de conservar, intensificar ou modificar suas propriedades, desde que não prejudique seu valor nutritivo.

A avaliação de segurança dos aditivos define o estabelecimento da ingestão diária aceitável (IDA) e do limite máximo de resíduo (LMR).

- Resíduo é o que permanece da substância ou dos produtos do seu metabolismo nas partes comestíveis da carcaça, após sua ingestão pelo animal.

- LMR é a maior quantidade de resíduos que pode estar contida em um kg do alimento, sem riscos de saúde para o consumidor.

- IDA é a quantidade de resíduo que pode ser ingerida pelo homem sem afetar a sua saúde. É calculada pela fórmula:

$$IDA = \frac{\text{Nível sem efeito do resíduo} \times \text{Média de peso do consumidor}}{\text{Fator de segurança}}$$

Os aditivos foram classificados em quatro categorias:

1. Aditivos tecnológicos (não nutricionais): qualquer substância adicionada ao produto destinado à alimentação animal com fins tecnológicos.
2. Aditivos sensoriais: qualquer substância adicionada ao produto para melhorar ou modificar as propriedades organolépticas destes ou as características visuais dos produtos.
3. Aditivos nutricionais: toda substância utilizada para manter ou melhorar as propriedades nutricionais do produto.
4. Aditivos zootécnicos: toda substância utilizada para influir positivamente na melhoria do desempenho dos animais.
5. Anticoccidianos: substância destinada a eliminar ou inibir protozoários.

Os aditivos possuem algumas normas e características inerentes, tais como:

- Melhorar o desempenho de forma efetiva e econômica;
- Ser atuante em pequenas dosagens;
- Não apresentar resistência cruzada com outros microingredientes da ração;
- Permitir a manutenção da flora gastrintestinal normal;

- Não ser tóxico aos animais e ao ser humano nas dosagens e recomendadas;
- Não ser mutagênico ou carcinogênico;
- Não ter efeitos deletérios ao ambiente.

Independentemente do nome que possa vir a ser adotado para esses produtos no futuro, é relevante ressaltar as importantes funções que os aditivos têm, quais sejam:

- Preservar as características nutricionais das rações;
- Facilitar a dispersão dos ingredientes nas rações;
- Melhorar o crescimento dos animais; aumentar a ingestão do alimento; suprir nutrientes na forma purificada; e
- Melhorar a aceitação do produto final (carne, ovos) pelo consumidor.

As figuras 9.1 e 9.2 apresentam a classificação dos aditivos e os produtos disponíveis no mercado.

Categoria do aditivo	Descrição	Grupo Funcional
Tecnológicos	Substância adicionada aos alimentos com fins tecnológicos	Adsorventes, aglomerantes, antiaglomerantes, antioxidantes, antiumectantes, conservantes, emulsificantes, estabilizantes, espessantes, gelificantes, reguladores da acidez, umectantes.
Sensoriais	Substância adicionada ao alimento para melhorar ou modificar as propriedades organolépticas destes ou as características visuais dos alimentos;	Corantes e pigmentantes, aromatizantes, palatibilizantes.
Nutricionais	Substância utilizada para manter ou melhorar as propriedades nutricionais do produto.	Vitaminas, oligoelementos ou seus compostos (microminerais orgânicos), aminoácidos, seus derivados e análogos, ureia e seus derivados.
Zootécnicos	Substância utilizada para influir positivamente na melhoria do desempenho dos animais	Digestivos (enzimas), equilibradores da flora intestinal (probióticos, prebióticos e acidificantes), melhoradores de desempenho.
Anticoccidianos	Substância destinada a eliminar ou inibir protozoários	Anticoccidianos

Figura 9.1: Classificação dos aditivos para uso na alimentação de não ruminantes. **Fonte:** SAKOMURA *et al.*, 2014. p. 462.

Classe de aditivos	Produtos
Nutricionais	a -vitaminas, provitaminas e substâncias quimicamente definidas de efeitos similares; b - oligoelementos ou compostos de oligoelementos (microminerais); c - aminoácidos, seus sais e análogos; d - ureia pecuária e seus derivados.
Tecnológicos	a - adsorventes; b - aglomerantes; c - antiaglomerantes; d -antioxidantes; e - antiumectantes; f - conservantes; g - emulsificantes; h - estabilizantes; i - espessantes; j - gelificantes; k - reguladores da acidez; l - umectantes
Sensoriais	a - corantes e pigmentantes; b - aromatizantes; c - palatibilizantes
Zootécnicos	a - enzimas; b - probióticos; c - prebióticos; d - simbióticos; e - nutracêuticos; f - ácidos orgânicos; g - promotores de crescimento e/ou eficiência alimentar

Figura 9.2: Classificação dos aditivos para utilização na alimentação animal. **Fonte:** SAKOMURA *et al.*, 2014. p. 488.

9.2 Aditivos que aumentam a ingestão de alimentos

9.2.1 Aglutinantes

Aglutinantes → são um grupo de substâncias diversas, com a propriedade de aglutinar pêsletes, de melhorar a textura das rações ou de facilitar o escoamento dos ingredientes no maquinário utilizado na fabricação da mistura. Eles têm que apresentar algumas características:

- ❖ Bom poder aderente
- ❖ Alto poder de lubrificação
- ❖ Serem inertes
- ❖ Serem economicamente viáveis

Substâncias mais usadas:

- Bentonita (silicato coloidal de Al) – usada 2 – 2,5% na ração
- Hemiceluloses
- Caulim (silicato hidratado de Al) – 1 – 2,5%
- Pentoses (aves suportam bem até 5%)
- Sebo ou outros lipídios – até 5%
- Gomas vegetais

9.2.2 Aromatizantes e flavorizantes

- Aroma é indicador de qualidade do alimento;
- Alimentos naturais frescos, mofados, rancificados ou em putrefação, podem ser artificiais ou naturais;
- Melhorar aceitação e estimular consumo;
- Provocam secreção das glândulas – maior aproveitamento do alimento pelo organismo. Alguns produtos podem ter funções aromatizante e palatilizante;
- Aves possuem menor sensibilidade à aromas e sabores.

9.3 Aditivos que melhoram a digestão dos alimentos

9.3.1 Acidificantes

Tem como função a acidificação do meio intestinal e com isso controlar microorganismos nocivos aos animais. Seu uso é muito benéfico para suínos pós-desmame. Exemplos: ácidos fumárico, cítrico, málico, propiônico.

Tabela 9.1: Efeito do ácido fumárico e da inclusão de derivados lácteos na ração de leitões desmamados (23 aos 42 dias de idade)

Nível de derivado lácteo (%)	10	10	20	20
Ácido fumárico(%)	0	2	0	2
pH da ração	6,0	3,9	6,0	4,0
Ganho de peso diário (g)	289	299	317	347
Conversão alimentar	1,59	1,53	1,46	1,42

Fonte: Ludke et al. (1992).

9.3.2 Enzimas

São estruturas protéicas especializadas que controlam reações específicas.

a) Mecanismo de Ação:

1. aumentar a biodisponibilidade de polissacarídeos e proteínas
2. hidrolisar parcialmente carboidratos viscosos (beta-glucanos e pentosanas)
3. suplementação das enzimas digestivas (animais jovens)
4. hidrolisar material fibroso normalmente não-degradável por enzimas endógenas

Para leitões recém-desmamados iniciou-se a utilização de carbohidrases, proteinases, lipases.

Experimentos:

Dietas:

T1 = dieta contendo 2850 kcal EM/kg;

T2 = dieta contendo 2850 kcal EM/kg, com 0,1% enzima;

T3 = dieta contendo 2750 kcal EM/kg;

T4 = dieta contendo 2750 kcal EM/kg, com 0,1% enzima

Objetivo: estudar o efeito do uso do complexo enzimático comercial (α -amilase, xilanase e protease) sobre o desempenho de poedeiras comerciais.

Ingredientes	Dietas			
	1	2	3	4
Milho	64,485	64,385	63,260	63,260
F. de soja	20,730	20,730	19,825	19,825
F. de trigo	3,000	3,000	6,130	6,130
Óleo soja	1,175	1,175	-	-
Avizyme 1500	-	0,1	-	0,1
Nutrientes				
PB (%)	15,5	15,5	15,5	15,5
EM (kcal/kg)	2850	2850	2750	2750
FB (%)	2,70	2,70	2,83	2,83

Resultados:

Tratamento	% postura	CR (g/ave dia)	Peso ovos (g)	CA (kg ração/kg ovo)	GP (g)
T1	83,58	97,22	64,06	1,82	113,7
T2	84,24	97,87	63,28	1,84	118,1
T3	84,85	100,64	63,41	1,87	105,6
T4	83,68	99,69	63,81	1,87	116,9
Média geral	84,09	98,85	63,64	1,85	113,6

Com esse trabalho, concluiu-se que a redução de energia não afetou o desempenho das poedeiras. A suplementação enzimática das dietas não foi capaz de influenciar o desempenho das poedeiras, no segundo ciclo de postura. O custo com alimentação para a produção de 1 kg de ovo foi mais elevado nas dietas suplementadas com enzimas.

A tabela 9.3 apresenta as principais enzimas e seu benefício de utilização na nutrição de não ruminantes.

Enzimas	Ação	Ingrediente em que atua (substratos)	Benefícios esperados
β -glucanase	Degradação de β -glucanos a oligossacarídeos	Dietas à base de aveia, cevada e arroz	Redução da viscosidade e melhoria na utilização dos nutrientes
Amilase	Degrada o amido a dextrina e açúcares	Dietas ricas em amido, contendo milho e outros	Aumento da disponibilidade de glicose
Celulases	Degrada celulose a produtos de menor peso molecular e açúcares	Dietas ricas em fibras (farelo de trigo, cevada e outros)	Aumento da disponibilidade de energia, por permitir o aproveitamento do conteúdo celular
Xilanases	Degrada arabinoxilanas a produtos de menor peso molecular e açúcares	Dietas à base de aveia, trigo, milho cevada e arroz	Melhora a utilização de nutrientes e reduz a excreção de água
Galactosidases	Degrada oligossacarídeos e fatores antinutricionais	Soja e outras leguminosas e oleaginosas	Melhora a disponibilidade de energia e reduz viscosidade
Fitase	Degrada as ligações do fitato com íons divalentes (fósforo e a molécula de inositol)	Todos os tipos de cereais e oleaginosas (farelo de arroz, milho, soja e outros)	Reduz a necessidade de fósforo inorgânico e a excreção de fósforo
Proteases	Degrada proteínas a peptídeos e aminoácidos	Dietas com leguminosas	Aumenta a digestibilidade dos aminoácidos e reduz a excreção de nitrogênio
Lipases	Degrada lipídeos a ácidos graxos e monoacilglicerol	Dietas ricas em óleos de origem vegetal ou animal	Melhora a digestibilidade da gordura

Figura 9.3: Enzimas utilizadas em dietas de monogástricos. **Fonte:** SAKOMURA *et al.*, 2014, p. 469.

Existem enzimas que degradam os polissacarídeos não-amídicos: Ex: a cevada que possui β -glucanos, que perfaz 75% da parede celular do endosperma (parte do grão que contém amido, fornece energia) - temos a enzima β -glucanase. O trigo e centeio possuem arabinoxilanas e pentosanas. Existem enzimas que degradam os fitatos como a fitase.

9.3.3 Antibióticos

Os absorvidos são: penicilina, estreptomicina, oxitetraciclina e clortetraciclina. Os parcialmente absorvidos são: virginiamicina e neomicina. Os não-absorvíveis: lincomicina, bacitracina, tirosina. Vai desde os promotores de crescimento até os antibióticos propriamente ditos.

O mecanismo de ação são agrupados em 4 categorias:

- Efeito Metabólico: BRAUDE & JONHSON (1953) demonstraram que a clortetraciclina afetava a excreção aquosa e nitrogenada em suínos. BRODY et al. (1954) registraram que a oxidação de AG na mitocôndria hepática era inibida por tetraciclina. MOSER et al. (1980) sugeriram que o carbadox aumenta a síntese proteica em células musculares de suínos.

- Efeito Nutricional: MOORE et al. (1946) observaram que a estreptomicina estimulava o crescimento de leveduras, e ANDERSON et al. (1952) constataram que a penicilina aumentou o número de certos coliformes intestinais, onde tais organismos sintetizam nutrientes que são essenciais para o animal.

Ao aceitar o princípio de que certos antibióticos poupam energia e proteína, parece que a exigência dietética de proteína (aminoácidos) é inferior em suínos recebendo antibióticos. Ex: MOSER et al. (1980) com CARBADOX evidenciaram que a exigência de proteína pode ser levemente reduzida com antibióticos quando fornecidos na dieta.

- Mudanças Enzimáticas: Houve aumento da atividade da sucrase ao longo do intestino delgado de suínos alimentados com dietas contendo agentes antimicrobianos.

- Eficiência na absorção - em suínos experimentos mostraram que a virginiamicina resultou em uma melhora de 9% na absorção de aminoácidos livres (DIERICK et al., 1986)

- Controle de doenças - inibe os microorganismos patogênicos, dando condições que o hospedeiro expresse o máximo de sua capacidade genética.

- Uso apropriado - evitar resíduos - Conforme o "*Feed Additive Compendium*", certas drogas precisam ser retiradas do alimento durante um determinado período antes do abate. CROMWELL (1981) afirmou que quantidades traço de sulfametazina (2 ppm) na ração resultam em uma alta incidência de resíduos no tecido hepático.

- Aspecto econômico - baseado em médias gerais, o benefício total do uso de antimicrobianos foi calculado por ZIMMERMAN (1986) ao redor de \$ 2,64/suíno vendido.

