

# **FISIOLOGIA VETERINÁRIA I**

**Autores: Moraes, I.A. & Simas, L.M.**

**MORAES, I.A.; SIMAS, L.M. Apostila para a Disciplina Fisiologia Veterinária I da UFF. 118p. 2012.  
Disponível em: <[www.uff.br/fisiovet/Conteudos/apostila2012fisioI.pdf](http://www.uff.br/fisiovet/Conteudos/apostila2012fisioI.pdf)>**

# ÍNDICE

Homeostase	3
Sistema nervoso	7
Órgãos especiais dos sentidos	29
Respiração dos mamíferos	45
Respiração das aves	65
Reprodução em mamíferos	69
Reprodução nos machos	72
Reprodução nas fêmeas	85
Reprodução em aves	100
Fisiologia da glândula mamária	107
Recém-nascidos	115

## **HOMEOSTASE**

**(Ismar Araújo de Moraes)**

### **INTRODUÇÃO**

Claude Bernard, famoso fisiólogo francês, certa vez disse: "Todos os mecanismos vitais, apesar de sua diversidade, têm apenas uma finalidade, a de manter constantes as condições de vida no ambiente interno." Devemos entender a **homeostase** ou **homeostasia** como sendo esta tendência à manutenção das condições internas de um organismo sempre dentro de parâmetros normais ou fisiológicos.

De acordo com a sua posição na escala evolutiva, os seres vivos poderão apresentar uma maior ou menor capacidade de adaptação ao meio-ambiente. Como exemplo, basta comparar a capacidade de adaptação de um protozoário com a capacidade de adaptação de um ser humano ou de um cão.

A cada momento em que houver uma tendência a um desequilíbrio, os mecanismos de **homeostase** se apresentarão para garantir a regulação, ou retorno à normalidade. Isso vale, entre tantas outras, para a regulação do pH corporal assim como para a termorregulação e a circulação.

Os princípios da **homeostase** estarão sempre sendo apresentados e discutidos na medida em que você avança nos estudos da disciplina de Fisiologia e você perceberá que manter a **homeostase** é manter o equilíbrio necessário à vida.

### **DEFINIÇÕES DE HOMEOSTASE**

Conceituar ou definir **homeostase** não é uma tarefa fácil como pode parecer a princípio. O termo permite aos autores expor suas visões, normalmente voltadas para as áreas de seu conhecimento ou interesse. Assim sendo, pode-se dizer que o termo **homeostase**, apesar de dar sempre a idéia de equilíbrio ou estabilidade, pode permitir diferentes interpretações e conceituações conforme se observa nas transcrições de dicionários e alguns autores que relacionamos abaixo.

**De acordo com o dicionário Michaelis:** Homeostase: [De homeo- + -stase.] S. f. 1. Fisiol. Med. Tendência à estabilidade do meio interno do organismo. 2. Cibern. Propriedade auto-reguladora de um sistema ou organismo que permite manter o estado de equilíbrio de suas variáveis essenciais ou de seu meio ambiente. Homeostasia: [De homeo+stase+ia] S.f. 1. Biol. Lei dos equilíbrios internos que rege a composição e as reações físico-químicas que se passam no organismo e que, graças a mecanismos reguladores, são mais ou menos constantes. É o que acontece com o teor, no sangue, de água, sais, oxigênio, açúcar, proteínas e graxos, o mesmo se verificando com a reserva alcalina do sangue e temperatura interna.

**De acordo com o dicionário Priberam** => Homeostasia [do Gr. *hómoios*, semelhante + *stasis*, situação] S. f. Propriedade auto-reguladora de um sistema ou organismo que lhe permite manter o seu estado de equilíbrio; Biol., tendência para a estabilidade no meio interno de um ser vivo.

**Enciclopédia Encarta (2000)** => Homeostase é o processo através do qual um organismo mantém as condições internas constantes necessárias para a vida. Aplica-se ao conjunto de processos que previnem flutuações na fisiologia de um organismo, e denomina também a regulação de variações nos diversos ecossistemas, ou do universo como um todo."

**Homeostase segundo Odum (1972)** => Homeostasia [*Homeo*, igual; *stasia*, estado] É o termo empregado para significar a tendência de os sistemas biológicos resistirem a mudanças e permanecerem em estado de equilíbrio".

**Homeostase segundo Dajoz (1973)** => "Quanto mais complexos os ecossistemas, maior tendência apresentam à estabilidade, isto é, a uma independência cada vez mais acentuada com relação às perturbações de origem externa. Esta tendência à estabilidade chama-se **homeostasia**"

**Homeostase segundo Hurtubia (1980)** => "Tendência de os sistemas biológicos a resistir a alterações e permanecer em estado de equilíbrio dinâmico"

De acordo com Carvalho (1981) a homeostase "É um conjunto de fenômenos que têm lugar e interferem nos ecossistemas, ou mesmo em certos organismos, corrige desvios, elimina excessos, controlando forças antagônicas, introduzindo por vezes fatores novos, procurando sempre manter o conjunto em equilíbrio e funcionamento correto e normal. Os mecanismos homeostáticos são "feedbacks" dos ecossistemas. A **homeostasia** é também um processo de auto-regulação, pelo qual os sistemas biológicos, como células e organismos, trabalham para a manutenção da estabilidade do ecossistema pelo ajuste das condições necessárias para um ótimo de sobrevivência"

.A compilação de todos esses conceitos leva a certeza de que o termo **homeostase** designa todo o conjunto de ações reflexas que o organismo animal adota com o objetivo principal de manter o equilíbrio necessário à vida. Embora o conceito de homeostase signifique que o meio interno está equilibrado, não quer dizer que o meio interno esteja absolutamente constante. A maioria das variáveis fisiológicas oscilam em torno de um valor fixo, e assim, a homeostase representa mais propriamente um equilíbrio dinâmico.

.Mais recentemente, a **homeostase** vem ainda sendo apresentada como passível de divisão em 3 sub-áreas de maior interesse: **homeostase ecológica, biológica e a do ser humano.**

### **Homeostase ecológica**

Na sua hipótese de Gaia, James Lovelock afirma que toda a massa de matéria viva da Terra, ou de qualquer outro planeta com vida, funciona como um vasto organismo que ativamente modifica o seu planeta para produzir o ambiente que melhor serve as suas necessidades. Sob este ponto de vista, o planeta inteiro mantém **homeostase**. Se um sistema deste tipo ocorre ou não na Terra é ainda assunto de debate.

.....Contudo, alguns mecanismos homeostáticos relativamente simples são aceitos na generalidade. Por exemplo, quando os níveis atmosféricos de dióxido de carbono sobem, as plantas crescem mais e removem o dióxido de carbono da atmosfera. Quando a luz solar é intensa e a temperatura atmosférica sobe, o fitoplâncton da superfície oceânica prolifera e produz mais dimetilo de enxofre, que age como núcleo de condensação de nuvens conduzindo à produção de mais nuvens, a o aumento do albedo (poder difusor de uma superfície; fração da luz incidente que é difundida pela superfície) do planeta e à redução da temperatura atmosférica.

### **Homeostase biológica**

A homeostase é uma das características fundamentais dos seres vivos que permite a manutenção do ambiente interno dentro de limites toleráveis. O ambiente interno de um organismo vivo corresponde basicamente aos seus fluidos corporais, onde se incluem o plasma sanguíneo, a linfa, e vários outros fluidos inter- e intracelulares. A manutenção de condições estáveis nestes fluidos é essencial para os seres vivos, uma vez que a ausência de tais condições é prejudicial ao material genético. .

Diante de uma determinada variação do meio externo, um dado organismo pode ser conformista ou regulador. Os organismos considerados reguladores tentarão manter os parâmetros a um nível constante, independentemente da variação no ambiente externo. Os conformistas permitem que o ambiente externo determine um novo parâmetro. Por exemplo, os animais endotérmicos (reguladores) mantêm uma temperatura corporal constante, enquanto que os animais ectotérmicos (conformistas) exibem uma grande variação deste parâmetro.

### **Homeostase no corpo humano**

A capacidade de sustentar a vida está dependência da constância dos fluidos do corpo humano, e que poderá ser afetada por uma série de fatores, como a temperatura, a salinidade, o pH, ou as concentrações de nutrientes, como a glicose, gases como o oxigênio, e resíduos, como o dióxido de carbono e a uréia. Estes fatores em desequilíbrio (pela falta ou pelo excesso) podem afetar a ocorrência de reações químicas essenciais para a manutenção do corpo vivo. Para manter os mecanismos fisiológicos é necessário manter todas esses fatores dentro dos limites desejáveis.

## EXEMPLOS DE MECANISMOS REGULATÓRIOS

Como base para a adaptação, os organismos mais evoluídos farão uso principalmente de dois recursos básicos: o sistema nervoso, atuando basicamente no **controle**, e o sistema endócrino, atuando principalmente na  **sinalização**. Estes recursos permitirão que o organismo animal se adapte às novas condições determinadas pelo meio ambiente, sempre no sentido de manter constantes as suas condições internas permitindo ajustes no seu metabolismo e mantê-lo compatível com sua sobrevivência.

### Controle da osmolaridade:

Alguns mecanismos são bem conhecidos, como a regulação da osmolaridade plasmática. É sabido que a transpiração e a micção "ajudam" o corpo a manter seus níveis de água e de eletrólitos dentro de suas faixas consideradas fisiológicas ou normais, tanto nos animais domésticos quanto nos selvagens.

Nas situações em que ocorrer o aumento da osmolaridade plasmática, os **osmoreceptores hipotalâmicos** perceberão a variação e farão com o que o hipotálamo secrete o ADH (hormônio antidiurético) evitando a perda de água, além de acionar mecanismos que trarão a sensação da sede. Após a ingestão da água a osmolaridade plasmática volta a níveis "normais", a diurese permite a eliminação dos sais e o organismo retorna ao equilíbrio, ou seja, à homeostase. Neste aspecto, alguns animais apresentam mecanismos muito interessantes para manutenção da osmolaridade dentro dos níveis que são compatíveis com a vida. Como exemplo, algumas aves marinhas que vivem muito longe da continente, e, portanto sem acesso a água doce, são obrigados a consumir a água do mar, e para eliminar o excesso de sais possuem "glândulas excretoras de sal" localizadas proximamente às narinas e aos olhos, e desta forma mantêm regulados os níveis de sais na sua circulação.

### Regulação térmica:

Por influência do hipotálamo, os músculos esqueléticos tremem para produzir calor quando a temperatura corporal é muito baixa. Quando a temperatura é muito alta o suor arrefece o corpo por evaporação. Para que isto aconteça é necessário que os **termorreceptores** do organismo sinalizem para o hipotálamo a variação da temperatura corpórea para baixo ou para cima. Outra forma de gerar calor envolve o metabolismo de gordura.

### Regulação da Glicemia:

O pâncreas produz insulina e glucagon para regular a concentração de açúcar no sangue (glicemia). Quando ocorre aumento da concentração de glicose no sangue a insulina entra em com sua ação hipoglicemiante, e quando ocorre queda na concentração da glicose é a vez do glucagon atuar com sua ação hiperglicemiante. As ações destes hormônios permitem manter a concentração de glicose dentro dos limites que chamamos fisiológicos, ou seja, mantêm a homeostase da glicose. Também neste caso, será necessário que os receptores do organismo sinalizem a alteração na concentração sanguínea de açúcares.

### Regulação do CO<sub>2</sub>:

O Co<sub>2</sub> é o produto final de muitas rotas de metabolismo essenciais para o organismo, no entanto é tóxico para o mesmo, e precisa ser removido para garantir a sobrevivência do animal. O órgão responsável pela eliminação do CO<sub>2</sub> é o **pulmão** que se encarrega de fazer trocas com o meio ambiente, absorvendo o oxigênio rico no ar atmosférico e devolvendo o CO<sub>2</sub>. O controle desse processo fica por conta do sistema nervoso que age central e periféricamente aumentando ou diminuindo a **freqüência respiratória** para garantir maior ou menor perda de Co<sub>2</sub> e absorção de O<sub>2</sub>. Os receptores periféricos (seios aórticos e carotídeos) e os receptores centrais (bulbares) têm papel preponderante para essa regulação que permite a homeostase.

### **Controle Hídrico:**

Os rins excretam uréia e regulam as concentrações de água e de uma grande variedade de íons. Além de outros mecanismos, os rins têm a capacidade de responder ao **ADH** (hormônio antidiurético) produzido pelo **hipotálamo**, que evita a perda de água e desidratação do organismo. Nas situações em que houver aumento da osmolaridade plasmática (maior concentração de sais), baseado num princípio de emergência de água, o organismo produz o ADH para impedir a perda de água e as complicações decorrentes do excesso de sais no organismo. Quando o animal faz a ingestão da água, os osmorreceptores sensíveis à variação da osmolaridade plasmática percebem a mudança ocorrida e informam ao hipotálamo para que este diminua o ADH e a diurese volte ao normal. Este equilíbrio conseguido é que chamamos de Homeostase.

### **O PAPEL DO SISTEMA CIRCULATÓRIO**

O aparelho circulatório é vital para a conservação da homeostase. Ele proporciona metabólitos aos tecidos e elimina os produtos não-utilizados e também participa na regulação da temperatura e no sistema imunológico. Deve ser lembrado que os níveis de substâncias no sangue estarão sob o controle de outros sistemas ou órgãos, como exemplo:

- o aparelho respiratório (pulmões) e o sistema nervoso regulam o nível de **dióxido de carbono**;
- o fígado e o pâncreas controlam a produção, o consumo e as reservas de **glicose**;
- os rins são responsáveis pela concentração de **hidrogênio, sódio, potássio e íons fosfato**.
- As glândulas endócrinas, por sua vez, controlam os níveis de **hormônios no sangue**.

### **O PAPEL DO HIPOTÁLAMO**

O hipotálamo recebe informações dos sistemas nervoso e endócrino e faz **integração** de todos estes sinais, de modo a tornar possível o controle das várias funções do organismo, como por exemplo:

- termorregulação
- equilíbrio de energia
- regulação dos fluidos corporais
- comportamento (por exemplo, o hipotálamo é responsável pela sensação de sede e fome)

## O SISTEMA NERVOSO DOS ANIMAIS (Ismar Araújo de Moraes)

***"O sistema nervoso é o mais complexo e diferenciado do organismo, sendo o primeiro a se diferenciar embriologicamente e o último a completar o seu desenvolvimento" João Manoel Chapon Cordeiro – 1996.***

### **I – INTRODUÇÃO**

Funções básicas:

- Função Integradora => Coordenação das funções do vários órgãos (↑Pressão arterial→↑Filtração Renal e ↓Freq. Respiratória)
- Função Sensorial => Sensações gerais e especiais.
- Função Motora => Contrações musculares voluntárias ou involuntárias
- Função Adaptativa => Adaptação do animal ao meio ambiente (sudorese, calafrio)

### **II - CARACTERÍSTICAS GERAIS**

#### **A - DIVISÃO DO SISTEMA NERVOSO**

##### **- SOB O PONTO DE VISTA ANATÔMICO**

ENCÉFALO	CÉREBRO CEREBELO TRONCO ENCEFÁLICO	PONTE MEDULA OBLONGA MESENCÉFALO
Sistema Nervoso Central	MEDULA ESPINHAL	
Sistema Nervoso Periférico	GÂNGLIOS TERMINAÇÕES NERVOSAS NERVOS ESPINHAIS CRANIANOS	

##### **- SOB O PONTO DE VISTA FISIOLÓGICO**

SISTEMA NERVOSO SOMÁTICO	AFERENTE (SENSITIVO) EFERENTE (MOTOR)
SISTEMA NERVOSO VISCERAL	AFERENTE (SENSITIVO) EFERENTE (MOTOR) ==> <b>S.N.A</b>

## Considerações da divisão do ponto de vista fisiológico:

O sistema nervoso somático é chamado de SISTEMA NERVOSO DE VIDA DE RELAÇÃO, pois permite que o animal se relacione com o meio ambiente com atitudes voluntárias > **musculatura esquelética**. Ele relaciona o organismo com o ambiente através dos receptores que informam as condições externas, e o sistema eferente envia mensagens para os músculos esqueléticos determinando movimentos voluntários.

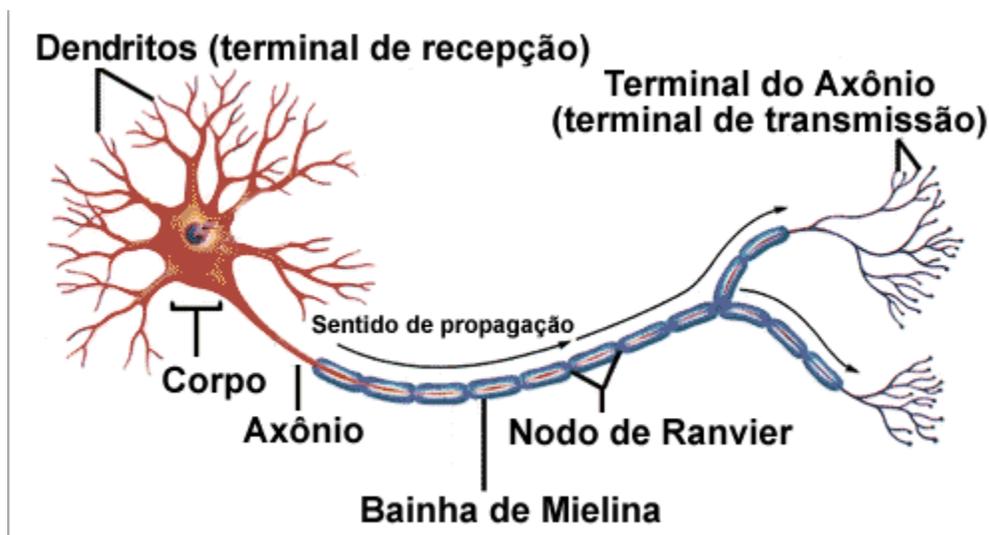
O sistema nervoso visceral é chamado de SISTEMA NERVOSO DE VIDA VEGETATIVA, pois está relacionado com a constância do meio interno e corresponde a atitudes involuntárias > **musculatura lisa, cardíaca e glândulas**. Ele corresponde à inervação e controle das estruturas viscerais e garante a constância do meio interno. O seu componente aferente conduz impulsos nervosos originários dos receptores (**visceroceptores**) para áreas específicas do sistema nervoso de onde partem respostas motoras para as vísceras (glândulas, músculo liso e cardíaco).

## B - TIPOS CELULARES

1 - NEURÔNIO - é a unidade anatômica ou estrutural do sistema nervoso

Consiste de quatro regiões distintas:

- corpo celular (núcleo + citoplasma + organelas)
- dendritos
- axônio
- terminal pré-sináptico (telodendro)



### MIELINA

Os axônios dos neurônios podem ou não conter uma substância branca a ele aderida, chamada de mielina. No encéfalo e na medula encontramos:

Área Acizentada (Substância Cinzenta) - Contém agregados de **corpos celulares**

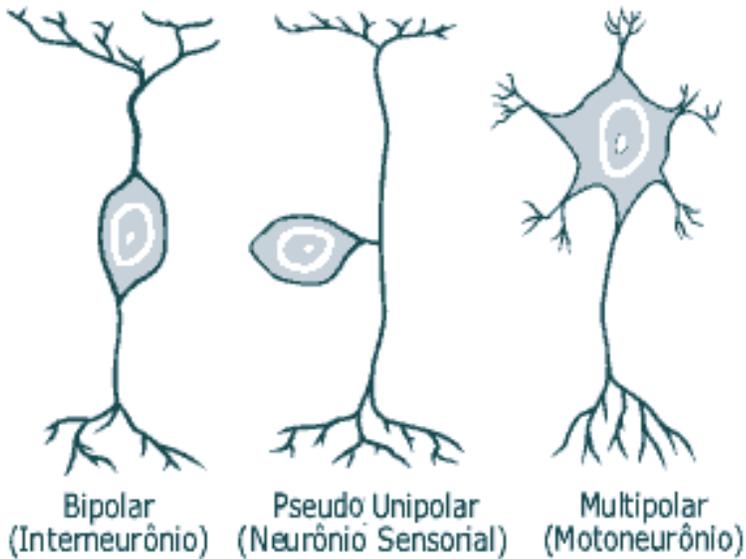
Área Clara (Substância Branca) - Contém fibras nervosas **mielinizadas**

### NÓDULOS DE RANVIER

São intervalos circunferenciais que ocorrem intermitentemente na bainha de mielina e garantem a condução saltatória do impulso nervoso.

## TIPOS DE NEURÔNIOS

- Quanto à morfologia



- Quanto à posição:

- **NEURÔNIO AFERENTE:** Responsável por levar informações da superfície do corpo para o interior. Relaciona o meio interno com o meio externo.
- **NEURÔNIO EFERENTE:** Conduz o impulso nervoso do SNC ao efetuador (músculo ou glândula).
- **NEURÔNIO INTERNUNCIAL OU DE ASSOCIAÇÃO:** Faz a união entre os dois tipos anteriores. O corpo celular destes está **sempre dentro do SNC.**

- Quanto à velocidade de condução

TIPO A => grande calibre mielinizado

Alfa: proprioceptores dos músculos esqueléticos (informam sobre a posição, movimento do corpo e sobre o grau de estiramento ou força de contração muscular).

Beta: mecanorreceptores da pele (tato)

Gama: dor e frio

TIPO B => médio calibre mielinizado - pré-ganglionares do SNA.

TIPO C => pequeno calibre não mielinizado - pós-ganglionares do SNA.

- Os receptores Alfa são estimulatórios (exceção para o músculo liso do intestino)
- Os receptores Beta são inibidores (exceção para o músculo cardíaco)
- A epinefrina e nor-epinefrina agem em ambos os receptores (alfa e beta), mas os efeitos da Epinefrina são mais potentes sobre os Alfas e da nor-epinefrina sobre os Betas.

	Alfa 1	Beta 1	Gama
Diâmetro (mm)	13-20	6-12	1-5
Velocidade (m/s)	80-120	35-75	5-30

DEGENERACÃO WALLERIANA - Quando um neurônio é lesado, ocorre degeneração da extremidade distal da lesão e da extremidade proximal até o nível do primeiro nóculo de Ranvier.

GÂNGLIO NERVOSO = São agrupamentos de **corpos celulares** localizados fora do SNC.

## 2 - CÉLULAS DA GLIA

São células lábeis capazes de exercer uma importância vital aos neurônios, sendo a principal função a **nutrição**. Não produzem potencial de ação.

### CLASSIFICAÇÃO

MACRÓGLIA	ASTRÓCITOS	Nutrição e metabolismo
	CÉLULAS EPENDIMÁRIAS	Revestimento dos ventrículos e canal espinhal
MICRÓGLIA	OLIGODENDRÓLIA	Síntese de mielina
	HORTEGÁGLIA	Células de limpeza

Admite-se a existência de 3 tipos de Células da Glia:

- Oligodendrócitos => Células de Schwann, que sintetizam a mielina.
- Astrócitos => apresentam processos citoplasmáticos que se ligam aos vasos sanguíneos.
- Microglia => são células fagocíticas, e não um tipo GLIAL, pois são leucócitos que invadem o tecido nervoso cumprindo seu papel de defesa.

Segundo o autor, na Epilepsia, observa-se proliferação de astrócitos com formação de cicatrizes gliais como responsáveis pelo aumento da liberação de K+.

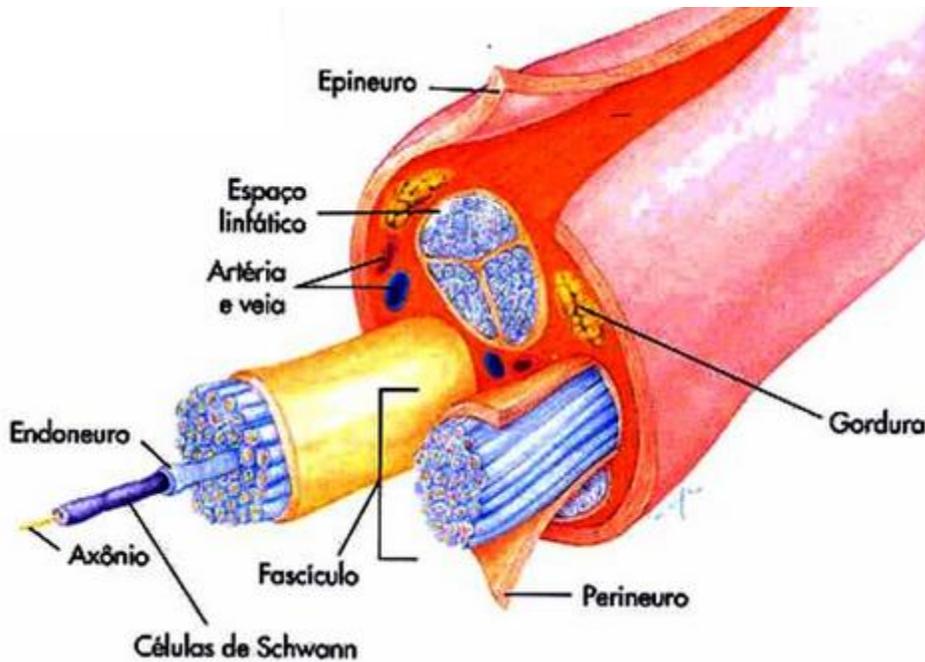
## C - NERVOS

São cordões esbranquiçados constituídos por feixes de fibras nervosas reforçadas por tecido conjuntivo, que unem o sistema nervoso central aos órgãos periféricos. São três as bainhas de **tecido conjuntivo**:

EPINEURO - Envolve todo o nervo e envia septos para o interior

PERINEURO - Envolve feixes de fibras nervosas dentro do nervo

ENDONEURO - É uma trama de tecido conjuntivo frouxo delicado que envolve cada fibra nervosa.



## D - SINAPSES

### 1 - Definição

São pontos de união entre as células nervosas e entre as células efectoras (músculo ou glândula).

### 2 - Classificação

- De acordo com a localização

CENTRAIS => Localizadas no cérebro e medula espinhal

PERIFÉRICAS => Gânglios e placas motoras

- De acordo com a função

EXCITATÓRIAS

INIBITÓRIAS

- De acordo com as estruturas envolvidas

AXO-SOMÁTICA

AXO-DENDRÍTICA

AXO-AXÔNICA

DENDRO-DENDRÍTICAS

AXO-SOMÁTICA-DENDRÍTICA

### 3 - Neurotransmissores

#### 3.1 – Definição

São substâncias encontradas em vesículas próximas as sinapses, de natureza química variada, que ao serem liberadas pela fibra **pré-sináptica** na fenda sináptica estimulam ou inibem a fibra **pós-sináptica**.

### 3.2 – Classificação

CLASSE I Acetilcolina

CLASSE II Adrenalina (medula da adrenal e cérebro)  
Noradrenalina (neurônios pós-ganglionares)  
Dopamina  
Serotonina

(TIROSINA → DOPA → DOPAMINA → NORADRENALINA → ADRENALINA)

CLASSE III (aminoácidos) GABA  
Glicina  
Glutamato

CLASSE IV (peptídeos)

Hipotalâmicos => GnRH, TRH, ADH, Ocitocina

Hipofisários => ACTH, β-endorfina, MSH

De ação intestinal e cerebral => Encefalina, substância P, PIV, Colecistoquinina, insulina, glucagon

Outros peptídeos => Angiotensina II, Bradicinina, Carnosina, Bombesina

- Os mais importantes são a **acetilcolina** e **adrenalina** e podemos classificar as fibras como colinérgicas ou adrenérgicas em função do neurotransmissor liberado.
- O L-glutamato é um aminoácido **excitatório** que atua na metade das sinapses do SNC
- O GABA é o principal **inibitório** do SNC
- O aumento do L-glutamato e a baixa do GABA tem sido observados nos líquido cérebro espinhal de cães com epilepsia.

### 3.3 – Mecanismo de ação e liberação

- A chegada do sinal elétrico na terminação nervosa pré-sináptica leva a liberação do neurotransmissor na fenda sináptica pelo mecanismo de EXOCITOSE.
- É um mecanismo  $Ca^{++}$  dependente, que altera a permeabilidade da membrana.
- O neurotransmissor atinge os receptores da membrana pós-sináptica ou da membrana da célula efetora, despolarizando-a e alterando a permeabilidade aos diferentes íons. Com isto, ocorre a passagem do impulso entre as fibras nervosas ou entre estas e as células efetoras.

### 3.4 – Destino do neurotransmissor

- Recaptação - processo ativo
- Difusão para o líquido circundante
- Destruição enzimática:  
Acetilcolinesterase = quebra a acetilcolina  
Monoaminoxidase = quebra as aminas por desaminação  
Catecol-O-metil-transferase = quebra aminas por metilação

### 3.5 – Receptores pós-sinápticos

São proteínas existentes na membrana pós-sináptica responsáveis pela sensibilidade da fibra aos neurotransmissores.

Tipos:

- Receptores de fixação
- Receptores ionofóricos

## E - EVENTOS ELÉTRICOS NA CÉLULA NERVOSA

- Potencial de repouso

É o potencial de membrana antes que ocorra a excitação da célula nervosa. Ele é gerado pela bomba de Na<sup>+</sup> e K<sup>+</sup> que joga 3 Na<sup>+</sup> para fora e 2 K<sup>+</sup> para dentro **contra** os seus gradientes de concentração, pela permeabilidade seletiva da membrana ao K<sup>+</sup> e não ao Na<sup>+</sup>, e pelos ânions com carga negativa retidos no interior da célula pela membrana celular.

=> **-75 mV**

- Potencial de ação

- Etapa de despolarização

É a etapa em que a membrana torna-se extremamente permeável aos íons Na<sup>+</sup>, ocorre portanto influxo de Na<sup>+</sup> e conseqüente aumento de carga positiva no interior da célula.

=> **-75mV até +35 mV**

A etapa de despolarização só ocorre se atingir o limiar de excitabilidade da célula (-65mV) -> "TUDO OU NADA"

- Etapa de repolarização

É a etapa em que ocorre fechamento dos canais de Na<sup>+</sup> e abertura dos canais de K<sup>+</sup>.

=> **+35 mV até -75 mV**

- Etapa de hiperpolarização

É um período de alguns milissegundos em que a célula não reage aos neurotransmissores pois estão com excesso de negatividade em seu interior, o que impede a ocorrência de um novo potencial de ação.

=> **-75mv até -90 mV**

### OBSERVAÇÕES

- SINAPSE EXCITATÓRIA => Abertura dos canais de Na<sup>+</sup> > entra Na<sup>+</sup>
- SINAPSE INIBITÓRIA => Abertura dos canais de K<sup>+</sup> e Cl<sup>-</sup> > sai K<sup>+</sup> e entra Cl<sup>-</sup>

A natureza excitatória ou inibitória está na dependência do neurotransmissor liberado e na natureza do receptor estimulado. EX: um neurônio é excitado pela Acetilcolina e inibido pelo GABA ou Glicina.

- INTENSIDADE DO ESTÍMULO => quanto maior for o estímulo maior será a frequência dos potenciais de ação. Não ocorre aumento de intensidade do potencial pois ele é sempre "tudo ou nada".

## III - SISTEMA NERVOSO PERIFÉRICO

Constituído por nervos cranianos e espinhais com seus gânglios associados e suas terminações nervosas.

- Nervos espinhais

São aqueles que fazem conexão com a medula espinhal e são responsáveis pela inervação do tronco, membros e parte da cabeça.

Saem aos pares da medula, a cada espaço intervertebral.

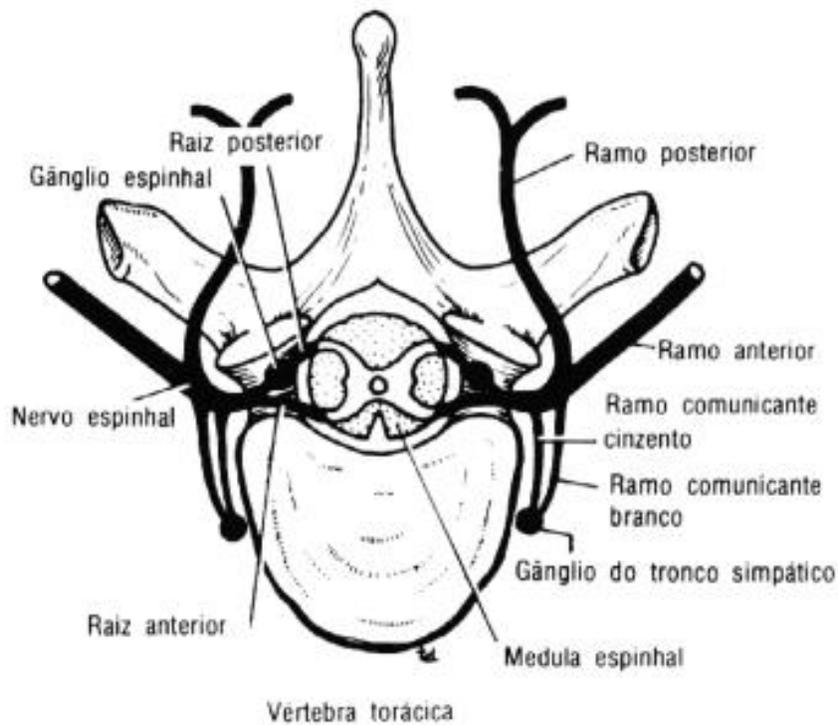
Homem = 8C, 12T, 5L, 5S, (2 Coc)

Bovinos = C7, T13, L6, S5, Co 18-20

Equino = C7, T18, L6, S5, Co 15-21

Cães = C7, T13, L7, S3, Co 20-23

São formados pela união das raízes dorsais e ventrais, formam o tronco, saem pelo forame intervertebral e logo em seguida formam os ramos anteriores e posteriores.