- Para Equinos é aconselhável o uso de antibióticos como aditivos: ao serem transportados, presença de doença subclínica no rebanho, para éguas durante o período do parto (ESMINGER, 1990)

- Evidências sobre seu mecanismo de ação:

Estágio	controle	antibiótico	% de melhora
Fase inicial (7 - 25 kg GD (kg) CA	0,39 2,28	0,45 2,13	16,4 6,9
Fase crescimento (17-49 kg) GD (kg) CA	0,59 2,91	0,68 2,78	10,6 4,5
Fase crescimento- terminação (24-89 kg) GD (kg) CA	0,69 3,30	0,72 3,23	4,2 2,2

Adaptado HAYS (1977) e ZIMMERMAN (1986)

9.3.4 Arsenicais

Mesma função dos antibióticos, reduzem o catabolismo das proteínas, aumentando a retenção do N, e possuem ligeira ação coccidiostática. Existem: orgânicos e inorgânicos. Os inorgânicos - 15 - 45 dias para serem eliminados do organismo. Os orgânicos - 48 hs são eliminados. Devendo suspender o seu fornecimento na ração 5 dias antes do abate. O nível tóxico para frangos é cerca de 10 vezes o nível recomendado como promotor de crescimento. O ácido arsênico ou 3-nitro é o que apresenta maior ação estimulante do crescimento.

9.3.5 Fungicidas

Os ácidos orgânicos tem no primeiro momento ação fungicida, posteriormente em baixar o pH estomacal e por último ação entero-bactericida. Temos ácido propiônico, acético, sórbico, fumárico e sais. Os ácidos são mais efetivos e os sais são de longa duração.

9.3.6 Probióticos

Suplemento de microrganismo vivo que tem efeitos benéficos para o hospedeiro. Desde 1981 - literatura aponta efeitos benéficos dos probióticos no desempenho. Hoje existem mais de 40 microorganismos.

Muitas leveduras possuem minerais (Mn, Co, Zn) e vitaminas (A, D₃, B₁₂), que podem melhorar a ação dos microrganismos probióticos.

Em “favor da vida” propiciam um balanço microbiano gastrointestinal desejável. Vieram para regular a flora microbiana. São produtos baseados em microorganismos: *Lactobacillus acidophilus* (na maioria), *Streptococcus faecium*, *Bacillus subtilis* e leveduras. Seu mecanismo de ação, é que após serem ingeridos encontram meio adequado para multiplicação e colonização do trato digestivo, por exclusão competitiva em favor da microflora benéfica - ↓ E. coli, de produção de toxinas, ↑ anticorpos, ↑ eficiência.

As tabelas 9.4 e 9.5 apresenta os principais estudos realizados com probióticos e os resultados avaliados.

Autores	Microorganismos ¹	Dose ²	Idade ³	Resultados em destaque para o uso do probiótico
Zuanon <i>et al.</i> (1998)	<i>Bacillus toy</i>	0,025%	21 dias	1- Melhoria no desempenho em relação ao não uso de aditivo. 2 - Piora na conversão alimentar em relação ao uso antibiótico.
Zulkifli <i>et al.</i> (2000)	<i>Lactobaccillus spp</i>		21 dias	1- Melhoria no ganho de peso em relação ao não uso de aditivo. 2- Desempenho semelhante ao uso de antibiótico.
Zulkifli <i>et al.</i> (2000)	<i>Lactobaccillus spp</i>		42 dias	1- Melhoria no ganho de peso em relação ao não usa de aditivo e ao uso de antibiótico.
Boratto <i>et al.</i> (2004)	<i>Lactobacillus acidophilus</i> , <i>Enterococcus faecium</i> , e <i>Saccharomyces cerevisiae</i>		21 dias	1- Melhoria no ganho de peso em relação ao não uso de aditivo. 2- Desempenho semelhante ao uso de antibiótico.
Boratto <i>et al.</i> (2004)	<i>Lactobacillus acidophilus</i> <i>Enterococcus faecium</i> e <i>Saccharomyces cerevisiae</i>		42 dias	1- Desempenho semelhante ao não uso de aditivo e ao uso de antibiótico.
Pelicano <i>et al.</i> (2004)	<i>Bacillus subtilis</i>	0,015%	21 dias	1- Melhoria na conversão alimentar em relação ao não uso de aditivo.
Pelicano <i>et al.</i> (2004)	<i>Lactobacillus acidophilus</i> <i>Lactobacillus casei</i> <i>Bacterium bifidum</i> <i>Aspergillus oryzae</i>	0,015%	21 dias	1- Melhoria na conversão alimentar relação ao não uso de aditivo.
Faria <i>et al.</i> (2009b)	<i>Streptococcus faecium</i> , <i>Lactobacillus acidophilus</i> e <i>Saccharomyces cerevisiae</i>	0,01%	7 dias	1- Melhoria na conversão alimentar em relação ao não uso de aditivo e ao uso antibiótico.
Faria <i>et al.</i> (2009b)	<i>Streptococcus faecium</i> , <i>Lactobacillus acidophilus</i> e <i>Saccharomyces cerevisiae</i>	0,01%	21 dias	1- O desempenho não diferiu em relação ao não uso de aditivo e ao uso antibiótico.
Appelt <i>et. al.</i> (2010)	<i>Bacillus cereus</i> <i>Bacillus subtilis</i>	0; 0,05; 0,10; 0,15 e 0,20%	Todas	1- Não diferiu em relação ao uso do antibiótico.
Bitterncourt <i>et al.</i> (2011)	<i>Lactobacillus acidophilus</i> <i>Streptococcus faecium</i> <i>Bifidobacterium bifidum</i>	0,2%	42 dias	1- Não diferiu em relação ao não uso de aditivo e ao uso antibiótico.
Silva <i>et al.</i> (2011)	<i>Lactobacillus acidophilus</i> <i>Streptococcus faecium</i> <i>Bifidobacterium bifidum</i>	0,2%	21 dias	1- Melhoria no ganho de peso em relação ao uso do antibiótico.
Silva <i>et al.</i> (2011)	<i>Lactobacillus acidophilus</i> <i>Streptococcus faecium</i> <i>Bifidobacterium bifidum</i>	0,2%	42 dias	1- Não diferiu em relação ao uso do antibiótico.

Figura 9.4: Resultados de algumas pesquisas realizadas com o uso de probióticos na alimentação de frangos de corte. **Fonte:** SAKOMURA *et al.*, 2014. p. 492.

Referência	Probiótico utilizado (nível do produto comercial)	Efeito sobre o desempenho	Efeito sobre a morfologia intestinal	Efeito sobre a ocorrência de diarreia
Vassalo <i>et al.</i> (1997)	<i>Bacillus toyoi</i> (0,2%) e <i>Lactobacillus acidophilus</i> , <i>Streptococcus faecium</i> e <i>Saccharomyces cerevisiae</i> (0,07%)	+	NA	=
Fedalto, Tkacs e Ader (2002)	<i>Bacillus toyoi</i> (0,2%)	-	NA	NA
Budiño <i>et al.</i> (2005)	<i>Bacillus licheniformis</i> e <i>Bacillus subtilis</i> (0,13%)	NA	=	NA
Utiyama <i>et al.</i> (2006)	<i>Bacillus subtilis</i> e <i>Bacillus licheniformis</i> (0,13%)	-	NA	=

+: efeito positivo; -: efeito negativo; = : efeito semelhante; NA: não avaliado

Figura 9.5: Resultados encontrados por autores quanto ao uso de probiótico em rações para leitões na fase de creche em relação ao antibiótico promotor de crescimento (APC). **Fonte:** SAKOMURA *et al.*, 2014. p. 493.

Mecanismo de ação:

1. Inibição da proliferação de bactérias patogênicas *E. coli*, de produção de toxinas, anticorpos, eficiência
2. Síntese de enzimas digestivas (amilase e protease) e vitaminas (complexo B);
3. Produção de metabólitos que neutralizam ou inibem as toxinas das bactérias patogênicas;
4. Aumento da imunidade da mucosa intestinal;
5. Colonização e restauração da flora intestinal normal (*Bifidobacterium*, *Lactobacillus*).

9.3.7 Prebióticos

São ingredientes alimentares não digeríveis que beneficiam o animal por estimular seletivamente o crescimento (tabela 9.6).

Oligossacarídeos: a) frutooligossacarídeos (FOS); b) galactooligossacarídeos (GOS) c) mananoligossacarídeos (MOS)

FOS → naturais (derivados de plantas) → sintéticos (polímeros de frutose). GOS e MOS → obtidos de parede celular de levedura.

Referência	Prebiótico utilizado (nível do produto comercial)	Efeito sobre o desempenho	Efeito sobre a morfologia intestinal	Efeito sobre a ocorrência de diarreia
Santos <i>et al.</i> (2003)	Manano-oligossacarídeo (0,02; 0,10 e 0,20%)	=	NA	NA
Budiño <i>et al.</i> (2005)	Fruto-oligossacarídeo (0,65%)	NA	=	NA
Utiyama <i>et al.</i> (2006)	Manano-oligossacarídeo (0,30%)	=	NA	=
Visentini <i>et al.</i> (2008)	Fruto-oligossacarídeo (0,10; 0,20; 0,30 e 0,50%)	-	NA	NA
Santos <i>et al.</i> (2010)	Manano-oligossacarídeo (0,25; 0,50; 0,75%)	=	=	=

+: efeito positivo; -: efeito negativo; = efeito semelhante; NA: não avaliado

Figura 9.6: Resultados encontrados por autores quanto ao uso de prebiótico em rações para leitões desmamados em relação ao (APC). **Fonte:** SAKOMURA *et al.*, 2014. p. 500.

9.3.8 Agentes anticoccidianos

Contra eimeria e coccidia

- Ionóforos

A Eimeria, causadora de coccidiose.

Modo de ação - servem como carreadores de Na e K da célula do coccidia, passam Na para dentro da célula e K para fora, em direção oposta a bomba Na e K, até que as concentrações de Na e K dentro e fora da célula se equivalem. Após algum tempo a bomba se esgota, causando um influxo de Na para dentro da célula, inchando até romper. Temos: nicarbazina - é um anticoccidiano com característica não-ionóforo, existindo problemas com o seu uso em stress de calor. Amprólio - exclusivo para aves e suínos, sendo que pode causar deficiência de tiamina.

9.3.9 Antioxidantes

A vit. E, porém, é mais cara. BHA, BHT, etoxiquim e endox → 300 g/ton de ração.

9.4 Agentes que alteram o aspecto do produto

- Pigmentantes - substâncias para intensificar a coloração no animal, mais para aves, melhorando a cor do frango.

9.5 Hormônios

Hormônios são classificados em anabolizantes, catabolizantes e anti-hormonais - na síntese proteica.

Tabela 9.1: Efeito dos hormônios sobre o metabolismo, especialmente síntese protéica nos músculos

Hormônio	Efeito
Andrógenos	Geralmente anabólicos, promovendo síntese protéica.
Estrógenos	Depende da espécie e da dose
Insulina	Promove síntese de gordura e proteínas (efeito anabólico)
Hormônio de crescimento	anabólico
Somatostatina hipotalâmica	Inibe a secreção do hormônio do crescimento
Somatostatina pancreática	Inibe a secreção do glucagon e insulina, inibindo a absorção de glicose, aminoácidos e triglicerídeos - catabólico
Corticosteróides	Catabólicos, tem maior efeito sobre a degradação, aumentando a gordura na carcaça
Tiroxina	Catabólicos, estimulam mais a degradação
Glucagon	Aumenta proporção de carboidratos, desviando os aminoácidos da síntese protéica
Catecolaminas (epinefrina e norepinefrina)	Catabólicos

Somatotropina porcina (pst), nome científico do hormônio de crescimento em suínos -
 ↑ GP, melhora eficiência alimentar, ↑ massa muscular, ↓ tecido adiposo.

Tabela 9.2: Efeito da administração do PST na taxa de crescimento, eficiência alimentar e características de carcaças de suínos:

Critérios	PST ($\mu\text{g}/\text{kg}/\text{d}$)	
	0	60 - 130
Crescimento		
CDR (kg)	3,04	2,60
GD (kg)	0,94	1,08
CA	3,26	2,47
Características carcaças		
ET (cm)	2,34	2,03
% músculo	50,1	62,4

Experimento para avaliar o desempenho e rendimento de cortes e carcaças de frangos de corte, recebendo ou não Monensina com diferentes doses \rightarrow 100, 110 e 120 ppm nas fases de 1 - 21 dias, 22 - 40 dias, e 41 - 46 dias (RIBEIRO *et al.*, 2000 - SBZ). O uso de monensina para frangos de corte mostrou melhoria na CA em relação ao tratamento sem a droga, principalmente no período 21 - 40 dias. Os níveis de 100 e 110 ppm de monensina mostraram melhor resposta que o nível de 120 ppm, principalmente quando não houve retirada da droga nos últimos 5 dias da criação. Não foi observada diferença significativa sobre a digestibilidade, EMA e RN. Quanto aos dados de carcaça, houve maior peso da carcaça para aqueles tratamentos que não retiraram a monensina, quando comparados àqueles com a retirada da droga na última semana. Os tratamentos 100 e 110 ppm apresentaram maior rendimento de peito do que o de 120 ppm.

Experimentos com suínos em crescimento (7-25 kg) a adição de antibióticos melhorou o crescimento em 16,4% e a CA em 6,9%. . A adição de baixos níveis de bacitracina, clortetraciclina, oxitetraciclina, penicilina e tilosina têm mostrado melhorar o GP e CA em 2,3% / 1,9% e 3% / 4,6% para frangos de corte e perus.

Capítulo 10

EXIGÊNCIAS NUTRICIONAIS E ESTRATÉGIAS DE MANEJO ALIMENTAR

10. Exigências nutricionais e estratégias de manejo alimentar

10.1 Introdução

Exigência nutricional é a quantidade mínima de um determinado nutriente que deve ser fornecida aos animais para satisfazer suas necessidades de manutenção e produção.

- A avicultura e suinocultura moderna passam por constantes mudanças e avanços em razão das constantes pesquisas.
- Os animais têm sido melhorados geneticamente e, em pouco tempo, novas linhagens genéticas são lançadas no mercado.
- Requerimentos nutricionais – variam, enfatizando a importância em atualizar os valores.

10.2 Fatores de variação nas exigências

10.2.1 Idade

É notório que a idade influencia nas exigências. Pintainhos de corte de 1 dia necessitam de mais PB e Ca do que um frango na idade de abate aos 42 dias, por sua vez os requerimentos de energia são maiores aos 42 dias do que para pintainhos. O mesmo acontece com suínos machos castrados na fase de crescimento, entre 70 a 84 dias de idade os requerimentos de PB, Ca e P são maiores em comparação com a idade entre 91 a 105 dias.