- Componentes funcionais dos nervos espinhais

#### FIBRAS AFERENTES SOMÁTICAS

Exteroceptivas => temperatura, dor, pressão, tato

Proprioceptivas => Conscientes (sensação de posição e movimento de uma parte do corpo)  
=> Inconscientes (regulação reflexa da atividade do cerebelo > reflexo miotático)

FIBRAS AFERENTES VISCERAIS => Impulsos sensitivos das vísceras

FIBRAS EFERENTES SOMÁTICAS => Para musculatura estriada esquelética

FIBRAS EFERENTES VISCERAIS => Fibras autônomas para musculatura cardíaca, lisa e glândulas

- Nervos cranianos

São **12 pares** que fazem conexão com o encéfalo (cérebro, cerebelo e tronco encefálico), sendo que a maioria faz conexão com o tronco encefálico (exceção - olfatório com telencéfalo e o óptico com o diencéfalo).

Estes nervos sensoriais ou motores servem à pele, músculos da cabeça e órgãos especiais dos sentidos tais como gustação, audição, etc...

- Componentes funcionais dos nervos cranianos

#### FIBRAS AFERENTES SOMÁTICAS

Gerais - fibras de dor, pressão, frio

Especiais - visão e audição

#### FIBRAS AFERENTES VISCERAIS

Gerais - sensibilidade visceral

Especiais - gustação e olfação

FIBRAS EFERENTES SOMATICAS - p/ fibras musculares em geral

#### FIBRAS EFERENTES VISCERAIS

Gerais - SNA (músculo liso e glândulas)

Especiais - musculatura da laringe e faringe

- Os pares de nervos cranianos (S = Sensitivo Mo = Motor Mi = Misto)

I – OLFATORIO (S) = Olfação = Fibras aferentes viscerais especiais

II – OPTICO (S) = Visão = Fibras aferentes somáticas especiais

III - OCULOMOTOR (Mo) = Músculos Extrínsecos do olho (Elevador da pálpebra, reto superior, inferior e medial, oblíquo inferior) = Fibras eferentes somáticas

IV - TROCLEAR (Mo) = Músculo oblíquo dorsal do olho

V – TRIGEMEO (Mi) = Ramos oftálmico, mandibular e maxilar = Responsável pela sensibilidade geral de grande parte da cabeça.

VI - ABDUCENTE (Mo) = Músculo Reto lateral do olho = Fibras eferentes somáticas

VII - FACIAL (Mi) = Masseter, Pterigóide, milo-hióide - É responsável pela sensibilidade da pele da face e fronte, conjuntiva ocular, dentes e por 2/3 da língua.

VIII - VESTÍBULO-COCLEAR (S) = Equilíbrio e audição.

IX – GLOSSOFARÍNGEO (Mi) = Músculo constritor superior da faringe. É responsável pela inervação sensitiva da faringe, úvula, tonsilas, tuba auditiva, seios e corpos carotídeos, parte do pavilhão auditivo e do meato acústico externo, glândula parótida e gustação do 1/3 posterior da língua.

X - VAGO (Mi) = Músculos da faringe e laringe. Sensibilidade de parte da faringe, laringe, traquéia, esôfago, vísceras torácicas e abdominais, parte do pavilhão auditivo e do meato acústico externo e gustação pela epiglote.

XI - ACESSÓRIO (Mo) = Músculo trapézio e esternocleidomastoideo

XII – HIPOGLOSSO (Mo) = Músculo motor da língua

Sensibilidade da língua

TRIGÊMEO => Sensibilidade Geral (temperatura, dor, pressão, tato) de 2/3 anterior

FACIAL => Sensibilidade Gustativa de 2/3 anterior

GLOSSOFARÍNGEO => Sensibilidade Gustativa de 1/3 posterior e geral

### TERMINAÇÕES NERVOSAS

Quando aferentes ... Sensitivas ... **Receptores**

Quando eferentes ... Motoras ... **Placas Motoras**

**A)** Terminações nervosas sensitivas - receptores

- Classificação quanto à morfologia (GERAIS e ESPECIAIS)

## GERAIS

Estruturas morfológicamente mais simples e localizadas em todo o corpo podendo ser classificadas como LIVRES ou ENCAPSULADAS (cápsula de tecido conjuntivo).

As terminações nervosas com capacidade de percepção e sensação da dor são do tipo LIVRE e como ENCAPSULADOS temos como exemplos:

CORPUSCULO DE MEISSNER => pele das mãos e pés – TATO E PRESSÃO

CORPUSCULO DE VATER PACCINI => tecido celular subcutâneo das mãos e pés, peritônio, cápsulas viscerais, etc – SENSIBILIDADE VIBRATÓRIA

CORPUSCULO DE KRAUSE => derme, conjuntiva, mucosa da língua e genitais externos - FRIO

CORPUSCULO DE RUFINI => mesma localização – CALOR (???)

## ESPECIAIS

Estruturas de morfologia mais complexa e que fazem parte dos órgãos especiais dos sentidos localizados na cabeça.

Ex: botões gustativos (gustação), órgão de Corti (audição), mácula estática e crista ampular (equilíbrio), cones e bastonetes (visão), receptores olfativos (olfação).

- Classificação quanto à localização

## EXTEROCEPTORES

São sensíveis a variação do meio EXTERNO e estão localizados na superfície externa e ativados pelo frio, calor, e pressão. Além desses, incluem-se receptores responsáveis pelos sentidos especiais de Visão, Audição, Olfacção (incluindo o vomeronasal) e Gustação.

Estão ligados às fibras aferentes somáticas e viscerais dos nervos cranianos e espinhais, tanto Gerais quanto Especiais.

## INTEROCEPTORES

São sensíveis a variação do meio INTERNO e estão localizados nas vísceras e vasos. São também chamados de **visceroceptores**, responsabilizados pelas sensações de fome, sede, prazer sexual, dor visceral, além de informar quanto as pressões de O<sub>2</sub> e CO<sub>2</sub>, a osmolaridade do plasma e a pressão arterial. São também considerados interoceptores os sensores do ouvido interno para a sensação especial de equilíbrio.

Estão ligados às fibras aferentes viscerais.

## PROPRIOCEPTORES

Estão localizados profundamente nos músculos esqueléticos, tendões, fáscias, ligamentos e cápsulas articulares. Dão origem a impulsos proprioceptivos conscientes e inconscientes.

Conscientes - atingem o córtex cerebral permitindo perceber a posição do corpo e suas partes, bem como da atividade muscular e dos movimentos articulares e são, portanto responsáveis pelos sentidos de posição e movimento (CINESTESIA).

Inconscientes - não despertam nenhuma sensação, sendo utilizados para a regulação reflexa da atividade muscular através do reflexo miotático, ou da atividade do cerebelo.

- Classificação quanto à reação

- Mecanorreceptores => sensações táteis da pele, receptores profundos do tato, receptores de som, de equilíbrio e de pressão arterial.

- Fonorreceptores => SOM

- Fotorreceptores => Visão

- Termorreceptores => Frio e calor

- Osmorreceptores => sensíveis a osmolaridade plasmática
- Quimiorreceptores => Olfato, paladar, sensações do vomeronasal, PaO<sub>2</sub>, PaCo<sub>2</sub>, osmolaridade e receptores hormonais.
- Nociceptores => Sensações dolorosas

Obs: A maioria dos receptores pode responder à estímulos para os quais não são especializados, porém os limiares são muito altos.

## B) Terminações nervosas motoras – placas motoras

Podem ser:

Somáticas - terminam em músculo estriado esquelético (MOVIMENTO VOLUNTÁRIO)  
 Viscerais - terminam em músculo liso, cardíaco e glândulas (SISTEMA NERVOSO AUTÔNOMO)

Resumo:

<b>SOMÁTICA</b>	<b>VISCERAL</b>
Forma a placa motora	Não existe placa motora (varicosidades)
Fibra é sempre colinérgica	Fibra é colinérgica ou adrenérgica
Músculo esquelético	Músculo liso

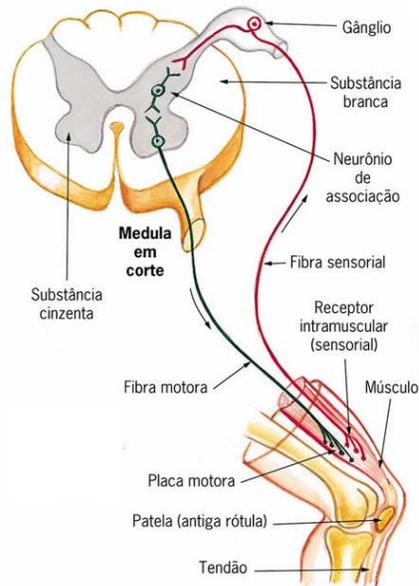
## IV - ARCOS REFLEXOS

É uma resposta do Sistema Nervoso a um estímulo qualitativamente invariável, involuntário, de importância fundamental para a postura e locomoção do animal e para exame clínico do Sistema Nervoso. É a unidade fisiológica do Sistema Nervoso.

- Componentes básicos:

Todos os arcos reflexos contem **5** componentes básicos necessários para sua função normal:

- 1 - Receptor - captam alguma energia ambiental e a transformam em Potencial de Ação (EX: luz na retina, calor, frio, pressão na pele; estiramento pelos receptores do fuso muscular)
- 2 – Nervo sensorial - conduz o potencial de ação do receptor até a sinapse no SNC, entrando na medula pela **raiz dorsal**.
- 3 - Sinapse - pode ser monossináptica ou polissináptica
- 4 – Nervo motor - conduz o P.A. do SNC para o órgão efetuator, saindo da medula pela **raiz ventral**. Transforma um impulso elétrico em ação mecânica.
- 5 – Órgão alvo ou efetuator - normalmente é um músculo



- Classificação dos reflexos

- Reflexo segmentar, monossináptico ou simples

Percorre um único segmento do S.N.C.

(Receptor + neurônio aferente + sinapse+ neurônio eferente + órgão efetador)

Exemplos: reflexo patelar e miotático

-Reflexo intersegmentar ou polissináptico

Percorre múltiplos segmentos do SNC.

(Receptor + neurônio aferente + sinapse+ neurônio internuncial + sinapse + neurônio eferente + órgão efetador)

Exemplos:

Propriocepção consciente (receptor => medula lombar=> medula torácica=> córtex)

Reflexo de coçar do cão. Estão envolvidos o neurônio sensitivo da pele, neurônio internuncial que liga este segmento da medula aos nervos da pata posterior, e um neurônio motor para a musculatura da pata posterior

Reflexo de Retirada

SIMPLES	2 neurônios + 1 sinapse
INTERSEGMENTAR	3 neurônios + 2 sinapses

- Reflexo bulbar

Exemplos:

Reflexos respiratórios, vasomotores e cardiomotores.

- Reflexos medulares

➤ Proprioceptivos: originam de receptores nos músculos e tendões

Exemplos

1 – Reflexo patelar - percussão do tendão medial reto da patela que leva a contração do quadríceps femoral

- 2 – Reflexo supracraniano - percussão do tendão do músculo extensor carpo-radial que leva a extensão da articulação carpiana
- 3 – Reflexo supra tarsal - percussão do tendão do músculo tibial cranial que leva a flexão da articulação tarsal

\*\*\*\* Estes reflexos são mais facilmente testados em pequenos animais

- Exteroceptivos: originam de receptores cutâneos geralmente derivados da pressão e dor
- 1 – Reflexo da cruz - Contrações da musculatura cutânea muito evidente nos eqüinos e menos em bovinos
  - 2 – Reflexo costal - Flexão da coluna torácica ao beliscar o lombo dos eqüinos e bovinos
  - 3 – Reflexo de coçar - quando se estimula regiões do tórax e abdome do cão
  - 4 – Reflexo da cauda - a cauda curva-se ventralmente quando a parte ventral desta é estimulada
  - 5 – Reflexo escrotal - contração da bolsa escrotal por frio ou toque

\*\*\*\* Os reflexos podem ser usados para avaliar clinicamente o Sistema Nervoso, pois quando se testa um reflexo também se está testando seus componentes básicos.

Reflexos mais usados = pupilar, propriocepção, patelar, flexor.

## **V - SISTEMA NERVOSO CENTRAL**

O SNC pode ser dividido em 6 regiões:

### **1- MEDULA ESPINHAL**

- Conduz os potenciais de ação dos estímulos motores do encéfalo para as porções distais
- Conduz estímulos sensitivos das partes distais para o encéfalo.
- Recebe potenciais de ação oriundos de receptores da pele, músculos, tendões, articulações e órgãos viscerais.
- Emite axônios dos nervos motores inferiores que saem pela raiz ventral e atingem o músculo esquelético.
- Contém axônios que conduzem informações sensoriais para o cérebro e do cérebro para os neurônios motores inferiores, integrando as partes mais distantes do corpo ao centro nervoso.

### **2 - BULBO ou MEDULA OBLONGA**

- Contém vários núcleos motores de nervos cranianos e centros autônomos que controlam o coração, a respiração, pressão sanguínea, reflexo da tosse, da deglutição e do vômito.

### **3 – PONTE**

- Contém grande quantidade de neurônios que retransmite informações dos hemisférios cerebrais para o cerebelo garantindo assim a coordenação dos movimentos e a aprendizagem motora, ou seja, serve de elo entre as informações do córtex que vão para o cerebelo para que este coordene os movimentos pretendidos e os reais.
- Participa da regulação da respiração

### **4 – MESENCÉFALO**

- Importante para o movimento ocular e o controle postural subconsciente, além de conter a formação reticular, que regula a consciência.
- Dispõe de um sistema de conexão dos sistemas auditivo e visual.

## 5 - DIENCÉFALO

- Tálamo - estação de relé que processa os estímulos sensoriais que se projetam para o córtex cerebral e estímulos motores provenientes do córtex cerebral para o tronco encefálico e a medula espinhal.
- Hipotálamo - Regula o S.N.A., hipófise, a temperatura corporal, a ingestão de alimentos e o equilíbrio hídrico.

## 6 - HEMISFÉRIOS CEREBRAIS

- Formados pelo Córtex cerebral, Substância branca subjacente e Gânglios da base
- Contém estruturas associadas as funções sensoriais e motoras superiores e à consciência

## VI - SISTEMA NERVOSO MOTOR

***"Neurologicamente, a marcha se inicia por impulsos do córtex cerebral para o controle voluntário e coordenação fina. A estes estímulos, somam-se as influências do cerebelo (que torna a marcha coordenada), do sistema vestibular (que faz a manutenção do equilíbrio) e, por certo, da medula espinhal que transmite os impulsos aos órgãos efetores, através do SNP, além da manutenção da postura e estação". ( João Manoel Chapon Cordeiro, 1996)***

### A) Neurônio motor superior

São todos aqueles neurônios do SNC que **influenciam no funcionamento** do neurônio motor inferior.

O neurônio motor superior começa no cérebro mas emite um axônio longo, que percorre a medula espinhal para fazer sinapse com o neurônio motor inferior.

Eles se dividem em 3 subgrupos = PIRAMIDAL, EXTRAPIRAMIDAL e CEREBELO

#### 1 – Sistema piramidal

Responsável pelo desencadeamento do movimento voluntário, hábil, aprendido.

O sistema piramidal (passa pela pirâmide do bulbo) é constituído por 3 grandes vias axônicas, originárias do córtex cerebral unindo-se a medula, tronco encefálico e cerebelo.

- Trato cortico-espinhal - As fibras partem do córtex e vão até a medula espinhal contralateral influenciando os neurônios motores inferiores espinhais.

- Trato cortico-cerebelar - As fibras partem do córtex e vão até o bulbo influenciando os neurônios motores inferiores do tronco cerebral para os músculos da cabeça.

- Trato corticopontocerebelar - As fibras partem do córtex cerebral e fazem sinapse na ponte com um segundo neurônio que vai ao córtex cerebelar informar o cerebelo do movimento pretendido pelo córtex cerebral para que este faça os ajustes necessários.

L E M B R A R: lesão do sistema piramidal causa fraqueza muscular contralateral a área lesada (Hemiparesia).

#### 2 – Sistema extrapiramidal

Sua maior importância é iniciar o tônus muscular extensor postural antigravitacional subconsciente. Também importante na coordenação dos movimentos da cabeça e olhos na observação do movimento de um objeto. O sistema extrapiramidal apresenta tratos que começam no **tronco cerebral** e terminam na **medula espinhal**.

- Trato reticulo espinhal - inicia na FORMAÇÃO reticular localizada na medula oblonga medial, na ponte e mesencéfalo.

- Trato vestibulo-espinhal - começa no núcleo vestibular do Bulbo.

OBS: Estes dois estão ligados principalmente aos músculos próximos da coluna vertebral responsabilizados pelo tônus postural antigravitacional.

-Trato tecto-espinhal - começa no tecto visual do mesencéfalo (colículo superior) e termina na medula cervical.

É importante na coordenação reflexa dos movimentos da cabeça e dos olhos durante a observação de um objeto em movimento.

- Trato rubro espinhal - começa no núcleo rubro do mesencéfalo, não tem sua função bem estabelecida, mas influencia neurônios motores inferiores para os músculos mais distais.

OBS: o núcleo rubro espinhal tem sido responsabilizado pelos movimentos voluntários instintivos nos animais irracionais, sendo muito desenvolvido na cabra e nas ovelhas.

### 3 – Cerebelo

- Coordena os movimentos iniciados pelos dois subgrupos anteriores (sistema piramidal e extrapiramidal). Ele compara o movimento **pretendido** com o movimento **real** e os ajusta.
- Permite o planejamento e a execução dos movimentos.
- É responsável pela manutenção da postura, coordenação dos movimentos da cabeça e dos olhos.

Pode ser dividido em 3 partes:

- VESTIBULOCEREBELO ou ARQUICEREBELO - ajuda a coordenar o equilíbrio e os movimentos oculares

- ESPINOCEREBELO ou PALEOCEREBELO - ajuda a coordenar o movimento estereotipado (locomoção e reações posturais) e o tônus muscular.

- CEREBROCEREBELO ou NEOCEREBELO - ajuda a coordenar a programação de movimentos dos membros, estando relacionado com os movimentos não estereotipados como aqueles resultantes de ensinamentos e treinamentos.

### **B) Neurônio motor inferior**

É o neurônio cujo corpo celular e dendritos estão localizados no **SNC** e cujo axônio se estende através dos nervos periféricos para fazer sinapse com as **fibras musculares esqueléticas**.

## **VII – SINTOMATOLOGIA DAS DISFUNÇÕES DO SISTEMA NERVOSO MOTOR**

### **A) Patologias do neurônio motor superior**

1- Movimento inadequado – Convulsão, rigidez, marcha em círculo, déficit proprioceptivo (incapacidade do animal de saber a posição de um membro), paralisia espástica, hipertonicidade, hipereflexia

2 – Nenhuma atrofia

3 – Reflexos segmentares mantidos e exagerados

OBS: um reflexo segmentar é aquele em que o arco reflexo passa através de um pequeno segmento do SNC, participando deste circuito o receptor, o neurônio aferente, a sinapse no SNC, o neurônio eferente e o órgão efetor. São exemplos de reflexos segmentares: o reflexo luminoso pupilar e o reflexo miotático.

4 – Tremor não intencional (umenta com o repouso)

OBS: O Mal de Parkinson e a Síndrome do envenenamento pelo Cardo Estrelado nos eqüinos são disfunções do Sistema Extrapiramidal.

#### **B) Patologias com sede no cerebelo**

- Distúrbios dos movimentos(ataxia): caracteriza-se por afastamento dos membros (marcha em base ampla ou cavalete) ou cruzamento destes durante a marcha, enfim, por toda alteração capaz de determinar uma quebra da marcha normal, que deve-se à dificuldade do espinocerebelo e vestibulocerebelo em coordenar o equilíbrio do esqueleto axial.
- Dismetria: passo de ganso e dificuldade de por o focinho em ponto específico devido a incapacidade de coordenar o movimento pretendido com o real. Consideram-se as hipermetrias (levantar demasiadamente os membros para a marcha, subir escada, etc) ou hipometrias (movimento diminuído, insuficiente). Normalmente estas dismetrias estão associadas com lesões do pedúnculo cerebelar caudal **ipsilateral**.
- Nistagmo
- Tremor intencional (tremor que agrava com o movimento).

#### **C - PATOLOGIAS DO NEURONIO MOTOR INFERIOR**

- 1- PARALISIA FLÁCIDA
- 2 - ATROFIA
- 3 - PERDA DA CAPACIDADE DE REFLEXO MIOTATICO
- 4 - HIPOREFLEXIA

Tais sintomas ocorrem pois a mensagem não atinge o órgão efetuator, ou seja, o **músculo**. Não funcionam o reflexo de estiramento muscular e o reflexo de retraimento ao beliscão.

### **VIII - SINAIS GERAIS DE LESÕES DO SISTEMA NERVOSO**

Perda da consciência:

O estado de consciência é mantido pelo bom funcionamento do sistema ou formação reticular (córtex e tronco cerebral) que garante a regulação do ciclo sono/vigília. Lesões nestas estruturas podem induzir ao sono cada vez mais profundo que chega ao coma.

Não pode ser esquecido que as alterações de consciência podem ocorrer em consequência de distúrbios metabólicos gerais (coma diabético, urêmico ou hepático), ou tóxico (envenenamentos).

Sonolência: muito observado nas lesões mesencefálicas.

Agressão/passividade: lesões do córtex temporal

Demência e incapacidade de reconhecimento e aprendizado: lesão do lobo frontal.

Mioclonias: São contrações repetitivas e rítmicas de parte de um músculo, todo o músculo ou um grupo muscular restritas a uma área do corpo. Diferencia do tremor pois neste ocorrem movimentos alternados de grupos musculares opostos. EX: Cinomose.

Na fase aguda se deve às lesões nos núcleos da base e na fase crônica se devem a lesões do NMI ou interneurônios.

A mioclonia da cinomose ocorre na musculatura temporal, massetéica e dos membros.

### **IX – SISTEMA NERVOSO AUTÔNOMO**

É o componente eferente do sistema nervoso visceral, ou seja, é o sistema motor periférico destinado ao suprimento nervoso dos músculos cardíaco e liso e glândulas, estando sujeito a

controle reflexo e cerebral. O sistema nervoso autônomo regula funções subconscientes, tais como pressão arterial, frequência cardíaca, motilidade intestinal e diâmetro pupilar. Pode ser dividido em SIMPÁTICO e PARASSIMPÁTICO com base na origem anatômica de seus neurônios pré-ganglionares e nos neurotransmissores liberados no órgão alvo.

**A) Diferenças entre os sistemas simpático e parassimpático:**

1 – Diferenças anatômicas

1.1 – Quanto a posição do neurônio pré-ganglionar

SIMPÁTICO - Toraco-lombar - Os axônios pré-ganglionares deixam a coluna lateral da medula entre T1 e L2

PARASSIMPÁTICO - Cranio-sacral - Os axônios pré-ganglionares deixam o tronco encefálico pelos nervos cranianos III, VII, IX e X através da medula sacral.

1.2 – Quanto a posição do neurônio pós-ganglionar

SIMPÁTICO - em gânglios próximos da medula

PARASSIMPÁTICO - em gânglios da parede visceral ou muito próximos a esta.

1.3 – Quanto ao comprimento das fibras

SIMPÁTICO – pré-ganglionares curtas, pós-ganglionares longas

PARASSIMPÁTICO – pré-ganglionares longas, pós-ganglionares curtas

2 – Diferenças funcionais

SIMPÁTICO - utilizado em estímulos de LUTA E FUGA, as respostas são massivas e em cadeia

PARASSIMPÁTICO - produz respostas viscerais localizadas, importantes para a homeostase.

**IMPORTANTE**

A maioria dos órgãos recebe inervação do Simpático e do Parassimpático, no entanto existem locais onde a inervação é exclusivamente simpática.

A estimulação exclusivamente SIMPÁTICA ocorre:

1 – Na medula da supra-renal => Adrenalina

2 - Nos músculos piloerectores => simpática e nor-adrenérgica (receptores alfa)

3 – Nas glândulas sudoríparas

- A inervação das glândulas sudoríparas (écrinas) da superfície corporal de humanos e do coxim plantar dos cães e gatos é simpática e colinérgica
- A inervação das glândulas sudoríparas (apócrinas) da superfície corporal de bovinos, equinos, ovinos, caprinos e cães é simpática e nor-adrenérgica.

4 – Nos vasos sanguíneos dos múscl. esqueléticos => simpática e colinérgica.

Obs\* Em humanos existe inervação parassimpática nos vasos da pele.

\*Os receptores adrenérgicos das glândulas sudoríparas apócrinas dos bovinos, ovinos, caprinos e cães são do tipo alfa, e dos equinos são do tipo Beta-2.

**B) Principais diferenças entre os sistemas nervosos SOMÁTICO e VISCERAL**

<b>Eferente Somático</b>	<b>Eferente Visceral</b>
Órgão efector: músculos esqueléticos	Órgão efector: músculo liso, cardíaco e glândulas
Corpos celulares em todos os níveis da medula	Corpos celulares ausentes na cervical, lombar-caudal e coccígea
Regulação voluntária e reflexa	Regulação só reflexa (involuntária)
Órgão efector recebe só um tipo de neurônio eferente	Órgão efector recebe neurônios simpáticos e parassimpáticos
NMI entre o SNC e o órgão efector	Dois neurônios (mielinizado e desmielinizado entre o SNC e o órgão efector)
O órgão efector reage sempre com excitação	O órgão efector reage com excitação ou inibição
Quando há denervação ocorre paralisia	Quando há denervação ocorre o princípio miogênico
Produz ajuste rápido em relação ao meio externo	Controle lento da homeostasia

**C) Mediadores químicos**

São importantes na transmissão do impulso nervoso nas junções sinápticas

A **ACETILCOLINA** é o neurotransmissor de:

- Todos os neurônios pré-ganglionares simpáticos ou parassimpáticos
- Todos os neurônios pós-ganglionares do Parassimpático.
- Neurônios pós-ganglionares simpáticos dos vasos sanguíneos do músculo esquelético e das glândulas sudoríparas ecrinas da superfície corporal de humanos e do coxim plantar dos cães.

A **NORADRENALINA** é o neurotransmissor de:

- Neurônios pós-ganglionares simpáticos do músculo pilo-erector e as glândulas sudoríparas apócrinas da superfície corporal de bovinos, equinos, ovinos, caprinos e cães.

**MEDULA DA ADRENAL**

A medula adrenal recebe inervação direta pelos neurônios pré-ganglionares simpáticos colinérgicos que fazem sinapses com neurônios pós-ganglionares adrenérgicos rudimentares que compõem as células secretoras medulares adrenais.

Estes neurônios secretam sua substância transmissora diretamente no sangue circulante, agindo em todo o organismo.

**AÇÕES DA ADRENALINA**

1- Venoconstricção → Pressão Venosa Central → Aumento da diferença de pressão veias-coração → aumento do Retorno Venoso.

2- Aumento da frequência e da força de contração do coração → Aumento do Débito Cardíaco.

- 3- Vasodilatação arteriolar muscular esquelética → Aumento do fluxo na microrcirculação esquelética.
- 4- Vasoconstrição arteriolar cutâneo-mucosa → prevenção de uma possível hemorragia
- 5- Vasoconstrição arteriolar visceral → Redistribuição da resistência vascular → manutenção da Pressão Arterial.
- 6- Glicogenólise hepática → Aumento da Glicemia.
- 7- Broncodilatação → diminuição da resistência das vias aéreas → manutenção do Oxigênio plasmático.

## RECEPTORES PÓS-GANGLIONARES

Receptores colinérgicos: MUSCARINICOS E NICOTINICOS

A **atropina** bloqueia os receptores muscarínicos e o **curare** os receptores nicotínicos.

Receptores adrenérgicos: ALFA e BETA

Órgão	Efeito da estimulação simpática	Efeito da estimulação parassimpática
Olho Músculo da Íris => pupila Músculo ciliar Membrana nictitante	Dilatada (Visão de longe) Relaxamento Retração	Contraída Constrição (Visão de perto) Nenhum
Glândulas: -Sudoríparas -Salivar -Gastrointestinais	Sudação Vasoconstrição e Constrição Mioepitelial Vasoconstrição	Nenhum Secreção e vasodilatação Estimulação de secreção
Coração: músculo (miocárdio)	Atividade aumentada	Diminuição da atividade
Vasos sanguíneos Abdominal Músculo esquelético Pele e mucosa Coronárias	Constrição Dilatação Constrição Dilatação ou contração	Nenhum Nenhum Nenhum Nenhum
Pulmões: brônquios	Dilatação	Constrição
Tubo digestivo Luz Esfíncteres	Dim. do tônus e da peristalse Aumento do tônus	Aumento do tônus e do peristaltismo Diminuição do tônus
Músculo piloerector	Contração	Nenhum
Fígado	Liberação de glicose	Nenhum
Rim	Diminuição da produção de urina	Nenhum
Bexiga: -corpo -esfíncter	Relaxamento Contração	Contração Relaxamento
Ato sexual masculino	Ejaculação	Ereção
Glicose sanguínea	Aumento	Nenhum
Metabolismo basal	Aumento em até 50%	Nenhum

Baço	Contração	Nenhum
Secreção da medula supra-renal	Aumento	Nenhum
Velocidade de coagulação	Aumentada	Nenhum

## CONSIDERAÇÕES GERAIS SOBRE O SONO

### DEMONSTRATIVO DE TEMPOS DE SONO E VIGÍLIA NAS DIVERSAS ESPÉCIES ANIMAIS

	EM VIGILIA	DORMINDO	SONO NÃO ATIVADO	SONO ATIVADO (REM)
RAPOSA	9h 18min	14h 42min	12h 18min	2h 24 min
GATO	10h 48min	13h 12min	10h	3h 12min
PORCO	11h 6min	12h 54min	11h 6min	1h 48min
RATO	11h 30min	12h 30min	10h 48min	1h 42min
VACA	12h 36min	11h 24min	10h 42min	42 min
OVINO	16h	8h	7h 30min	30 min
COELHO	17h 6 min	6h 54min	6h 12min	42 min
COBAIO	17h 12min	6h 48min	5h 54min	54 min
CAVALO	19h 12min	4h 48min	4h	48 min
HOMEM	16h	8h	6h	2h

### HUMANOS:

- O Sono não ativado é também chamado de sono de ECG ondas lentas ou de sono não REM, e é igual aquele observado durante a vigília.
- O sono ativado é também chamado de sono desincronizado ou paradoxal
- Durante o período de sono ocorrem várias fases REM de 30 minutos cada
- Durante a fase REM há atonia de todos os músculos com exceção dos respiratórios, cardíaco, oculares e do ouvido médio.
- Acredita-se que o sono não REM descansa o cérebro, e o sono REM descansa os músculos
- Sem a fase REM, os ratos apresentam baixa imunológica e morrem.
- A fase REM está relacionada com o aprendizado. Há avaliação e escolha do que será memorizado ou não.
- O sonho ocorre em ambas as fases, mas na fase não REM o sonhador é sempre passivo e na fase REM é o protagonista.
- Se são acordados no meio da fase REM, 100% dos indivíduos se lembram do sonho e 75% deles poderão se lembrar se acordar até 8 min após o REM.

### GOLFINHOS:

- Existe desligamento de apenas um dos hemisférios durante o sono, sendo que o tempo de desligamento é variável entre as espécies.
- Ocorre desligamento unilateral durante 1 hora e em seguida a sua ativação por 2 horas e assim sucessivamente.

- Os golfinhos “nariz de garrafa” desligam os dois hemisférios por 4 a 6 segundos sucessivamente.

## **CONSIDERAÇÕES SOBRE OS RECEPTORES GERAIS**

- Corpúsculos de Meissner

Encapsulado, faz transdução mecanoelétrica (mecanorreceptor). É de adaptação rápida, sensível a estímulos vibratórios. Localizam-se na borda da derme com a epiderme. Suas funções são a detecção de pressão vibratória e tato e suas fibras são mielínicas.

- Corpúsculos de Pacini

Encapsulado, é um mecanorreceptor. É de adaptação rápida, sensível a estímulos vibratórios (estímulos estes mais rápidos quando em comparação com os que o Corpúsculos de Meissner detectam). Localizam-se na derme profunda. Sua função é a detecção de pressão vibratória e suas fibras são mielínicas.

- Corpúsculos de Ruffini

Também é um mecanorreceptor encapsulado. É de adaptação lenta e sensível à indentação da pele (devido ao fato de ser de adaptação lenta, responde ao estímulo de maneira contínua, e não apenas no início e no fim do estímulo, como fazem os de adaptação rápida. Daí sua sensibilidade à estímulos contínuos na pele). Localizam-se na derme profunda e suas fibras são mielínicas.

- Discos de Merkel

São pequenas arborizações das extremidades de fibras receptoras sensoriais. Na ponta de cada uma destas arborizações, há expansões em forma de disco associadas à uma ou duas células epiteliais, que apresentam vesículas secretoras (com possível influência na transdução feita por estes receptores). São de adaptação lenta e localizam-se na epiderme, e parecem envolvidos com informações de tato e pressão contínuos (transdução mecanoelétrica). Suas fibras são mielínicas.

- Bulbos de Krause

São pouco conhecidos e sua função é incerta (alguns os consideram como termorreceptores sensíveis ao frio). São encapsulados e localizam-se nas bordas da epiderme com as mucosas. Suas fibras são mielínicas.

- Terminais dos folículos pilosos

Tratam-se de fibras sensoriais mielínicas, que se espiralam em torno da raiz dos pêlos. Podem ser de adaptação rápida ou lenta. Sua função é o tato (através das vibrissas – “bigodes do focinho” de alguns mamíferos, particularmente importantes em carnívoros e roedores).

- Terminações nervosas livres

São pequenas arborizações de algumas fibras mielínicas ou amielínicas finas (não são encapsuladas). Localizam-se em toda a pele e em praticamente todos os tecidos do organismo.

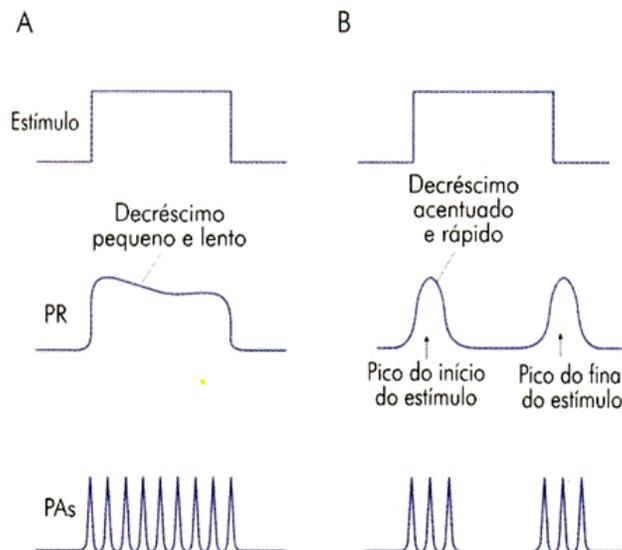
Realizam transdução mecanoelétrica, quimioelétrica, termoelétrica. São de adaptação lenta. Veiculam informações de tato grosseiro, dor, sensibilidade à temperatura (calor) e propriocepção.

## A ADAPTAÇÃO DOS RECEPTORES NERVOSOS

Os receptores não são capazes de sustentar um potencial receptor por um período prolongado, mesmo se o estímulo for duradouro. Quando um estímulo se inicia, o potencial receptor atinge certa amplitude e logo decresce a um valor menor, que depois se torna estável. A este fenômeno chamamos adaptação. Esta propriedade dos receptores interfere bastante na capacidade de atuação destes.

Os receptores, quanto à adaptação, podem ser divididos em receptores de adaptação lenta, ou tônicos, e receptores de adaptação rápida ou fásicos. Os receptores de adaptação lenta são aqueles cujo potencial receptor decresce pouco após atingir a amplitude proporcional ao estímulo, logo se estabilizando, e só cessando no momento em que o estímulo é interrompido. Esses receptores representam estímulos duradouros, já que o seu potencial receptor decresce pouco após o início do estímulo, e pode continuar a gerar potenciais de ação com a permanência do estímulo, detectando assim a persistência do estímulo.

Os receptores de adaptação rápida são aqueles cujo potencial receptor decresce muito e rapidamente após atingir a amplitude máxima da resposta ao estímulo, podendo chegar à zero. Quando um estímulo é aplicado, obtém-se um potencial receptor de certo valor, que logo cessa com a permanência do estímulo. Quando o estímulo é retirado, ocorre novamente um pico do potencial receptor, que logo cessa por completo. Esses receptores representam bem a sensação dos estímulos vibratórios. Eles respondem apenas no início e no final do estímulo, com picos de potencial receptor que cessam rapidamente. Nos receptores de adaptação rápida não há potencial receptor no espaço de tempo entre o início e o final do estímulo, não há resposta, portanto, à persistência do estímulo.

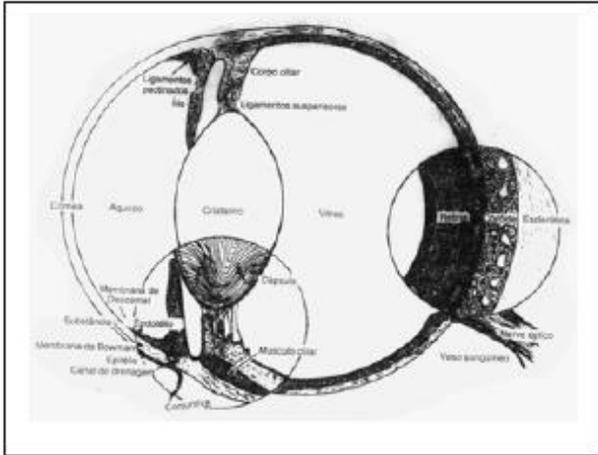


## ÓRGÃOS ESPECIAIS DOS SENTIDOS (Ismar Araújo de Moraes)

### I - VISÃO

- Anatomia

Secção do olho do gato. Os dois círculos delimitam áreas aumentadas do desenho.



O olho é formado pelo globo ocular, nervo óptico e estruturas acessórias - pálpebras, conjuntiva, aparelho lacrimal e músculos extra-oculares. O globo ocular contém o humor aquoso, a íris, o cristalino e o humor vítreo, sendo envolvido por três túnicas ou capas. Os músculos extra-oculares, encontrados cobrindo o globo ocular posteriormente ao ponto de inserção da conjuntiva, são por sua vez recobertos por uma cápsula, fáscia bulbi (cápsula de Tenon).

A túnica externa ou capa fibrosa do globo consiste em uma porção anterior transparente denominada córnea e em uma porção posterior opaca, a esclerótica. A túnica vascular (trato uveal) ou capa média é composta pela coróide, corpo ciliar e íris. A túnica nervosa (retina) ou capa interna é transparente e sensível à luz. Embriologicamente, a retina é parte do cérebro e o nervo óptico é um trato cerebral.

O cristalino está suspenso no interior do globo por um anel de tecido denominado corpo ciliar, ficando anteriormente a ele o humor aquoso que é transparente e, posteriormente, o humor vítreo, também transparente. A íris é um diafragma que separa o humor aquoso em duas câmaras, uma anterior e outra posterior. Sua abertura central denomina-se pupila. Mudanças morfológicas no olho podem ser verificadas por simples inspeção visual; por meio do oftalmoscópio, radiografia, ultra-sonografia, tomografia computadorizada e ressonância magnética.

#### - Pálpebras e sistema lacrimal

Cãezinhos, gatinhos, ratos, coelhos e camundongos nascem com as pálpebras cerradas. Os olhos abrem-se após uma a duas semanas de vida, porém ambos nem sempre se abrem no mesmo dia. Equinos, ruminantes, suínos e cobaias nascem com os olhos abertos. Aves nidífugas, como a galinha, já saem dos ovos com os olhos abertos, enquanto as nidícolas, como os papagaios, nascem com os olhos fechados.

A frequência do piscar de olhos varia nas diferentes espécies. Os gatos tendem a piscar poucas vezes. Nos mamíferos domésticos, a pálpebra superior apresenta mobilidade extrema; nas aves domésticas, é a pálpebra inferior que consegue maior mobilidade. O piscar de olhos mantém uma película de lágrima sobre a superfície córnea, auxilia na remoção de sujeiras e na drenagem das lágrimas para o aparelho lacrimal.

A reação a ameaça, um brusco piscar de olhos em resposta a um gesto de ameaça, não se manifesta em animais que apresentam lesões consideráveis no segmento contralateral do córtex cerebral. Essa reação deve ser diferenciada do chamado reflexo palpebral, ou seja, um piscar brusco em resposta a estímulos sobre receptores cutâneos da pálpebra ou conjuntiva. Parte da inervação sensorial da conjuntiva está localizada no nervo oculomotor e constitui trajeto auxiliar do nervo trigêmeo (5º par craniano). O reflexo corneal é um piscar brusco em resposta ao toque da córnea.

A membrana nictitante ou terceira pálpebra, localizada no canto interno do olho dos animais domésticos, auxilia na proteção da córnea e a glândula aí situada produz a lágrima. Ela é maior e mais móvel nas aves do que nos mamíferos domésticos. O músculo liso composto que nos felinos traciona a membrana nictitante para o ângulo medial do olho é inervado por axônios simpáticos adrenérgicos pós-ganglionares com corpos celulares localizados no gânglio cervical anterior.

Embora os receptores sejam adrenérgicos (alfa 1), o músculo responde à administração de acetilcolina ou histamina. Qualquer protrusão da membrana nictitante sobre o globo ocular, que é um sinal precoce de tétano, é seguida de uma contração do músculo retrator bulbar. A paralisia de nervos simpáticos cervicais do olho, como ocorre na síndrome de Horner também resulta na protrusão da membrana nictitante.

O fechamento das pálpebras ou sua sutura, fechando-as, não impede totalmente o olho de receber estímulos luminosos. Tanto as pálpebras como a membrana nictitante são capazes de transmitir ondas luminosas de maior comprimento; a quantidade transmitida depende da pigmentação da pálpebra. A película lacrimal pré-corneal apresenta três camadas. A camada externa é delgada, oleosa, produzida pelas glândulas sebáceas das pálpebras. Ela evita a evaporação das camadas subjacentes e o fluxo excessivo de lágrimas sobre as pálpebras. A camada aquosa média é secretada pela glândula lacrimal, pela glândula da membrana nictitante e pelas glândulas lacrimais da conjuntiva. Comparados aos primatas, os animais domésticos apresentam baixos níveis de lisozima na lágrima. porém a quantidade de imunoglobulinas é semelhante à daqueles animais. Irritações provocam aumento da concentração de lisozima.

Em comparação com o plasma, a lágrima mostra-se ligeiramente alcalina, mas rica em potássio e possui menor concentração de glicose. A produção de lágrimas aumenta pela estimulação do ramo oftálmico do nervo trigêmeo. A glândula de Harder é uma das diversas glândulas lacrimais encontradas em diferentes espécies, incluindo anfíbios, répteis, aves e mamíferos, porém não é encontrada nos mamíferos terrestres e nos primatas não humanos. A secreção dessa glândula é rica em lipídios e pode conter também ferormônios em algumas espécies e, nas aves, contém grande quantidade de plasmócitos produtores de anticorpos. A camada interna da película lacrimal é produzida pelas células caliceformes da conjuntiva e, às vezes pela glândula profunda da membrana nictitante. Pelo ato de piscar, a mucina é absorvida pelo epitélio hidrofóbico corneal, tornando assim a superfície hidrofílica para as lágrimas. Estas fluem através dos pontos lacrimais (puncta) e dos canalículos (canaliculi) para a cavidade nasal, sendo engolidas ou então expelidas pelas narinas. O ato de piscar, a movimentação muscular facial e a respiração facilitam a excreção. Ocorre epífora (fluxo excessivo de lágrimas) quando o punctum ou o canaliculus (ducto lacrimal) de um olho não está aberto (obstruído).

#### - Córnea

A córnea é a porção óptica mais resistente do olho em virtude de possuir uma interface ar-ttecido. A potência ocular é reduzida na água no momento em que esta contacta a córnea. Nas aves a córnea tem função na acomodação visual. Para atuar como meio refratário, é necessário que a córnea seja transparente. Sua transparência é garantida pela ausência de vasos sanguíneos, pelo estado de turgescência relativa e pela disposição das fibrilas colágenas do estroma. O humor aquoso, os capilares do limbo e as lágrimas permitem à córnea manter o metabolismo necessário para conservar seu estado de deturgescência. Quando diminui o metabolismo, a córnea torna-se

hiperidratada (edematosa), perdendo sua transparência. O estado de deturgescência do estroma corneal deve-se às camadas celulares hidrofóbicas epitelial e endotelial.

Drogas que possuem moléculas polares (hidrossolúveis) ou não-polares (lipossolúveis) podem penetrar a córnea. O aparecimento de vasos sanguíneos na córnea indica processo patológico. O ramo oftálmico do nervo trigêmeo (quinto par) constitui a fonte de inervação sensorial (tato e dor) da córnea. As fibras sensitivas corneais possuem um axônio reflexo que, quando estimulado, provoca miose, hiperemia, hipertensão ocular e aumento de proteína no humor aquoso. A substância P, um neurotransmissor dos axônios que conduzem a sensação de dor, é encontrada no coelho após estimulação intracraniana do nervo trigêmeo.

#### - Humor aquoso

O humor aquoso, fluido transparente que preenche as câmaras anterior e posterior entre a córnea e o cristalino, é formado na câmara posterior por filtração através dos capilares fenestrados dos processos ciliares e pela secreção de solutos e água ao longo do epitélio ciliar. Sua produção é da ordem de  $15 \pm 10 \mu\text{l} / \text{minuto}$ . Nas aves é possível que o pecten, uma estrutura altamente vascularizada que se projeta do fundus, localizado na base do nervo óptico, para o interior do humor vítreo, tome parte na produção do humor aquoso. Como produtos de descartes provenientes dos tecidos circunvizinhos são lançados no interior do humor aquoso, este apresenta mudanças em sua composição a partir da câmara posterior, onde é formado, até a câmara anterior, de onde é drenado para o sangue venoso uveal.

O humor aquoso contém muito menos proteína e uréia do que o plasma, porém mais rico em ácido ascórbico. O humor aquoso normal, assim como os fluidos espinhal e sinovial, não coagula. Quando processos patológicos destroem a barreira que separa o sangue do humor aquoso, há entrada de proteínas, que é evidenciada pela coagulação. Inibidores da anidrase carbônica diminuem o fluxo de entrada de bicarbonato para o humor aquoso. Gatos e coelhos apresentam concentrações relativamente altas de bicarbonato e baixos teores de cloreto; nos ruminantes, eqüinos e primatas, são baixos os níveis de bicarbonato e altos os de cloretos.

A concentração de íons de potássio é mais elevada nos cães do que em gatos e coelhos. Em outras palavras, observa-se a nítida variação nas concentrações iônicas nas diferentes espécies animais. Agentes betabloqueadores podem diminuir a produção de humor aquoso e se suspeita que centros cerebrais também afetem sua formação. A circulação do humor aquoso na câmara anterior dá-se em virtude da convecção (diferenças de temperatura) no interior do olho. Todavia, quando as pálpebras estão cerradas, a temperatura interna do olho é relativamente uniforme.

O fluxo do humor quando obstruído pode ser restabelecido com o emprego de drogas indutoras de miose. Alguns trabalhos sugerem que o canal de Schlemm do olho de primatas constituem excelente via de drenagem do humor aquoso. Embora o plexo desse humor nos cães seja macroscopicamente diferente do canal de Schlemm, sua ultra-estrutura nas duas espécies é a mesma. O plexo do humor aquoso do olho de mamíferos não-primatas ou de aves pode não ter o aspecto semelhante a um canal, uma vez que apresenta ser mais uma estrutura plexiforme nas profundezas do tecido do segmento anterior da esclerótica.

O plexo do humor aquoso e o do canal de Schlemm são análogos. Nos ruminantes, podem ser encontrados simultaneamente o plexo venoso intra-escleral e o canal de Schlemm. O plexo venoso intra-escleral e o trajeto uveoescleral ou posterior aparentemente funcionam como conductos intra-esclerais de saída do humor aquoso e do sangue venoso uveal, os quais eventualmente se mesclam. Nos olhos dos primatas estão ausentes as numerosas conexões entre os vasos uveais e do humor aquoso. Essa ausência talvez seja responsável pela grande incidência de transtornos no mecanismo homeostático ocular dos primatas. Em virtude da passagem direta do humor aquoso para o sistema venoso, não existe um sistema de drenagem linfática no olho.

A pressão intra-ocular varia de 10 a 25 mm Hg, dependendo da espécie animal e do método utilizado na sua determinação.

## - Íris e pupila

A pupila é uma abertura na íris através da qual penetra a luz-. A íris nos jovens normalmente mostra coloração diferente daquela dos adultos. Nas aves, contém células pigmentadas de tecido conjuntivo e lipídios. A cor destes últimos varia com a dieta, por exemplo, uma dieta de milho produz colorido amarelo. Íris heterocromáticas (por exemplo, um olho azul e outro castanho) são observados em mamíferos domésticos. Íris azul, associadas à surdez e pelagem branca ocorrem em cães, gatos, martas, coelhos e camundongos. A incidência de surdez associada a heterocromasia da íris em bovinos e eqüinos ainda não foi verificada. Olhos com íris azul normalmente não possuem tapete e/ou pigmento coroidal.

A função primária da íris é a de permitir a passagem ideal da luz para a retina, variando o diâmetro da pupila. Quando a luz provoca miose em um olho, o mesmo ocorre no outro, mesmo se o ambiente é escuro. Outra função da íris é a manutenção da pureza do humor aquoso. As células epiteliais superficiais fagocitam resíduos. A função das massas negras (corpora nigra, umbraculum ou granula iridis) situadas nos bordos da íris de eqüinos e ruminantes é ainda desconhecida. A íris também auxilia a manter a luz em foco sobre a retina. Quando a pupila diminui de tamanho, a aberração óptica é reduzida. Por aberração entende-se a condição pela qual os raios luminosos incidentes sobre a porção periférica do cristalino são retratados de maneira diferente daqueles incidentes na sua área central. Todavia a íris de certas espécies, como eqüinos e ruminantes, não apresenta contrações tão amplas como aquelas de cães, gatos e galinhas. Dessa maneira, o bloqueio pela íris dos raios luminosos refratados de forma aberrante não é tão efetivo nos animais que possuem pupilas e cristalinos grandes.

Os músculos da íris dos mamíferos são do tipo liso. Nas aves no entanto, apresentam-se estriados e possuem receptores colinérgicos nicotínicos. Nos mamíferos, as fibras musculares constritoras ou esfinterianas possuem receptores colinérgicos muscarínicos inervados pelo nervo oculomotor (ramo parassimpático) e as fibras dilatadoras apresentam receptores alfa1 adrenérgicos inervados por ramos simpáticos que acompanham o extenso nervo ciliar (parte do ramo oftálmico do trigêmeo). A maior parte dos nervos simpáticos forma sinapses nos gânglios ciliares. Praticamente, todas as fibras desses gânglios inervam os músculos intrínsecos do olho, em sua grande maioria o músculo ciliar. O tamanho da pupila está condicionado à atividade dos músculos da íris e também pode ser modificado pelo estado de turgescência e de tumescência dos vasos sanguíneos desta última. Qualquer lesão no globo ocular geralmente resulta em hiperemia da íris e miose, além de aumento de proteínas no humor aquoso e da pressão intra-ocular. Reflexos axônicos estão envolvidos nessas reações.

As pupilas apresentam coloração escura ou rosa à luz ambiente. Olhos com pupilas escuras podem apresentar ou não o tapete, porém, pupilas cor-de-rosa indicam a ausência dessa estrutura. Quando um raio luminoso em ambiente escuro passa pela pupila, produz um reflexo colorido no fundus (por exemplo azul, verde, alaranjado ou amarelo) se o tapete está presente ou, então, rosa ou vermelho na ausência dele. A cor rosa ou vermelha provém da hemoglobina dos vasos coroidais. Albinos totais possuem pupila cor-de-rosa; os parciais, como os gatos siameses, possuem pupila de coloração azul. Os albinos apresentam células pigmentares com produção defeituosa de pigmentos, porém outra explicação seria a ausência dessas células por causa da sua não migração durante o desenvolvimento embrionário. A morfologia da pupila varia com a espécie.

## - Cristalino

O cristalino permite a focalização da luz incidente sobre a retina. Permite também a conservação da imagem produzida por estímulos visuais sobre ela, sendo este fato considerado uma forma dinâmica de acomodação. O cristalino é uma lente envolvida por uma cápsula e se encontra suspenso aos processos ciliares por meio de zônulas (ligamentos). Quando o músculo

ciliar se contrai e a tensão sobre as zônulas diminui, ele se torna espesso (mais convexo), particularmente na sua face anterior. A medida que isso ocorre, a íris é empurrada para a frente.

O músculo ciliar é inervado por neurônios parassimpáticos. A maior parte deles, localizada nos gânglios ciliares, inerva os músculos ciliares. Os receptores colinérgicos muscarínicos podem ser bloqueados pela atropina. Receptores beta2-adrenérgicos, quando estimulados, têm ação inibitória sobre a musculatura ciliar. Dessa maneira, quando um animal é excitado e a tensão simpática aumenta, o cristalino torna-se menos convexo e o olho acomoda-se para a visão de objetos distantes.

#### - Humor vítreo

O humor vítreo é um hidrogel claro que contém ácido hialurônico e uma moldura formada por fibrilas colágenas semelhantes aquelas das cartilagens articulares. Desconsiderando-se o ácido hialurônico e o colágeno, a composição do humor vítreo é muito semelhante à do humor aquoso. Os nutrientes difundem-se lentamente através do humor vítreo desde o corpo ciliar até a retina. Alterações nas barreiras retina-sangue e humor vítreo-sangue afetam este último humor. Contudo, por causa do seu volume relativamente grande, tais alterações se processam muito mais lentamente nele do que no humor aquoso. Não existe nenhuma barreira entre esses dois humores ou entre o vítreo e a retina. O humor vítreo fornece suporte físico ao cristalino e mantém a retina junto à coróide. Alterações físico-químicas no hidrogel vítreo causam luxações do cristalino e deslocamento da retina.

#### - Retina

As células da retina participam da atividade fotorreceptora promovendo aumento do potencial reflexo nos axônios ganglionares. Células horizontais, células amácrinas e células da glia estão envolvidas nessa integração. Por exemplo, verificou-se que determinadas áreas da retina com formato grosseiramente circular que circundam certos tipos de células ganglionares, quando estimuladas, promovem aumento da atividade dessas células. Tais zonas são, por sua vez, circundadas por outras que, se estimuladas, diminuem a atividade daquelas células. Por outro lado, existem ainda outras zonas circulares que, quando estimuladas, diminuem a atividade das células ganglionares de outro tipo, e qualquer estímulo nas áreas circundantes geralmente faz aumentar essa atividade. Assim, as áreas central e periférica da retina são antagonistas entre si, indicando que a atividade das células ganglionares é afetada por estímulos em outras áreas retinianas.

Nas aves o cérebro controla, via trajetos centrífugos, a transmissão na retina, atuando sobre as células amácrinas. Nos mamíferos domésticos, a retina contém predominantemente bastonetes, enquanto que nas aves domésticas predominam os cones. O número de cones nos mamíferos é maior na região central e o número de fotorreceptores por célula bipolar diminui à medida que se aproxima dos pontos retinianos centrais mais sensitivos. Quando certo número de células faz sinapses com outras células, o fenômeno é chamado convergência.

Por acuidade visual entende-se a capacidade de perceber nitidamente detalhes e formas dos objetos. Chama-se fóvea uma área que, submetida a uma luminosidade adequada, apresenta alta acuidade visual. A fóvea de primatas e aves encerra somente cones e nela a relação entre cones e células bipolares é de 1:1 (ausência de convergência). Os mamíferos domésticos carecem de fóveas, porém possuem zonas centrais mais sensitivas e ricas em cones ou áreas estriadas com formato de pupila. Na obscuridade, a rodopsina é acumulada nas membranas dos discos, fato que confere aos bastonetes grande sensibilidade à luz. Este processo é chamado adaptação à obscuridade. Os fotorreceptores gastam 20 a 40 minutos para atingir sua sensibilidade máxima à luz. Na claridade, a concentração de rodopsina diminui: portanto, os bastonetes tomam-se insensíveis e, neste caso, a visão resulta da estimulação dos cones (adaptação à claridade). Este processo completa-se em cerca de 5 minutos. A avitaminose A causa anormalidades na visão. Um dos primeiros sinais dessa deficiência é a cegueira noturna (nictalopia).

No gato, o aminoácido taurina é necessário para a função e viabilidade dos fotorreceptores. Se dietas deficientes em taurina, como, por exemplo, rações para cães forem fornecidas para gatos ocorrerão anormalidades nos fotorreceptores, inicialmente na *area centralis* (região de maior concentração de cones). A queda do teor de taurina em gatos esta associada a alteração na atividade elétrica da retina, como aumento de latência e diminuição de amplitude.

O registro gráfico da atividade elétrica (variações do potencial) da retina é denominado eletrorretinograma (ERG). O ERG pode ser conseguido nos mamíferos e *flashes* de luz. Nestes casos, serão registradas as ondas **a**, **b** ou **c**. A onda **a** origina-se provavelmente nos fotorreceptores; a onda **b**, nas células da glia e possivelmente nas células horizontais e amácrinas e, ainda, nos neurônios bipolares; e as ondas **c** tem origem no epitélio pigmentado. Qualquer alteração no olho ou no estímulo afetará o ERG. O ERG pode ser conseguido seccionando-se o nervo óptico (axônios das células ganglionares).

- Óptica e movimento ocular

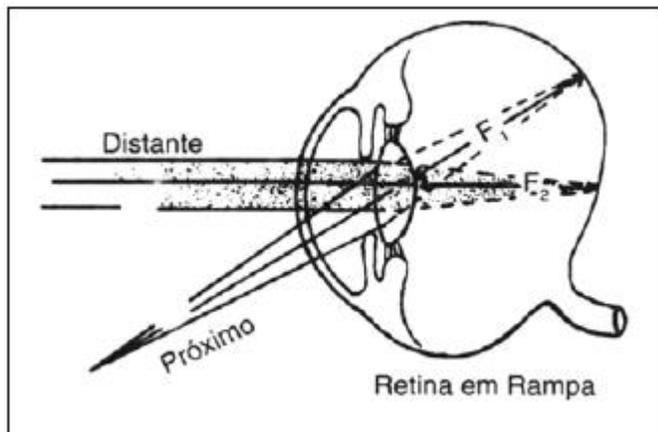
A curvatura e o índice de refração de uma lente definem sua potência que é expressa em dioptrias(D). Entende-se por refração a deflexão da luz quando esta passa de um meio para outro de diferente densidade óptica. Índice de refração é a razão entre a velocidade da luz no vácuo e essa velocidade no meio considerado.

Nos aparelhos ópticos a imagem é mantida em foco movimentando-se a lente em relação ao objeto, enquanto no olho o cristalino modifica sua potência ou D, alterando sua forma afim de manter a imagem em foco sobre a retina. Essa mudança de forma é chamada acomodação visual. Em outras palavras, toda lente de vidro apresenta distância focal constante, enquanto o cristalino consegue modificá-la.

O olho é denominado emétrepe quando em repouso e consegue focar sobre a retina luz do raios paralelos, isto é, quando a imagem de um objeto distante se foca na retina. Se não se forma no foto, o olho é dito amétrepe. A ametropia ocorre em consequência de erros na refração (por exemplo, cristalino com potência muito baixa ou muito alta ou, ainda, globo ocular muito achatado ou muito alongado). Se feixes paralelos que incidem sobre o olho em repouso fizerem foco na frente da retina, o olho amétrepe é então denominado míope; se aqueles raios formarem foco atrás da retina, o olho é hipermétrepe (estado de hiperopia).

A capacidade de acomodação visual em animais domésticos varia de espécie para espécie. Mamíferos predadores como cães e gatos têm maior capacidade de aumentar a potência do cristalino do que aqueles que são predados, como os eqüinos e ruminantes. Nos gatos, a acomodação visual é tão pronunciada que o cristalino chega a empurrar a íris para frente à medida que se torna mais convexo. A capacidade de acomodação varia provavelmente com a raça, entre espécies e mesmo entre indivíduos. A maioria dos mamíferos não consegue uma acomodação visual tão extensa como o homem.

Nos eqüinos os músculos ciliares são fracos e a acomodação dinâmica realizada pela mudança da forma do cristalino ocorre em menos grau que nos predadores. É possível que estes animais utilizem uma forma estática de acomodação visual – retina em rampa. Ela permite maior distância focal para visão baixo que para visão ao longo do eixo maior do globo ocular (F9), significando que para objetos próximos e localizados em posição inferior entram em foco com mínima ou nenhuma acomodação. O modo de movimentar a cabeça e os olhos nos eqüinos sugere que esses animais possuem retina em rampa.

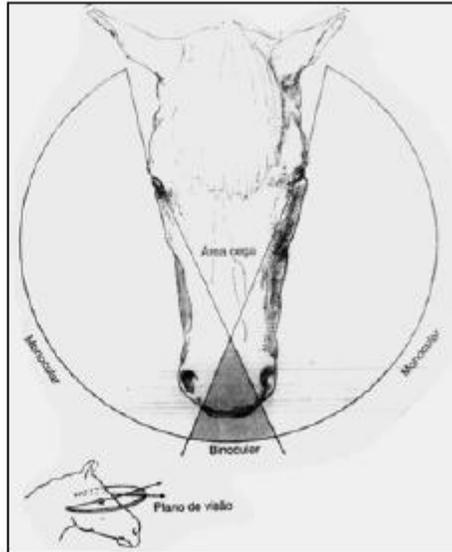
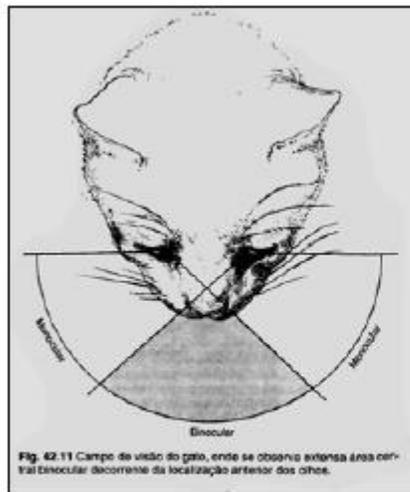


O nistagmo rotatório e pós-rotatório são modalidades de nistagmo vestibular (do labirinto), provocados por estimulação dos canais semicirculares. Aceleração ou desaceleração durante rotação da cabeça promove, por inércia, o deslocamento de endolinfa nos canais semicirculares, resultando no arqueamento da cúpula. Se os olhos estiverem abertos durante a rotação, o nistagmo optocinético e o rotatório potencializam um ao outro. O nistagmo pós-rotatório tem duração de  $20 \pm 5$  segundos, mas esse tempo é reduzido se os olhos forem abertos durante a rotação.

Ainda não se sabe com segurança o que um animal consegue perceber por meio da visão. Todavia, estudos comportamentais, bioquímicos, eletrofisiológicos e anatômicos permitiram ter-se uma idéia de como a visão dos animais se compara à do homem. Acredita-se que primatas, aves, répteis, anfíbios e peixes distinguem as cores de maneira mais ampla do que os mamíferos domésticos. Por exemplo, os cones nos felinos são extraordinariamente sensíveis ao verde e, assim, os gatos diferenciam o azul do cinza ou verde na maior parte das vezes, desde que os estímulos atinjam amplo ângulo visual.

As aves de rapina, que possuem mais de uma fóvea, apresentam excelente resolução em virtude de seus cones estarem estrategicamente localizados. Assim, algumas espécies de aves apresentam a fóvea estriada situada na porção dorsal do *fundus*, que lhes permite visualizar bem a topografia do solo ou da água em busca de presas. A posição anatômica dos olhos na cabeça certamente exerce grande influência na amplitude da visão. A área total que pode ser vista pelo olho é chamada de campo de visão. Os campos de visão dos dois olhos se sobrepõem na região central.

Os olhos afastados dos herbívoros que servem de presa permitem-lhes uma visão panorâmica. Em algumas espécies de mamíferos (coelhos, eqüinos), as áreas localizadas imediatamente adiante do focinho e as que se encontram atrás dos membros posteriores ficam fora de seus campos de visão. Nos coelhos, o campo de visão binocular torna-se ainda menor na sua retaguarda, quando levantam a cabeça. Os eqüinos conseguem um campo de visão de 360 graus quando levantam a cabeça ou quando pastam.



Campo de visão do equino. Quando os olhos são dirigidos para (não apontado), forma-se uma área cega estendida adiante das narinas. Quando são voltados para trás, porém no mesmo nível do corpo (não apontado), a área cega forma-se atrás do corpo do animal.