A tabela 10.1 apresenta dados da evolução no melhoramento das aves de corte, em que passaram de ser abatidas aos 49 dias em 1986 e a partir de 2005 obtiveram ganhos genéticos que propiciaram o frango de corte contemporâneo ser abatido com 38 dias de idade.

Tabela 10.1: Produtividade de frangos de corte e requerimento em lisina digestível de 1986 a 2005

Parâmetros	1986 ¹	1996/1999 ^{1,2}	2005 ³
Idade (dias)	49	41	38
Peso vivo (g)	2125	2109	2110
Consumo de EM (kcal)	13430	11673	10151
Consumo de ração ⁴ (g/dia)	88,4	91,8	86,2
Ganho de peso (g/dia)	42,5	50,4	54,4
Requerimento de lisina dig. ⁵ (g/dia)	0,808	0,937	1,004
% Lisina Digestível na ração	0,914	1,021	1,165

1 – Manual Hubbard (Granja Resende 1986 e 1996). 2 – Costa (1999). 3 – Pintos de corte de médio desempenho (Rostagno *et al.*, 2005). 4 – Ração com 3100 kcal/kg. 5 – Equações de Rostagno *et al.* (2005)

O NRC de cães e gatos (2006) discorre bem sobre a idade como influência direta nas necessidades nutricionais destas espécies quando recomenda, por exemplo, níveis de proteína maiores para filhotes em crescimento em comparação com cães adultos.

A tabela 10.2 enfatiza como a idade é um fator direto sobre as exigências nutricionais em proteína, energia metabolizável, cálcio, fósforo disponível e o aminoácido limitante de frangos de corte e fêmeas suínas. Note que as exigências são maiores nas primeiras fases de vida do animal, onde a demanda de nutrientes para o crescimento é maior em relação aos animais que vão amadurecendo e, posteriormente, depositando apenas gordura corporal.

Tabela 10.2: Efeito da idade sobre as exigências nutricionais de frangos de corte e suínos

Nutrientes	Frangos de Corte				
	Idade (dias)				
	1 - 7	8 - 21	22 - 33	34 - 42	43 - 46
PB (%)	22,5	21,93	20,45	17,67	16,01
EM (kcal/kg)	3000	3100	3200	3250	3300
Ca (%)	1,01	0,91	0,82	0,66	0,58
Pd (%)	0,482	0,432	0,384	0,309	0,272
Met + Cis (%)	0,989	0,966	0,914	0,79	0,716
Nutrientes	Fêmeas suínas				
	Idade (dias)				
	49 - 63	70 - 91	98 - 112	119 - 140	147 - 168
PB (%)	17,23	15,1	13,65	12,4	11,4
EM (kcal/kg)	3350	3350	3350	3350	3350
Ca (%)	0,872	0,728	0,634	0,573	0,545
Pd (%)	0,431	0,360	0,313	0,283	0,269
Lisina Dig. (%)	1,206	1,066	0,964	0,882	0,811

Fonte: ROSTAGNO *et al.*, 2017.

10.2.2 Espécie

A espécie também é um fator que afeta diretamente as necessidades nutricionais dos animais. A tabela 10.3 apresenta a variação das necessidades de proteína e energia de diferentes espécies e sob diferentes estágios produtivos. Note que as exigências tendem a ser maiores para animais maiores hipoteticamente, uma vez que a superfície corporal é maior e há mais resíduo para ser aportado.

Tabela 10.3: Variação nas exigências nutricionais de diferentes espécies

Espécie	Inicial	Crescimento	Terminação
Aves			
EM	3000	3100	3200
PB	21,4	19,30	18,0
Suínos			
EM	3265	3265	3265
PB	19,5	17,0	14,0
Cães			
EM	-	-	-
PB	-	22,0	18,0

10.2.3 Genética

A deposição PB na carcaça depende da relação entre o nível proteico (Aas) da dieta e genótipo (tabela 10.4).

Tabela 10.4: Efeito da variação de níveis de lisina dietética para suínos machos castrados de dois genótipos de crescimento médio e alto de tecido magro

Parâmetros	Genótipo	Lisina (%)			
		0,50	0,65	0,80	0,95
GMD (g/dia)	Alto magro	567	757	893	912
	Médio magro	671	822	822	850
C.A.	Alto magro	3,48	3,08	3,06	3,08
	Médio magro	3,67	3,44	3,49	3,38
Ganho magro (g/dia)	Alto magro	283	385	300	407
	Médio magro	273	311	314	309

10.2.4 Estado fisiológico

- A resposta imune e a inflamação modificam as necessidades de alguns nutrientes (AA's), decorrentes das alterações metabólicas, e nesse sentido têm se intensificado os estudos para estabelecer as exigências nutricionais dos animais nestas situações.

- Animais imunologicamente ativados têm maior demanda nutricional para manutenção (taxas de metabolismo basal aumentadas) em função da intensa atividade do sistema imune e de outros órgãos por ele acionados na resposta imuno-fisiológica.

- LISINA - componente majoritário de proteínas da musculatura (6,5 a 7,0%), mas é relativamente menos importante em proteínas com funções biológicas de manutenção (2,4%).

• Usada prioritariamente para deposição de carne, não para proteínas presentes no sistema imune. Animais com sistema imune pouco ativado têm maior exigência em lisina (maior capacidade metabólica para deposição de tecido magro).

• AA's SULFURADOS - ocorre exatamente o contrário. Lisina e metionina têm seus requerimentos afetados de forma distinta.

• CISTEÍNA, ARGININA e GLUTAMINA – os mais importantes em estados inflamatórios.

A tabela 10.5 apresenta as demandas nutricionais de aves, suínos, equinos e coelhos em diferentes estágios fisiológicos da vida, como a produção de ovos, gestação, lactação etc. Note que, para mamíferos, o momento de maior demanda energética é o período de lactação, então devemos estar atentos quanto ao fornecimento de dietas que supram esses requerimentos para as crias se desenvolverem.

Tabela 10.5: Efeito do estado fisiológico sobre as necessidades nutricionais de diferentes espécies não ruminantes

Espécie	Estado fisiológico	PB (%)	EM (kcal/kg)	Ca (%)	Pd (%)	FB (%)
Coelhos	Mantença	12 - 13	2120	0,6	0,4	15 - 16
	Crescimento	15 - 17	2400	0,5	0,3	13 - 16
	Gestação	18	2400	0,8	0,5	14
	Lactação	16 - 18	2600	1,1	0,8	12 - 15
	Mantença	7,5	1600	0,24	0,17	15
Equinos	Trabalho	10	2200	0,39	0,24	17
	Reprodução	8	1800	0,3	0,18	15
	Gestação	8	1600	0,28	0,2	17
	Lactação	14,7	2510	0,56	0,36	15
	Crescimento	8,1	2975	0,76	0,42	15
Suínos	Crescimento	15,14	3350	0,722	0,357	2,5
	Gestação	8,1	2400	0,751	0,395	7
	Lactação	19,26	3400	0,830	0,45	5
	Terminação	9,8	3350	0,444	0,216	4

10.2.5 Sexo

A formulação diferenciada para machos e fêmeas resulta em menores custos de alimentação, em consequência da economia de nutrientes e melhor balanceamento das dietas, por aproximar-se do requerimento do animal.

Tabela 10.6: Efeito do sexo na exigência de proteína bruta e energia metabolizável para frangos de corte em diferentes idades

Nutriente	Idade				
	1-7	8-21	22-33	34-42	43-46
	Machos				
PB (%)	21,92	20,88	19,69	18,53	18,1
EM (kcal/kg)	2950	3000	3075	3100	3175
	Fêmeas				
PB (%)	21,0	19,84	18,71	17,60	17,26
EM (kcal/kg)	2950	3000	3075	3100	3175

Tabela 10.7: Efeito do sexo na exigência de proteína bruta e energia metabolizável para suínos

Nutriente	Macho castrado	Fêmea
EM (kcal/kg)	3265	3265
PB (%)	14,2	15,5

10.2.6 Temperatura ambiente

Em virtude do menor consumo causado pela menor exigência de energia das aves, criadas sob temperaturas superiores a 21°C (até 27°C), foi estimado um fator de correção para estimar estas exigências para frangos de corte:

- 22 aos 42 dias de idade – aumento de 0,83% para cada aumento de 1°C acima de 21°C
- 43 aos 49 dias de idade - aumento de 1,09% para cada aumento de 1°C acima de 21°C

Suínos:

Aumentam 0,72% para cada 1°C das temperaturas ótimas – FASES CRESCIMENTO E TERMINAÇÃO

10.3 Métodos para determinação das exigências

Exigências nutricionais das aves - definidas em estudos no método dose-resposta e método fatorial.

1. **Método dose-resposta:** baseado na resposta do desempenho das aves a diferentes níveis de ingestão de nutrientes.
2. **Método fatorial:** baseado no princípio da necessidade de nutrientes para manutenção de processos vitais e atividades, para o crescimento e/ou produção. É base para diversos modelos matemáticos desenvolvidos para estimar as exigências nutricionais.
 - A primeira exigência animal diz respeito aos gastos energéticos;

- A exigência em energia é sensível às condições do animal e de ambiente, sendo esta última a que mais afeta o consumo alimentar;
- Para determinação das exigências das aves deve-se levar em conta os fatores que influenciam na sua determinação, como idade, sexo, genética, sistema imune e temperatura ambiente e suas interações;
- A determinação pode ser realizada pelos métodos dose-resposta e fatorial com maior precisão na determinação para este último.

10.4 Estratégias de manejo nutricional

10.4.1 Muda forçada em aves

A muda das penas é um processo natural que acontece em todas as espécies de aves e em ambos os sexos. Ocorre devido a um período de descanso onde a ave cessa o seu ciclo de produção e passa por modificações fisiológicas (internas e externas):

Existem dois tipos de mudas:

- a) muda natural;
- b) muda forçada.

Na muda natural as aves perdem e renovam suas penas antes do início do inverno, porém a época da muda varia individualmente. A muda forçada é utilizada em todo o mundo como uma estratégia econômica. É realizada em aves domésticas selecionadas para a produção de ovos comerciais ou de pintos onde o plantel é forçado (ou induzido) ao descanso reprodutivo num período de tempo determinado através do método escolhido pelo avicultor.

Os métodos para a muda forçada nas aves classificam-se em:

- *Métodos clássicos ou de manejo*: Se baseiam na privação total ou na restrição de alimento durante um período variável de tempo, seguida de um consumo limitado de energia e proteína durante um período mais ou menos prolongado; mesmo assim, pode haver jejum ou restrição de água e manipulações do fotoperíodo.
- *Métodos nutricionais*: Consiste na utilização de dietas com carência ou excesso de algum nutriente específico, por exemplo, baixos níveis de Ca ou Na, níveis muito elevados de Zn, I, Cu ou Al, para voltar, posteriormente, para a dieta normal.
- *Métodos farmacológicos*: A muda é prontamente alcançada com a administração de substâncias anovulatórias, como, por exemplo, progesterona, corticosterona etc.

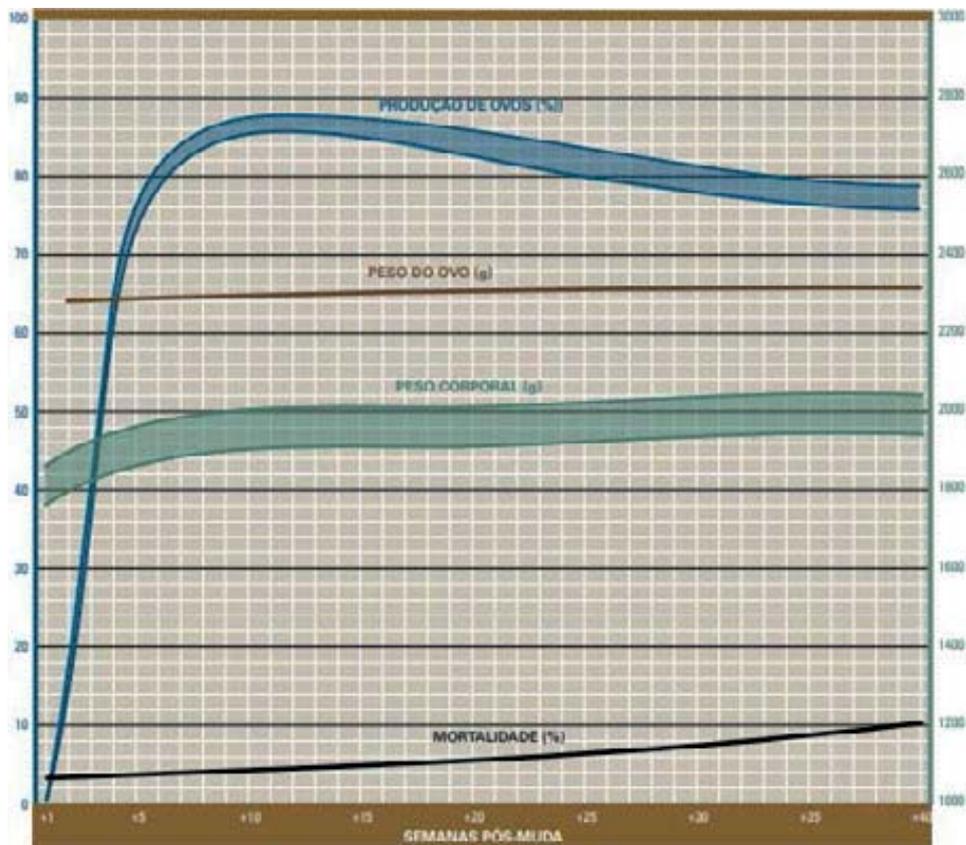
Como observado, existem diferentes métodos, sendo os de manejo nutricional os mais indicados e viáveis. A tabela 10.8 apresenta um programa de muda forçada para poedeiras

comerciais preconizado pela Embrapa e tem como objetivo maior um aproveitamento de um novo pico de postura das aves, por mais menor e curto que seja.