## II – GUSTAÇÃO OU PALADAR

A função do paladar está geralmente associada com a ingestão de alimento. Alguns pesquisadores sugerem que ela favorece a prudência nutricional, isto é, o paladar fornece ao animal uma "dica" quanto ao valor de um alimento. Há evidências de que o comportamento da seleção baseado no paladar é complementar à necessidade fisiológica. Por exemplo, em uma situação de escolha (água *versus* solução salina) o rato adrenalectomizado selecionará o sal necessário para manter a vida. Há várias comunicações, muitas sem base, que concluem que o paladar se desenvolveu para permitir que um animal rejeite substâncias tóxicas e aceite alimento nutritivo.

Os animais silvestres, entretanto, podem ser atraídos por algumas iscas venenosas, e muitos produtos alimentares nutricionalmente úteis podem não ser saborosos (por ex., alfafa para a galinha). É evidente que, tanto para os animais domésticos como para os silvestres, o paladar não é sempre um guia confiável para o valor nutritivo. Uma função mais importante do paladar é seu efeito sobre a digestão e possivelmente o metabolismo. O paladar e o olfato servem como orientação, determinando que o alimento entrará no trato digestivo.

### - Receptores do paladar

Os órgãos do paladar dos mamíferos localizam-se na mucosa das cavidades oral e laríngea. A concentração máxima de receptores está na mucosa da língua, particularmente no dorso. Todos os mamíferos e aves que foram estudados têm órgãos do paladar que são comumente denominados como botões gustativos. A distribuição dos botões varia entre as espécies. Os botões gustativos estão geralmente concentrados sobre as papilas circunvaladas e fungiformes. Os botões gustativos nas vacas e ovelhas são geralmente de forma oval; seu comprimento é de aproximadamente 100µm e sua largura varia de 20 a 45 µm. Os botões gustativos do cavalo são ligeiramente menores e em forma de melão, enquanto os dos caprinos são ainda menores, de forma oval irregular, com cerca de 30 por 60 µm. O porco tem botões em forma de fuso com 20 por 90 µm. No gato e no cão, os botões gustativos são circulares com diâmetro de aproximadamente 30 µm. Os botões gustativos das aves têm formas características intermediárias entre aquelas dos peixes e mamíferos e que se assemelham aos dos répteis.

## - Variabilidade entre as espécies

Uma afirmação comum é a de que os animais participam do mundo do paladar humano. Isto é geralmente classificado como indicando graus variáveis de deficiência do paladar em animais. A base para esta afirmação pode ser o fato de que muitas pesquisas sobre o comportamento do paladar têm sido processadas no rato de laboratório que, por acaso, tem um sentido de paladar, semelhante em muitos aspectos ao dos seres humanos. Evidências recentes, porém, estabelecem claramente que cada espécie animal vive em um mundo do paladar diferente. É mais real aceitar que cada espécie tem um sentido do paladar complementar às suas próprias necessidades ecológicas e que as similaridades com os seres humanos são instâncias de sobreposição em vez de desenvolvimento mais completo.

## GALINHA

Ela e muitas outras aves são indiferentes aos açúcares comuns. Ela mostra indiferença e depois aversão a concentrações crescentes de sal. O octacetato de sacarose em uma concentração que é amarga para os seres humanos é prontamente aceito pela galinha e por muitas outras espécies de aves. Todavia, o sulfato de quinino, que é extensivamente usado como um padrão de estímulo amargo para seres humanos e ratos, também é rejeitado por muitas espécies de aves. Algumas das secreções defensivas de insetos têm um sabor excepcionalmente desagradável para aves. O sabor aparentemente pode ser importante nessas relações predador-presa, embora os estímulos visuais e o contexto social sejam mais importantes.

O dimetiltranilato, que é usado na indústria de alimentos humanos, é excepcionalmente desagradável para a galinha e muitos outros membros da classe das aves em uma concentração de 1:10.000. Particularmente com vistas aos sabores doce e amargo o julgamento sensorial dos seres humanos é, assim, um guia não confiável para como a ave responderá.

## RUMINANTES

A maioria dos trabalhos sobre o paladar dos ruminantes tem sido realizada com bezerros. O trabalho deve ser interpretado com cautela, visto que esta espécie sofre uma abrupta modificação na dieta durante a vida, mudando do leite para uma dieta tipicamente herbívora. Os bezerros, quando lhes é oferecido uma escolha entre água pura e uma solução de sacarose até 1%, que é insípida para os seres humanos, selecionarão a sacarose quase exclusivamente. Além disso, essa solução de sacarose ocasiona uma duplicação da ingestão líquida diária. O bezerro é indiferente à lactose, e no rato este açúcar também não é amplamente preferido à água. Ao contrário, o gambá prefere a lactose à água. Além disso, o bezerro seleciona a xilose, que é o único açúcar reportado como sendo desagradável para a galinha. O bezerro é indiferente às soluções de sacarina em níveis que são doces ou agradáveis para seres humanos e ratos. Um teste com muitos outros adoçantes sintéticos usados por seres humanos falhou em revelar quaisquer preferências marcantes. Tanto bezerros como caprinos mostraram preferências acentuadas pela glicose.

O bezerro tem ampla tolerância ao pH. Ao contrário da galinha, no entanto, eles mostram maior grau de aceitação do lado alcalino e menor do lado ácido. Além disso, os bezerros são menos sensíveis aos ácidos minerais do que aos ácidos orgânicos. Há uma tolerância substancial ao cloreto de sódio pelos bezerros e caprinos. Essa resposta do paladar tem sido utilizada em situações em que o sal é adicionado a um suplemento proteico com a finalidade de regular a ingestão. Embora os caprinos sejam incomumente intolerantes ao hidrocloreto de quinino, os bezerros rejeitam soluções na concentração de 0.000 1M. Vacas leiteiras, entretanto não recusam o octacetato de sacarose em concentrações que são repugnantes para os seres humanos.

## GATOS

Os adultos não mostraram nenhuma preferência pela sacarose, lactose, maltose, frutose, glicose ou manose. De fato a grande ingestão de apenas um açúcar – sacarose – pode causar vômitos, diarreia e mesmo a morte. Eles evitam a sacarina e o ciclamato em altas concentrações. O quinino e o ácido cítrico também são evitados.

## CÃES

Cães adultos receberam biscoitos padrões com adição de glicose, frutose, sacarose, maltose ou sacarina. Embora tenha havido substancial variação individual, todos os biscoitos que continham açúcar foram escolhidos ou pelo menos tolerados indiferentemente. Alguns dos cães mostraram acentuada aversão pela sacarina. O octacetato de sacarose em concentrações desagradáveis para ratos e seres humanos foi aceito indiferentemente por cães. Em cães conscientes com fístulas gástricas e intestinais, foi observado que a natureza e o volume das secreções pancreáticas são influenciados pelos estímulos de sabor.

## PORCOS

Os porcos respondem a soluções de sacarose. A preferência pela glicose e lactose é menor. Em um teste com sacarina uma minoria de porcos a achou desagradável em todas as concentrações oferecidas. A maioria dos porcos, no entanto, escolhe soluções de sacarina mesmo em concentrações excessivamente doces (2,5%) para seres humanos. Os porcos parecem não mostrar nenhuma preferência pelo ciclamato de sódio, uma substância que é doce para seres humanos. A intoxicação por sal nos porcos é periodicamente relatada. No entanto, onde havia água pura à disposição, os animais em teste não consumiam quantidades letais de sal. Os porcos rejeitam alguns sais de quinino.

## PEIXE

O paladar no bagre, uma espécie importante em aquicultura, tem sido o foco de muitos estudos por causa da intensa sensibilidade deste sistema. O bagre freqüentemente se alimenta no fundo de águas muito escuras, talvez porque sua sensibilidade de paladar é tão bem desenvolvida. As células gustativas receptoras estão localizadas em toda a superfície da pele, porém estão concentradas nos bigodes ou barbelas. O bagre, além de ser capaz de detectar diferenças nas concentrações dos sabores também tem a capacidade de localizar a fonte desses compostos.

## III - OLFATO

O olfato em animais é mediado por vários sistemas sensoriais distintos. Os dois mais importantes são o sistema olfativo principal, com receptores na porção dorso caudal da cavidade nasal, e o sistema olfativo acessório, com receptores localizados dentro do órgão de Jacobson ou vômero nasal localizado próximo às partes externas da narina. O sistema olfativo constitui em narinas pares (orifícios externos), narinas internas (coanas), câmaras ou cavidades nasais, células receptoras, nervos olfativos e os bulbos olfativos do cérebro.

#### - Mecanismos de estimulação olfativa

Nenhum receptor olfativo foi ainda totalmente caracterizado, de modo que os detalhes precisos a respeito de como as substâncias químicas odoríferas exercem seus efeitos não são conhecidos. Acredita-se que o estímulo olfativo interage com pontos receptores macromoleculares específicos, provavelmente proteínas, localizados nos cílios. O número de pontos receptores diferentes não é conhecido, mas pode ser muito grande para dar conta de toda a variedade de odores que um animal pode detectar e discriminar.

Após a interação com um ponto receptor, ocorre a despolarização da membrana celular. Recentes estudos bioquímicos e neurofisiológicos indicam que, como no paladar, a despolarização é seguida pela ativação intracelular de segundos mensageiros que são necessários para evocar um potencial de ação, enviando deste modo um sinal para o bulbo olfativo. O complexo processamento da informação olfativa inicia-se no bulbo olfativo.

Embora seja amplamente assumido que existe uma seqüência similar de eventos para os receptores vômero nasais, nenhuma evidência experimental está disponível para este sistema, visto que o sistema acessório pode ser sensível a moléculas grandes não-voláteis, tais como as proteínas, são possíveis novos mecanismos transdutores.

#### - Variabilidade entre espécies

Há diferenças muito grandes quanto às dimensões relativas das estruturas olfativas e quanto à capacidade de detectar odores entre as espécies. O cão é citado como capaz de detectar mais odores com várias ordens de magnitude inferiores em concentração do que os que são detectados pelos seres humanos.

Animais muito sensíveis como o cão, são denominados macrosmáticos, enquanto animais que podem detectar odores mas são muito menos sensíveis, tais como algumas espécies de aves, são denominados microsmáticas. Alguns animais, como os mamíferos marinhos (golfinhos, baleias), nos quais falta totalmente um aparelho olfativo, não podem sentir cheiros, e são chamados anósmicos.

Embora seja geralmente considerado que o tamanho do bulbo olfativo em relação ao restante do cérebro é um boa indicação de quão sensível é um animal aos odores, este não é o caso necessariamente. Evidências recentes indicam que algumas espécies de aves, tais como os cowbirds, que têm bulbos olfativos relativamente pequenos, são surpreendentemente sensíveis a pelo menos alguns odores. No entanto, as aves com os maiores bulbos olfativos, tais como os quivis e algumas aves árticas, também parecem fazer o melhor uso dos odores e ser as mais sensíveis. A maioria dos mamíferos domésticos é provavelmente bastante sensível aos odores. Contudo, foram realizados poucos estudos comparativos à sensibilidade olfativa em outras espécies à exceção de cães, ratos e seres humanos de modo que não puderam ser feitas comparações precisas.

## **IV - AUDIÇÃO**

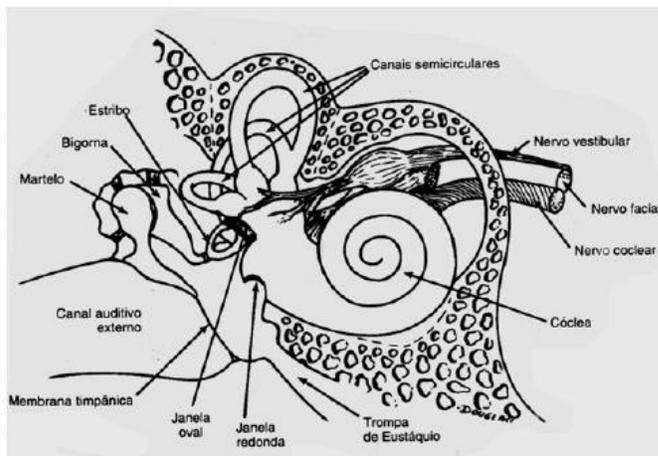
Todos os animais domésticos são capazes de ouvir sons em seu meio ambiente. A audição dos mamíferos e nas aves é geralmente reconhecida como mais desenvolvida que em qualquer outra classe de animais. Embora o aparelho auditivo não seja idêntico em todas as espécies domésticas (o ouvido das aves difere substancialmente daquele dos mamíferos), as estruturas básicas e modos de funcionamento têm um padrão comum. O ouvido em todos os animais domésticos converte eficientemente a informação acústica do meio ambiente para impulsos nervosos que são transmitidos para o sistema nervoso central (SNC).

O ouvido do mamífero, especialmente, é sensível aos sons de uma ampla faixa de intensidades de frequências. Os seres humanos, por exemplo, podem detectar sons cujas pressões são da ordem de milhares de um microbar (um microbar é um milionésimo da pressão atmosférica padrão) e podem ainda tolerar pressões um milhão de vezes mais altas por curtos períodos. Os ouvidos de muitos mamíferos são sensíveis a frequências que cobrem uma faixa de aproximadamente 10 oitavas.

Ruídos e sons barulhentos consistem em flutuações de pressão mais ou menos ao acaso. Diz-se que tais sons têm um espectro contínuo, compreendendo a energia de muitas frequências dentro de uma faixa mais do que frequências harmônicas claramente reunidas que contribuem para o estímulo sonoro. O outro principal atributo do som, além da frequência, é a intensidade. Para cada frequência, a altura do som depende da intensidade, porém a altura também varia de acordo com a frequência; os ouvidos de algumas espécies são mais sensíveis a determinadas frequências do que a outras, e esses sons, em dada intensidade física, parecem mais altos que os sons aos quais o animal é menos sensível.

- Anatomia

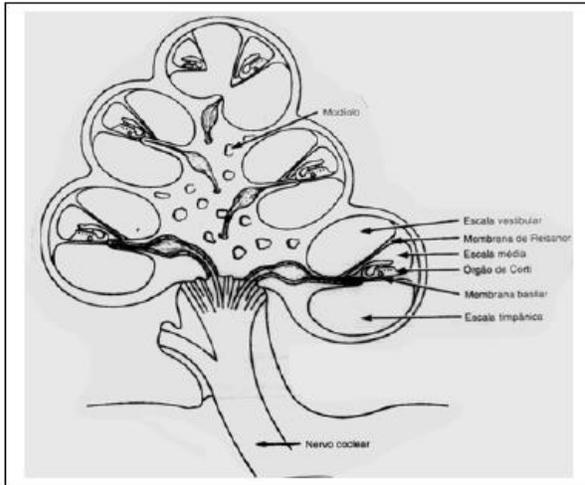
O ouvido é formado por três compartimentos: o ouvido externo, que consiste em pavilhão circular ou orelha; e o meato auditivo externo (canal auditivo); o ouvido médio que consiste na cavidade timpânica contendo os ossículos, a trompa de Eustáquio (tuba auditiva) com seu divertículo e bolsa gutural (nos equídeos); e o ouvido interno ou labirinto, que consiste em uma parte acústica, a cóclea, e uma parte não acústica, o órgão vestibular.



Ouvido de mamífero

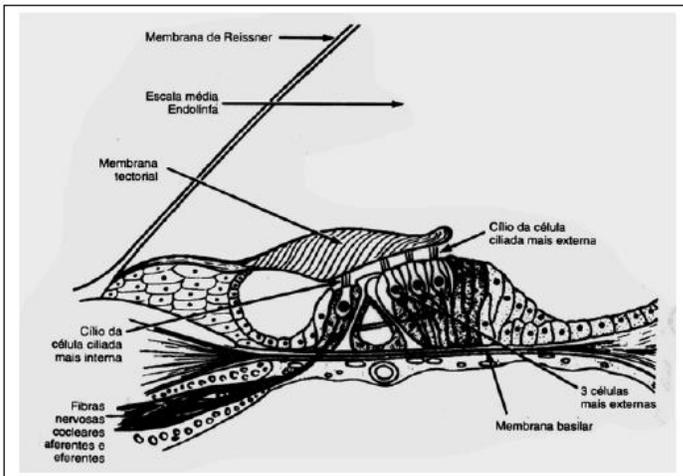
A anatomia foi um pouco modificada para maior clareza e a base do estribo foi retirada da janela oval na qual ele normalmente se assenta. Os ossículos - martelo, bigorna e estribo - conduzem as ondas sonoras desde a membrana timpânica ou tímpano até a cóclea, que contém as células receptoras. Os canais semicirculares são parte do sistema vestibular. O nervo facial, aqui mostrado cortado, cursa através da parede do ouvido médio. A trompa de Eustáquio (tuba auditiva) equilibra a pressão no ouvido médio com a pressão atmosférica.

A cóclea das aves difere consideravelmente daquela dos mamíferos. Ela é curta e aproximadamente reta em vez de espiralada. As células ciliadas formam um pavimento largo em vez de quatro fileiras individuais.



Corte transversal da cóclea dos mamíferos

Ela tem a forma um tubo espiralado em torno do modíolo a partir do qual as fibras nervosas se irradiam. O órgão de Corti, mostrado em maiores detalhes na próxima figura, contém as células receptoras e estruturas relacionadas. A escala vestibular comunica-se com a janela oval, através da qual a energia sonora é transmitida pelo estribo. Acusticamente, a escala média e a escala vestibular formam um único conduto; a fina membrana de Reissner serve apenas para evitar que os líquidos dos dois compartimentos se misturem. A escala timpânica provê uma via de retorno para as ondas sonoras até a janela redonda.



Órgão de Corti

À medida que a membrana basilar é flexionada pelas ondas sonoras que fazem seu trajeto através da escala vestibular e escala média, os cílios das células ciliadas são inclinados pela membrana tectorial. Isto altera a corrente iônica através das células citadas, estimulando a liberação do neurotransmissor em suas sinapses com as fibras nervosas cocleares. A endolinfa dentro da escala média, que tem uma concentração de potássio extraordinariamente alta, provê o potencial de voltagem que dirige a corrente iônica.

- Mecanismos da audição

As ondas sonoras que penetram no canal auditivo externo fazem a membrana timpânica vibrar. Com relativamente pouca perda de energia, as ondas assim geradas são transmitidas mecanicamente através da cavidade timpânica por ação dos ossículos auditivos. Os movimentos da base do estribo causam ondas na perilinfa do labirinto, o que faz com que a membrana basilar vibre. A medida que essa membrana se move para cima e para baixo, as células ciliares são deslocadas. A medida que a membrana basilar se move para cima e para baixo, a membrana tectorial move-se lateralmente em relação às células ciliares. Visto que as pontas dos estereocílios das células ciliadas mais externas estão embutidas na membrana tectorial, eles são curvados por esse movimento. Os estereocílios das células ciliadas mais internas também são curvados, sendo transmitidos através da fina camada de líquido sobre a membrana tectorial. O encurvamento dos cílios altera a permeabilidade da célula ciliada ao fluxo iônico. Essa corrente flutuante reproduz o sinal acústico que atinge o ouvido. O fluxo da corrente através das células ciliadas resulta na liberação de um neurotransmissor a partir da base da célula ciliada onde ela faz sinapse com as fibras do nervo auditivo. Esse neurotransmissor é o estímulo que inicia um impulso nervoso para o cérebro.

#### - Faixa de audição

Tradicionalmente, a sensibilidade da audição em animais tem sido avaliada por meio de técnicas comportamentais. Por exemplo, o animal pode ser treinado a obter alimento pressionando uma alavanca e então ser ensinado que este comportamento só fornece alimento em presença de um som. A sensibilidade da audição pode ser estimada através da determinação da intensidade dos sons em várias frequências que farão com que o animal aperte a alavanca. Mais recentemente, métodos eletrofisiológicos fornecem evidências mais diretas da função auditiva. A atividade elétrica eliciada pela estimulação acústica pode ser registrada a partir da própria cóclea, ou a atividade neuronal pode ser registrada a partir do nervo auditivo ou de vários pontos no SNC.

A amplitude de frequências que pode ser detectada varia entre as espécies. Os seres humanos podem detectar sons na faixa de 20 a 20000 Hz. Alguns animais podem perceber frequências muito mais altas que 20000 Hz. A frequência mais audível para o rato parece ser de 40000 Hz. Frequências tão altas quanto a dos 98000 causam alterações dos potenciais na cóclea do morcego. Cães e humanos são aproximadamente iguais em frequências baixas, mas os cães parecem notavelmente superiores nas frequências entre 1000 e 8000. Os animais domésticos de porte maior – bovinos, ovinos e eqüinos – têm faixas similares de audição; o limite superior para gatos pode aproximar-se de 100000 Hz.

#### - Deficiência auditiva

A perda da audição nos animais domésticos pode ser de dois tipos em geral. A deficiência sensorineural, que envolve doença do ramo coclear do nervo auditivo; e perda na condução, que ocorre quando as ondas sonoras não podem ser transmitidas eficazmente para o ouvido interno. Neste último caso, as causas incluem oclusão do meato externo, ruptura do tímpano e mau funcionamento dos ossículos. A causa mais comum de deficiência auditiva em seres humanos e animais de laboratório (e provavelmente outras espécies) é a otite média - processos inflamatórios ou infecciosos, resultando no acúmulo de líquido no ouvido médio, o que interfere na mobilidade do tímpano.

Testes objetivos da deficiência auditiva são atualmente possíveis e, pelo menos na pesquisa da audição bastante rotineiros. O método envolve o registro da atividade elétrica que se origina do nervo auditivo e núcleos dentro das vias auditivas do tronco cerebral com a utilização de eletrodos na cabeça. Esses potenciais, conhecidos coletivamente como respostas auditivas evocadas no tronco cerebral (BAER) ou por termos similares, são muito pequenos quando medidos na cabeça, mas podem ser detectados por uma forma de processamento por computador, conhecida como

média de sinais. Isto envolve um conjunto de respostas para centenas ou milhares de apresentações de estímulos. Quando as médias das respostas são obtidas, o padrão eliciado pelo som pode ser detectado enquanto as interferências são reduzidas. Visto que o estímulo pode ser repetido muito rapidamente (20 vezes por segundo é comum), a coleta de dados não precisa levar muito tempo. A próxima figura ilustra uma série de BAER registradas em um cão. Uma alta intensidade é testada primeiro, e então a intensidade é reduzida até que a resposta desapareça. As limitações são que o equipamento especializado custa dezenas de milhares de dólares e que o animal deve estar adormecido para evitar interferências da atividade muscular.

Um método para detectar problemas no ouvido médio, conhecido como audiometria de impedância, tem ampla utilização com bebês e crianças e pode ter aplicações veterinárias. O princípio é de que a membrana timpânica normal tem baixa resistência ou impedância acústica à transmissão do som: as ondas sonoras que chegam à membrana timpânica normal são prontamente transmitidas através dos ossículos para dentro do ouvido interno. Se a membrana timpânica se torna imóvel por acúmulo de líquido no ouvido médio, sua importância é amplamente aumentada, com o resultado de que o som é refletido para trás em vez de penetrar no ouvido médio. O teste envolve a introdução de um som no canal auditivo e medição da pressão do som resultante no canal o que é função da energia refletida pela membrana timpânica.

Além de detectar o líquido que acompanha a otite média, a audiometria de impedância pode detectar uma membrana timpânica excessivamente complacente indicativa de descontinuidade dos ossículos ou pressão anormal de ar no espaço do ouvido médio. Esta última medida é feita através da variação de pressão no canal auditivo; apenas quando a pressão no interior é igual à pressão no ouvido médio, a membrana timpânica terá sua maior complacência.

#### - Localização do som

Dois estímulos ajudam a identificar a direção de onde vem o som. O primeiro refere-se à intensidade do som nos dois ouvidos. Esse estímulo é mais eficaz para sons de alta frequência, visto que estarão mais atenuados para o ouvido que está virado para mais longe da fonte do som. O segundo estímulo é a diferença no tempo que o som leva para atingir os dois ouvidos. Existem neurônios dentro do SNC que são extremamente sensíveis aos retardos nas respostas dentro os dois ouvidos. Os movimentos da orelha auxiliam na localização das fontes dos sons, como se torna evidente ao se observar um cavalo ou cervo que tenha detectado um som estranho.

#### **V - TATO**

Os receptores do tato localizam-se em maior ou menor número nas porções corporais isoladas. Podemos distinguir entre receptores que se localizam logo abaixo da superfície corpórea e receptores que se localizam profundamente, principalmente nos músculos. Os primeiros conduzem a sensibilidade superficial e os segundos a sensibilidade profunda. Os distúrbios da sensibilidade podem manifestar-se como uma hipersensibilidade (hiperestesia), hipossensibilidade (hipoestesia) e como a falta total de sensibilidade (anestesia). Além destes distúrbios também podem ocorrer impressões que normalmente não existem, chamadas de disestesias (parestesias).

Por meio do tato são medidas diversas qualidades sensoriais, que diferem entre si pelo tipo de estímulo, como também pela impressão que ocorre, ou seja: as impressões de pressão e contato, as sensações dolorosas assim como as sensações de cócegas e os pruridos. Todas essas impressões têm em comum a utilização das mesmas vias nos nervos cranianos e espinhais, até chegar ao órgão central. Em animais inferiores a sensibilidade superficial está a serviço, principalmente, da manutenção ativa da vida. Os estímulos nos receptores provocam as sensações dolorosas assim como as sensações dolorosas, assim como sensações primitivas de pressão e temperatura. Portanto, o animal tenta esquivar-se ao estímulo. Essa sensibilidade protopática pode

ser comparada à sensibilidade epicrítica ou estereognóstica, que nos animais superiores se desenvolve em maior grau. Nesta, o estímulo é bem definido quanto ao seu tipo, origem, etc.

#### - As sensações de pressão e contato

Os receptores para as sensações de pressão encontram-se espalhados por praticamente todo o organismo, faltando somente nos órgãos internos e nas serosas. Os receptores para a sensibilidade de contato encontram-se logo abaixo da superfície cutânea, com exceção da córnea e conjuntiva ocular e da glândula do pênis. Os estímulos adequados para a sensibilidade de pressão e contato são as deformações mecânicas. Neste caso, os receptores diferem entre si por seu limiar. Os receptores de contato possuem um limiar baixo, os receptores de pressão um limiar de estímulo mais elevado.

Quando ocorre um estímulo puntiforme da superfície corpórea, podemos notar que nem toda esta superfície é sensível à pressão, mas somente em determinados pontos, os pontos de pressão que correspondem aos receptores de pressão que se encontram na profundidade. Os valores limiares que levam à percepção da sensação dependem de vários fatores. Quanto mais rápido for o aumento da pressão e quanto mais rápido se processar a deformação, menor é o limiar de estímulo. Quando a intensidade do estímulo for a mesma, o limiar de um estímulo de pequena superfície é menor que um estímulo de grande superfície. A menor pressão a ser exercida para provocar uma sensação varia nas diversas porções orgânicas, sendo que a quantidade mínima de energia é de 0,03 erg, aproximadamente.

As sensibilidades vibratórias são provocadas por estímulos fracos, muitas vezes repetidos sobre a superfície corpórea. Assim, são detectados insetos que correm sobre a superfície corporal, mas não os insetos que estão em repouso, pois sua massa é muito pequena. A sensibilidade de campos isolados da pele é diferente nas diversas espécies animais. Um exemplo é a sensibilidade dos lábios do cavalo que é muito boa, a ponto de evitar que corpos estranhos sejam ingeridos. Porém a sensibilidade da língua dos bovinos não é tão desenvolvida, fato pelo qual muitas vezes são ingeridos corpos estranhos. A sensibilidade na parte achatada do focinho do porco também é bem desenvolvida. Nas regiões corporais nas quais se encontram pêlos táteis, o sentido do tato é muito bem desenvolvido devido à presença dos receptores específicos. Nas aves o tato é bem desenvolvido especialmente na pele queratosa (ceroma) do bico.

#### - Tipos de receptores

Cerca de dez tipos de receptores aferentes foram encontrados na pele sem pêlos dos mamíferos. A maioria desses receptores estão associados com os folículos pilosos e são sensíveis ao movimento do pêlo.

Existem vários tipos de receptores, cada qual com sua função específica:

##### Corpúsculos terminais de Vater-Pacini:

Percebem principalmente estímulos de alta frequência (vibrações) de até cerca de 1000 Hz. Tem um campo de recepção especialmente grande, sendo correspondentemente menor sua capacidade de localização exata do estímulo.

##### Corpúsculo de Krause:

Receptores para o frio, descarregam com uma queda de temperatura.

##### Corpúsculo de Ruffini:

Receptores para o calor, descarregam com um aumento de temperatura. Assim como o de Krause, também é insensível a estímulos mecânicos.

## **RESPIRAÇÃO EM MAMÍFEROS** **(Ismar Araújo de Moraes)**

### **I - INTRODUÇÃO**

#### **1. Estrutura e função do sistema respiratório**

O sistema respiratório fornece oxigênio para sustentar o metabolismo tecidual e remove dióxido de carbono. O consumo de oxigênio e a produção de dióxido de carbono variam com a taxa metabólica, que depende principalmente da atividade física. As espécies menores têm o consumo de oxigênio por quilo de peso corpóreo mais alto que as espécies maiores. Quando os animais se exercitam, os músculos requerem mais oxigênio, e portanto o consumo de oxigênio aumenta. O consumo máximo de oxigênio no cavalo é três vezes maior que o consumo máximo de oxigênio em uma vaca de peso corpóreo similar, e os cães têm consumo máximo de oxigênio mais alto que os caprinos de mesmo tamanho. As espécies mais aeróbias, como os cães e eqüinos, têm um volume máximo de consumo de oxigênio mais alto pois a densidade mitocondrial do músculo esquelético é maior que nas espécies menos aeróbias.

Embora as exigências de troca gasosa variem com o metabolismo e possam aumentar até trinta vezes durante exercício vigoroso, normalmente elas são feitas com pequeno custo energético. Quando os animais têm enfermidade respiratória, o custo energético da respiração aumenta, havendo portanto, menos energia disponível para a realização de exercícios físicos e conseqüentemente menor desempenho do animal.

O sistema respiratório também é importante na termorregulação (com o aumento ou diminuição da frequência respiratória), no metabolismo de substâncias endógenas e exógenas, na manutenção do pH plasmático (regulando a eliminação de H<sub>2</sub>CO<sub>3</sub>) e na proteção do animal contra poeiras e agentes infecciosos inalados. A função dos órgãos da respiração está estreitamente ligada ao coração e à circulação.

- Narinas

As narinas são as aberturas pares externas para a passagem do ar. Elas são mais flexíveis e dilatáveis no cavalo e mais rígidas no suíno. A dilatação da narina é vantajosa quando há maior requerimento de ar, como exemplo, em animais corredores e naqueles em que a respiração não ocorre pela boca. O cavalo é um corredor e a sua respiração se faz somente pelas narinas, isso sugere que as narinas dilatáveis sejam uma adaptação.

- Cavidades nasais

As narinas formam a abertura externa para um par de cavidades nasais. Essas cavidades são separadas dentre si pelo septo nasal e da boca pelos palatos duro e mole. Além disso, cada cavidade nasal contém ossos turbinados (conchas) que se projetam para o interior das paredes dorsal e lateral, separando a cavidade em passagens conhecidas como meatos comum, dorsal, médio e ventral.

A mucosa dos ossos turbinados é bem vascularizada e serve para aquecer e umidificar o ar inalado. Outra função para as conchas refere-se ao resfriamento do sangue que supre o encéfalo. As artérias que irrigam o encéfalo dividem-se em artérias menores em sua base e reúnem-se antes de emergir. Essas artérias menores são banhadas de sangue venoso que vem das paredes das passagens nasais, onde foi resfriado. Como resultado, a temperatura do encéfalo pode ser diminuída em 2 ou 3°C em relação à temperatura do corpo.

O encéfalo é o órgão mais sensível ao calor, de forma que esse método de resfriamento é particularmente importante durante os momentos de extrema atividade. O epitélio olfatório está localizado na porção caudal de cada cavidade nasal e a melhor percepção de odores é conseguida pelo ato de farejar (isto é, inspirações e expirações rápidas, alternadas e superficiais).

- Faringe e Laringe

A faringe é caudal às cavidades nasais, sendo uma via comum de passagem para ar e o alimento. A abertura da faringe que leva à continuação da via de passagem de ar é a glote. Imediatamente caudal à glote está a laringe, o órgão de fonação dos mamíferos. O som é produzido pela passagem controlada de ar, que causa vibração de cordas vocais na laringe.

- Traquéia e suas subdivisões

A traquéia é a via primária de passagem de ar para os pulmões. Ela é contínua à laringe cranialmente e divide-se caudalmente para formar os brônquios direito e esquerdo. Os brônquios direito e esquerdo e suas subdivisões continuam seu caminho para os alvéolos. As subdivisões da traquéia para os alvéolos são:

- Brônquios
- Bronquíolos
- Bronquíolos terminais
- Bronquíolos respiratórios
- Ducto alveolar
- Saco alveolar
- Alvéolos

- Alvéolos Pulmonares

Os alvéolos pulmonares são os principais sítios de difusão gasosa entre o ar e o sangue dos mamíferos. A separação entre o ar e o sangue, ou seja, a distância de difusão é mínima, estando o epitélio alveolar e o endotélio capilar intimamente associados. Através da hematose o sangue venoso da artéria pulmonar torna-se sangue arterial e retorna ao átrio esquerdo através das veias pulmonares.