Tabela 10.8: Programa de muda forçada para poedeiras comerciais

Dias	Alimento	Água	Luz Artificial
01	Sem alimento	à vontade	sem luz artificial
02-09	Sem alimento	à vontade	sem luz artificial
Retornar o alimento (milho):			
10	20 g/ave/dia	à vontade	sem luz artificial
11-19	Aumentar 4 g/ave/dia	à vontade	sem luz artificial
20	60 g/ave/dia	à vontade	sem luz artificial
Retornar a ração de postura:			
21	60 g/ave/dia	à vontade	Retornar a luz com aumentos crescentes
22-31	Aumentar 1 g/ave/dia	à vontade	até atingir 15 h/dia;
32-40	70 g/ave/dia	à vontade	Manter constante até atingir a produção;
41-49	75 g/ave/dia	à vontade	Após, aumentar uma hora por semana, até
50-54	80 g/ave/dia	à vontade	atingir 17 h/dia; Manter 17 h de luz natural + artificial/dia, constante até o final da produção
55-56	85 g/ave/dia	à vontade	
57-60	90 g/ave/dia	à vontade	
61-...	Ração de acordo com a produção de ovos.	à vontade	

A figura 10.1 apresenta o gráfico de produção de galinhas poedeiras após a muda forçada, enfatizando o aumento na produção de ovos com picos de até 86%.



Fonte: Hy-Line, 2022.

10.4.2 *Flushing para fêmeas suínas*

O flushing consiste em um incremento do consumo de alimento durante o período pré-cobertura, que permite um aumento da taxa de ovulação. Representa uma estruturação de alimentação que corresponde primeiro a um período de restrição alimentar, seguido de um incremento alimentar, o que leva a um efeito instantâneo na resposta ovulatória. Estudos apontam sua função de estabilizar a ovulação e efeito sobre a qualidade do oócito e, conseqüentemente, sobre a viabilidade embrionária. Essa alternativa nutricional aumenta o número de ovulações por meio da mobilização de metabólitos no ambiente ovariano, tornando-o mais rico em nutrientes. Um fator que pode interferir no aproveitamento do flushing é a mistura de fêmeas em grupos antes da primeira cobertura ou inseminação artificial, influenciando o efeito esperado do incremento de nutrientes como é recomendado, pelo motivo de existir, nesse caso, queda na ingestão de alimentos dos animais submissos. Dessa maneira, o incremento alimentar torna-se mais eficiente ao ser aplicado em fêmeas mantidas em gaiolas.

Há evidências de que o flushing permite a maximização do potencial ovulatório ou restabelece a taxa de ovulação aos níveis normais em fêmeas mais velhas, que, por algum motivo, tiveram restrição alimentar.

A utilização do flushing alimentar na suinocultura é praticada nas granjas visando aumentar o tamanho da leitegada no primeiro parto, justamente porque estudos demonstram sua ação no aumento da taxa de ovulação e melhora na viabilidade do embrião.

Capítulo 11

FORMULAÇÃO DE PREMIX VITAMÍNICO E MINERAL

11. Formulação de premix vitamínico e mineral

11.1 Introdução

Premixes ou pré-misturas são misturas complexas de vitaminas, microminerais, oligoelementos e outros aditivos alimentares que são incorporados em níveis entre 0,2 e 0,5% na ração composta. Geralmente, em cálculos de formulação de rações para espécies de interesse zootécnico, os premixes fazem parte do espaço reserva destinado para a adequação da ração conforme as exigências dietéticas dos animais. Os premixes são legalmente definidos como misturas de aditivos para rações ou mistura de um ou mais destes aditivos com matérias-primas usadas como veículos que não se destinam à alimentação direta dos animais (BRASIL, 2004). Os premixes são essenciais para alcançar a produtividade máxima para os animais de produção. Existem diferentes métodos empregados pelas empresas para a formulação e fabricação de premixes, entretanto, o conteúdo e método explanado será o básico para a elaboração manual e técnica das pré-misturas.

Em geral, para a formulação de pré-misturas vitamínicas e minerais, ou ambas, é necessário seguir alguns passos imprescindíveis (figura 10.1).



Figura 10.1: Passos para a formulação de um premix mineral e vitamínico.

11.2 Formulação de premix vitamínico

- **Deseja-se formular um suplemento vitamínico para poedeiras na fase de postura com concentração na ração de 0,5%.**

1º Passo: determinação da concentração do premix para 1 kg de suplemento:

100 (porcentagem completa) / $0,5\%$ de concentração = 200 vezes em 1 kg

2º Passo: determinar as exigências vitamínicas da categoria aves poedeiras em postura na literatura:

VITAMINA	EXIGÊNCIA em UI ou mg/kg de ração
A	9000 UI
D ₃	2400 UI
E	12 UI
K ₃	2,16
B ₁	1,80
B ₂	4,80
B ₆	2,10
B ₁₂	0,016
Ácido Pantotênico	12
Niacina	30
Ácido Fólico	0,60
Biotina	0,06
Colina	270

Fonte: ROSTAGNO *et al.*, 2017. p. 440.

3º Passo: concentrar a exigência para 1 kg de premix, logo, é necessário multiplicar cada exigência pelo fator 200 , encontrado no primeiro passo. Por exemplo: Vit. A = $9000 \times 200 = 1.800.000$ UI, e assim por diante:

VITAMINA	EXIGÊNCIA em UI ou mg/kg de ração	Multiplicar pelo fator 200	Exigência para 1 kg de premix
A (UI)	9000	X 200 =	1.800.000
D ₃ (UI)	2400	X 200 =	480.000
E (UI)	12	X 200 =	2.400
K ₃	2,16	X 200 =	432
B ₁	1,80	X 200 =	360
B ₂	4,80	X 200 =	960
B ₆	2,10	X 200 =	420
B ₁₂	0,016	X 200 =	3,2
Ácido Pantotênico	12	X 200 =	2.400

Niacina	30	X 200 =	6.000
Ácido Fólico	0,60	X 200 =	120
Biotina	0,06	X 200 =	12
Colina	270	X 200 =	54.000

4º Passo: devido a sua estabilidade ser afetada por fatores como temperatura, pH, luz etc., é necessário aumentar a exigência para 1 kg de premix em 10%, para isso basta multiplicar cada valor para 1 kg por 1,1. Por exemplo: Vit. A = 1.800.000 x 1,1 = 1.980.000, e assim por diante:

VITAMINA	EXIGÊNCIA em UI ou mg/kg de ração	Multiplicar pelo fator 200	Exigência para 1 kg de premix	10% a mais
A (UI)	9000	X 200 =	1.800.000 x 1,1 =	1.980.000
D ₃ (UI)	2400	X 200 =	480.000 x 1,1 =	528.000
E (UI)	12	X 200 =	2.400 x 1,1 =	2.640
K ₃	2,16	X 200 =	432 x 1,1 =	475,2
B ₁	1,80	X 200 =	360 x 1,1 =	396
B ₂	4,80	X 200 =	960 x 1,1 =	1056
B ₆	2,10	X 200 =	420 x 1,1 =	462
B ₁₂	0,016	X 200 =	3,2 x 1,1 =	3,52
Ácido Pantotênico	12	X 200 =	2.400 x 1,1 =	2.640
Niacina	30	X 200 =	6.000 x 1,1 =	6.600
Ácido Fólico	0,60	X 200 =	120 x 1,1 =	132
Biotina	0,06	X 200 =	12 x 1,1 =	13,2
Colina	270	X 200 =	54.000 x 1,1 =	59.400

5º Passo: transformar os 10% a mais das vitaminas em mg/kg para grama, para isso basta dividir cada valor de 10% a mais por 1000. Por exemplo: vitamina K₃ 10% a mais = 475,2 / 1000 = 0,4752 g/kg de premix, e assim por diante:

VITAMINA	10% a mais em mg/kg de premix	Exigência para g/kg de premix
A (UI)	1.980.000	UI
D ₃ (UI)	528.000	UI
E (UI)	2.640	UI
K ₃	475,2/1000 =	0,4752

B ₁	396/1000 =	0,396
B ₂	1056/1000 =	1,056
B ₆	462/1000 =	0,462
B ₁₂	3,52/1000 =	0,00352
Ácido Pantotênico	2.640/1000 =	2,64
Niacina	6.600/1000 =	6,6
Ácido Fólico	132/1000 =	0,132
Biotina	13,2/1000 =	0,0132
Colina	59.400/1000 =	59,4

6º Passo: determinar, através da literatura, a relação de fontes comerciais utilizadas para a fabricação dos suplementos vitamínicos e suas concentrações:

FONTES DE VITAMINAS		CONCENTRAÇÃO
Vitamina	Fonte Comercial	(UI ou %)
A	Rovimix A 500	500.000 UI
D ₃	Rovimix D ₃	500.000 UI
E	Rovimix E 50%	500 UI
K ₃	Menadiona Bissulfito	52
B ₁	Cloreto de Tiamina	91
B ₂	Riboflavina	97
B ₆	Cloridrato de Piridoxina	82
B ₁₂	Cianocobalamina	0,1
Ácido Pantotênico	Ácido Pantotênico	90
Niacina	Ácido Nicotínico	97
Ácido Fólico	Ácido Fólico	90
Biotina	BIOS II	2
Colina	Cloreto de Colina	52

Fonte: BERTECHINI, 2012. p. 205.

7º Passo: determinar quantidade de cada fonte comercial para suprir a exigência das poedeiras em postura:

Para as vitaminas em UI: Exigência de 10% a mais dividido pela concentração

Para as vitaminas em mg: 100 vezes a exigência em grama dividido pela concentração

a) Vitamina A:

1 g de Rovimix A - - - - - 500.000 UI

$$X \text{ ----- } 1.980.000 \text{ UI}$$

$$\mathbf{X = 3,96 \text{ g de Rovimix A}}$$

b) Vitamina D₃:

$$1 \text{ g de Rovimix D ----- } 500.000 \text{ UI}$$

$$X \text{ ----- } 528.000 \text{ UI}$$

$$\mathbf{X = 1,06 \text{ g de Rovimix D}_3}$$

c) Vitamina E:

$$1 \text{ g de Rovimix E ----- } 500 \text{ UI}$$

$$X \text{ ----- } 2.640 \text{ UI}$$

$$\mathbf{X = 5,28 \text{ g de Rovimix E}}$$

d) Vitamina K₃:

$$100 \text{ g de Menadiona B. ----- } 52 \text{ g de K}_3$$

$$X \text{ ----- } 0,4752 \text{ g/kg}$$

$$\mathbf{X = 0,914 \text{ g de Menadiona Bissulfito}}$$

e) Vitamina B₁:

$$100 \text{ g de Cloreto de Tiamina ----- } 91 \text{ g de B}_1$$

$$X \text{ ----- } 0,396 \text{ g/kg}$$

$$\mathbf{X = 0,44 \text{ g de Cloreto de Tiamina}}$$

f) Vitamina B₂:

$$100 \text{ g de Riboflavina ----- } 97 \text{ g de B}_2$$

$$X \text{ ----- } 1,056 \text{ g/kg}$$

$$\mathbf{X = 1,09 \text{ g de Riboflavina}}$$

g) Vitamina B₆:

$$100 \text{ g de Cloridrato de P. ----- } 82 \text{ g de B}_6$$

$$X \text{ ----- } 0,462 \text{ g/kg}$$

$$\mathbf{X = 0,56 \text{ g de Cloridrato de Piridoxina}}$$

h) Vitamina B₁₂:

$$100 \text{ g de Cianocobalamina ----- } 0,1 \text{ g de B}_{12}$$

$$X \text{ ----- } 0,00352 \text{ g/kg}$$

$$\mathbf{X = 3,52 \text{ g de Cianocobalamina}}$$

i) Ácido Pantotênico:

$$100 \text{ g de Ácido P. ----- } 90 \text{ g de Ácido Pantotênico}$$

$$X - - - - - 2,64 \text{ g/kg}$$

$$\mathbf{X = 2,93 \text{ g de Ácido Pantotênico}}$$

j) Niacina:

$$100 \text{ g de Ácido N.} - - - - - 97 \text{ g de Niacina}$$

$$X - - - - - 6,6 \text{ g/kg}$$

$$\mathbf{X = 6,8 \text{ g de Ácido Nicotínico}}$$

k) Ácido Fólico:

$$100 \text{ g de Ácido F.} - - - - - 90 \text{ g de Ácido Fólico}$$

$$X - - - - - 0,132 \text{ g/kg}$$

$$\mathbf{X = 0,15 \text{ g de Ácido Fólico}}$$

l) Biotina:

$$100 \text{ g de BIOS II} - - - - - 2 \text{ g de Biotina}$$

$$X - - - - - 0,0132 \text{ g/kg}$$

$$\mathbf{X = 0,66 \text{ g de BIOS II}}$$

m) Colina:

$$100 \text{ g de Cloreto de C.} - - - - - 52 \text{ g de Colina}$$

$$X - - - - - 59,4 \text{ g/kg}$$

$$\mathbf{X = 114,2 \text{ g de Cloreto de Colina}}$$

8º Passo: montar uma tabela com a quantidade de cada fonte, somar as fontes e encontrar a quantidade de veículo que se deve utilizar:

FORMULAÇÃO FINAL PARA 1 Kg DE PREMIX	
Produto/Ingrediente	Quantidade (gramas)
Rovimix A	3,96
Rovimix D ₃	1,06
Rovimix E	5,28
Menadiona Bissulfito	0,914
Cloreto de Tiamina	0,44
Riboflavina	1,09
Cloridrato de Piridoxina	0,56
Cianocobalamina	3,52
Ácido Pantotênico	2,93

Ácido Nicotínico	6,8
Ácido Fólico	0,15
BIOS II	0,66
Cloreto de Colina	114,2
Soma das quantidades das fontes:	141,56
Veículo	858,44
TOTAL	1000

O veículo é milho ou farelo de soja, utilizados para dar volume e quantidade para a mistura de premix, o que facilita a mistura na máquina.

11.3 Formulação de premix mineral

A formulação de premix micromineral segue os parâmetros de cálculos do vitamínico, no entanto apresenta diferenças quanto aos passos.

- **Deseja-se formular um suplemento vitamínico para éguas com 450 kg de PV, consumo de ração de 10 kg/dia e no primeiro semestre de gestação. A concentração do premix na ração é de 0,4%.**

1º Passo: determinação das exigências microminerais dos animais e das fontes comerciais de microminerais disponíveis no mercado com a concentração:

MINERAL	EXIGÊNCIA (mg/kg)	FONTE COMERCIAL	CONCENTRAÇÃO (%)
Cu	9	Sulfato de Cobre	25
Fe	36	Sulfato Ferroso	20
Mn	36	Carbonato de Manganês	46,7
Se	0,09	Selenito de Sódio	45
Zn	36	Sulfato de Zinco	22,2
I	0,315	Iodato de Cálcio	62,8

Fonte: CINTRA, 2016.

Fonte: BERTECHINI, 2012.

2º Passo: determinação da concentração do premix para 1 kg de suplemento:

$$100 \text{ (porcentagem completa)} / 0,4\% \text{ de concentração} = 250 \text{ vezes em 1 kg}$$

3º Passo: calcular a exigência em mg/kg de premix. Basta multiplicar cada micromineral pelo fator 250, encontrado no passo 2:

MINERAL	EXIGÊNCIA (mg/kg)	Fator de multiplicação	EXIGÊNCIA (mg/kg de premix)
Cu	9	x 250 =	2.250
Fe	36	x 250 =	9.000
Mn	36	x 250 =	9.000
Se	0,09	x 250 =	22,5
Zn	36	x 250 =	9.000
I	0,315	x 250 =	78,75

4º Passo: transformar a exigência em mg/kg de premix para g/kg de premix dividindo mg/kg de premix por 1000:

MINERAL	EXIGÊNCIA (mg/kg de premix)	EXIGÊNCIA (g/kg de premix)
Cu	2.250/1000 =	2,25
Fe	9.000/1000 =	9
Mn	9.000/1000 =	9
Se	22,5/1000 =	0,0225
Zn	9.000/1000 =	9
I	78,75/1000 =	0,07875

5º Passo: determinar a quantidade de cada fonte comercial para suprir a exigência de microminerais da água gestante:

100 vezes a exigência dividido pela concentração da fonte

a) Cobre:

100 g de Sulfato de Cu - - - - - 25 g de Cu

X - - - - - 2,25 g/kg

X = 9 g de Sulfato de Cobre

b) Ferro:

100 g de Sulfato de Fe - - - - - 20 g de Fe

X - - - - - 9 g/kg

X = 45 g de Sulfato de Fe

c) Manganês:

100 g de Carbamato de Mn - - - - - 46,7 g de Mn

X - - - - - 9 g/kg

X = 19,27 g de Carbonato de Manganês

d) Selênio:

100 g de Selenito de Na - - - - - 45 g de Se

X - - - - - 0,0225 g/kg

X = 0,05 g de Selenito de Sódio

e) Zinco:

100 g de Sulfato de Zn - - - - - 22,2 g de Zn

X - - - - - 9 g/kg

X = 40,54 g de Sulfato de Zinco

f) Iodo:

100 g de Iodato de Ca - - - - - 62,8 g de I

X - - - - - 0,07875 g/kg

X = 0,13 g de Iodato de Cálcio

6º Passo: montar uma tabela com a quantidade de cada fonte, somar e encontrar a quantidade de veículo que se deve utilizar:

FORMULAÇÃO FINAL PARA 1 Kg DE PREMIX	
Produto/Ingrediente	Quantidade (gramas)
Sulfato de Cobre	9
Sulfato Ferroso	45
Carbonato de Manganês	19,27
Selenito de Sódio	0,05
Sulfato de Zinco	40,54
Iodato de Cálcio	0,13
Soma das quantidades das fontes:	114
Veículo	886
TOTAL	1000

O veículo é milho ou farelo de soja, utilizados para dar volume e quantidade para a mistura de premix, o que facilita a mistura na máquina.

A formulação de premix também pode contemplar as vitaminas e os minerais, sendo estes misturados na máquina juntos. Quando se calcular o premix para vitaminas e microminerais juntos, lembre-se que os valores das fontes não devem exceder 1000 g ou 1 kg, devendo, portanto, haver espaço para o veículo.

Capítulo 12

FORMULAÇÃO DE RAÇÃO PARA NÃO RUMINANTES

12. Formulação de ração

12.1 Introdução

A nutrição propriamente aplicada tem por finalidade combinar adequadamente os ingredientes para atender as necessidades dos animais.

Cada espécie animal possui exigências nutricionais específicas, sendo cada espécie dividida por fases.

Deve-se ter cuidado em elaborar as rações por cerca de 70% do custo da produção animal ser destinada à alimentação, uma vez que um deslize nesta atividade pode prejudicar toda a cadeia em questão. Hoje existem muitos programas computacionais que formulam rações. Porém, para a manipulação desses programas é necessário saber os princípios de formulação de ração.

O cálculo da quantidade de cada ingrediente que entra na composição de uma ração, com base na composição química e nas exigências nutricionais da categoria de animais a que a ração se destina, denomina-se formulação de ração. A maioria dos cálculos de ração é realizada com base no custo mínimo, considerando-se um valor médio para a composição química dos alimentos. Porém, outros parâmetros estão cada vez mais sendo considerados, como por exemplo, a variabilidade presente na composição química dos alimentos.

12.2 Processamento e forma física da ração

12.2.1 Processo de peletização

A peletização é uma operação de moldagem na qual partículas finamente divididas são aglomeradas em uma forma compacta, chamada grânulo ou pellet. É um tipo de extrusão onde as proteínas e açúcares (carboidratos) tornam-se plásticos quando aquecidos e diluídos com umidade.

a) Redução do volume e espaço de estocagem: A peletização aumenta o peso específico, reduzindo desta forma o espaço exigido para a estocagem.

b) Melhora nas características de alimentação: A umidade e a pressão durante a peletização produzem um grau de gelatinização que melhora a utilização dos ingredientes e nutrientes, e assim, a conversão alimentar. Além disso, o pelete reduz as perdas durante o processo alimentar. No caso específico de rações, o pelete ajuda a evitar uma alimentação seletiva, e evita ainda, a segregação dos ingredientes.

c) Melhora do transporte a granel: Os pellets cilíndricos têm, naturalmente, melhores características para movimentação e transporte.

d) Redução de pó: Diminuição de perdas de partículas finas durante o manuseio, e maior limpeza da área de trabalho.

Como se processa a peletização?

O ingrediente é umedecido e depois passa por processos de secagem e adição de lectina (agente de ligação). Uma rosca transporta o material para o secador, que possui espelhos com vários tubos, onde este é aquecido com vapor em contracorrente. Para uma produção normal de 73 toneladas por hora é adicionado 3 a 4 kgf/cm² de vapor saturado para o aquecimento. O ingrediente ao entrar em contato com a tubulação quente, evapora a umidade presente deixando-o com 18% de umidade em média.

Depois da secagem, o material entra direto na peletizadora onde é distribuído uniformemente. Os rolos compressores “forçam” a passagem através dos furos do anel, e as 2 facas na parte externa cortam os peletes à medida que são produzidos. Os rolos devem estar ajustados na direção do anel. A distância ideal é de aproximadamente 0,2mm.

A temperatura dentro das peletizadoras é de aproximadamente 50 a 60°C. Caso ocorra algum problema nas peletizadoras, o ingrediente vai direto para o resfriador por um by-pass e depois para o embarque ou estocagem. Após a peletização, o ingrediente tem que passar por resfriador e secador pela ação de ar em movimento. A movimentação é obtida por exaustores. A peletizadora alimenta o resfriador por gravidade que alimenta a fita inferior que retorna os peletes.

12.2.2 Processo de extrusão

A extrusão é definida como um processo no qual o amido e o material protéico são umedecidos e expandidos em um tubo pela combinação de umidade, pressão, calor e cisalhamento. Isto resulta na gelatinização do amido, desnaturação exotérmica do material extrusado.

O processamento de extrusão requer alta pressão e temperatura acima de 120°C, resultando na expansão da mistura de ingredientes e promovendo maior gelatinização do amido, além de aumento na exposição dos nutrientes contidos no interior das células vegetais à ação do processo digestivo dos animais. Este processo também elimina muitos agentes bacterianos.

O processo de extrusão tem ganhado espaço na produção de alimentos devido à sua versatilidade, alta eficiência termodinâmica, baixo custo de operação e baixo espaço por unidade métrica de produção, apesar de exigir equipamentos, muitas vezes importados e de alto custo, que são compensados pela melhor eficiência alimentar.

Novos produtos podem ser utilizados no processo de extrusão. Esses produtos devem ser projetados para fornecer um balanço nutricional e características organolépticas adequadas a um custo que pode ser mais baixo do que outro processo térmico.

Gelatinização do amido

A gelatinização é definida como a destruição irreversível da condição cristalina do grão de amido, de modo que a superfície de toda molécula fique acessível ao ataque de reagentes e solventes. O processo aumenta a velocidade enzimática das amilases, que são responsáveis pela quebra da cadeia de amido em carboidratos mais simples e solúveis, e faz com que o amido absorva uma grande quantidade de água, o que leva a uma melhora na digestibilidade e na conversão alimentar.

Extrusoras

O sistema de extrusão inclui os seguintes mecanismos:

a) *Sistema de alimentação*: Esse sistema é essencial no processo de extrusão, deve ser constante e capaz de alimentar uniformemente ingredientes secos, líquidos ou mistos. Para armazenagem dos ingredientes secos podem ser utilizados funis ou caixas, a porção seca do alimento é adicionada através de um sistema de medida especializado capaz de fornecer uma vazão uniforme a qualquer velocidade de extrusão desejada. Quando a gordura é adicionada acima de 12% na formulação de ração, a porção que excede os 12% deve ser introduzida no sistema de vaporização.

b) *Pré-condicionadores*: As porções seca e líquida dos alimentos são introduzidas separadamente no sistema de pré-cozimento, onde são continuamente misturados, aquecidos e umidificador por uma intensa injeção de água (70°C) ou vapor. Nesta fase, há um aumento do tempo de retenção da água, o que leva a um nível ótimo de umidade e permite o início do cozimento.

c) *Cilindro extrusor*: Matérias primas ou fórmulas pré-condicionadas são descarregadas diretamente na extrusora, que possui segmentos de cilindros e rosca sem fim. É nesta fase que ocorrem as transformações que mais afetam as características finais do produto,

devido ao desenho do tambor e rosca, velocidade da rosca, condições do processo (temperatura, umidade, etc.), características das matérias primas e escolha do corte.

O processo de extrusão

Na zona de mistura da extrusora, a compressão na zona de alimentação continua e o canal de vazão tem um alto grau de preenchimento, aumentando o escoamento. O mecanismo de corte não começa a funcionar até que o canal de vazão esteja cheio.

A câmara de extrusão recebe pressão para que o ar seja expelido e o material comprimido. A água é então injetada para melhorar a textura, viscosidade e aumentar a transferência de calor por condução. Uma pressão de vapor de 5 a 10 atmosferas é, às vezes, injetada na zona de mistura que carrega energia térmica e umidade, fazendo com que as partículas do material comecem a se aglomerar e formar a massa integral. No fim da descarga da zona de mistura, o material extrusado chega ao máximo de compactação. A pressão e temperatura exercida sobre o extrusado fazem com que esteja expelido para formar o produto final, na textura, densidade, cor e propriedades funcionais desejadas.

Segurança, manutenção e limpeza são as principais características para as quais deve ser dada a máxima consideração, quando se avalia uma extrusora.

O canhão extrusor deve ser segmentado, para permitir alongar ou encurtar como requerido pelo processo, permitindo assim, uma fácil manutenção. Diversos perfis de rosca devem estar disponíveis para permitir alterações na configuração, para chegar a quantidade desejada.

Antes de começar a preparar uma formulação de ração é necessário conhecer os ingredientes disponíveis, bem como a exigência da categoria em questão.

12.3 Métodos de formulação de ração

Concisamente, o balanceamento de rações consiste em formular uma mistura de ingredientes, energéticos e proteicos, que atenda de forma impreterível as exigências nutricionais dos animais (figura 12.1).

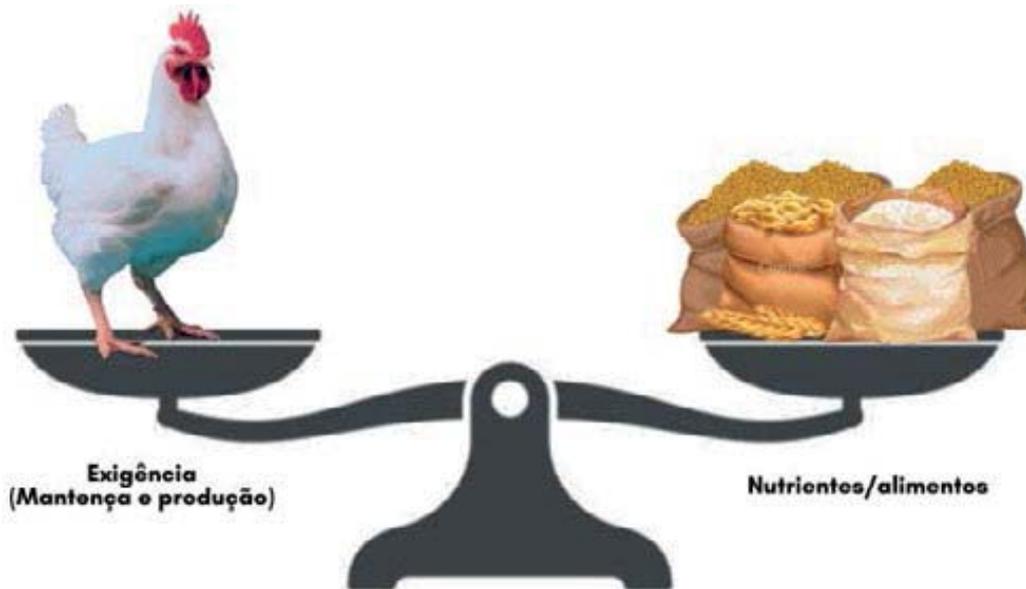


Figura 12.1: Balanceamento de uma ração

Existem vários métodos para balancear uma ração, alguns mais simples e outros mais complexos. Para o balanceamento de rações, pode-se realizar cálculos manuais, utilizando modelos matemáticos, ou executar através de programas de computador.