- Pulmões

Os pulmões são as principais estruturas do sistema respiratório. São estruturas pares e ocupam todo o espaço no tórax. Quando o tórax se expande em volume, os pulmões também se expandem, isso faz com que o ar flua para o interior dos pulmões. Os pulmões se movimentam sem qualquer atrito no interior do tórax devido à presença da pleura (membrana serosa lisa).

- Pleura

A pleura consiste de uma simples camada de células fundidas à superfície de uma camada de tecido conjuntivo. Ela envolve ambos os pulmões (pleura visceral) e se reflete dorsalmente, retornando pela parede interna do tórax e contribuindo para sua cobertura (pleura parietal). O espaço entre as respectivas camadas de pleura visceral, quando elas ascendem para a parede dorsal é conhecido como espaço mediastino. No interior do espaço mediastino, estão a veia cava, o ducto linfático torácico, o esôfago, a aorta e a traquéia. O espaço mediastino está intimamente associado ao espaço intrapleural (espaço entre a pleura visceral e parietal); assim as alterações de pressão no espaço intrapleural são acompanhadas por alterações similares no espaço mediastino. Da mesma forma, as alterações de pressão no espaço mediastino são acompanhadas no interior

das estruturas mediastínicas, contanto que suas paredes sejam responsivas a distensibilidade em relação à baixa pressão.

## 2- Histórico

Através desse longo período de tempo, muitos fenômenos respiratórios foram descobertos e descritos por grandes nomes da Ciência que contribuíram para o grande desenvolvimento e conhecimento da fisiologia respiratória.

GALENO => Século II - observou que o sangue entrava nos pulmões e retornava carregado com um grande "espírito vital". Por meios experimentais, ele demonstrou que as artérias continham apenas sangue e não eram estruturas pneumáticas como se acreditava antes.

MALPIGHI => Século XVII - observou que o ar passava via traquéia e estabeleceu a teoria de que havia uma passagem direta de ar dos pulmões para o ventrículo esquerdo.

LOWER => Demonstrou que a mudança da cor do sangue de vermelho escuro para vermelho rutilante ocorria nos pulmões como resultado do recebimento de "alguma coisa".

ANTOINE LAVOISIER => Expôs a verdadeira natureza da combustão e respiração, mostrando que tais processos são semelhantes e que envolvem a tomada do que ele chamou "oxygine" a partir do ar e a produção de "gás do ácido carbônico".

AUGUST e MARIE KROGH => Século XX - evidenciaram o fenômeno da difusão pulmonar

## 3- Física dos gases

Várias leis da física são úteis no estudo dos gases:

### LEI DE BOYLE

Essa lei relaciona **pressão com volume**: "O volume do **gás** varia inversamente com a **pressão**".

### LEI DE CHARLES

"O **volume** do gás umenta diretamente na proporção do aumento da **temperatura** em situação de **pressão constante**".

### LEI DE HENRY

Relaciona os volumes dos gases que se dissolvem na água:

"O volume do **gás** que se dissolve na **água** em equilíbrio é afetada pela **pressão do gás** ao qual a água é exposta e também pelo **coeficiente de solubilidade do gás**, sendo diretamente proporcional a cada um deles".

Os gases de interesse para a água corporal animal são o **dióxido de carbono, oxigênio e nitrogênio**. O gás carbônico é o mais solúvel dos três e o nitrogênio é o menos solúvel.

## 4- Pressão parcial

É a pressão exercida por um dado gás em uma mistura de gases. Assim, a soma das pressões parciais de cada um dos gases em uma mistura é sempre igual à pressão total. A medida é na maior parte das vezes feita em mmHg.

Pressões parciais específicas são identificadas pelos símbolos anexando-se a letra P, a qual é a designação de pressão parcial. Por exemplo, a designação de pressão parcial do oxigênio será PO<sub>2</sub>. Além disso, a particularização é alcançada com o uso de símbolos adicionais. As descrições de **arterial**, **venoso** e **alveolar** são usadas comumente e são referidas por símbolos **a**, **v** e **A**, respectivamente. Assim, a pressão parcial de CO<sub>2</sub> no sangue arterial é designada como PaCO<sub>2</sub> e no sangue venoso como PvCO<sub>2</sub>.

#### 5- Difusão dos gases

Os gases apresentam movimento líquido por difusão simples em resposta aos gradientes de pressão. A difusão líquida ocorre a partir de áreas de alta pressão para áreas de baixa pressão. A difusão ocorre porque o O<sub>2</sub> é consumido pelos tecidos, o que baixa a PO<sub>2</sub>, e o CO<sub>2</sub> produzido aumenta a PCO<sub>2</sub>. À medida que o ar fresco entra nos pulmões surge um gradiente para prover o sangue de O<sub>2</sub> e remover o CO<sub>2</sub> acumulado.

A difusão ocorre através da MEMBRANA RESPIRATÓRIA, que é composta de: epitélio alveolar, membrana basal do epitélio alveolar, espaço intersticial, membrana basal do endotélio capilar e endotélio capilar. Esta configuração provavelmente representa a distância mínima entre o gás e o sangue, e a separação pulmonar certamente pode se tornar maior dependendo da interposição das células e da quantidade de espaço intersticial.

Existe uma relação algébrica: **TD = DP x A x S x D x PM**

**TD** = taxa de difusão do gás através da membrana respiratória

**DP** = diferença de pressão

**A** = área de superfície

**D** = distância de difusão

**S** = solubilidade do gás

**PM** = peso molecular

#### Considerações Clínicas

EDEMA INTERSTICIAL PULMONAR:

É o acúmulo anormal de líquido no interstício aumentando a distância de difusão e diminuindo a taxa de difusão comprometendo a função respiratória.

ENFISEMA PULMONAR:

Ocorre destruição da parede alveolar diminuindo a área de superfície e assim a taxa de difusão. O enfisema é quase sempre secundário a um outro processo patológico pulmonar.

**OBS:** Os animais em geral apresentam proporcionalidade entre o pulmão e o peso corporal (8% do peso corporal), mas os pequenos animais tem maior eficiência pulmonar, pois há um maior número de alvéolos menores, ou seja, maior área de difusão.

#### Composição do ar atmosférico no nível do mar

Pressão total => 760 mmHg, sendo:

21% de O <sub>2</sub>	PO <sub>2</sub> = 159 mm
0,03 % de CO <sub>2</sub>	PCO <sub>2</sub> = 0,23 mm
79% de N <sub>2</sub>	PN <sub>2</sub> = 600 mm

#### Pressões parciais e total (em mmHg) dos gases respiratórios em seres humanos no nível do mar

GASES	Sangue Venoso	Ar Alveolar	Sangue Arterial	Tecidos
O <sub>2</sub>	40	104	100	30 ou -
CO <sub>2</sub>	45	40	40	50 ou +
N <sub>2</sub>	569	569	569	569
VAPOR D'ÁGUA	47	47	47	47
TOTAL	701	760	756	696

### Considerações gerais

- A PO<sub>2</sub> do ar difere da PO<sub>2</sub> alveolar (PatmO<sub>2</sub> é maior que PaO<sub>2</sub>), pois o O<sub>2</sub> é constantemente consumido pelos tecidos e, assim, o oxigênio constantemente atinge o alvéolo e penetra no sangue sendo então diluído. O CO<sub>2</sub> que entra constantemente no alvéolo também dilui o O<sub>2</sub> presente.
- A PaO<sub>2</sub> difere da PAO<sub>2</sub> (PaO<sub>2</sub> é menor que a PAO<sub>2</sub>), pois parte do sangue conduzido aos pulmões não recebe oxigênio, ou seja, passa sem sofrer hematose. É o shunt fisiológico, que pode ser definido como um mecanismo pelo qual o sangue que não tenha atravessado áreas ventiladas dos pulmões, é adicionado às artérias sistêmicas. No shunt fisiológico há uma quantidade de sangue que não sofre hematose.
- A PaN<sub>2</sub> = PAN<sub>2</sub> = PN<sub>2</sub>, pois o nitrogênio não é produzido nem consumido.
- A PaCO<sub>2</sub> = PACO<sub>2</sub>, pois ocorre alta difusão do CO<sub>2</sub>.
- A PH<sub>2</sub>O é sempre igual, pois 100% dos gases permanecem umidificados.

A soma das pressões parciais nem sempre iguala à pressão do ar atmosférico. Isto justifica o vácuo das cavidades observados nos procedimentos cirúrgicos.

## II - MECÂNICA DA RESPIRAÇÃO

### 1- Ciclo respiratório

Corresponde a um movimento de Inspiração e outro de expiração. Durante a fase de inspiração, a energia produzida pelos músculos faz com que o ar entre nos pulmões. Durante a expiração, grande parte da energia que faz com que o ar deixe os pulmões é produzido pela força elástica armazenada no pulmão e no tórax distendidos. Conseqüentemente, na maioria dos animais em repouso a inspiração é um processo ativo enquanto que a expiração é um processo passivo. Os eqüinos são uma exceção a essa regra geral, e têm uma fase ativa para a expiração mesmo em repouso.

Durante exercício ou na presença de enfermidade respiratória, a expiração é freqüentemente auxiliada por contração muscular em muitas espécies. O diafragma é o principal músculo inspiratório. Durante a contração, a cúpula do diafragma é tracionada caudalmente e, dessa maneira, aumenta a cavidade torácica. O centro tendíneo empurra o conteúdo abdominal, elevando a pressão intra-abdominal, o que desloca as costelas caudais para fora, portanto também tendendo a dilatar o tórax.

Os músculos intercostais externos, que unem as costelas, também são ativos durante a inspiração. As fibras desses músculos dirigem-se caudoventralmente da borda caudal de uma costela à borda cranial da costela seguinte, de modo que a contração move as costelas rostralmente e para fora. Outros músculos inspiratórios incluem os que unem o esterno e a cabeça. Tais músculos contraem-se durante a respiração vigorosa e movem o esterno rostralmente. Os músculos abdominais e os intercostais internos são os músculos expiratórios. A contração dos músculos abdominais aumenta a pressão abdominal, forçando o diafragma relaxado para frente e reduzindo o tamanho do tórax.

Durante exercício a atividade dos músculos respiratórios aumenta. Nos mamíferos corredores a meio galope e a galope, mas não a trote, a ventilação é sincronizada com o passo. A inspiração ocorre quando os membros anteriores estão distendidos e os posteriores estão acelerando o animal para frente. A expiração ocorre quando os membros anteriores estão em contato com o solo.

## 2 – Ciclo respiratório complementar

Corresponde ao ciclo respiratório caracterizado por uma Inspiração rápida seguida por uma expiração prolongada. Também chamado de suspiro e parece inexistir no cavalo. Esses ciclos provavelmente ocorrem como compensação para uma ventilação insuficiente, e recomenda-se que ele seja produzido artificialmente durante o procedimento de ventilação de uma anestesia geral ou profunda.

Em exercício de laboratório em que a ventilação é alterada pela adição de volume de espaço morto, não apenas a frequência respiratória e o volume de ar corrente são aumentados como também o número de ciclos respiratórios complementares.

## 3 – Tipos de respiração

### COSTOABDOMINAL

É o tipo de respiração normal dos animais. Embora o tipo de respiração seja costo-abdominal observa-se no cão e no homem um predomínio costal e no Equino e no Bovino um predomínio abdominal.

### ABDOMINAL

Caracterizada por maior movimentação do abdome e ocorre por dores no tórax e arreo mal colocado.

### COSTAL OU TORÁCICA

Caracterizada por pronunciada movimentação das costelas e ocorre por respiração dificultada e afecções abdominais dolorosas, gestação e gases.

OBS: Esta classificação é controversa e não corresponde àquela informada no Swenson & Reece.

## 4 – Principais termos relacionados com o estudo da respiração

Além dos diferentes tipos de respiração, há variações na respiração relacionadas à frequência dos ciclos respiratórios, profundidade da respiração, ou ambos.

**Eupnéia** é o termo usado para descrever o murmúrio respiratório normal, com ausência de desvio na frequência ou profundidade.

**Dispnéia** é a respiração difícil, em que um visível esforço é necessário para respirar.

**Hiperpnéia** refere-se à respiração caracterizada pelo aumento na profundidade, frequência ou ambos e está relacionada ao exercício físico.

**Apnéia** refere-se à cessação da respiração, entretanto, quando usado clinicamente, geralmente refere-se a um estado transitório de parada respiratória.

**Asfixia** é uma condição de hipoxia combinada com hipercapnia (aumento de CO<sub>2</sub> no sangue).

**Cianose** refere-se a uma coloração que vai de azulada a púrpura das membranas mucosas

**Oxigenação Hiperbárica** refere-se ao fornecimento de oxigênio ao corpo sobre pressões parciais de oxigênio relativamente altas

**Atelectasia** é o termo utilizado para e referir ao colapso dos alvéolos

## 5 – Frequência respiratória

É o número de ciclos respiratórios registrados em UM minuto e pode ser considerado um excelente indicador da saúde animal. Pode variar em função da espécie animal, do tamanho corporal, da idade, exercício físico, excitação, temperatura ambiente, gestação, estado de saúde e grau de enchimento do trato digestivo.

Na gestação e excesso de ingestão de alimentos ocorre aumento na frequência respiratória pois o trajeto do diafragma está limitado durante a inspiração. Esta restrição na expansão pulmonar é seguida de aumento na frequência para garantir a ventilação adequada. Um boi deitado terá aumento de frequência, pois há compressão do diafragma pelo rúmen. Todos os animais domésticos aumentam a frequência respiratória quando há aumento de temperatura ambiental, ajudando, assim na termorregulação. Durante as enfermidades a frequência normalmente está aumentada e raramente diminuída.

### Frequências respiratórias de várias espécies em diferentes situações

Animal	Condição	Varição	Média
<b>Equino</b>	Em estação	10-14	12
<b>Vaca Leiteira</b>	Em estação	26-35	29
	Em decúbito esternal	24-50	35
<b>Bezerro de vaca leiteira (3 semanas de idade)</b>	Em estação	18-22	20
	Deitado	21-25	22
<b>Suíno (23 a 27 Kg)</b>	Deitado	32-58	40
<b>Cão</b>	Dormindo (24°C)	18-25	21
	Em estação	20-34	24
<b>Gato</b>	Dormindo	16-25	22
	Deitado acordado	20-40	31
<b>Carneiro</b>	Em estação, ruminando (18°C)	20-34	25
	Iguais condições em (10°C)	16-22	19

Fórmula para calcular a Frequência Respiratória => **70 x Kg 0,25** sendo Kg = peso do animal

### 6- Pressões respiratórias

O fluxo aéreo entra e sai dos pulmões em resposta às diferenças de pressão criadas pelo aumento ou diminuição do volume torácico, respectivamente.

#### A) Pressão pulmonar

É a pressão existente nos pulmões e vias aéreas.

- NA INSPIRAÇÃO - torna-se ligeiramente negativa (-3mmHg), pois a dilatação torácica é mais rápida que o afluxo de ar.
- NA EXPIRAÇÃO - torna-se ligeiramente positiva (+3mmHg), pois o tórax diminui de tamanho e comprime o ar dentro dos alvéolos.

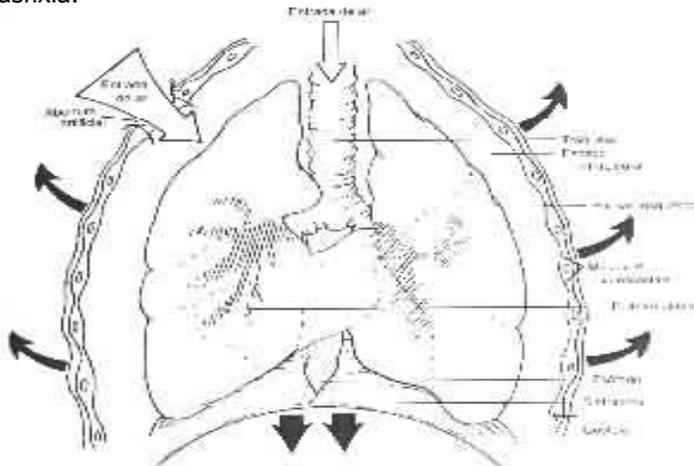
#### B) Pressão intrapleurar

É a Pressão existente no tórax e fora dos pulmões, ou seja, no espaço intrapleurar e mediastino. Ela é sempre negativa, pois a cavidade é fechada e a pressão no interior do organismo é sempre menor que a atmosférica.

- NA INSPIRAÇÃO - O ar no espaço pleural é comprimido e atinge -10mmHg.
- NA EXPIRAÇÃO - A pressão do ar diminui e a pressão atinge -2mmHg.

### C) Pneumotórax

É o acúmulo de ar na cavidade pleural, podendo ser de origem traumática ou espontânea. O ar pode penetrar nessa cavidade através de ferimentos penetrantes na parede torácica ou pela extensão de um enfizema pulmonar. Há um impedimento da expansão dos pulmões que leva a asfixia.



Pneumotórax (vista ventral). O volume de ar que entra pela abertura artificial excede aquele que passa pela traquéia quando o volume intrapleural é aumentado na inspiração. A redução da pressão intrapleural é desta forma insuficiente para permitir a inflação do pulmão. As setas negras apresentam as direções do aumento de volume torácico quando o diafragma e os músculos inspiratórios intercostais se contraem na inspiração. De Reece, Fisiologia dos animais domésticos.

### D) Importância da pressão

No espaço mediastino encontra-se a cava e o ducto torácico. Durante a inspiração, quando a pressão intrapleural se torna mais negativa do que a pressão atmosférica, a transmissão da pressão reduzida para a veia cava e ducto torácico auxilia o fluxo de sangue e linfa para o coração. Como há válvulas nesses vasos, o sangue e a linfa não refluem quando a pressão se torna menos negativa do que a pressão.

Durante a regurgitação dos ruminantes, a entrada do conteúdo ruminal no esôfago é auxiliada quando o animal inspira com a glote fechada, pois isto cria uma pressão intrapleural subatmosférica maior do que a normal, a qual é transmitida às estruturas mediastinais.

### 7- Tendência ao colapso dos pulmões

É a tendência dos pulmões de se retraírem, afastando-se da parede torácica. Tal tendência ocorre devido a:

- Estiramento das fibras elásticas pela insuflação do pulmão que é uma força que contribui para a retração.
- Tensão superficial do revestimento líquido dos alvéolos que se deve a atração entre átomos e moléculas semelhantes.

- Lei de Laplace => Segundo esta lei a tensão na parede de uma bolha tende a contrai-la e a pressão interna tende a expandi-la. Quando não há movimento da bolha há um equilíbrio entre as forças de expansão e contração até que:

$$P = 2T/r, \text{ onde } P = \text{pressão}, T = \text{Tensão e } r = \text{raio}$$

Comparando-se a dinâmica dos alvéolos com a bolha, pode-se afirmar o seguinte: após a expiração o raio do alvéolo é pequeno, logo seria necessária uma maior pressão para começar a inspiração. Porém, a substância surfactante minimiza este efeito.

O surfactante pulmonar é um complexo lipoprotéico contendo cerca de 30% de proteína e 70% de lipídios, e é sintetizado pelas células epiteliais alveolares do tipo II. É uma substância pela qual as moléculas de água têm menos atração, logo há uma diminuição do número de moléculas de água na superfície dos alvéolos e conseqüentemente uma redução da tensão superficial. Além disso, as próprias moléculas de surfactante têm menor atração entre si.

### Considerações clínicas:

#### SÍNDROME UIVANTE

A baixa produção de surfactantes gera uma síndrome de angústia respiratória caracterizada por dispnéia, cianose e um gemido expiratório. Ocorre em eqüinos e suínos jovens.

#### COMPLACÊNCIA PULMONAR

É a medida de distensibilidade dos pulmões e tórax. É determinada pela medição do volume pulmonar para cada unidade de alteração de pressão. Se este valor diminui em um período de tempo (menos expansão de volume para uma mesma pressão) deve-se a maior rigidez do tecido pulmonar e pode ser devido a fibrose, edema, etc., ou ainda alteração na quantidade e/ou composição dos surfactantes.

#### CONSUMO METABÓLICO DA RESPIRAÇÃO

É o gasto de energia necessário à respiração para superar as forças de tensão superficial e elástica, não elásticas ( re-organização dos tecidos) e resistência das vias aéreas e garantir a expansão pulmonar. As doenças respiratórias aumentam o consumo de energia, havendo portanto menos energia disponível para os exercícios físicos.

#### RESISTÊNCIA AO FLUXO DE AR

É um dos fatores associados ao trabalho de respiração. A resistência é maior durante a expiração, pois durante a inspiração a expansão dos pulmões ajuda na maior abertura das vias aéreas.

### 8– Volumes pulmonares e capacidades pulmonares

#### VOLUME RESIDUAL OU DE RESERVA

Volume de ar que permanece nos pulmões mesmo após expiração forçada. Ele é o ar que se mantém nos pulmões após ele ter sido removido do tórax durante o abate ou para o exame pos mortem. É graças ao volume residual que os pulmões extraídos flutuam na água.

#### VOLUME DE RESERVA INSPIRATÓRIO

Volume de ar que pode ser inalado após a inspiração.

#### VOLUME DE RESERVA EXPIRATÓRIO

Volume de ar que pode ser exalado após a expiração.

#### VOLUME RESPIRATÓRIO OU CORRENTE

Volume de ar que entra e sai dos pulmões durante o ciclo respiratório.

#### CAPACIDADE PULMONAR TOTAL

É a soma de todos os volumes.

#### CAPACIDADE VITAL

É a soma de todos os volumes com exceção do volume residual. É a quantidade de ar que pode ser trocada entre os pulmões e o exterior através de uma inspiração forçada seguida de uma expiração forçada.

#### CAPACIDADE INSPIRATÓRIA

É a quantidade de ar que pode ser inspirada após a expiração.

#### CAPACIDADE RESIDUAL FUNCIONAL

É quantidade ar remanescente no pulmão após a expiração, corresponde ao volume residual mais o volume de reserva expiratório. Ou ainda, cerca de 40% da capacidade pulmonar total.

CAPACIDADE PULMONAR TOTAL (100%)	CAPACIDADE VITAL (80%)	VOL. RES. INSPIR.	Capacid. Inspiratória	Capacid. Expiratória	
		VOL. RESPIRAT. ou CORRENTE			
		VOL. RES. EXPIR.			Capacid. Residual Funcional
		VOLUME RESIDUAL (20%)			

Fórmula para cálculo do Volume Corrente => **7,69 x Kg1,04**

Na prática recomenda-se ventilação artificial com volume corrente de 10mL/Kg de peso para Pequenos animais e 8mL/Kg para Grandes animais.

#### ALGUMAS MEDIDAS DE VOLUME E CAPACIDADE EM LITROS

	V. Resid.	V.Respir.	V.R.I.	V.R.E.	C.P.Total	C.P Vital
<b>Homem</b>	<b>1,25</b>	<b>0,5</b>	<b>2,0</b>	<b>2,0</b>	<b>5 a 6</b>	<b>3,7</b>
<b>Eqüino</b>	<b>10 a 12</b>	<b>4 a 6</b>	<b>10 a 12</b>	<b>10 a 12</b>	<b>40 a 42</b>	<b>30</b>
<b>Bovino</b>	<b>8 a 9</b>	<b>3,5</b>	<b>?</b>	<b>?</b>	<b>?</b>	<b>?</b>
<b>Cão</b>	<b>0,25 a 0,75</b>	<b>0,1 A 0,3</b>	<b>?</b>	<b>?</b>	<b>?</b>	<b>?</b>

### III - VENTILAÇÃO PULMONAR

A ventilação é geralmente considerada como um processo pelo qual o gás de um local fechado e renovado ou trocado. A principal função da respiração é o favorecimento da ventilação.

#### 1 – Vias de condução aérea

Fossas Nasais e Cavidade oral => Faringe => Laringe => Traquéia => Brônquios => Bronquíolos

O ar flui para os alvéolos através das narinas, da cavidade nasal, da faringe, da laringe, da

traquéia, dos brônquios e dos bronquíolos. Estas estruturas constituem as vias aéreas condutoras, e , como não ocorre troca gasosa nessas vias aéreas, elas também são denominadas espaço morto anatômico. Todos os animais usam a boca e narinas com exceção do CAVALO que usa somente as narinas.

## 2 – Espaço morto respiratório

É o espaço existente nas vias aéreas onde não há difusão de gases. É a porção das vias aéreas sem epitélio respiratório.

Funções: Conduzir o ar, Aquecer, Umectar, Depurar, Produzir som (Laringe) e captar substâncias odoríferas.

O arquejo é predominantemente uma ventilação de espaço morto. Durante o arquejo a frequência respiratória aumenta e o volume corrente diminui, de forma que a ventilação alveolar mantém-se aproximadamente constante.

## 3 – Espaço morto fisiológico

É o espaço morto anatômico acrescido do espaço morto alveolar que não faz troca gasosa por colapamento dos espaços arteriais que só são utilizados para trocas durante exercícios mais intensos ou outra necessidade maior de ventilação pulmonar.

## 4 – Tipos de ventilação

VENTILAÇÃO PULMONAR - É o processo de trocas gasosas nas vias aéreas e alvéolos com gases vindos do ambiente

VENTILAÇÃO ALVEOLAR - É o volume de ar que entra e sai dos alvéolos num dado período de tempo

VENTILAÇÃO DO ESPAÇO MORTO - É o volume de ar que entra e sai sem tomar parte nas trocas gasosas, num dado período de tempo.

**VENTILAÇÃO TOTAL (VT) = VENTILAÇÃO ALVEOLAR (VA) + VENTILAÇÃO DO ESPAÇO MORTO (VD)**

EX: Cão de 13 KG anestesiado com:

Frequência respiratória = 10

VT = 170 mL

VD = 85 mL

Qual a taxa de ventilação alveolar ?

A ventilação alveolar é determinada pela subtração da ventilação do espaço morto da ventilação total. A fórmula para o seu cálculo é:

$VA = F (VT - VD) \Rightarrow VA = 10 (170 - 85) \Rightarrow VA = 850 \text{ mL/min}$  - Em outras palavras, 850 mL nos alvéolos dos pulmões são substituídos pelo ar atmosférico a cada minuto.

No estresse pelo frio ocorre aumento da ventilação alveolar e diminuição da ventilação do espaço morto aumentando o volume corrente e diminuindo a frequência respiratória. O aumento da ventilação alveolar é necessário, pois sob efeito do frio ocorre aumento do consumo de O<sub>2</sub> e aumento da produção de CO<sub>2</sub> pela taxa metabólica mais alta necessária para manter a temperatura

corporal.

Na maioria dos animais em repouso a Inspiração é um processo ativo e a Expiração é um processo passivo com exceção do cavalo que apresenta uma fase ativa na expiração mesmo em repouso.

## **5 – Polipnéia ou ofego**

É a ventilação do espaço morto que permite a animais tais como cães, aves e suínos regularem a temperatura corporal. Não há aumento da ventilação pulmonar, há aumento da frequência respiratória de modo tal que a ventilação alveolar permanece constante

O centro respiratório do animal responde não somente aos estímulos usuais como também ao centro de temperatura corpórea. Quando essas informações são integradas, o organismo do animal responde às necessidades metabólicas pela regulação da ventilação do espaço morto e conseqüentemente dissipação do calor. A ventilação do espaço morto é aumentada pelo ato de ofegar, que fornece esfriamento corpóreo pela evaporação de água pelas membranas mucosas dos tecidos envolvidos.

A menor quantidade de resfriamento é conseguida pela inalação e exalação através das narinas pois o calor e água adicionados ao ar durante a inalação são parcialmente recuperados durante a exalação.

Quando há inalação pelas narinas e exalação através das narinas e boca, o ar que penetra pelo nariz e é exposto a uma grande área de superfície (conchas nasais) e recebe água através da mucosa nasal e glândulas nasais. Essa combinação carrega uma quantidade considerável de calor, que é então dissipado principalmente pela exalação da boca.

Pode haver ainda inalação tanto pela boca quanto pelas narinas o que permite um volume corrente maior, que pode ser necessário durante momentos de exercícios.

## **6 – Ronronar**

O ronronar é notado em alguns membros da família dos felinos e é mais audível e palpável em gatos domésticos. O ronronar resulta de uma ativação alternante altamente regular do diafragma e dos músculos intrínsecos da laringe à frequência de 25 vezes durante a inspiração e expiração.

A contração dos músculos da laringe fecha as cordas vocais. Os músculos laringianos então relaxam quando o diafragma se contrai. A contração do diafragma favorece o fluxo de ar que vibra as cordas vocais e resulta em som de ronronar no momento em que elas estão se abrindo. O diafragma então relaxa e os músculos laringianos contraem-se; isso é novamente seguido pelo seu relaxamento e contração do diafragma. O processo inteiro é repetido 25 vezes até a respiração ser completada. O acúmulo de pequenos sons produzidos em cada abertura das cordas vocais produz o som do ronronar.

A razão do ronronar não é conhecida. Eles o fazem quando estão contentes, doentes e adormecidos. O ronronar talvez forneça uma ventilação mais efetiva durante períodos de respiração superficial devido ao fornecimento de inspirações e expirações intermitentes, tendo, portanto, função de respiração complementar.

## **7 – Depuração respiratória**

Quando um animal se encontra no pasto em um ambiente rural, o ar contém poucas partículas potencialmente nocivas e menos ainda no que diz respeito a gases poluentes. Entretanto, se o animal é confinado intensivamente ou está sendo transportado, o ar pode ser rico em partículas tais como poeiras, esporos, polens, bactérias e vírus bem como gases poluentes como amônia, fumaça de escapamento de motores, óxidos de nitrogênio e ozônio.

A inalação dessas substâncias é muito prejudicial à saúde do animal, de modo que medidas de prevenção a essa inalação tiveram de ser desenvolvidas. A remoção de partículas e microorganismos do trato respiratório é chamada de depuração respiratória.

- Forças físicas que atuam

As forças físicas que afetam a deposição são a gravidade, a inércia e os movimentos brownianos. A deposição gravitacional (sedimentação) causa o assentamento de partículas simplesmente devido à força da gravidade e à massa das partículas. Partículas de maior massa assentam mais rapidamente que aquelas com menor massa. Isto favorece a deposição na cavidade nasal e na árvore traqueobrônquica das partículas de maior massa. Forças inerciais causam deposição na cavidade nasal, faringe e árvore traqueobrônquica. O movimento progressivo das moléculas tende a fazer com estas colidam com as paredes da cavidade nasal. A impactação inercial ocorre nas curvas das vias aéreas grandes, por que as partículas conduzidas em alta velocidade tem tanta cinética que não conseguem controlar as mudanças de direção. Os locais de impactação inercial são providos de tecido linfóide, tais como as amídalas e o tecido linfóide associado aos brônquios. Os movimentos brownianos atuam na deposição de partículas menores que um micrômetro, que apresentam um movimento aleatório que é fornecido pelo bombardeamento das moléculas de ar.

- Tamanho das partículas

As partículas maiores depositam-se no trato respiratório superior e as menores penetram mais profundamente nos pulmões.

Partículas maiores que 10 e menores que 0,3 => fazem deposição nasal

Partículas de 0,3 a 1,0 => penetram nos espaços aéreos pulmonares

- Mecanismos de depuração

- No trato respiratório superior:

A limpeza do trato respiratório superior refere-se à remoção das partículas que tenham sido depositadas em pontos próximos aos ductos alveolares, e é dependente do movimento da camada de muco. O movimento é proporcionado pela atividade ciliar da camada de epitélio colunar na membrana mucosa traqueobrônquica. Quando a camada mucosa e seu conteúdo atingem a faringe, são então deglutidos. Desta maneira, os materiais inalados aparecem nas fezes.

- Nos alvéolos:

As partículas podem escapar das forças inerciais e gravitacionais e depositarem-se nos alvéolos. Essas partículas são normalmente menores que 1 micrômetro de diâmetro. Os mecanismos de depuração alveolar dessas partículas são descritos a seguir: Após sua deposição nos alvéolos, elas podem ser fagocitadas pelos macrófagos ou podem continuar como partículas livres. Os macrófagos carregados de "lixo" e as partículas livres podem se direcionadas para a coluna mucosa através do fluido de líquido alveolar.

As partículas podem penetrar o espaço intersticial dos alvéolos e serem transportadas aos linfonodos relacionados aos pulmões.

As partículas podem ser dissolvidas e transferidas em solução, quer para os linfonodos, quer para o sangue.

Algumas partículas podem não ser fagocitadas ou ser insolúveis. Em vez disto, elas podem estimular uma reação local de tecido conjuntivo e ser seqüestradas(isoladas) do interior dos pulmões. Isto pode originar uma pneumoconiose que é um endurecimento dos pulmões resultante da inalação de qualquer poeira ou partícula. Bons exemplos disso são a asbestose e silicose(aspiração de asbesto e sílica, respectivamente). Além disso, cães e gatos que vivem em

idades industrializadas podem apresentar sinais de antracose causada pela inalação de pó de carvão.

Segundo Ruckebusch (1991) a deposição das partículas ocorrem em 3 padrões: impacto, sedimentação e difusão.

	<b>IMPACTO</b>	<b>SEDIMENTAÇÃO</b>	<b>DIFUSÃO</b>
Tamanho da Partícula	Grande > 5µm	Média (1 a 5µm)	Pequenas (<0,1µm)
Principal Local	Nasofaringe	Vias aéreas inferiores (bronquíolos terminais e respiratórios)	Alvéolo (ação de macrófagos, principalmente neutrófilos) * bovinos tem pouca atividade macrofágica

#### **IV - TRANSPORTE DOS GASES**

##### **1 – A hemoglobina**

A hemoglobina é o pigmento vermelho do sangue. Cada molécula de Hemoglobina pode ligar-se de forma reversível a 4 moléculas de O<sub>2</sub>, uma com cada Heme. Quando saturada pelo oxigênio, é vermelho-brilhante ; quando perde o oxigênio, torna-se vermelho-púrpura. Essa mudança de cor é conhecida como cianose e pode ser observada nas mucosas de animais quando o sangue nos capilares subjacentes está hipóxico. A cianose pode resultar de captação deficiente de oxigênio nos pulmões, mas também de fluxo sanguíneo reduzido para os tecidos periféricos.

A hemoglobina dos mamíferos é constituída por quatro unidades, cada uma contendo um heme e sua proteína associada. O heme é uma protoporfirina que consiste em quatro pirróis com um ferro ferroso no centro. O ferro ferroso combina-se de modo reversível com o oxigênio proporcionalmente à Po<sub>2</sub>.



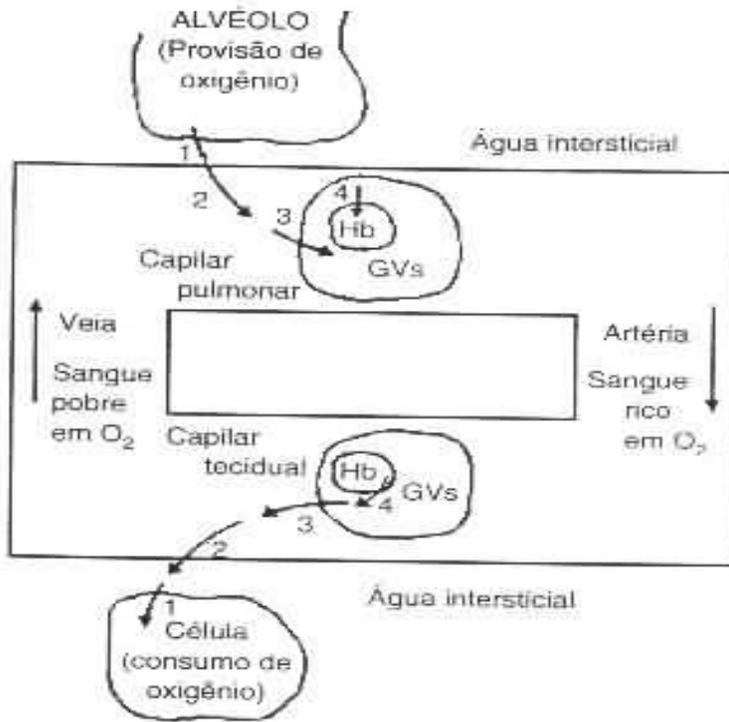
A anemia, uma redução no numero de eritrócitos circulantes com redução conseqüente da quantidade de hemoglobina no sangue, diminui a capacidade de oxigenação. Quando o teor de hemoglobina no sangue aumenta, a capacidade de oxigenação também aumenta, o que ocorre durante o exercício; a contração do baço joga mais eritrócitos na circulação e aumenta a capacidade de oxigenação do sangue. A contração esplênica é uma fonte rica de eritrócitos para o cavalo durante o exercício. Além de transportar oxigênio, a hemoglobina exerce, portanto, um poderoso efeito tampão, impedindo que os íons H possam alterar o pH do sangue.

##### **2 –Transporte do O<sub>2</sub>**

Quando o sangue nos capilares pulmonares flui passando pelos alvéolos, o oxigênio difunde-se do alvéolo para o sangue até que as pressões parciais se equilibrem, isto é, não haja mais diferença adicional de pressão que o impulsiona. Como o oxigênio é pouco hidrossolúvel, apenas pequena quantidade se dissolve e é transportada em solução pelo plasma. A maior parte do oxigênio se combina à hemoglobina. Sem esse pigmento, que transporta a maioria do oxigênio, o debito cardíaco teria de ser extraordinariamente alto para manter o suprimento de oxigênio dos órgãos do corpo. A quantidade de oxigênio combinado com a hemoglobina, é determinada pela PO<sub>2</sub> que por sua vez, é determinada pelo consumo celular de oxigênio e pela ventilação alveolar.

Assim, nas condições de alta  $PO_2$  dos pulmões, a hemoglobina fica 98% saturada com oxigênio; nos tecidos extrapulmonares, onde a  $PO_2$  é baixa, ela libera grande parte do oxigênio. Por exemplo, a  $PO_2$  nos capilares que irrigam um músculo em atividade é cerca de 20 mmHg e a hemoglobina permanece 33% saturada, liberando 65% do oxigênio associado.

O esquema de transporte para o oxigênio está ilustrado na figura a seguir:



Durante a oxigenação o oxigênio difunde-se dos alvéolos para a água intersticial 1, seguido por difusão, para a água do plasma 2, para a água dos eritrócitos 3, e para a hemoglobina 4. Para a hemoglobina ser desoxigenada, o oxigênio em solução na água intersticial deve difundir-se, em primeiro lugar, para a água celular 1, seguido pela difusão da água plasmática 2, da água dos eritrócitos 3 e finalmente da hemoglobina 4. De Reece, W.O. In Dukes' Physiology of Domestic Animals. 10 ed. Editado por M.J. Swenson, Ithaca, NY, Cornell University Press, 1984

### O MONÓXIDO DE CARBONO TEM 200 VEZES A AFINIDADE DO OXIGÊNIO PELA HEMOGLOBINA:

O monóxido de carbono e o oxigênio ligam-se aos mesmos locais na hemoglobina, mas o CO o faz com maior avidéz. Em decorrência da alta afinidade do monóxido pela hemoglobina, a exposição a níveis de monóxido de carbono inferiores a 1% no ar pode acabar saturando a hemoglobina e desalojando o oxigênio, o que causa a morte.

### METEMOGLOBINEMIA:

Quando o ferro ferroso normal da hemoglobina é oxidado por nitritos ou outras toxinas e se transforma em ferro férrico, forma-se metemoglobina acastanhada. A metemoglobina não se liga ao oxigênio; assim, a capacidade de oxigenação do sangue fica reduzida. O nitrito pode ser ingerido diretamente em alimentos deteriorados, porém é mais comum os ruminantes formarem nitrito no rúmen após a ingestão de alimentos ricos em nitrato, como o sorgo ou forrageiras altas.

### 3 – Transporte do CO<sub>2</sub>

O dióxido de carbono é produzido no tecido; portanto, a  $PCO_2$  tecidual é mais alta que a  $PCO_2$  do sangue que chega aos capilares. O dióxido de carbono difunde-se em favor de um gradiente

de concentração dos tecidos para o sangue. O coeficiente de difusão para o dióxido de carbono é cerca de 20 vezes maior do que para o oxigênio.

O dióxido de carbono pode ser transportado de várias formas:

- No plasma

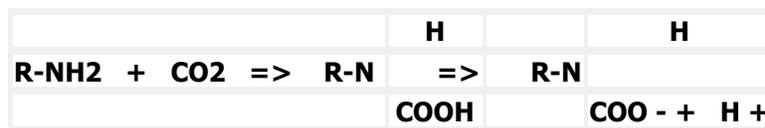
- Dissolvido

A quantidade de dióxido de carbono dissolvido(em solução) está de acordo com a  $PCO_2$  e coeficiente de solubilidade. O dióxido de carbono é 24 vezes mais solúvel na água do que o oxigênio. Portanto haverá maiores volumes de dióxido de carbono do que de oxigênio dissolvidos em água a uma determinada pressão parcial.

Como a quantidade de dióxido de carbono dissolvido na água não é adequada para transportar a quantidade produzida, existem diversas reações para suprir o restante.

- Formação de compostos carbamínicos

Esta reação ocorre devido ao acoplamento do dióxido de carbono com os grupos -NH de proteínas plasmáticas. Embora os compostos carbamino representem apenas 15-20% do teor total de dióxido de carbono do sangue, eles são responsáveis por 20-30% da troca de dióxido de carbono que ocorre entre os tecidos e os pulmões.



### REAÇÃO DE HIDRATAÇÃO

Cerca de 80% do transporte de dióxido de carbono ocorre na forma de bicarbonato( $HCO_3^-$ ). Sua reação resulta da reação de hidratação:



O dióxido de carbono combina-se com a água e forma ácido carbônico, que então se dissocia em bicarbonato e íon hidrogênio. O equilíbrio da reação de hidratação no plasma está mais desviado para a esquerda. De fato, a concentração de dióxido de carbono no plasma é cerca de 1000 vezes maior do que a concentração do ácido carbônico. Em síntese; as reações que ocorrem no plasma com dióxido de carbono não são significativas quando se considera o conjunto do transporte de dióxido de carbono.

- Na hemácia

O dióxido de carbono difunde-se prontamente para os eritrócitos e as reações de hidratação e com grupo amino são mais significativas do que no plasma. A reação de hidratação é favorecida no interior das hemáceas devido à presença da enzima anidrase carbônica que procede com facilidade na formação de  $H^+$  e  $HCO_3^-$ . Ela deve ser uma reação auto-limitada caso os produtos da reação não sejam removidos. A reação reversível é mantida virando-se para a direita, porque o  $H^+$  é tamponado pela hemoglobina. A maior parte do  $HCO_3^-$  produzido no eritrócito difunde-se ao longo de um gradiente de concentração no plasma(assim a maior parte do transporte de  $CO_2$  estará sendo feito pelo plasma).

Nem todos os íons hidrogênios são tamponados, logo, o sangue venoso tem pH menor que o sangue arterial. Da mesma forma, devido à difusão do  $HCO_3^-$  dos eritrócitos para o plasma, o sangue venoso passa a ter concentração de  $HCO_3^-$  mais alta que o sangue arterial. O componente

mais abundante viável para o tamponamento do  $H^+$ , formado durante a reação de hidratação, é a hemoglobina. Quando a hemoglobina está em déficit, como na anemia, o tamponamento do  $H^+$  de todas as fontes estará comprometido e resulta em acidemia durante os períodos de aumento na produção de  $H^+$ , como no exercício. Há maior número de grupos amino na hemoglobina do que nas proteínas plasmáticas, de modo que a formação de compostos carbamínicos nas hemáceas é maior do que no plasma. Essas reações químicas dentro dos eritrócitos causam aumento na pressão osmótica efetiva do fluido eritrocitário, promovendo difusão de água para o interior do eritrócito.

Quando o sangue venoso atinge os pulmões, o dióxido de carbono difunde-se para os alvéolos a partir do plasma e dos eritrócitos, causando assim o movimento das reações mostradas na figura abaixo para a esquerda. Simultaneamente, a oxigenação da hemoglobina libera íons hidrogênio, que se combinam com bicarbonato para formar ácido carbônico e, assim, dióxido de carbono.

As formas de transporte de dióxido de carbono no sangue. Todas as reações representadas nesse diagrama podem ser revertidas quando o sangue alcança o pulmão e o dióxido de carbono se difunde para o alvéolo.

### **Acidose Respiratória**

A acidose respiratória é causada por hipoventilação alveolar, que pode ser decorrente de lesão ou depressão dos centros de controle respiratório, lesão na bomba respiratória (costelas faturadas ou timpanismo abdominal) ou enfermidade respiratória grave que obstrui as vias aéreas ou enrijece excessivamente os pulmões. A hipoventilação alveolar significa que o dióxido de carbono produzido pelos tecidos é eliminado de maneira incompleta pelos pulmões de tal modo que a  $P_{CO_2}$  do sangue aumenta, haverá então aumento de íons  $H^+$  e o pH diminui.

### **Alcalose Respiratória**

A alcalose respiratória é causada por hiperventilação alveolar, que se deve à estimulação dos quimiorreceptores por hipoxia ou à estimulação de receptores intrapulmonares por lesão ou inflamação pulmonar. O uso muito intenso de ventilação pulmonar pode causar hiperventilação em um animal anestesiado. O dióxido de carbono é eliminado mais rapidamente do que é produzido pelos tecidos, e portanto a  $PCO_2$  diminui.

## **V - CONTROLE RESPIRATÓRIO**

### **1 - Introdução**

Em suas atividades diárias, um animal varia seu nível de atividade e respira ar de pureza variável. Para que o sistema respiratório responda a esses desafios diferentes, mantendo as concentrações de  $H^+$ ,  $CO_2$  e  $O_2$  em níveis relativamente constantes, mecanismos de controle monitoram a composição química do sangue, o esforço exercido pelos músculos respiratórios sobre os pulmões e a presença de materiais estranhos no trato respiratório.

Três elementos básicos constituem o sistema de controle Respiratório:

1° - OS SENSORES - coletam as informações de  $PCO_2$  e  $PO_2$

2° - O CONTROLE CENTRAL - coordena as informações e atuam sobre os efetores

3° - OS EFETORES - executam ações que visam controlar o desequilíbrio das pressões

- OS SENSORES

Impulsos que se dirigem para o centro respiratório (impulsos aferentes) de várias fontes receptoras têm sido identificadas. Esses receptores localizados no pulmão e periféricamente modificam o ritmo básico da respiração.

## - Receptores pulmonares

### => De distensão

Estão localizados no interior da musculatura lisa das vias aéreas. Eles são estimulados por deformação da parede das vias respiratórias maiores, por exemplo, quando as vias respiratórias intratorácicas são estiradas durante a insuflação pulmonar. As freqüências de disparo desses receptores aumentam progressivamente à medida que ocorre insuflação pulmonar, o que indica que esses receptores são os responsáveis pela inibição da respiração causada pela insuflação pulmonar (Reflexo de Hering-Breuer), estimulando portanto a expiração.

Os impulsos gerados pelos receptores são transmitidos por fibras do nervo vago para o centro respiratório. Esses receptores podem ser responsáveis, em parte, pelo ajustamento na taxa e na profundidade da respiração para minimizar o trabalho dos músculos respiratórios.

### => Irritantes

Localizados entre as células epiteliais das vias aéreas. Esses receptores são sensíveis aos gases nocivos, poeira, liberação de histamina e ar frio, e sua estimulação provoca tosse, broncoconstrição, secreção de muco e respiração superficial rápida, ou seja, respostas protetoras para eliminar material estranho do trato respiratório.

### => Do tipo "J" ou justa-capilar

Localizado na parede do alvéolo muito próximo aos capilares onde podem monitorar a composição do sangue ou a magnitude da distensão do interstício. Eles também são responsáveis pela hiperpnéia que se segue à lesão pulmonar causada por doenças alérgicas, infecciosas ou vasculares.

### => Quimiorreceptores

São receptores sensíveis a variação da composição química do sangue ou líquido ao seu redor. Eles monitoram o oxigênio, o dióxido de carbono e a concentração de íons hidrogênio em vários locais do corpo. Pequenas alterações na tensão arterial de dióxido de carbono e na concentração de íons hidrogênio provocam grandes alterações na ventilação.

Os quimiorreceptores podem ser:

Centrais - Localizados no Bulbo e sensíveis ao aumento de  $H^+$ . O aumento da  $PCO_2$  do sangue causa rápido aumento na região do quimiorreceptor central. Há formação de ácido carbônico, que se dissocia em  $H^+$  e  $HCO_3^-$ , e, como o tamponamento do líquido intersticial é insuficiente, o pH em torno do quimiorreceptor diminui o pH do líquido intersticial e aumenta a ventilação.

Periféricos - Localizados nos CORPOS CAROTÍDEOS e CORPOS AORTICOS e sensíveis a baixa da  $PO_2$ , principalmente, e também ao aumento da  $PCO_2$  e à baixa do pH.

Os corpos carotídeos contêm vários tipos celulares. As células glomosas fazem sinapse com nervos aferentes que transmitem a informação de volta para o encéfalo. Essas células são responsáveis pela quimiossensibilidade dos corpos carotídeos. Alternativamente, elas podem modificar a quimiossensibilidade das terminações nervosas aferentes. As células sustentaculares sustentam os axônios e os vasos sanguíneos que se ramificam dentro do corpo carotídeo.

Quando os corpos carotídeos são perfundidos com sangue contendo baixa tensão de oxigênio, alta tensão de dióxido de carbono ou pH baixo as taxas de disparo nos aferentes nervosos do seio carotídeo aumentam.

À medida que a  $PCO_2$  aumenta e o pH diminui há um aumento quase linear na ventilação. A resposta à  $PO_2$  não é linear. Ocorrem aumentos modestos na taxa de disparo e na ventilação conforme a  $PO_2$  cai de níveis não fisiológicos de 500mmHg para 70mmHg. Quedas adicionais causam aumento mais rápido na ventilação, em particular  $PO_2$  de 60mmHg, isto é, em que a hemoglobina começa a dessaturar.

A ventilação não aumenta em resposta à anemia modesta ou intoxicação com monóxido de carbono, condições que diminuem o teor de oxigênio do sangue mas não a  $PaO_2$ . por esta razão, acredita-se que a  $PO_2$  seja mais importante que o teor de oxigênio como estímulo para os corpos carotídeos.

- Outros receptores

=>No nariz e vias aéreas superiores (nariz, nasofaringe, laringe e traquéia):

A estimulação das membranas nessas regiões causa reflexos de inibição da respiração. Um notável exemplo desse reflexo é a inibição que ocorre durante a deglutição, bem como, em aves e mamíferos mergulhadores, há um reflexo de inibição da respiração quando estes submergem. A estimulação da membrana mucosa da laringe em animais não anestesiados causa não somente inibição da respiração, mas normalmente poderoso esforço respiratório (tosse). Da mesma forma, podem ser observados espirros após a estimulação da membrana mucosa nasal por vários mecanismos. A função de todos esses reflexos é a proteção das delicadas passagens respiratórias e os alvéolos dos pulmões de substâncias nocivas.

=> Nas articulações e Músculos

=> Na pele:

O estímulo de receptores cutâneos é excitatório para o centro respiratório, e pode ser notado uma inspiração mais profunda que a usual. Tira-se vantagem desses receptores quando o estímulo da respiração é desejado em animais recém-nascidos. Esfregando a pele com um tecido áspero iniciamos freqüentemente os ciclos respiratórios.

=> Barorreceptores Arteriais: localizados nos seios carotídeos e aórticos  
aumento da pressão arterial => hipoventilação e dispnéia  
baixa da pressão arterial => hiperventilação

- O CONTROLE CENTRAL

O padrão rítmico de respiração e os ajustes desse particular são integrados dentro de partes do tronco cerebral conhecidas como centro respiratório. Diferentemente de muitos centros, ele não é uma coleção de núcleos circunscritos, mas, ao contrário, consiste em regiões dentro da medula e ponte associadas com funções específicas da respiração. O centro respiratório possui três regiões específicas:

#### **Centro Pneumotáxico**

Localizado na porção superior da Ponte, é considerado o modulador da sensibilidade do centro respiratório para as informações que ativam o término da inspiração e facilitam a expiração. Atua excitando a área expiratória

#### **Centro Apnêustico**

Atua "desligando" a inspiração pois inibe a área inspiratória. Acredita-se que ele esteja associado a inspirações profundas, tais como o suspiro.

#### **Centro Respiratório Bulbar**

Localizado na formação reticular do bulbo apresenta Área Inspiratória (grupo respiratório dorsal) e Área Expiratória (grupo respiratório ventral).

O grupo respiratório dorsal está localizado na parte ventral do núcleo do trato solitário, e os seus neurônios disparam principalmente durante a inspiração. Estão envolvidos na inflação induzida

dos pulmões no término da respiração. O grupo respiratório ventral situa-se no núcleo ambíguo e no retroambíguo, e os seus neurônios disparam durante a inspiração e a expiração.

No córtex cerebral: existem centros que capacitam a "voluntariedade limitada da respiração.

Em outras partes do S.N.C.: existem no Sistema límbico e Hipotálamo centros capazes de influir no ritmo respiratório nas emoções de medo e raiva.

- **CONSIDERAÇÕES GERAIS SOBRE OS EFETORES**

São os músculos respiratórios => Diafragma, Intercostais e Abdominais, além dos músculos acessórios como o Esternocleidomastoideo

### **Consideração Clínica**

#### **SÍNDROME DA MORTE INFANTIL SÚBITA**

Acredita-se que ocorra por descoordenação dos músculos torácicos e abdominais. Enquanto um trabalha inspirando o outro trabalha expirando.

### **Importante**

Ventilação X Respiração

Ventilação: ato de o ar (O<sub>2</sub> e CO<sub>2</sub>) entrar e sair dos pulmões

Respiração: processo de troca de O<sub>2</sub> e Co<sub>2</sub> nas células

Consiste de 4 partes

- Ventilação pulmonar: ar para dentro e para fora
- Respiração externa: a absorção do O<sub>2</sub> e a remoção do CO<sub>2</sub> do organismo como um todo
- Respiração interna: o intercâmbio gasoso entre as células e seu meio líquido
- Respiração celular: O<sub>2</sub> entra nas células, e elas produzem energia e CO<sub>2</sub>

### **PA = DC x RVS**

Sendo:

**PA** quanto o coração bombeia por minuto

**DC** débito cardíaco

**RVS** resistência dos vasos

**RESPIRAÇÃO DAS AVES**  
**(Ismar Araújo de Moraes)**

**I – CONSIDERAÇÕES ANATÔMICAS**

**A- Pulmões**

São rígidos e de volume fixo, localizados dorsalmente na região torácica. Apresentam, cada um, três subdivisões brônquicas.

**B - Brônquios**

Brônquio primário intrapulmonar (n = 1)

médio-ventrais ( n = 4)

Brônquios secundários médio-dorsais (n = 8-12)

látero-ventral (vários)

Brônquios terciários ou parabônquios

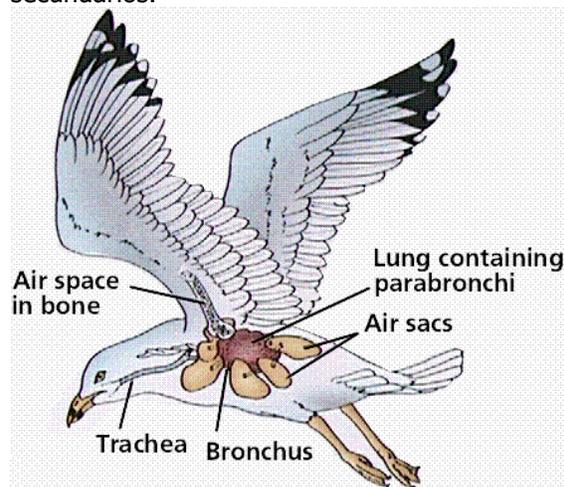
Os brônquios terciários (originados dos brônquios secundários) são também chamados de brônquios terciários neopulmonares e paleopulmonares, e eles são a sede das trocas gasosas nas aves.

Neopulmonares: cursam dos brônquios secundários médio-dorsais, Látero-ventrais e Intrapulmonar convergindo para os sacos aéreos caudais. Estes inexistem em pingüins e emas.

Paleopulmonares: cursam entre os brônquios Secundários Médio-dorsal e Médio-ventral e convergem para os sacos aéreos

**C- Sacos aéreos**

Os sacos aéreos são grandes, complacentes, de paredes finas e originam-se de alguns brônquios secundários.



Podem ser divididos em dois grupos : Caudal e Cranial

Cervicais **(1)**

GRUPO CRANIAL      Clavicular **(2)**

Torácicos craniais **(3)**

O grupo cranial conecta-se aos brônquios secundários médio-ventrais.

Torácicos caudais **(4)**

GRUPO CAUDAL

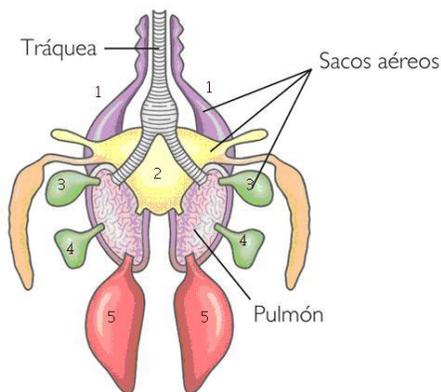
Abdominais **(5)**

O grupo caudal conecta-se ao Brônquio primário intrapulmonar, aos brônquios secundários látero-ventrais e médio dorsais.

=> Todos os sacos aéreos são pares com exceção do saco aéreo clavicular e somam-se NOVE no total em galinhas, pombos, patos e perus.

=> O volume de gás no saco aéreo é 10 vezes maior que nos pulmões.

=> No galo adulto o volume respiratório é de cerca de 500 ml.



#### D – Capilares aéreos

Não existem alvéolos como observado nos mamíferos, mas tubos contendo ar que são chamados de capilares aéreos.

#### C - Divertículos

Surgem dos sacos aéreos (muitos deles) e penetram em alguns ossos. A maior parte dos ossos das aves são do tipo pneumáticos. O úmero apresenta o mais importante dos divertículos chamado de Supra-umeral. Além destes também estão presentes os divertículos: supramedular, axilar, subcordal, umeral, gástrico, acetabular e ileolombar.

*"É possível que esta extensão dos sacos aéreos dentro dos ossos não desempenhe qualquer função respiratória."*

**Hoffman & Volker (1969) => a diferença marcante entre a respiração de mamíferos e aves é a inexistência de um diafragma contrátil entre as duas cavidades (torácica e abdominal), assim o transporte do ar realiza-se essencialmente nas aves domésticas pelos movimentos do esterno.**

## II - MECÂNICA DA RESPIRAÇÃO

As aves não possuem diafragma e as modificações corporais ocorridas no ciclo respiratório são causadas por músculos inspiratórios e expiratórios que promovem a contração e movimentação do esterno no sentido ventro-cranial e lateral nas costelas (movimento de dobradiça do esterno).

### - Na inspiração

Há aumento do volume corporal, tanto torácico quanto abdominal o que diminui a pressão nos sacos aéreos em relação à da atmosfera e o gás desloca-se através dos pulmões para dentro dos sacos aéreos.

### - Na expiração

Há diminuição do volume corporal e aumento da pressão nos sacos e o gás é forçado a sair dos sacos passando novamente pelos pulmões.

## A - Trajeto do ar

### - Na Inspiração

O ar canalizado pelo brônquio primário intra-pulmonar e pelos brônquios secundários látero-ventrais e médio dorsais atinge os sacos aéreos caudais através dos brônquios terciários neopulmonares. O ar que se encontra nos brônquios médio-dorsais atinge os paleopulmonares e finalmente os médio-ventrais e sacos aéreos craniais.

### - Na Expiração

O ar retornar pelas mesmas vias aéreas e atingem a traquéia, mantendo a mesma direção do fluxo de ar nos brônquios secundários paleopulmonares.

OBS: O movimento unidirecional do gás através dos parabônquios paleopulmonares reduz os desvios do ar e aumenta a eficiência da ventilação.

## MODELO SIMPLIFICADO DO SISTEMA RESPIRATÓRIO DAS AVES

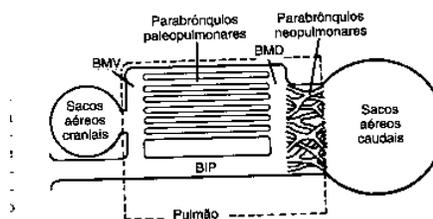
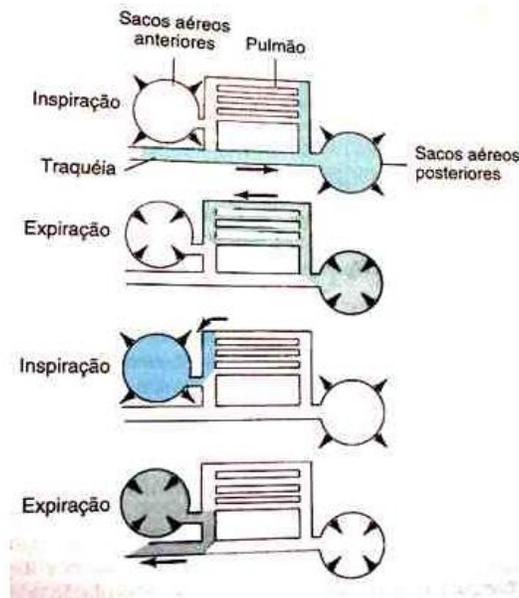


Fig. 14.3 Modelo simplificado do sistema respiratório das aves que ajuda na visualização da organização e das conexões com sacos aéreos (não desenhado em escala). BMV, brônquio secundário medioventral; BMD, brônquio secundário mediadorsal; BIP, brônquio primário intrapulmonar. (Modificado de Scheid et al. 1974, *Respir. Physiol.* 22:123-36.)



## B – Trocas gasosas

As trocas ocorrem nos parabrônquios. O gás desloca-se no lume do parabrônquio por convecção através dos capilares aéreos, átrios e infundíbulo. O sangue flui nos capilares sangüíneos em direção ao lume dos parabrônquios e as trocas ocorrem. O sangue oxigenado é coletado pelas vênulas pulmonares.

## III - CONSIDERAÇÕES PRÁTICAS

- Cuidado na contenção da ave para não impedir o movimento de dobradiça do esterno pois isto impossibilita a ventilação adequada do pulmão
- A regulação da  $PCO_2$  e  $[HCO_3^-]$  arterial parecem ter relação direta com o grau de calcificação da casca do ovo:  $CO_2 + H_2O \rightarrow H_2CO_3 \rightarrow H^+ + HCO_3^- \rightarrow CaCO_3$
- Na castração de frangos pode ocorrer o rompimento dos sacos aéreos e redução a capacidade de ventilar os pulmões
- Aves são muito sensíveis a maioria dos anestésicos e podem induzir a parada respiratória. Nesta situação pode ser feita a ventilação artificial dos pulmões por delicado bombeamento sobre os esterno, comprimindo e expandindo a cavidade tóraco-abdominal até que a ação do anestésico diminua e a respiração espontânea recomece.

## **REPRODUÇÃO NOS MAMÍFEROS** **(Ismar Araújo de Moraes)**

### EMBRIOLOGIA DO SISTEMA GENITAL

É importante o estudo da embriologia para melhor conhecer a fisiologia e as patologias que podem acometer as gônadas e estruturas genitais tubulares dos animais.

#### **I - Introdução**

É importante o estudo da embriologia para compreender melhor a fisiologia e patologia das gônadas e estruturas genitais tubulares dos animais.

O sistema genital de acordo com a origem embrionária pode ser dividido em 3 partes:

#### ÓRGÃOS SEXUAIS PRIMÁRIOS:

Ovários e testículos => derivam da crista genital

#### SISTEMA GENITAL TUBULAR:

Tabas uterinas, útero, cérvix, vagina anterior nas fêmeas => derivados dos ductos paramesonéfricos

Ductos eferentes, deferentes e seminíferos nos machos => derivados dos ductos mesonéfricos

#### GENITÁLIA EXTERNA:

Vulva, vestíbulo, vagina posterior, glândulas vestibulares maiores (Bartholin) e clitóris nas fêmeas.

Pênis e bolsa escrotal nos machos.

=> derivados do seio urogenital, pregas urogenitais e tubérculo genital

#### **II- Determinação sexual e diferenciação sexual**

O sexo genotípico do animal é determinado na fecundação por um espermatozóide X ou Y, entretanto, o sexo gonadal será estabelecido mais tarde. Assim os embriões, por um período de mais ou menos 35 dias nos machos e mais menos 45 dias na fêmea apresentam uma estrutura gonadal indiferenciada. A diferenciação inicia-se no bovino quando o embrião mede entre 2,5 e 3,0 cm e no suíno entre 2,0 e 2,5 cm. Um gen organizador testicular (TDF), localizado no braço curto do cromossoma é o responsável pela diferenciação gonadal. No momento em que as células primordiais indiferenciadas originárias do saco vitelino próximo à alantoide, migram sobre o mesentério do intestino posterior para a crista genital do embrião, este TDF irá orientar no povoamento das células na formação de uma gônada típica de macho. A ausência do TDF faz com que o "sexo natural" ou feminino se estabeleça.

Segundo Gropp e Ohno (1966) existem cordões corticais na fêmea e cordões medulares nos machos que originam as células intersticiais e estruturas tubulares.

As gônadas indiferenciadas tem córtex e medula:

No macho => cordões sexuais primários invadem a medula formando as espermatogônias primordiais e a córtex regride.

Na fêmea => cordões sexuais secundários da córtex se desenvolvem e a medula regride.