Os cálculos manuais servem para casos práticos e simples podendo empregar o método da tentativa e erro, o quadrado de Pearson ou as equações algébricas com duas ou mais incógnitas, dependendo do número de ingredientes para o balanceamento.

Os softwares ou programas de computadores, programação linear, são usados em situações de complexidade e, geralmente, otimizando uma função. Porém deve-se ter cuidado uma vez que um software de formulação de rações possui vantagens e facilidades, no entanto os resultados obtidos têm que ser analisados cuidadosamente, já que o programa se baseia em uma solução ao problema alicerçado no custo mínimo dos alimentos sujeitos às restrições de ingredientes e nutrientes estabelecidas pela pessoa que insere os dados e, nesse sentido, os resultados obtidos podem cumprir com as condições matemáticas estabelecidas, entretanto não necessariamente as biológicas, aquelas observadas na resposta animal ao consumir a ração.

12.3.1 Tentativa e erro

Aqui nenhum esquema é utilizado. O cálculo é feito através de tentativa, aumentando ou diminuindo as quantidades dos alimentos, até que as exigências do animal sejam atendidas. Dentro desse método temos a tentativa e erro e tentativa e técnica da substituição. A técnica das tentativas é trabalhosa e exige alguma experiência do formulador.

12.3.2 Quadrado de Pearson

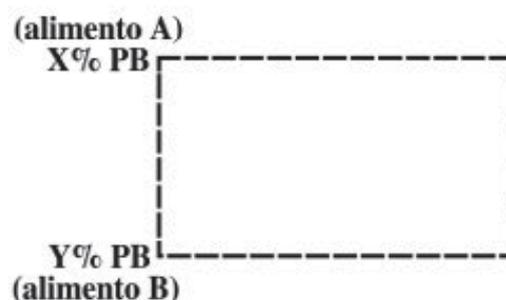
É a técnica mais utilizada para cálculo de rações em função de sua simplicidade. A ração é calculada levando-se em consideração o valor relativo ou percentual de um dado nutriente, que é a proteína. Esse método estabelece as proporções entre dois alimentos, ou entre duas misturas de alimentos, de forma a obter um valor real para a proteína em relação ao teor proteico dos dois alimentos misturados.

Para esse método é necessário o conhecimento prévio de alguns conceitos, tais como:

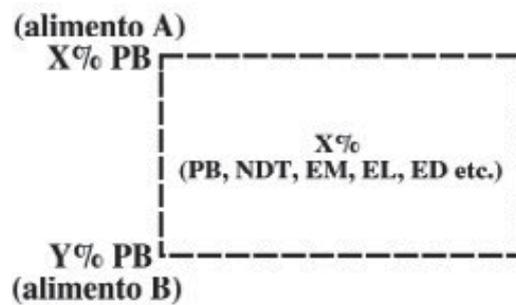
- Usar de preferência um alimento proteico e outro energético;
- O teor de proteína escolhido para a mistura deve estar compreendido entre o teor proteico dos alimentos escolhidos;
- Os dados à esquerda e no centro do quadrado devem estar expressos em porcentagem ou na mesma unidade para a facilitação do cálculo. Se desejarmos, por exemplo, fazer 78 kg de mistura com 14% de PB, para usarmos esse método temos que transformar os 14 kg de PB para % e o resultado será 18% ($14 \times 100/78$);
- Os dados à esquerda referem-se aos alimentos e ao teor proteico dos mesmos, o dado no centro refere-se ao teor de proteína final da ração, ou seja, ao objetivo do cálculo, os dados à direita se referem as partes em que cada alimento irá compor a ração;
- A diferença efetuada diagonalmente deverá ser expressa em valor absoluto, isto é, subtraindo o menor valor do maior.

Consiste em estabelecer proporções entre dois alimentos ou de misturas prévias de alimentos, da seguinte maneira:

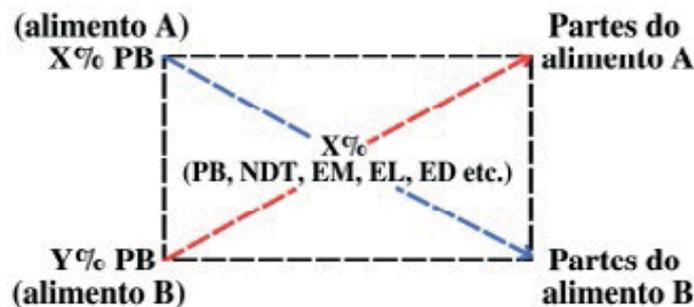
1. No canto superior esquerdo do quadrado, escreve-se o teor de proteína do concentrado energético;
2. No canto inferior esquerdo, escreve-se o teor de proteína do concentrado proteico;



3. No centro do quadrado, coloca-se a porcentagem de proteína, energia, ou NDT que se deseja;



4. Subtrai-se os valores em diagonal, colocando os resultados nos cantos do lado direito do quadrado;
5. Estes resultados do canto direito são as partes de cada componente da mistura;



6. Somam-se as duas partes encontradas, chegando ao total de partes da mistura;
7. Divide-se 100 pelo total de partes da mistura para se obter o fator que se deve multiplicar pelas partes encontradas (concentrados proteico energético), achando-se as porcentagens de cada ingrediente da mistura.

12.3.3 Equações algébricas

Nesse método, as proporções dos ingredientes para a obtenção de uma mistura com uma determinada porcentagem de um nutriente (PB), podem ser obtidas mediante o estabelecimento de equações algébricas e a resolução desse sistema. Nesse sistema, os alimentos são representados por variáveis (x , y etc.), cuja solução determina a razão balanceada. Esse sistema é uma ferramenta simples de calcular uma mistura de alimentos.

Existem diferentes métodos para solucionar sistemas de equações. Um deles, mais básico e de fácil compreensão, baseia-se na obtenção de termos das equações de uma mesma incógnita com o mesmo coeficiente. Por exemplo, se tivermos uma equação (1) dada por $x + y = 100$ e uma equação (2) dada por $0,09x + 0,45y = 20$, teremos que construir uma terceira equação procurando-se obter uma incógnita (y) com o mesmo coeficiente (0,09) para eliminar uma das incógnitas, achar a outra variável e, substituindo na equação, determinar a outra.

Nesse exemplo citado, basta multiplicar todos os termos da primeira equação por 0,09, obtendo uma equação (3) dada por $0,09x + 0,09y = 9$ ou $0,09$.

Para aclarar melhor, vamos apresentar exemplos de diferentes problemas, bem como de alguns problemas anteriores que foram solucionados pelos métodos das tentativas e pelo quadrado de Pearson.

1. Deseja-se uma mistura de 15% PB utilizando grãos de milho com 8,8% de PB e farelo de soja com 45% PB.

Expressando os valores por kg de dieta, vamos obter o sistema:

$$X + Y = 1,00 \quad (1)$$

$$0,088x + 0,45y = 0,15 \quad (2)$$

Onde:

X = grãos de milho (GM) na mistura

Y = farelo de soja (FS) na mistura

0,088x é a quantidade de proteína do milho

0,45 é a quantidade de proteína no farelo de soja

A primeira coluna representa o GM e a segunda a FS. A primeira equação (1) representa a mistura final igualada a unidade, que multiplicada por 100 expressará os 100% da mistura desejada. A equação (2) nos indica os níveis de PB dos ingredientes, que devem ser igualados ao teor de proteína desejado, nesse caso, 0,15 (15%).

Para resolver esse sistema, a equação (1) será multiplicada por -0,088 para que se possa eliminar uma das incógnitas:

$$-0,088x - 0,088y = -0,088$$

$$\underline{0,088x + 0,450y = 0,150}$$

$$0,450y - 0,088x = 0,062$$

$$0,362y = 0,062$$

$$Y = 0,062/0,362 = Y = 0,1713$$

Substituindo na equação (1):

$$X + 0,1713 = 1,00$$

$$X = 1,00 - 0,1713 = 0,8287$$

Multiplicando por 100 para ser expresso em porcentagem, teremos:

$$X = 0,8287 \times 100 = 82,87\% \text{ de GM}$$

$Y = 0,1713 \times 100 = 17,13\%$ de FS, a soma das porcentagens dará 100%.

Verificando o teor proteico dos alimentos, teremos:

$$PB_{GM} = 8,8 \times 82,87/100 = 7,3$$

$$PB_{FS} = 45 \times 17,13/100 = 7,7$$

$$PB \text{ final} = 7,3 + 7,7 = 15\%$$

É possível observar a exatidão do método algébrico na formulação de rações balanceadas, obtendo-se 82,87% de milho e 17,13% de torta de soja dando um total de 100% de mistura, cumprindo com os 15% de PB exigido.

12.3.4 Programação linear

O principal problema dos métodos manuais é a limitação da quantidade de itens. Uma das formas de resolver esse problema é utilizar um método chamado de Programação Linear (PL), pois além de fazer o balanceamento considerando vários nutrientes, ele ainda tem a vantagem de encontrar a ração de menor custo.

Para se calcular rações utilizando essa metodologia, são necessárias as seguintes informações: preços dos alimentos, alimentos disponíveis, composição dos alimentos e exigências nutricionais dos animais.

Devido a complexidade dos cálculos da programação linear e a possibilidade de automatizar o processo, esse método é usado através de programas de computador. O uso do software abre a possibilidade de usar muitas restrições nutricionais e a quantidade de alimentos que for necessário. Além de que, o único conhecimento necessário para ser usuário deste tipo de software é sobre nutrição, ou seja, o usuário não precisa entender os passos da PL.

A programação linear pode rodar em uma planilha no Excel ou Google Planilhas (figuras 12.2, 12.3 e 12.4) obtendo com exatidão e tendo conhecimento apenas de nutrição, ou poderá rodar em programas pagos de formuladores de ração como o SuperCrac (figuras 12.5 e 12.6).

1º Passo: Determinar as exigências do animal (ROSTAGNO <i>et al.</i> , 2017, pág. 294):								SOMENTE MUDAR OS DADOS EM AMARELO!
PB (%)	EM (kcal/kg)	Pd (%)	Ca (%)	Na (%)	Lis. dig. (%)	M+C dig. (%)	Trns. dig. (%)	
17,67	3230	0,309	0,661	0,201	1,067	0,79	0,704	

2º Passo: Determinar a composição dos ingredientes disponíveis (ROSTAGNO <i>et al.</i> , 2017):								
Ingredientes	PB (%)	EM (kcal/kg)	Pd (%)	Ca (%)	Na (%)	Lis. dig. (%)	M+C dig. (%)	Trns. dig. (%)
Milho	7,92	3364	0,07	0,026	0,025	0,179	0,286	0,241
Farelo de soja	43,4	2238	0,19	0,34	0,02	2,34	1,13	1,516
Torta de girafão	33	3873	0,411	0,183	0,041	0,82	1,32	1,06
Óleo de soja	-	8300	-	-	-	-	-	-
Fosfato bicálcico	-	-	18,5	24,5	-	-	-	-
Calcário calcítico	-	-	-	37,7	-	-	-	-
Sal comum	-	-	-	-	39,7	-	-	-
L-Lisina-HCl	-	-	-	-	-	78,5	-	-
D-L-Metionina	-	-	-	-	-	-	99	-
L-Treonina	-	-	-	-	-	-	-	98,5

Fixação de % do TG:		18	%
PB (%)	EM (kcal/kg)	Pd (%)	Ca (%)
3,3	387,3	0,0411	0,0195

3º Passo: Usar 9% de ER para demais ingredientes, sendo 10% FT e 81% para milho e farelo de soja. Estão corrigidos a PB para PB para 100 = 18		82,8	dividir a quantidade por:
Fixar 10% de FT, então:		14,37	Fixar 10% de Farelo de trigo, então resta 81% para M e FS:
Então a proteína no meio do quadrado será 20,35:		17,3507246	0,828

4º Passo: Quadrado de Pearson para saber a porcentagem de M e FS:

Milho	7,92	28,04492754	partes de milho
Farelo de soja	43,4	9,435072464	partes de FS
Confere:	37,48	Soma:	37,48 OK

5º Passo: Determinar a porcentagem de M e FS na mistura de 95%:

Milho:	61,99624333	ou 62,83%	Soma das partes:	82,8	OK
Farelo de soja:	20,84375667	ou 12,17%			

6º Passo: Conferir a PB:

Milho:	4,906914472
Farelo de soja:	9,463065528

Figura 12.2: Exemplo de planilha formuladora de ração elaborada pelo autor.

Farelo de trigo:	3,3	
SOMA:	17,67	OK
7º Passo: Conferir a EM (kcal/kg)		
Milho:	2084,208026	
Farelo de soja:	470,6520256	
Farelo de trigo:	387,3	
TOTAL	2942,160051	
DÉFICIT:	307,8399488	
Adicionar óleo de soja em %	3,708915045	%
8º Passo: Conferir Pd (%)		
Milho:	0,04336937033	
Farelo de soja:	0,03960313767	
Farelo de trigo:	0,0411	
TOTAL	0,124072508	
DÉFICIT:	0,184927492	
Adicionar fosfato bicálcico em %:	0,9996080648	%
9º Passo: Conferir Ca (%)		
Fosfato bicálcico	0,2449039759	
Milho:	0,01610862327	
Farelo de soja:	0,07086877268	
Farelo de trigo:	0,0195	
TOTAL	0,3513813718	
DÉFICIT:	0,3096186282	
Adicionar calcário em %:	0,8212695707	%
10º Passo: Conferir Na (%)		
Milho:	0,01548906083	
Farelo de soja:	0,004168751334	
Farelo de trigo:	0,0041	
TOTAL	0,02375781217	
DÉFICIT:	0,1772421878	
Adicionar sal comum em %:	0,4464538736	%
11º Passo: Conferir Lisina digestível (%)		
Milho:	0,1109016756	
Farelo de soja:	0,5294314194	
Farelo de trigo:	0,082	

Figura 12.3: Exemplo de planilha formuladora de ração elaborada pelo autor.

TOTAL 0,722333095
 DÉFICTO 0,344666905
 Adicionar L-Lisina-HCl em %: **0,439066121** %

12º Passo: Conferir M+C digestível (%)
 Milho: 0,1771948559
 Farelo de soja: 0,2355344504
 Farelo de trigo: 0,132
 TOTAL 0,5447293063
 DÉFICTO 0,2452706937
 Adicionar D-L Metionina em %: **0,2477481755** %

13º Passo: Conferir Treonina digestível (%)
 Milho: 0,1493145464
 Farelo de soja: 0,3192429772
 Farelo de trigo: 0,106
 TOTAL 0,5745575236
 DÉFICTO 0,1294424764
 Adicionar L-Treonina em %: **0,1314136816** %

14º Passo: Composição final da dieta para porcos reprodutores

Ingredientes	% Mistura	PB (%)	EM (kcal/kg)	Pd (%)	Ca (%)	Na (%)	Lis. dig. (%)	M+C dig. (%)	Treo. dig. (%)
Milho	61,95624333	4,906934472	2084,208026	0,04336937033	0,01610862327	0,01548906083	0,1109016756	0,1771948559	0,1493145464
Farelo de soja	20,84375667	9,463065528	470,6520256	0,03960313767	0,07088877268	0,004168751334	0,5294314194	0,2355344504	0,3192429772
Torta de Gergelim	10,00000000	3,3	387,3	0,0411	0,0195	0,0041	0,082	0,132	0,106
Óleo de soja	3,708915045	-	307,8399488	-	-	-	-	-	-
Fosfato bicálcico	0,9996080648	-	-	0,184927492	0,2449039759	-	-	-	-
Calcário calcínico	0,8212695707	-	-	-	0,3096186282	-	-	-	-
Sal comum	0,4464538736	-	-	-	-	0,1772421878	-	-	-
L-Lisina HCl	0,439066121	-	-	-	-	-	0,344666905	-	-
D-L Metionina	0,2477481755	-	-	-	-	-	-	0,2452706937	-
L-Treonina	0,1314136816	-	-	-	-	-	-	-	0,1294424764
Premix aves	0,4	-	-	-	-	-	-	-	-
TOTAL	99,99447453	17,67	3250	0,309	0,661	0,201	1,067	0,79	0,704
EXIGÊNCIA	100	17,67	3250	0,309	0,661	0,201	1,067	0,79	0,704

Figura 12.4: Exemplo de planilha formuladora de ração elaborada pelo autor. Note que os valores calculados no final bateram com exatidão com as exigências do animal do exemplo.



Figura 12.5: Tela inicial do SuperCrac, programa de computador que formula ração de custo mínimo com programação linear.

Resultado de uma Ração					
Impresso em: 31/10/2023					
Hora: 20:01					
Uso Exclusivo de: Emanuel Isaac					
Diretório: DADOSCRACS					
Ração: GESTAÇÃO					
Exigência: SUÍNOS GESTAÇÃO					
Cliente:					
Composição Alimentar					
Alimento	Quantidade	Custo Unitário	Custo Total	Qtd. Mínima	Qtd. Máxima
SORGO BAIXO TANINO	35,0000	0,180	6,300	35,0000	35,0000
FARELHO DE TRIGO	26,2447	0,000	0,000	25,0000	100,0000
MILHO GRÃO	24,2578	0,200	4,852	0,0000	100,0000
SOJA FARELO	11,2044	0,350	3,922	0,0000	100,0000
FOSFATO BICALCICO	1,6072	0,340	0,546	0,0000	100,0000
CALCARO	1,0696	0,020	0,021	0,0000	100,0000
SAL COMUM	0,4163	0,100	0,042	0,0000	100,0000
MIN-SUINO	0,1000	0,000	0,000	0,1000	0,1000
VITREP-SUI	0,1000	0,000	0,000	0,1000	0,1000
Total :		100,0000	15,683	Custo/Kg : 0,157	
Atendimento das Exigências Nutricionais					
Nutriente	Unidade	Qtd.	Qtd. Mínima	Qtd. Máxima	
ACIDO LINOLEICO	%	0,8658	0,0000	99999,9999	
CALCIO	%	0,9000	0,9000	0,9000	
ENERG. DIG. SUINOS	Mcal/Kg	3,0000	3,0000	99999,9999	
FIBRA BRUTA	%	4,3176	0,0000	99999,9999	
FOSFORO DISPONIVEL	%	0,4397	0,3800	99999,9999	
FOSFORO TOTAL	%	0,7400	0,7400	99999,9999	
GORDURA	%	2,9777	0,0000	99999,9999	
LISINA TOTAL	%	0,6167	0,5800	99999,9999	
MET +CISTINA TOTAL	%	0,4997	0,3200	99999,9999	
METIONINA TOTAL	%	0,2304	0,1600	99999,9999	
PROTEINA BRUTA	%	14,4000	14,4000	99999,9999	
SODIO	%	0,2000	0,2000	0,2000	
TREONINA TOTAL	%	0,6288	0,0000	99999,9999	
TRIPTOFANO TOTAL	%	0,1894	0,0000	99999,9999	

Figura 12.6: Resultado de ração para porca gestante utilizando o SuperCrac.

12.4 Formulação de ração para galinhas poedeiras

- Balancear uma ração à base de milho, farelo de trigo e farelo de soja para galinhas poedeiras semipesadas de desempenho médio-superior em fase de postura, com média de 1,850 kg de peso corporal. Neste exemplo prático, balancearemos os principais minerais e aminoácidos digestíveis. Usar 0,5% para premix mineral e vitamínico.

1º Passo: determinação das exigências nutricionais da categoria.

PB dig. (%)	EM (kcal/kg)	Pd (%)	Ca (%)	Na (%)	Lis. dig. (%)	M + C dig. (%)	Treo. dig. (%)
13,61	2850	0,318	3,889	0,179	0,756	0,741	0,582

Fonte: ROSTAGNO *et al.*, 2017. p. 329.

2º Passo: determinação da composição bromatológica dos ingrediente:

Ingredientes	PB (%)	EM (kcal/kg)	Pd (%)	Ca (%)	Na (%)	Lis. dig. (%)	M+C dig. (%)	Treo. dig. (%)
Milho	7,86	3364	0,06	0,02	0,01	0,18	0,29	0,24
Farelo de soja	45,4	2258	0,19	0,34	0,02	2,54	1,16	1,54
Óleo de soja	-	8790	-	-	-	-	-	-
Fosfato bicálcico	-	-	18,5	24,5	-	-	-	-
Calcário calcítico	-	-	-	37,7	-	-	-	-
Sal comum	-	-	-	-	39,7	-	-	-
L-Lisina-HCl	-	-	-	-	-	78	-	-
D-L Metionina	-	-	-	-	-	-	99	-
L-Treonina	-	-	-	-	-	-	-	98,5

Fonte: ROSTAGNO *et al.*, 2017.

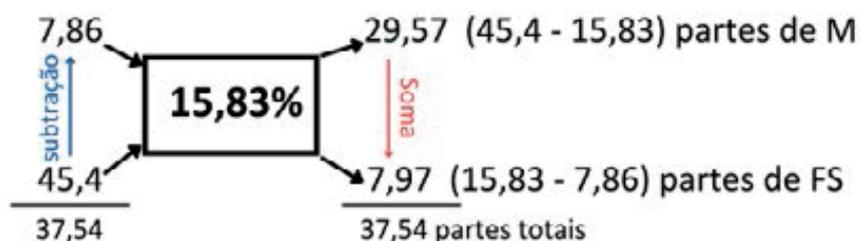
Agora temos outros ingredientes além do milho e farelo de soja para balancear a ração. Assim, dentro dos 100% da mistura, é necessário deixar um espaço reserva (ER), no qual poderemos ajustar déficits de nutrientes e acrescentar os ingredientes correspondentes para suprir essa deficiência existente, caso houver. Neste exemplo, deixaremos um ER de 14% para ajustes de microingredientes. Dessa forma, a soma de milho e farelo de soja na ração será de 86%.

3º Passo: ajuste da PB:

A partir da definição do ER, é necessário fazer uma correção no valor da exigência de PB antes de iniciar os cálculos. Essa correção é imprescindível, uma vez que a mistura de milho (M) e farelo de soja (FS) nessa ração será de 86% e no quadrado precisamos trabalhar com base em 100%. Para o ajuste basta realizar uma regra de três:

$$\begin{aligned}
 &13,61\% \text{ PB} \text{ ----- } 86\% \text{ de mistura} \\
 &X\% \text{ PB} \text{ ----- } 100\% \text{ de mistura} \\
 &X = 13,61 \times 100 / 86 \rightarrow X = \mathbf{15,83\% \text{ de PB}}
 \end{aligned}$$

4º Passo: montar quadrado de Pearson e realizar os cálculos:



Agora, calcular a porcentagem de inclusão dos ingredientes:

a) Milho:

$$\begin{array}{r} 29,57 \text{ partes} \text{ ————— } 37,54 \text{ partes totais} \\ X\% \text{ ————— } 86\% \\ X = 29,57 \times 86 / 37,54 \\ X = \mathbf{67,74\% \text{ de Milho}} \end{array}$$

b) Farelo de soja:

$$\begin{array}{r} 7,97 \text{ ————— } 37,54 \\ X\% \text{ ————— } 86\% \\ X = 7,97 \times 86 / 37,54 \\ X = \mathbf{18,26\% \text{ de Farelo de Soja}} \end{array}$$

Somando a inclusão de cada ingrediente: 67,74% de M + 18,26% de FS = 86% da mistura.

5º Passo: determinar os valores de nutrientes dos ingredientes de acordo com a % de inclusão de cada um e sua composição:

- **Proteína bruta:**

1. Milho:

$$\begin{array}{r} 7,86\% \text{ ————— } 100\% \\ X\% \text{ ————— } 67,74\% \\ X = \mathbf{5,32\%} \end{array}$$

2. Farelo de Soja:

$$\begin{array}{r} 45,4\% \text{ ————— } 100\% \\ X\% \text{ ————— } 18,26\% \\ X = \mathbf{8,29\%} \end{array}$$

$$5,32 + 8,29 = \mathbf{13,61\% \text{ PB BALANCEADA.}}$$

- **Energia metabolizável:**

1. Milho:

$$\begin{array}{r} 3364 \text{ kcal/kg ————— } 100\% \\ X \text{ kcal/kg ————— } 67,74\% \\ X = \mathbf{2279 \text{ kcal/kg}} \end{array}$$

2. Farelo de Soja:

$$\begin{array}{r} 2258 \text{ kcal/kg ————— } 100\% \\ X \text{ kcal/kg ————— } 18,26\% \\ X = \mathbf{412 \text{ kcal/kg}} \end{array}$$

$$2279 + 412 = 2691. \text{ A exigência é } 2850, \text{ faltam } 159 \text{ kcal.}$$

3. Adicionar óleo de soja:

$$\begin{array}{r} 8790 \text{ kcal/kg ————— } 100\% \\ 159 \text{ kcal/kg ————— } X\% \\ X = \mathbf{1,81\% \text{ de óleo}} \end{array}$$

Conferir EM final: 2279 do M + 412 do FS + 159 do OS = **2850 kcal/kg de EM BALANCEADA.**

- **Fósforo disponível (Pd):**

1. Milho:

$$\begin{array}{r} 0,06\% \text{ ————— } 100\% \\ X\% \text{ ————— } 67,74\% \end{array}$$

2. Farelo de Soja:

$$\begin{array}{r} 0,19\% \text{ ————— } 100\% \\ X\% \text{ ————— } 18,26\% \end{array}$$

$$X = 0,041\%$$

$$X = 0,035\%$$

$0,041 + 0,035 = 0,076$. A exigência é 0,318, faltam 0,242%.

3. Adicionar fosfato bicálcico:

$$18,5\% \text{ ----- } 100\%$$

$$0,242\% \text{ ----- } X\%$$

$$X = 1,31\% \text{ de FB}$$

Conferir Pd final: 0,041 do M + 0,035 do FS + 0,242 do FB = **0,318% de Pd BALANCEADO.**

No entanto, o FB possui cálcio em sua composição, logo em 1,31% de FB contém:

$$24,5\% \text{ ----- } 100\%$$

$$X\% \text{ ----- } 1,31\%$$

$$X = 0,321\% \text{ de Ca}$$

- **Cálcio (Ca):**

1. Milho:

$$0,02\% \text{ ----- } 100\%$$

$$X\% \text{ ----- } 67,74\%$$

$$X = 0,014\%$$

2. Farelo de Soja:

$$0,34\% \text{ ----- } 100\%$$

$$X\% \text{ ----- } 18,26\%$$

$$X = 0,062\%$$

$0,014 \text{ M} + 0,062 \text{ FS} + 0,321 \text{ FB} = 0,397$. A exigência é 3,889, faltam 3,492%.

3. Adicionar calcário:

$$37,7\% \text{ ----- } 100\%$$

$$3,492\% \text{ ----- } X\%$$

$$X = 9,26\% \text{ de calcário}$$

Conferir Ca final: 0,014 do M + 0,062 do FS + 0,321 do FB + 3,492 do calcário = **3,889% de Ca BALANCEADO.**

- **Sódio:**

1. Milho:

$$0,01\% \text{ ----- } 100\%$$

$$X\% \text{ ----- } 67,74\%$$

$$X = 0,007\%$$

2. Farelo de Soja:

$$0,02\% \text{ ----- } 100\%$$

$$X\% \text{ ----- } 18,26\%$$

$$X = 0,004\%$$

$0,007 \text{ M} + 0,004 \text{ FS} = 0,011$. A exigência é 0,179%, faltam 0,168%.