As células que migram são as células germinativas primordiais, células mesenquimais e células germinativas epiteliais. Estas darão origem a novos tipos celulares no macho ou na fêmea.

	<b>MACHOS</b>	<b>FÊMEAS</b>
Células germinativas primordiais	Espermatogônia	ovogônia
células mesenquimais	Leydig	Teca e estroma
células germinativas epiteliais	Túbulo seminífero e Sertoli	Folículos I

Gônada fetal equina

Os ovários e testículos sofrem considerável aumento entre o 3º e 9º mês de gestação devido a hiperplasia e hipertrofia das células intersticiais. O crescimento inicia-se entre o 80º e 100º dia e atinge o máximo aos 250 dias de gestação, quando são maiores que o da própria mãe. Ao redor dos 300 dias as células intersticiais iniciam um processo de degeneração e regridem de tamanho. O mecanismo de estimulação das células intersticiais não é bem conhecido

#### DIFERENCIAÇÃO DAS ESTRUTURAS TUBULARES

<b>ESTRUTURA EMBRIONÁRIA</b>	<b>Hormônio Responsável</b>	<b>Estrutura formada no MACHO</b>	<b>Estrutura formada na FÊMEA</b>
<b>TÚBULOS MESONÉFRICOS</b>	Testosterona	Ducto eferente	----
<b>DUCTOS MESONÉFRICOS</b>	Testosterona	Epidídimo	----
		Ducto deferente	
		Glândula vesicular	
	*		----
	*	----	Tuba uterina
<b>DUCTOS PARAMESONÉFRICOS</b>	*	----	Utero
		----	Vagina cranial
<b>SEIO UROGENITAL</b>	DHT * <sup>1</sup>	Uretra pélvica, Próstata e bulbouretral	Vagina caudal
<b>TUBERCULO GENITAL</b>	DHT * <sup>1</sup>	Pênis	Clitóris
<b>PREGA UROGENITAL</b>	DHT * <sup>1</sup>	Bolsa escrotal	Lábios vulvares

\* são formados sem necessidade de qualquer estímulo hormonal

\*<sup>1</sup> só para haver masculinização, para a formação da genitália externa nas fêmeas não precisa de estímulo hormonal

A testosterona do testículo embrionário promove a maturação do ducto mesonéfrico (ducto de Wolff) e o hormônio AMH, (hormônio Anti-Mulleriano - glicoproteína originária da célula de Sertoli) promove a involução do ducto paramesonéfrico (Ducto de Muller). Na ausência de AMH e da testosterona os ductos de Wolff regridem espontaneamente e os ductos de Muller continuam a desenvolver e diferenciar.

A testosterona também programa o hipotálamo/adenohipófise para secretar gonadotrofina de forma tônica ( Não cíclica). A DHT (dihidrotestosterona), metabólito potente da testosterona, é o estímulo para a masculinização da genitália externa.

O último evento a se completar é a descida do testículo para a bolsa escrotal. A descida é guiada e causada pela contração de um cordão fibromuscular, o gubernaculum testis, conectando o testículo à parede escrotal. O testículo inicialmente caudal ao rim, migra através do abdome, passa através do canal inguinal e move-se subcutaneamente (no cão lateralmente ao pênis) até o escroto.

#### Descenço testicular

O testículo inicialmente é intra-abdominal e o seu polo caudal está conectado ao gubernáculo (espessamento mesenquimal) que conecta-se a uma expansão existente entre os músculos oblíquos interno e externo onde se abrirá o futuro canal inguinal e atinge a bolsa escrotal. Em seguida o gubernáculo degenera e o testículo ganha mobilidade na bolsa.

De acordo com WENSING (1978) a passagem do testículo através do canal inguinal ocorre em cães de 8 a 10 dias antes do nascimento. De acordo com GIER e MARION (1969), desce entre 100 e 110 dias nos suínos e nos bovinos e eqüinos desce no último mês de gestação.

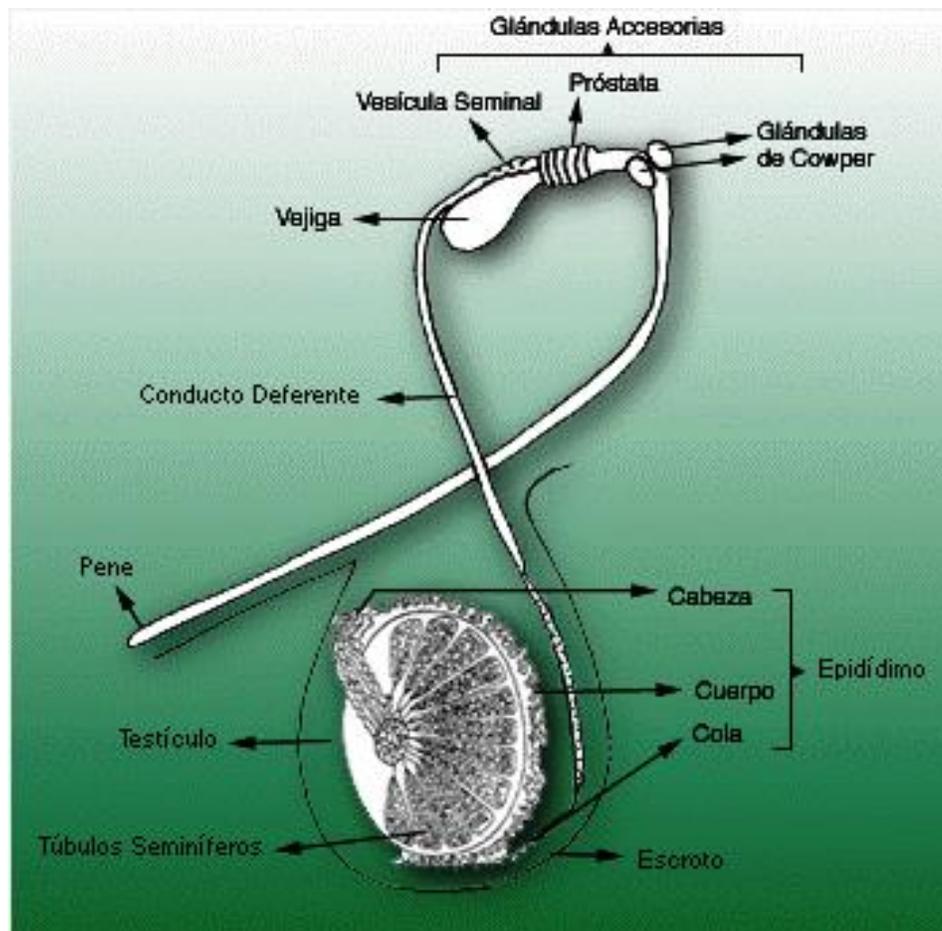
A diferenciação dos ductos paramesonéfricos ocorre de forma típica entre as espécies e permite classificar os diferentes tipos de útero:

<b>TIPO DE ÚTERO</b>	<b>CARACTERÍSTICAS</b>	<b>OCORRÊNCIA</b>
DIDELFO	duplicidade em todos os segmentos	Marsupiais
DUPLEX	duplicidade no corpo uterino e cérvix total	Coelhas, ratas, camundongas, cobaias
BICORNUAL	corpo pequeno e cornos longos	Cadela, gata, porca
BIPARTIDO	corpo pequeno e cornos longos	Ruminantes e éguas
SIMPLEX	corpo grande e cornos pequenos	Primatas

## REPRODUÇÃO NOS MACHOS (Ismar Araújo de Moraes)

### I - INTRODUÇÃO

O sistema genital masculino está na maioria das vezes constituído pelo pênis, bolsa escrotal, testículos, túbulos retos, túbulos eferentes, epidídimos, vasos deferentes, glândulas acessórias incluindo ampolas, próstata, glândulas vesiculares e bulbouretrais.



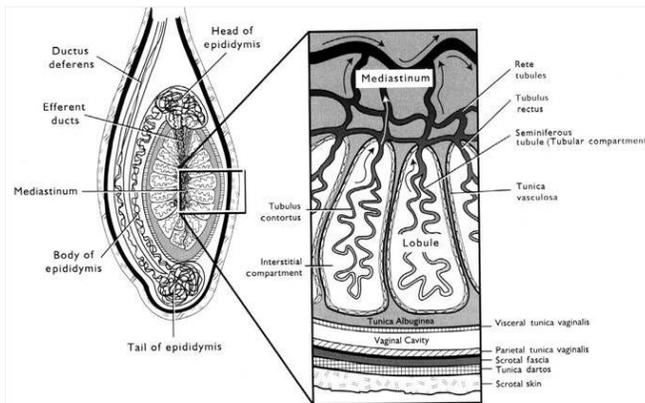
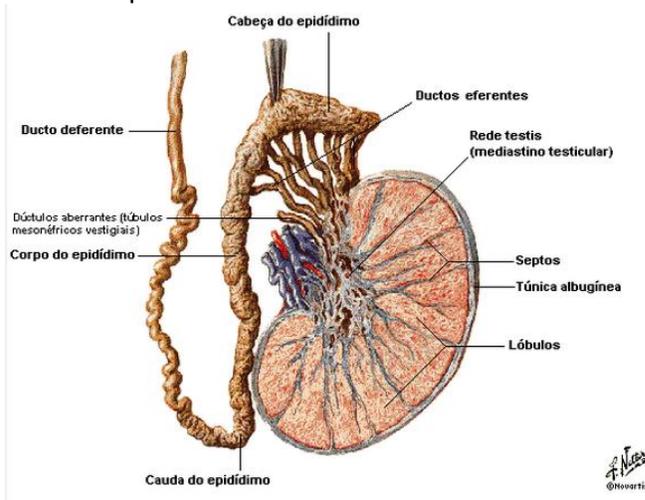
#### A) Testículo

- Conceito

É uma gônada dupla, de forma ovóide, de localização extra-abdominal nos mamíferos e Na maioria dos casos no interior de uma bolsa cutânea na região inguinal, e caracterizado por uma função celular e outra endócrina.

Nas aves e algumas espécies como os elefantes, tatus, baleias e golfinhos os testículos têm localização intracavitária. Nos suínos, gatos e alguns cães a localização dos testículos é perineal.

- Aspectos anatômicos



- Bolsa escrotal

Os testículos estão envolvidos externamente por uma bolsa cutânea dividida em dois compartimentos chamada de bolsa escrotal formado pela túnica dartus constituída por músculos lisos que auxiliam na termoregulação testicular.

- Túnica vaginal

Parte do revestimento peritonal mais espesso e resistente que desceu junto com o testículo durante sua migração para a bolsa escrotal. Ela cobre toda a cavidade abdominal, impedindo que se abra uma porta de entrada para microorganismos da cavidade abdominal.

Ela apenas tem função de proteção, não atua na termoregulação.

- Túnica dartus

Formada por tecido conjuntivo, colágeno e musculatura lisa. Por conta da musculatura, pode aproximar ou afastar os testículos da cavidade abdominal no frio e calor(possui termorreceptores). Ela também é importante pois divide a bolsa escrotal em duas lojas independentes, atuando como um mecanismo de defesa do escroto.

- Albugínea

Tecido conjuntivo espesso e resistente que envolve a massa testicular e envia septos para o seu interior dividindo o testículo em compartimentos ou lojas.

#### - Túbulos seminíferos

Apresenta-se na forma de um pequeno tubo, com luz interna contendo os espermatozoides. É formado por uma lâmina basal (fornece nutrientes, O<sub>2</sub>, etc) e sobre esta as células de Sertoli e as células da linhagem germinativa (Espermatogônias, espermatócitos I e II, espermátides e espermatozoides). As células de Leydig estão situadas fora do túbulo seminífero, ou seja, no espaço intersticial, por esta razão são chamadas de células intersticiais do testículo.

#### -Células de Sertoli

São células situadas dentro dos túbulos seminíferos, que tem por principal função o controle da velocidade da espermatogênese. Além disso, também possui outras funções:

> Nutre, mantém e regula as células da linhagem espermática (germinativa)

> Produz hormônios:

- Estrogênio: formado a partir da testosterona, quando as células de Sertoli são estimuladas pelo FSH

- Inibina: inibe a velocidade de espermatogênese, diminuindo a produção de espermatozoides quando está havendo alta produção mas pouca saída

- Activina: contrária a Inibina, acelera a produção de espermatozoides

- ABP (proteína carreadora de andrógeno): é responsável por carrear a testosterona para dentro dos túbulos seminíferos, sem que ela entre em contato com as outras células do corpo (se isso acontecesse ela seria destruída pelas células de defesa, diminuindo a fertilidade do animal). A testosterona age na fase de espermiogênese (final da espermatogênese).

#### - Células de Leydig

Produzem e secretam testosterona. Além disso, elas desempenham um importantíssimo papel formando a barreira hematotesticular, que impede o encontro das células do sangue com os espermatozoides (células n). Se essa barreira não existisse, as células de defesa do corpo não reconheceriam os espermatozoides como células do próprio corpo e os eliminaria.

O.BS.:

LH -> Leydig -> testosterona

FSH -> Sertoli -> testosterona -> estrogênio

-> formação do líquido seminal, etc

#### - Epidídimos

Estão intimamente apostos sobre a superfície testicular e pode ser dividido em 3 partes: cabeça, corpo e cauda. Forma-se no seu interior um ducto muito longo e espiralado chamado de ducto epididimário. No epidídimo ocorre o transporte, maturação e o armazenamento dos espermatozoides.

O epidídimo também é responsável por secretar duas substâncias:

- Anti-aglutininas: evitam a aglutinação dos espermatozoides nos locais onde são armazenados

- GPC(gliceril-fosforil-colina): fornece energia para o metabolismo basal dos espermatozoides

#### - Glândulas sexuais acessórias

Animais do sexo masculino apresentam como glândulas sexuais acessórias as ampolas, a próstata, as glândulas vesiculares e as bulbouretrais, que são responsáveis pelo volume do sêmen e por dar um ambiente bioquímico apropriado para a sobrevivência dos espermatozoides.

> Glândulas vesiculares

É a mais importante em eqüinos e bovinos, cães e gatos não possuem. Ela secreta açúcares(glicose), proteínas, enzimas, ácido cítrico e potássio(estimula o batimento da cauda dos espermatozoides).

- > Próstata  
Ajusta o pH através da secreção de  $\text{HCO}_3$ , produz ácido cítrico, proteínas e limpa a uretra antes da ejaculação.
- > Glândula bulbouretral  
Limpa a uretra e secreta líquido lubrificante pré ejaculatório.

## B) Espermatogênese

Divide-se: ESPERMATOGÊNESE = ESPERMATOCITOGÊNESE + ESPERMIOGÊNESE

Espermatocitogênese: divisão de espermatogônia em espermátide

Espermio gênese: espermátides sofrem alterações estruturais e de desenvolvimento (metamorfose), até que viram espermatozoides, células modificadas.

- Fases da espermatogênese

- Gonócitos: pré-gametas sem sexo espermatogônias (XY) ou ovogônias (XX)  
São células indiferenciadas que vão até a crista gonadal e se reproduzem ali. Quando o TDF as estimula (quando estão em um corpo masculino), se transformam em espermatogônias.
- Espermatogônias (A0, A1, A2, A3, A4)  
Tem estágios, cada uma entra na fase de meiose em um determinado momento. A4 se dividem em espermatogônias intermediárias (In), e In se dividem em espermatogônias tipo B.

**1ª FASE:** mitoses (FSH)

1 espermatogônia -> 2 espermatócitos I ( $2n \rightarrow 2n$ )          +- 17 dias

**2ª FASE:** reducional, meiose I (FSH)

1 espermatócito I -> 2 espermatócitos II ( $2n \rightarrow 2n$ )          +- 16 dias

**3ª FASE:** equacional, meiose II (FSH)

1 espermatócito II -> 2 espermátides ( $n \rightarrow n$ )          poucas horas

**4ª FASE\*:** metamorfose (TESTOSTERONA)

1 espermátide -> 1 espermatozoide ( $n \rightarrow n$ )          17 dias

\*Na 4ª fase ocorre: condensação da cromatina nuclear, formação da cauda espermática (ou aparelho flagelar), formação do acrossoma, migração dos centríolos e rearranjo das mitocôndrias, e as células são liberadas para a luz do túbulo.

- Espermição  
É a liberação das células germinativas formadas para a luz dos túbulos seminíferos. Elas são então transportadas pelo epidídimo, ficando armazenadas em sua cauda.

O.B.S.: 50 dias para produzir + 11 para passar no epidídimo

O espermatozoide lançado hoje foi produzido há **60 dias**.

## C) Maturação espermática

A maturação ocorre durante o trânsito dos espermatozoides pelo epidídimo, onde a gota citoplasmática migra do colo espermático para a porção terminal da peça intermediária. A gota vai

de proximal (mais próxima a cabeça do epidídimo), intermediária até a distal (que é encontrada nos espermatozoides que estão armazenadas dentro da cauda do epidídimo).

Quando o animal ejacula e os espermatozoides começam a se movimentar por batimentos da cauda e se separam da gota citoplasmática distal. Caso não ocorra a separação, há uma diminuição da capacidade motora e, conseqüentemente, uma diminuição do poder fecundante do sêmen.

- Absorção seletiva

Os espermatozoides, após passarem pelas células basais do ducto eferente, são "marcados" e vêm a se romper no epidídimo, criando um desequilíbrio de Na<sup>+</sup> e K<sup>+</sup>. Com isso, as células ciliares do epidídimo bombeiam e absorvem esses íons para que a pressão osmótica volte ao normal. Caso isso não aconteça, pode ocorrer um desequilíbrio e morte dos espermatozoides.

- Concentração

No túbulo reto, os espermatozoides ainda apresentam-se com muito líquido (nutritivo), originário da espermatogênese e produzido pelas células de Sertoli. Durante a passagem no ducto epididimário, o epitélio absorve esse líquido e concentra os espermatozoides.

- Armazenamento

Após passarem pelo ducto epididimário, ficam armazenados na cauda do epidídimo até serem ejaculados.

## **II – ASPECTOS FUNCIONAIS**

### **A) Função celular: produção de espermatozoides**

### **B) Função endócrina**

- Produção de AMH na vida fetal.

- Produção de Inibina importante para a autoregulação (feed-back).

- Produção de testosterona importante para Imprint hipotalâmico do hipotálamo dos fetos do sexo masculino pra funcionamento no padrão tônico não cíclico (DHT). Além disso:

> Sustenta a ação do FSH sobre a espermatogênese

> Atua no desenvolvimento das características sexuais masculinas

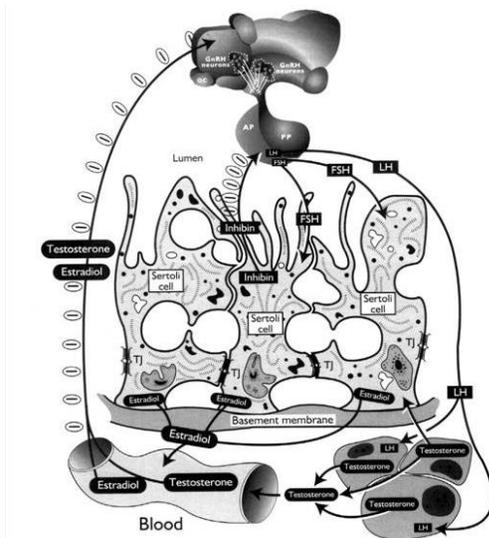
> Atua no crescimento e integridade funcional do trato reprodutivo.

> Age no desenvolvimento e manutenção da secreção das glândulas sexuais acessórias.

> É responsável pela parte da espermatogênese conhecida como espermiogênese.

> Atua na produção das feromonas para atração sexual e marcação do ambiente.

> Garante as características sexuais secundárias masculinas (maior constituição dos músculos e articulações, agressividade, e sinais externos como giba nos zebus, barba nos bodes, crista, esporão e plumagem atraente nos galos; e presas nos javalis).



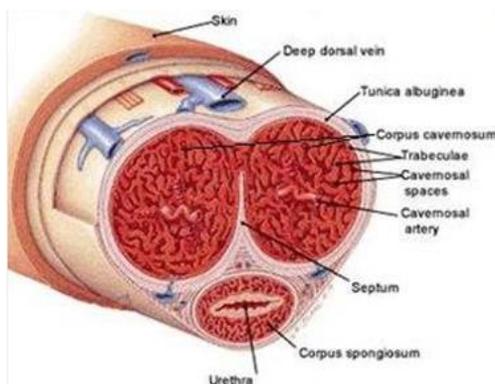
- Garantir as características sexuais secundárias masculinas (maior constituição dos músculos e articulações, agressividade, e sexuais tais como: giba dos zebus, barba nos bodes, crista, esporão e plumagem atraente nos galos e presas dos javalis).

### C) Ereção

É o bombeamento de sangue pelo músculo isqueocavernoso pra dentro dos canais vasculares do interior do corpo cavernoso e esponjoso associado com o aumento do tônus muscular que oclui o retorno venoso ao pressionar a veia dorsal do pênis contra o arco isquiático. Ele ocorre por ação do sistema nervoso parassimpático frente aos estímulos visuais, auditivos, olfativos ou locais do pênis. A pressão no interior do corpo cavernoso pode atingir 15.000 mmHg, e durante a ereção o músculo retrator do pênis dos ruminantes relaxa e permite a extensão da flexura sigmóide.

A ereção depende de vários fatores:

- Estimulo sexual (presença da fêmea no cio)
- Dilatação das artérias (principalmente a pudenda)
- Entrada do sangue no corpo cavernoso do pênis
- Contração do músculo ísquio-cavernoso, o que diminui o retorno venoso, mantendo a ereção.



### D) Ejaculação

Compreende a emissão e a ejaculação propriamente dita.

- EMISSÃO: iniciada pela estimulação dos nervos sensitivos localizados na glândula do pênis, que desencadeia contrações peristálticas da musculatura lisa do epidídimo e vaso deferente associada com contração sincrônica das glândulas sexuais acessórias que misturam os espermatozoides e líquidos na uretra pélvica, por ação do sistema nervoso **simpático**.

- EJACULAÇÃO PROPRIAMENTE DITA: é a ejeção do sêmen determinada pelas contrações dos músculos isqueocarvenoso, bulboesponjoso e uretrais por ação reflexa sacral pelo sistema nervoso **parassimpático**.

- Mecanismos da ejaculação:

- Estímulos nervosos (principalmente na glândula e base do pênis)
- Informação para a neurohipófise
- Liberação de ocitocina e prostaglandinas (F2a e E2)
- Grande contração da musculatura lisa
- Formação do sêmen: ducto deferente > uretra (pélvica e peniana) + glândulas anexas
- Sêmen sai através do óstio uretral

**E) Sêmen:** constituído por uma parte líquida originada principalmente das secreções das glândulas sexuais acessórias e pelos espermatozoides.

Volume do ejaculado (em mL), tempo de ejaculação e local de deposição do sêmen nas várias espécies domésticas			
ESPÉCIE	VOLUME (mL)	Tempo de Ejaculação	Local de deposição
Touro	2,0 a 10	1seg	Vagina
Carneiro	0,7 a 2,0	1seg	Vagina
Varrão	150 a 500	10 a 20 min	Útero
Garanhão	20 a 250	10 a 15 seg	Útero
Cão	2,0 a 16	30 a 40 min	Vagina
Gato	0,01 a 0,2	1seg	Vagina

## F) Pênis

Função: deposição do sêmen no aparelho reprodutor feminino

É composto por: pele + túnica albugínea + corpo cavernoso + corpo esponjoso + uretra

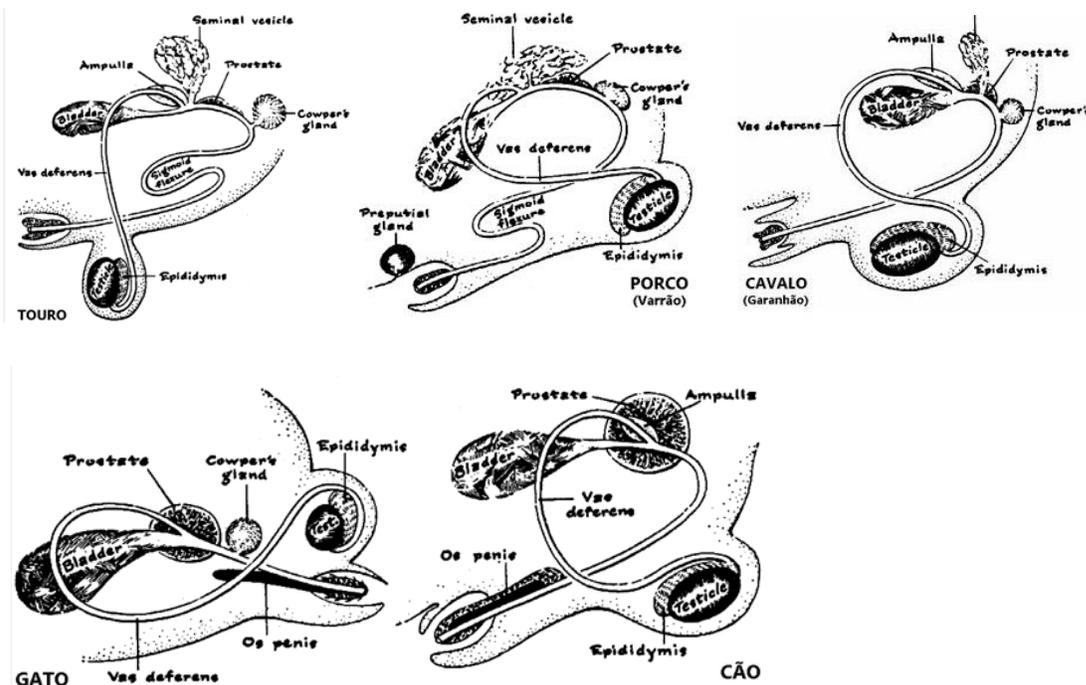
• Touro, carneiro e varrão apresentam pênis fibroelástico e dispõem de uma flexura sigmoide que fica esticada durante a ereção e extensão do pênis.

- Durante a ereção há um grande aumento no comprimento e não no volume. Isso depende do relaxamento do músculo retrator do pênis, que faz com que a "cabeça" saia.
- O porco possui a glândula em espiral para que ela encaixe na cérvix em espiral da porca, levando a uma ejaculação intrauterina.

• Garanhão tem pênis vascular e sua uretra faz protrusão de alguns centímetros desde a superfície da glândula. A glândula só entra em ereção após a ejaculação, diferente do corpo do pênis. A glândula possui o apêndice uretral ou apêndice da glândula, e também a fossa da glândula (ao redor dela), que faz com que o órgão reprodutor se adapte a cérvix da égua. Na ejaculação, a fossa se encaixa a cérvix, tendo uma projeção do apêndice para dentro dela e a ejaculação intrauterina.

• Carneiro apresenta um apêndice filiforme que contém a uretra

- Cão e gatos apresentam um osso peniano, que dá apoio na introdução do pênis semi-ereto.
- Gato apresenta espículas penianas e orientação posterior. As espículas são testosterona-independentes, e a partir delas é que a gata tem certeza de que copulou, o que estimula a ovulação. A gata entra no cio mas só irá ovular se houver cópula.
- Pênis hemodinâmicos aumentam de tamanho (comprimento e espessura) e se adaptam a cérvix.

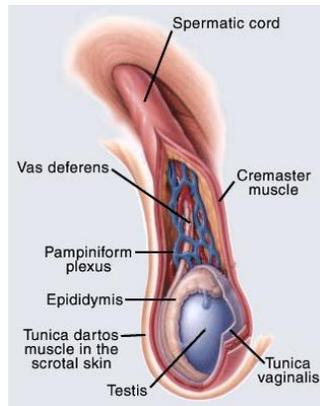


## G) Termorregulação

É necessário que a temperatura do testículo esteja entre 4 e 7 graus abaixo da temperatura orgânica para que a espermatogênese ocorra.

A termorregulação testicular é garantida através de:

- Mecanismo de contracorrente no plexo pampiniforme do cordão espermático (nutre e sustenta testículos e epidídimos). Ocorre troca de calor por contracorrente entre o sangue venoso resfriado que sobe e o arterial na temperatura corporal que desce.
- Ação da contração da túnica dartus que promove o enrugamento e espessamento da bolsa, ou seja, o afastamento ou aproximação da bolsa escrotal da cavidade abdominal.
- Ação dos músculos cremaster externos que aproximam (quando contraem nas baixas temperaturas) ou afastam (quando relaxam nas altas) os testículos da parede abdominal.
- Localização em bolsa cutânea pendulosa.
- Ausência de gordura subcutânea
- Presença de glândulas sudoríparas



### III - MORFOFISIOLOGIA DO PÊNIS DOS BOVINOS E CAPRINOS

O pênis é constituído essencialmente por três corpos de tecido erétil (cavernosos). Dois deles, estão dispostos lado a lado na porção dorsal do órgão, tal disposição torna a superfície dorsal do pênis algo plana. O terceiro longo corpo de tecido erétil é denominado corpo cavernoso uretral, pois acompanha a uretra de uma extremidade a outra. Ele é também chamado de corpo esponjoso. Este corpo cavernoso situa-se medial e ventralmente em relação ao par de corpos cavernosos e torna-se dilatado distalmente, adquirindo o aspecto de cone na glânde.

Cada corpo cavernoso é circundado por uma forte cobertura de tecido conjuntivo denominado túnica albugínea. Nos corpos cavernosos esta cobertura consiste principalmente em fibras colágenas dispostas numa camada interna circular e em outra longitudinal externa, contendo também fibras elásticas. As túnicas que cobrem o par de corpos cavernosos juntam-se uma à outra ao longo da linha média do pênis e, fundindo-se, formam o septo mediano, que é mais espesso e mais completo próximo à raiz do pênis. A cobertura que envolve o corpo cavernoso uretral é mais elástica que as demais. Na glânde a túnica albugínea verdadeira é deficiente, nela a derme da pele que cobre a glânde serve como uma túnica albugínea, sendo na sua intimidade contínua com o tecido cavernoso.

Os três corpos cavernosos são mantidos unidos pelo tecido conjuntivo frouxo elástico (exceto onde o par de corpos cavernosos se funde), que é chamado de fáscia do pênis. Isso também proporciona uma união flexível com a pele que cobre o pênis. A epiderme da pele do pênis é delgada. Não existe pêlos, exceto próximo à raiz do órgão. Uma prega circular da pele estende-se para frente, cobrindo a glânde, é denominada de prepúcio. Ela é geralmente elástica o suficiente para permitir sua retração. Entretanto, em alguns casos denominados de fimose não ocorre a retração do prepúcio, que pode aderir fortemente à glânde. Há presença de glândulas sebáceas modificadas na superfície interna da prega prepucial, a secreção dessas glândulas, num prepúcio que não pode ser repuxado, pode-se acumular e tornar-se um irritante. A operação comum pela qual o prepúcio é removido chama-se circuncisão. O prepúcio tem como função a proteção do pênis em seu estado natural, ou seja, não ereto.

Os corpos cavernosos são constituídos por uma rede tridimensional de trabéculas de tecido conjuntivo e músculo liso cobertas por endotélio. Entre as trabéculas existem espaços que tendem a ser maiores nas porções mais centrais dos corpos cavernosos e menores na periferia. O interior da glânde se compõe de um novelo de grandes veias em maior quantidade do que espaços separados por trabéculas.

O cordão espermático é formado por um conjunto de componentes, que são: canal deferente, veia, artéria, nervos e vasos linfáticos. O músculo cremaster se insere dorsalmente a túnica vaginal e a túnica dartus. Ele é responsável também por aproximar e afastar os testículos da cavidade abdominal de acordo com a temperatura, tendo seu papel no mecanismo de termorregulação juntamente com a túnica dartus.

#### **IV- SUPRIMENTO SANGUÍNEO E MECANISMO DE EREÇÃO**

A irrigação arterial é de dois tipos . Os ramos da artéria dorsal terminam nos leitos capilares que irrigam os tecidos do órgão, inclusive aqueles dos corpos cavernosos. Através dos capilares das trabéculas o sangue banha os espaços. Os espaços comunicam-se de tal maneira que o sangue neles lançado pode chegar às porções mais periféricas dos corpos, onde os espaços abrem-se em plexos de veias dispostas próximas da periferia de cada corpo cilíndrico. O sangue que causa a ereção provém principalmente de um outro e maior conjunto de artérias que penetram no interior dos corpos, onde se ramificam, através das trabéculas os ramos arteriais são conduzidos aos espaços. Essas artérias possuem paredes musculares espessas e, além disso, muitas possuem espessamentos internos de fibras musculares longitudinais que fazem saliências para o interior da luz. Muitas dessas artérias se dispõem ao longo de trabéculas acham-se enoveladas e espiraladas quando o pênis está flácido, isto justifica sua denominação de artérias helicoidadas. Vários ramos terminais dessas artérias desembocam diretamente dentro dos espaços do tecido cavernoso.