3. Adicionar sal comum:

$$39,7\% \text{ ----- } 100\%$$

$$0,168\% \text{ ----- } X\%$$

$$X = 0,423\% \text{ de sal}$$

Conferir Na final: 0,007 do M + 0,004 do FS + 0,168 do sal = **0,179% de Na BALANCEADO.**

● **Lisina digestível:**

1. Milho:

$$0,18\% \text{ ----- } 100\%$$

$$X\% \text{ ----- } 67,74\%$$

$$X = 0,122\%$$

$$0,122 \text{ M} + 0,464 \text{ FS} = 0,586. \text{ A exigência é } 0,756\%, \text{ faltam } 0,170\%.$$

2. Farelo de Soja:

$$2,54\% \text{ ----- } 100\%$$

$$X\% \text{ ----- } 18,26\%$$

$$X = 0,464\%$$

3. Adicionar L-Lisina-HCl:

$$78\% \text{ ----- } 100\%$$

$$0,170\% \text{ ----- } X\%$$

$$X = 0,218\% \text{ de L-Lisina-HCl}$$

Conferir Lisina digestível final: 0,586 + 0,170 = **0,756% de Lisina dig. BALANCEADA.**

● **Metionina + Cistina digestível:**

1. Milho:

$$0,29\% \text{ ----- } 100\%$$

$$X\% \text{ ----- } 67,74\%$$

$$X = 0,196\%$$

$$0,196 \text{ M} + 0,212 \text{ FS} = 0,408. \text{ A exigência é } 0,741\%, \text{ faltam } 0,333\%.$$

2. Farelo de Soja:

$$1,16\% \text{ ----- } 100\%$$

$$X\% \text{ ----- } 18,26\%$$

$$X = 0,212\%$$

3. Adicionar DL-Metionina:

$$99\% \text{ ----- } 100\%$$

$$0,333\% \text{ ----- } X\%$$

$$X = 0,336\% \text{ de DL-Metionina}$$

Conferir M+C dig. final: 0,408 + 0,333 = **0,741% de M+C digestível BALANCEADA.**

● **Treonina digestível:**

1. Milho:

$$0,24\% \text{ ----- } 100\%$$

$$X\% \text{ ----- } 67,74\%$$

2. Farelo de Soja:

$$1,54\% \text{ ----- } 100\%$$

$$X\% \text{ ----- } 18,26\%$$

X = 0,163%**X = 0,281%**

0,163 M + 0,281 FS = 0,444. A exigência é 0,582%, faltam 0,138%.

3. Adicionar L-Treonina:

98,5% - - - - - 100%

0,138% - - - - - X%

X = 0,143% de L-TreoninaConferir Treonina digestível final: 0,444 + 0,138 = **0,582% de Treo. dig. BALANCEADA.**

6º Passo: montar a tabela com a composição final da ração, a exigência e se está balanceada:

Ingredientes	% Mistura	PB (%)	EM (kcal/kg)	Pd (%)	Ca (%)	Na (%)	Lis. dig. (%)	M+C dig. (%)	Treon. dig. (%)
Milho	67,74	5,32	2279	0,041	0,014	0,007	0,122	0,196	0,163
Farelo de soja	18,26	8,29	412	0,035	0,062	0,004	0,464	0,212	0,281
Óleo de soja	1,81	-	159	-	-	-	-	-	-
Fosfato bicálcico	1,31	-	-	0,242	0,321	-	-	-	-
Calcário calcítico	9,26	-	-	-	3,492	-	-	-	-
Sal comum	0,423	-	-	-	-	0,168	-	-	-
L-Lisina-HCl	0,218	-	-	-	-	-	0,170	-	-
D-L Metionina	0,336	-	-	-	-	-	-	0,333	-
L-Treonina	0,143	-	-	-	-	-	-	-	0,138
Premix Poedeiras	0,5	-	-	-	-	-	-	-	-
TOTAL	100	13,61	2850	0,318	3,889	0,179	0,756	0,741	0,582
EXIGÊNCIA	100	13,61	2850	0,318	3,889	0,179	0,756	0,741	0,582
DÉFICIT	-	-	-	-	-	-	-	-	-

12.5 Formulação de ração para suínos

- **Formular uma ração para suínos machos castrados na fase de terminação (70 a 100 kg) com uma dieta a base de milho e farelo de soja, com fixação de 16% de farelo de trigo e 9% de espaço reserva, ou seja, 91% para milho, farelo de soja e farelo de trigo. Utilizar 0,5% de premix na ração.**

1º Passo: determinação das exigências nutricionais da categoria.

PB dig. (%)	EM (kcal/kg)	Pd (%)	Ca (%)	Na (%)	Lis. dig. (%)	M + C dig. (%)	Treo. dig. (%)
11,31	3350	0,242	0,497	0,165	0,805	0,483	0,523

Fonte: ROSTAGNO *et al.*, 2017. p. 329.

2º Passo: determinação da composição bromatológica dos ingrediente:

Ingredientes	PB (%)	EM (kcal/kg)	Pd (%)	Ca (%)	Na (%)	Lis. dig. (%)	M+C dig. (%)	Treo. dig. (%)
Milho	7,86	3364	0,06	0,02	0,01	0,18	0,29	0,24
Farelo de soja	45,4	2258	0,19	0,34	0,02	2,54	1,16	1,54
Farelo de trigo	15,1	2390	0,49	0,02	0,165	0,43	0,41	0,33
Óleo de soja	-	8790	-	-	-	-	-	-
Fosfato bicálcico	-	-	18,5	24,5	-	-	-	-
Calcário calcítico	-	-	-	37,7	-	-	-	-
Sal comum	-	-	-	-	39,7	-	-	-
L-Lisina-HCl	-	-	-	-	-	78	-	-
D-L Metionina	-	-	-	-	-	-	99	-
L-Treonina	-	-	-	-	-	-	-	98,5

Fonte: ROSTAGNO *et al.*, 2017.

3º Passo: determinar a composição fornecida pela fixação de 16% de farelo de trigo (FT):

Para cada nutriente a base do cálculo é a mesma: Em 100% existe X% do nutriente, em 16% existe Y, por exemplo:

PB_{FT} : 100% — 15,1%

16% — X, logo: $X = 16 \times 15,1/100 = 2,42\%$ de PB

Realize o mesmo raciocínio para os demais nutrientes e o aporte de FT será:

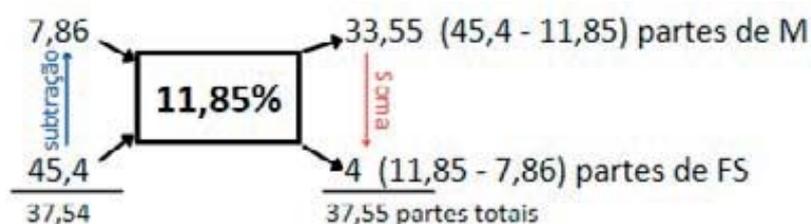
PB (%)	EM (kcal/kg)	Pd (%)	Ca (%)	Na (%)	Lis. dig. (%)	M+C (%)	Treo. dig. (%)
2,42	382,4	0,08	0,003	0,03	0,07	0,07	0,05

Obs. os valores foram calculados aproximando para mais.

4º Passo: ajuste da PB, subtraindo a necessidade pelo aporte do FT: $11,31\% - 2,42\% = 8,89\%$, depois, dividir o valor encontrado pela razão da ração composta por milho (M) e farelo de soja (FS), ou seja, $100\% - 16\% FT - 9\% ER = 75\%$ para M e FS, então dividir por 0,75:

$$8,89 / 0,75 = 11,85\% \text{ nova PB}$$

5º Passo: montar quadrado de Pearson e realizar os cálculos:



Agora, calcular a porcentagem de inclusão dos ingredientes:

a) Milho:

$$\begin{array}{l} 33,55 \text{ partes} \text{ ————— } 37,55 \text{ partes totais} \\ X\% \text{ ————— } 75\% \\ X = 33,55 \times 75 / 37,54 \\ X = \mathbf{67\% \text{ de Milho}} \end{array}$$

b) Farelo de soja:

$$\begin{array}{l} 4 \text{ ————— } 37,55 \\ X\% \text{ ————— } 75\% \\ X = 4 \times 75 / 37,55 \\ X = \mathbf{8\% \text{ de FS}} \end{array}$$

Somando a inclusão de cada ingrediente: 67% de M + 8% de FS = 75% da mistura.

6º Passo: determinar os valores de nutrientes dos ingredientes de acordo com a % de inclusão de cada um e sua composição:

● **Proteína bruta:**

1. Milho:

$$\begin{array}{l} 7,86\% \text{ - - - - - } 100\% \\ X\% \text{ - - - - - } 67\% \\ X = \mathbf{5,27\%} \end{array}$$

2. Farelo de Soja:

$$\begin{array}{l} 45,4\% \text{ - - - - - } 100\% \\ X\% \text{ - - - - - } 8\% \\ X = \mathbf{3,63\%} \end{array}$$

5,27 do milho + 3,63 do FS + 2,42 do FT = **11,32% PB BALANCEADA.**

Assim como no exemplo da ração anterior, realize o mesmo raciocínio utilizando a tabela de composição dos alimentos deste exemplo. No final a ração será composta:

Ingredientes	% Mistura	PB (%)	EM (kcal/kg)	Pd (%)	Ca (%)	Na (%)	Lis. dig. (%)	M+C dig. (%)	Treo. dig. (%)
Milho	67,1	5,27	2252	0,04	0,01	0,007	0,121	0,19	0,16
Farelo de soja	8,1	3,63	254	0,015	0,03	0,002	0,203	0,093	0,123
Farelo de trigo	16	2,42	382,4	0,078	0,003	0,026	0,069	0,066	0,053
Óleo de soja	5,6	-	462,1	-	-	-	-	-	-
Fosfato bicálcico	0,7	-	-	0,108	0,143	-	-	-	-
Calcário calcítico	0,82	-	-	-	0,31	-	-	-	-
Sal comum	0,33	-	-	-	-	0,13	-	-	-
L-Lisina-HCl	0,53	-	-	-	-	-	0,41	-	-
D-L Metionina	0,13	-	-	-	-	-	-	0,13	-
L-Treonina	0,2	-	-	-	-	-	-	-	0,19
Premix aves	0,5	-	-	-	-	-	-	-	-
TOTAL	100	11,31	3350	0,242	0,497	0,165	0,805	0,483	0,523
EXIGÊNCIA	100	11,31	3350	0,242	0,497	0,165	0,805	0,483	0,523

Obs.: Os valores foram extrapolados para mais para a ração fechar em 100%, no entanto não afetam negativamente.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ANDRIGUETTO, J. M. *et al.* **Nutrição animal: as bases e os fundamentos da nutrição animal**. v. 1. Os alimentos. São Paulo: Nobel, 2002.
- BERTECHINI, A. G. **Nutrição de monogástricos**. 2ª ed. Lavras: UFLA, 2012.
- CASTILLO, M. A. M. **Cunicultura**. 2ª ed. Cidade do México: UNAM, 2004.
- CHEEKE, P. **Rabbit feeding and nutrition**. 2ª ed. New York: Elsevier, 2022.
- CINTRA, A. G. **Alimentação equina: nutrição, saúde e bem-estar**. 1ª ed. São Paulo: Roca, 2016.
- CINTRA, A. G. **O cavalo: características, manejo e alimentação**. 1ª ed. São Paulo: Roca, 2018.
- DA SILVA, E. I. C. **A água na nutrição animal**. 1ª ed. Recife: Instituto Agrônomo de Pernambuco, 2023.
- DA SILVA, E. I. C. Formulação de premix vitamínico e mineral para não ruminantes. **Revista Inovação: Gestão e Tecnologia no Agronegócio**, v. 2, p. 344-362, 2023.
- DA SILVA, E. I. C. Formulação de rações. **Instrução Técnica Para o Produtor Rural de Pernambuco**. v. 1. n. 1. 2022. p. 1-4.
- DA SILVA, E. I. C. **Métodos de Formulação e Balanceamento de Rações para Bovinos**. 1ª ed. Belo Jardim: Emanuel Isaque Cordeiro da Silva, 2021.
- FREITAS E. R.; FUENTES, M. F. F.; ESPÍNDOLA, G. B. Efeito da suplementação enzimática em rações à base de milho/farelo de soja sobre o desempenho de poedeiras comerciais. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v. 29, n. 4, 2000. p. 1103-1109.
- GIDENNE, T. **Le lapin: de la biologie à l'évage**. 1ª ed. Versailles: Éditions Quae, 2015.
- KONIG, H. E.; LIEBICH, H. G. (Eds). **Anatomia dos animais domésticos: texto e atlas colorido**. 6ª ed. Porto Alegre: Artmed, 2016.
- NATIONAL RESEARCH COUNCIL (NRC). **Nutrient requirements of dogs and cats**. 1ª ed. Washington, DC: The National Academies Press, 2006.
- NATIONAL RESEARCH COUNCIL (NRC). **Nutrient requirements of horses**. 6ª ed. Washington, DC: The National Academies Press, 2007.
- McDONALD, P. *et al.* **Animal nutrition**. 8ª ed. New York: Pearson, 2022.
- NATIONAL RESEARCH COUNCIL (NRC). **Nutrients requirements of swine**. 11ª ed. Washington, DC: National Academies Press, 2012.
- OLIVEIRA, I. K. M. **Ganho de peso no flushing e o desempenho reprodutivo de leitoas**. Trabalho de Conclusão de Curso [Graduação em Zootecnia] - Universidade Federal de Uberlândia, Uberlândia, 2021. Disponível em: <https://repositorio.ufu.br/handle/123456-789/32068>. Acesso em: 01/11/2023.

POND, W. G. *et al.* **Basic animal nutrition and feeding**. 5 ed. Hoboken: John Wiley & Sons, 2004.

ROSTAGNO, H. S. *et al.* **Tabelas brasileiras para aves e suínos**. 4ª ed. Viçosa, UFV, 2017.

SAKOMURA, N. K. *et al.* (Eds). **Nutrição de não ruminantes**. 1ª ed. Jaboticabal: Funep, 2014.

SAKOMURA, N. K.; ROSTAGNO, H. S. **Métodos de pesquisa em nutrição de monogástricos**. 2ª ed. Jaboticabal: Funep, 2016.

SALADIN, K. S.; PORTH, C. **Anatomy and physiology: the unity of form and function**. 10ª ed. New York: McGraw-Hill, 2023.

Nutrição de Não Ruminantes



ISBN: 978-85-7946-370-9



9 788579 463709



UFRPE