A musculatura lisa das artérias e o músculo liso das trabéculas são inervados tanto por fibras simpáticas e parassimpáticas. Sob condições de estímulos eróticos a musculatura lisa das trabéculas e das artérias espirais relaxa-se. As artérias tendem a se distender, resultando num fluxo sanguíneo livre para o interior dos espaços. Como o sangue preenche os espaços dilatando-os, os plexos venosos das porções periféricas dos corpos tornam-se comprimidos. Havendo um maior aporte sanguíneo para os espaços dos corpos cavernosos e impedimento da drenagem venosa dos corpos estes tornam-se tão túrgidos como os demais, pois sua cobertura é mais elástica.

O retorno do pênis ao estado de flacidez , após a ereção, é chamado de tumescência. Isto ocorre através da constrição das artérias helicoidadas e pela contração da musculatura lisa trabecular, forçando o sangue a sair lentamente do órgão.

O pênis possui, em abundância , uma grande variedade de terminações nervosas sensitivas.

##### **A) O pênis dos caprinos e ovinos**

Assim como nas demais espécies, tem duas funções: depósito de sêmen no aparelho genital das fêmeas e expulsão da urina . Tanto o sêmen quanto a urina saem através da uretra. A uretra esta circundada por um tecido cavernoso que este é muito vascularizado e circundado por uma membrana fibrosa mais externa.

O pênis se põe rígido e aumenta de tamanho com a excitação sexual. Este processo, chama-se de ereção, se efetua de duas maneiras. Com a excitação sexual os vasos que drenam os pênis se comprimem e os espaços do tecido cavernoso se enchem de sangue, com isso aumenta de tamanho. O sangue entra no pênis em partes, primeiro no corpo e depois na glândula (no momento da ejaculação). Ao relaxar, o sangue sai do tecido cavernoso, com isso o pênis se torna flácido. Esse possui uma curvatura em forma de "S", chamada flexura sigmóide que tem a capacidade de estender-se aproximadamente 30 cm durante a cópula. Normalmente, o pênis se mantém em forma de "S" mediante ao músculo retrator, e durante a cópula esse músculo se relaxa como conseguinte a extensão da flexura. Somente neste momento é quando o pênis se exterioriza do abdome.

A inervação é constituída por fibras sensoriais particularmente na glândula do pênis. Por trás destas estruturas, nos caprinos encontramos uma estreita extensão até a uretra de uns 3-4 cm de comprimento, chamado apêndice filiforme (ou processo uretral). Este apêndice gira rapidamente durante a ejaculação ("chicoteia") e projeta o sêmen na parte anterior da vagina das fêmeas até a chegada do mesmo ao útero. A extremidade livre do pênis está alojada em uma invaginação da pele, denominada de prepúcio.

##### **B) O pênis dos bovinos**

O pênis é composto do corpo (cavernosos pares), da uretra com seu corpo cavernoso ímpar e da ponta do pênis, sendo recoberto, todo ele, pela túnica albugínea. Seu comprimento é de aproximadamente 75 cm de extensão nos touros jovens de um ano de idade e aproximadamente 100 cm no touro adulto de cinco anos. Quando o pênis está relaxado, apenas a metade dele é acessível à inspeção e a palpação. Em repouso, o pênis é retraído pelo músculo retrator do pênis (musculatura lisa) e mantido no prepúcio, formando caudalmente o S peniano.

Quando o pênis está retraído, sua extremidade se encontra exatamente entre o óstio prepucial e a base do escroto. Conforme a idade do animal, o corpo do pênis tem espessura de dois a três dedos e apresenta uma consistência rígida, firme e elástica. Se o pênis tem espessura de um dedo mínimo e sua porção cranial ao escroto, quando recolhido, é do comprimento de um dedo mínimo, suspeita-se de subdesenvolvimento peniano (infantilismo), que requer confirmação por inspeção no momento da cópula. A extremidade cranial do pênis recoberta pela folha interna da mucosa do prepúcio, quando intacta, apresenta boa mobilidade, em função das várias pregas da mucosa prepucial e do alto teor de tecido conjuntivo frouxo submucoso. Normalmente, é fácil deslocar a porção do pênis em posição caudal ao prepúcio e a curvatura ventral do S peniano.

O pênis dos bovinos possuem a cicatriz da glande, que serve para que ela rotacione, para que assim o sêmen seja melhor espalhado e entre vagarosamente pelo saco vaginal e grande parte atinja o útero.

#### **IV- MORFOFISIOLOGIA DO PÊNIS DE CÃES E GATOS**

##### **- Histologia:**

O pênis é constituído por três massa cilíndricas de tecido erétil, mais a uretra, envoltas externamente por pele. Delas, duas são colocadas dorsalmente e recebe o nome de Corpos Cavernosos do Pênis. A outra, ventral, chama-se Corpo Cavernoso da Uretra e envolve a uretra peniana em todo o seu trajeto e na sua porção terminal, dilata-se formando a glande.

Os três corpos cavernosos encontram-se envoltos por uma resistente membrana de tecido conjuntivo denso, a Túnica Albugínea do Pênis. Essa membrana forma um septo que penetra entre os dois corpos cavernosos do mesmo.

Os corpos cavernosos do pênis e da uretra são formados por um emaranhado de vasos sanguíneos dilatados, revestidos por endotélio. O prepúcio é uma prega retrátil da pele do pênis, contendo tecido conjuntivo, músculo liso no seu interior. Observam-se, na sua dobra interna e na pele que recobre a glande, pequenas glândulas sebáceas.

##### **- Anatomia:**

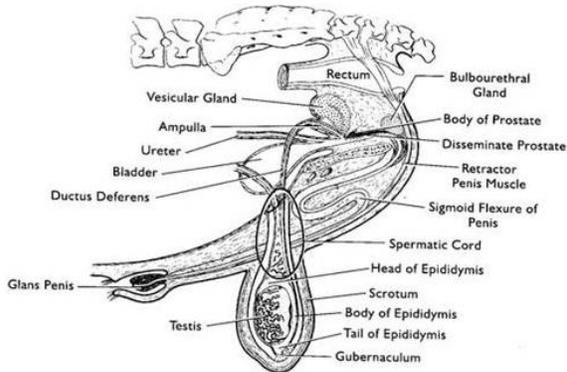
O pênis, composto por raiz, corpo e glande, apresenta diversas características. Em sua parte caudal, estão os dois corpos cavernosos, que são separados pelo septo mediano. Em sua parte cranial, há o osso do pênis. Ventralmente, apresenta o sulco para a uretra, dorsalmente é convexo e cranialmente torna-se menor e possui um prolongamento fibroso e curvo. No animal jovem, possui um prolongamento composto de cartilagem hialina, que posteriormente torna-se fibrosa.

A glande estende-se sobre todo o comprimento do osso peniano e no gato contém diversos espículos). A parte longa da glande é cilíndrica e com uma extremidade livre e pontiaguda, e na parte caudal há o bulbo da glande. Ambos são compostos de tecido erétil.

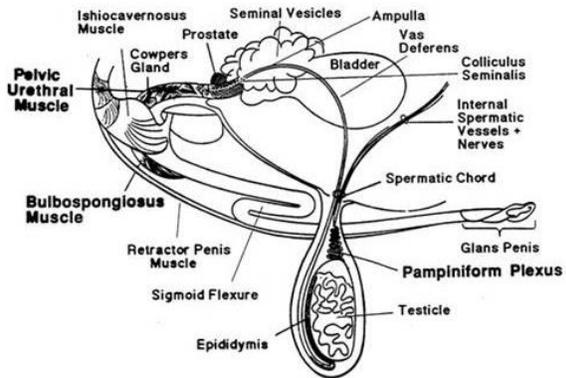
As duas veias dorsais passam caudalmente ao dorso do pênis e se unem ao arco isquiático. Há um músculo, o ísquio-uretral, que surge nos lados da tuberosidade isquiática, que irá convergir no dorso, próximo ao bulbo da glande. Comprime as veias dorsais e também pode tender a elevar o pênis, auxiliando na cópula.

##### **- Fisiologia:**

A ereção do pênis é controlada pelo Sistema Nervoso Vegetativo. No cão, a distensão final do pênis não ocorre até que ocorra a penetração total. A presença do osso peniano em cães e gatos, facilita a penetração. No gato, a presença de espículas na glânde do pênis é importante para a estimulação vaginal, sendo um mecanismo auxiliar na ovulação. No cão, a distensão final do pênis não ocorre até que ocorra a penetração total.

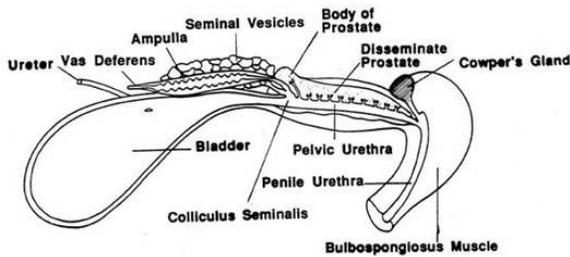


**The Bull Reproductive Tract**

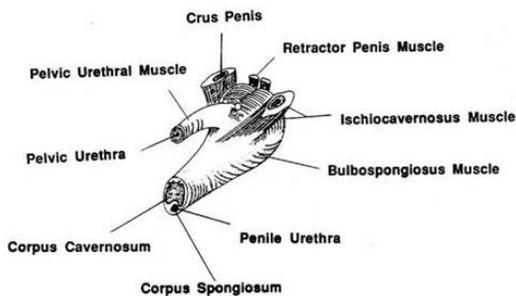


**The Bull Reproductive Tract**

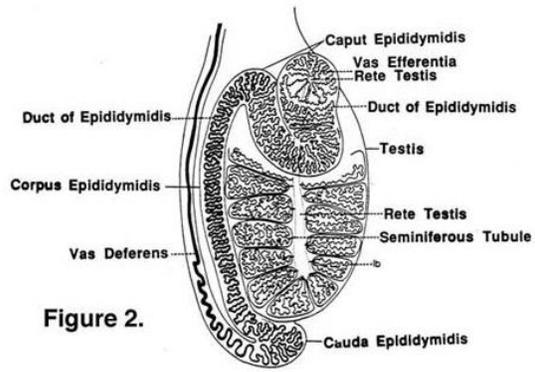
**Pelvic Genitalia of the Bull**



**The Bulb of the Penis**

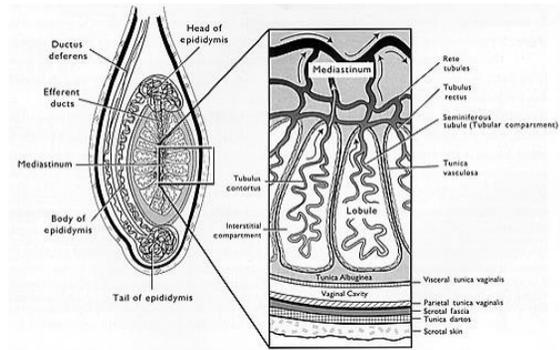


**Testis Diagram - A**

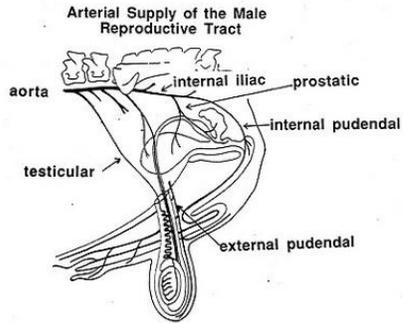


**Figure 2.**

**Testis Diagram - B**



**Male Tract Arterial Supply**



## **REPRODUÇÃO NAS FÊMEAS** **(Ismar Araújo de Moraes)**

### **I- OVÁRIO**

#### **1 - Conceito**

É um órgão duplo de forma variável encontrado dorsalmente na cavidade abdominal próximo ao bordo pélvico apresentando função celular e endócrina.

#### **2 – Forma**

Múltiparas - cacho de uva - **porca, cadela, gata**

Uníparas - ovóide - **vaca, ovelha, égua.**

A **égua** apresenta ovários riniformes com presença de uma fossa de ovulação.

Nas **aves** apenas o ovário esquerdo é funcional. O direito muitas vezes é um ovostestis.

#### **3 - Histologia**

Apresenta uma parte medular interna com vasos e nervos. Apresenta uma parte cortical externa com estruturas funcionais tais como folículos, corpo lúteo e corpo hemorrágico e estruturas vestigiais tais como o corpus fibrosum e corpus albicans. O revestimento é feito pelo epitélio germinativo e a falsa albugínea ovariana.

#### **4 – Folículos ovarianos**

- Folículos primordiais

Após a migração das células germinativas primordiais para a crista gonadal ocorre o envolvimento destas pelas células foliculares que se originam e passa a ser chamado de folículo primordial. Assim o folículo primordial consta de um ovócito envolvido por uma camada única de células epiteliais achatadas.

A vaca apresenta ao nascimento cerca de 150.000 folículos primordiais.

- Folículos secundários

São folículos com 2 ou 3 camadas de células epiteliais cuboidais. Nestes folículos já ocorre a formação da membrana pelúcida.

- Folículos terciários => Produzem Estrogênio

À medida que ocorre processo de multiplicação das células foliculares ocorre aumento no número de camadas e formação de lacunas repletas por líquido rico em estrogênio devido a coalescência dessas células. Também ocorre a diferenciação da parede do folículo que passa a ter 2 camadas chamadas de Teca e Granulosa. A camada da Teca pode ainda ser dividida em duas camadas: a teca externa de estrutura fibrosa e a teca interna celular e produtora de hormônio esteróide (estrogênio).

As células da granulosa vão ser ovuladas junto do ovócito. Elas são ricas em glicoproteínas, que fazem com que o folículo se fixe melhor na tuba uterina. As células da granulosa também são ricas em ácido hialurônico, e é por isso que os espermatozoides são ricos em hialuronidase, para romper o ácido hialurônico e chegar no óvulo.

Observa-se no final desse estágio uma grande lacuna (ou antro) repleta de líquido e com manutenção do oócito envolvido por células da granulosa que forma o cummulus oophorus (montículo ovárico ou eminência germinal).

- Folículos atrésicos

Correspondem a folículos em qualquer estágio (I, II ou III) em processo de degeneração que acabam desaparecendo e deixando apenas uma estrutura vestigial com aspecto hialino chamada de corpus fibrosum.

OBS:

- Durante um ciclo estral a maior parte dos folículos que iniciam o seu desenvolvimento entram em atresia e apenas um deles a cada ciclo chega a ovulação.
- Há 3 ondas de ovulação, e apenas na 3ª o folículo irá ovular. Nas duas anteriores há degeneração dos outros folículos.
- O mecanismo que determina a evolução ou maturação folicular ainda está pouco esclarecido mas hoje acredita que exista uma fase de Recrutamento que está na dependência da presença de receptores para FSH/LH na parede celular (se não houver receptores para FSH não há ovulação). Uma vez recrutados alguns poderão sofrer a atresia ou evoluir ainda mais transformando-se em secundários e terciários. Dependendo da quantidade de estrogênio produzido o folículo poderá ser selecionado para continuar crescendo posto que o estrogênio é capaz de criar receptores para o FSH na parede do folículo. Este processo é chamado de seleção folicular. Somente um dos folículos selecionados evoluirá para a ovulação e os demais entrarão em atresia. Acredita-se que exista um mecanismo de dominância folicular onde um folículo maior domine sobre os menores. O fato é evidenciado, mas não se sabe exatamente de que maneira esta Dominância é exercida.
- A **prostaglandina** é produzida antes do começo da gestação (para impedir o cio) e durante a gestação a fêmea não permite sua produção, pois ela leva a destruição do corpo lúteo.
- A **relaxina** é produzida pelo ovário e é responsável por relaxar a parede do útero, o que facilita a passagem do feto no momento do parto.

## 5 – Corpo hemorrágico

É a estrutura de consistência friável semelhante a um coágulo que surge no local do folículo rompido. Não existe nos **ovinos** e nas **aves**.

## 6 – Corpo lúteo => Produzem progesterona

- Também inexistente nas **aves**.
- Corresponde a uma estrutura de cor amarelada ( por isso também chamado de corpo amarelo) que substitui o corpo hemorrágico. Ocorre proliferação das células da teca e granulosa que invade o corpo hemorrágico alterando-o completamente, seguindo-se a acumulação de grânulos de luteína que confere o aspecto já mencionado. Após a luteinização a estrutura é chama de corpo lúteo.
- O corpo lúteo pode ter duração variável. Quando este é formado em ciclo estral sem ocorrência de gestação é chamado de Corpo Lúteo Cíclico e tem vida curta (mais ou menos 12-14 dias). Caso ocorra a gestação o corpo lúteo é chamado de Gestacional e se mantém até o final da gestação.
- Na égua mesmo quando prenhe ocorre formação de corpos lúteos acessórios até mais ou menos até 150 dias da gestação pois estes são sempre de curta duração, mas nesta espécie a produção de Progesterona é substituída pela Placenta.

- Na cadela o corpo lúteo dura em média 30 a 60 dias. Quando ultrapassa este período e ainda ocorre aumento de Prolactina a cadela normalmente apresenta a Pseudociese.
- Se o corpo lúteo é destruído, a produção de progesterona é interrompida e animal aborta.
- Na cadela o corpo lúteo dura mesmo sem gestação.

## 7 – Corpus albicans

Corresponde ao corpo lúteo sem função ou mesmo a cicatriz deixada pelo corpo lúteo na superfície do ovário.

## 8 – Funções do ovário

- Função celular: corresponde a produção de gametas femininos - oócito.
- Função endócrina:
  - Produção de Estrogênio (responsável principalmente pelas características sexuais secundárias; feed-back positivo para a produção de LH – ovulação; sinais de cio e desenvolvimento da glândula mamária)
  - Produção de Progesterona - responsável pela manutenção da gestação, lactação e ainda pelo comportamento materno.
  - Produção de Inibina (importante para a regulação endócrina por feed back negativo)
  - Produção de Ocitocina ovariana que parece influir no processo de involução do corpo lúteo.
  - Além disso, já foram evidenciadas cerca de 25 substâncias diferentes no líquido folicular com funções ainda pouco esclarecidas.

## 9 - Ovulação

Corresponde a ação do LH sobre o folículo que passa a sintetizar enzimas hidrolíticas capazes de desintegrar a matriz de tecido conjuntivo fragilizando a parede do folículo e permitindo o seu rompimento.

- A maioria dos animais apresenta cios naturais com ovulações espontâneas, mas alguns apresentam ovulações induzidas como as fêmeas de coelhos, gatos, camelos, furão, mink (visão, zorrilho), field vole (tipo de rato).
- Os ratos de laboratório, camundongos e hamster ficam a meio caminho pois quando há coito a prolactina é liberada e o corpo lúteo se mantém, entretanto, na ausência do coito o corpo lúteo dura apenas 3 dias.
- Nos cães, furões, cangurus e wallabis (pequeno canguru) o tempo de vida do corpo lúteo cíclico e gestacional não difere.
  - Na puberdade
    - A fêmea recém nascida e até mais ou menos 3 meses de idade já apresenta folículos em crescimento com pouca concentração de esteróides, porém o hipotálamo é hipersensitivo a estes esteróides e mantém-se hipo-ativo por feed-back negativo.

Na puberdade e perde hipotálamo perde a hipersensitividade aos esteróides e passa a secretar o **GnRH** que atua na hipófise e leva a liberação de **FSH** e **LH** e ocorre a primeira ovulação normal, entretanto, sem sinais externos de cio.

- No ciclo estral

Existe um momento no final do ciclo que o corpo lúteo está perdendo a sua função secretora de **progesterona**, e ocorre o crescimento folicular com secreção de **estrogênio** por feed back positivo.

## II- CICLO ESTRAL

### 1 - Definição

É o período compreendido entre dois estros, de duração variável, porem em torno de 20 dias, apresentando fases bastante evidentes e caracterizado por modificações da genitália tanto interna quanto externa assim como no comportamento da fêmea.

Os animais quanto ao desenvolvimento do ciclo estral são classificados em

Poliéstricos estacionais (só entram no cio nas estações de maior luminosidade) => **éguas**

Poliéstricos não estacionais (entram no cio em qualquer estação do ano) => **vacas**

Monoéstricos (entram no cio uma vez por ano e depois entram em anestro) => **cadelas**

### 2 – Fases do ciclo (**Proestro - Estro - Meta-estro - Diestro**)

- O Proestro e o Estro são também chamadas de fases estrogênicas ou proliferativas.  
> Proliferação de glândulas e do endométrio
- As fases de Meta-estro e Diestro são chamadas de fases progesterônicas ou secretoras.  
> Secreção do endométrio e leite

### 3 – Duração das fases

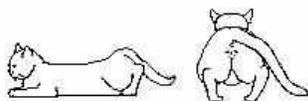
	PROESTRO	ESTRO	META-ESTRO	DIESTRO
Vaca	3 a 4 dias	12-18 horas	3- 5 dias	10-12 dias
Égua	6 a 7 dias		15 a 16 dias	
Porca	+/- 3 horas	+/- 56 horas	Cerca de 18 dias	
Cadela	5 a 9 dias	6 a 12 dias	30 a 100 dias	

- O estro da égua pode variar de 2 a 11 dias, sendo normalmente mais longos na primavera e mais curtos no verão.
- A cadela após uma fase progesterônica chamada de metaestro ou diestro entra na fase de ANESTRO.

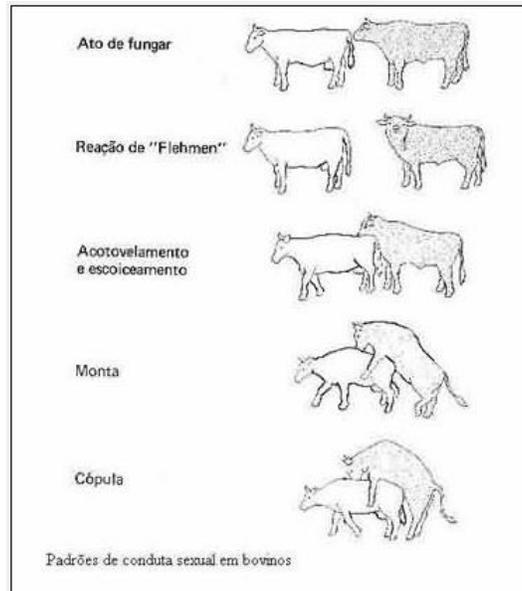
#### 4 – Estudo das fases

	PROESTRO	ESTRO	META-ESTRO	DIESTRO
<b>Ovário</b>	Folículo com com cerca de 1,5cm	Folículo com cerca de 2,0cm, tenso, parede fina e fácil ruptura	Corpo hemorrágico	Corpo Lúteo
<b>Principal hormônio</b>	Estrogênio	Estrogênio	Estrogênio em queda e Progesterona subindo	Progesterona
<b>Útero</b>	Túrgido e aumentado de volume	Maior, + túrgido, erétil	Inicia a flacidez e pode alternar contração e flacidez	Flácido
<b>Cervix</b>	Começa relaxar, aparece o muco	Relaxamento completo, > volume, muco intenso	Inicia o fechamento	Fechada
<b>Vagina e Vulva</b>	Inicia hiperemia e edema	Edematosa, congesta, Muco copioso	Pálidas e secas ou com pouco muco	Pálida e seca
<b>Comportamento</b>	Inquietação, olhar vivo, anorexia, urina com freqüência, maior vocalização, montam sobre outros animais e não aceita ser montada	Todos os sinais do proestro ainda mais evidentes e o animal aceita a monta com complacência.	Tranqüilidade	Tranqüilidade

- A gata, ao manifestar o cio (estro) apresenta uma conduta sexual característica caracterizada por rolamento sobre si mesma, rastejamento e apresenta sua cauda elevada, num tipo de cortejo ao macho.



- A conduta sexual que antecede a cópula difere bastante entre os animais domésticos, assim como o local onde o animal deposita seu ejaculado. A conduta sexual dos bovinos se dá da seguinte forma:



## 5- SANGRAMENTOS RELACIONADOS COM OS CICLOS REPRODUTIVOS ENTRE OS ANIMAIS

- A **cadela, a vaca e a mulher** apresentam sangramento durante os seus ciclos sexuais.
- Na cadela ocorre a hemorragia do Proestro e deve-se a passagem de hemácias através da parede dos vasos para a luz uterina em função da rápida elevação do estrogênio. A cadela irá ovular aproximadamente 10 dias após o sangramento.
- Na **vaca** ocorre a hemorragia do **Meta-estro** por passagem das hemácias devido a súbita diminuição do estrogênio e aumento da progesterona.
- Na **mulher**, a baixa de progesterona leva a vasoconstrição das arteríolas espirais do endométrio acarretando necrose do tecido. Em seguida a produção de substâncias vasodilatadoras (histamina, bradicinina e prostaciclina e outras prostaglandinas) determinam uma hemorragia chamada de menstruação.

## 6 – O papel da prostaglandina

A prostaglandina é um autacóide produzido pela parede do útero com capacidade de aumentar a espessura da célula endotelial dos vasos que nutrem o corpo lúteo, diminuindo a capacidade de perfusão de substâncias e comprometendo a sua nutrição. Este processo é chamado de luteólise ou lise do corpo lúteo.

## 7 – Endocrinologia do ciclo estral da **vaca**

- Proestro  
Inicia-se quando a concentração de progesterona está baixa e ocorre um rápido crescimento folicular estimulado pelo FSH e LH que determinam aumento do estrogênio.
- Estro

Inicia-se quando a fêmea sobre forte estimulação estrogênica aceita a monta pelo macho ou por companheiras do rebanho. O estrogênio apresenta-se com um padrão pulsátil e relacionado com o LH, semelhante àquele apresentado no proestro.

Em torno de 4 a 6 horas do início do cio ocorre uma onda pré-ovulatória de LH com duração média de 8 horas e cerca de  $26 \pm 7$  horas antes da ovulação. Esta onda é caracterizada por um aumento tanto na amplitude quanto na frequência dos pulsos de LH. Uma onda concomitante de FSH também é observada. A Progesterona encontra-se em níveis basais. Todas as espécies domésticas ovulam durante o estro, com exceção da vaca.

- **Metaestro**

Esta fase inicia-se quando a fêmea não aceita mais a monta e nela ocorre a ovulação da vaca cerca de 12 horas após finalizado o estro e segue-se a formação do corpo hemorrágico no lugar do folículo rompido. Após a ovulação o nível de progesterona começa aumentar ao redor do terceiro dia e atinge plateau ao redor do décimo dia já na fase de diestro.

- **Diestro**

Inicia-se quando o corpo lúteo está formado (substitui o corpo hemorrágico) e se mantém em pleno funcionamento. Caracterizado pelo aumento da concentração de progesterona até o 12º dia do ciclo quando então estabiliza e mantém-se até o 17º dia do ciclo. A partir daí há declínio brusco por ação da prostaglandina. Com relação ao estrogênio observam-se baixos níveis durante o diestro e isto pode ser justificado pelo fato dos folículos antrais não apresentarem o sistema aromatase ativado.

#### OBS

- Podem ocorrer de 2 a 4 ondas de crescimento folicular durante o ciclo estral da vaca, entretanto, somente na **onda de crescimento** que ocorre no final do Diestro um dos folículos não sofre a atresia e evolui para a ovulação. Nas demais ondas todos os folículos, sejam eles primários, secundários ou terciários sofrem atresia (degeneração).
- O folículo de 1/2 de ciclo é um folículo que cresce mais que nas outras ondas e pode, inclusive, levar a sinais externos de cio e ovulação.
- A medida que o FSH aumenta sua concentração, ocorre aumento concomitante de receptores para o próprio **FSH** e para o **LH** nas células foliculares da teca interna e granulosa. O aumento do FSH estimula a síntese de **estrogênio** nas células da granulosa a partir da aromatização dos androgênios que são produzidos e repassados pela teca interna. Enquanto o estrogênio encontra-se em níveis basais, sua produção é mantida por efeito do feed back negativo, mas a medida que atinge maior concentração, passa a operar o feed back positivo sobre o hipotálamo e hipófise com aumento da liberação de **LH**. Além de determinar a ovulação por lise da parede folicular, o LH atua sobre a granulosa que deixa de sintetizar estrogênio e passa a armazenar a luteína (grânulos lipídicos) e transformá-la em **progesterona** (hormônio secretor).
- Se o animal estiver amamentando não entrará no cio.

### III - FECUNDAÇÃO

#### 1 - Conceito

Trata-se da união de um oócito com espermatozóide dando início a formação de um novo indivíduo e compreende um conjunto de eventos celulares que se inicia com a penetração do oócito e vai até a singamia.

#### 2 – Fatores que interferem

- Viabilidade dos gametas

É necessário que os gametas encontrem condições de higidez tanto no ambiente por onde sofrerá o trânsito assim como no sítio da fecundação (Ampola). O espermatozóide é normalmente lançado no fundo de saco vaginal e deverá percorrer o canal cervical, corpo e corno do útero e oviduto até a região da ampola. O oócito tem um trânsito muito menor, portanto, do que o espermatozóide.

Além disso, deve-se considerar a duração da vida fecundante do oócito que está entre 6 e 8 horas e do espermatozóide entre 24 - 36 horas.

- Algumas espécies de morcego podem ser acasalar no outono e os espermatozoides permanecem viáveis no oviduto até que a fêmea ovule na primavera.
- Segundo a literatura os espermatozoides podem durar de 24 a 48 no sistema genital das vacas, ovelhas e porcas, até 5 dias no sistema da égua e até 90 horas no sistema da cadela.

#### - Transporte dos Gametas

Para o oócito é necessário uma conjugação hormonal (Estrogênio) que favoreça o batimento dos cílios do oviduto no sentido da ampola. Para o espermatozóide é necessária a existência de movimentos próprios e vigorosos além das contrações uterinas.

#### - Capacitação do espermatozóide

É necessário que o espermatozóide de bovino sofra um processo de preparação que dura de 7 a 8 horas para que possa fecundar um oócito, no suíno este período é de 1 a 2 horas. Durante a capacitação ocorre remoção das glicoproteínas originárias do plasma seminal e líquido epididimário além de ativação das enzimas hidrolíticas do acrosoma conferindo ao espermatozoides capacidade para penetrar na parede do oócito.

## IV - GESTAÇÃO

### 1 – Conceito

Período compreendido entre a fecundação e o nascimento caracterizado por alto nível de progesterona em circulação e íntimo contato materno-fetal.

### 2 - Períodos

- Período de ovo

Compreende o período que vai da fecundação até a fixação. Neste período a nutrição se faz pelos histiótrofos (leite uterino) e ocorre a migração embrionária.

DURAÇÃO DO PERÍODO DE MIGRAÇÃO EMBRIONÁRIA
BOVINOS = Até 15-30 dias
EQUINOS = Até 25-30 dias
CADELA E GATO = De 13 a 17 dias
OVINOS = Até 15 dias
SUÍNOS = Até 14 dias
COELHOS = 4 a 6 dias

OBS

Na fase anterior a implantação pode ocorrer um período chamado de "Embryonic Diapause" que pode-se estender por até 1 ano no canguru, até 10 meses no texugo europeu e até 10 dias no rato. O blastocisto atinge a fase de 100 células e paralisa o seu desenvolvimento. Volta a se desenvolver quando o momento for oportuno para a sobrevivência do recém nascido.

- Período de embrião

Período que vai da fixação até a placentação completa. Neste período forma-se a maior parte dos sistemas e observa-se inclusive o batimento cardíaco.

A placentação do bovino ocorre em torno dos 45 dias de gestação.

- Período fetal

Vai da placentação até o nascimento.

### 3 – Anexos placentários

- Conceito

São os componentes da unidade materno-fetal que garantem as trocas necessárias, a proteção e o desenvolvimento do feto no interior do útero.

- Constituintes

- Membrana amniótica

É a mais interna das membranas e encontra-se revestindo direta e totalmente o feto, e parte do cordão umbilical. Apresenta-se com folheto duplo e forma uma bolsa repleta de líquido. O líquido amniótico existente nesta bolsa é viscoso e de cor clara. É proveniente da transudação da superfície cutânea do feto e do cordão umbilical, da secreção do folheto interno da membrana e das cavidades nasais e oral do feto, além de urina fetal por via vaginal ou prepucial de acordo com o sexo do feto.

Funções:

Hidratar o feto  
Protegê-lo dos choques mecânicos  
Nutrição  
Função laxativa  
Lubrificação do canal do parto.

- Membrana alantóide

É a membrana intermediária entre o córion e o ânion. Apresenta membrana dupla chamadas: Alantocóron (aderida ao córion) e Alantoâmion (aderida ao ânion). Entre esses dois folhetos forma-se uma bolsa repleta de líquido alantoidiano que está ligado a vesícula urinária do feto através do úraco, sendo portanto semelhante à urina (rico em uréia e catabólitos de produtos nitrogenados).

A cor do líquido varia durante a gestação deixando de ser incolor e transparente e tornando-se, na ocasião do parto, branco azulado nas vacas, e vermelho ou variando do cinza claro ao azulado nas éguas.

O volume de líquido alantoidiano varia a medida que a gestação progride e atinge ao final desta cerca de 4 a 12 litros na vaca, 7 a 15 litros na égua, 1 a 2 litros nos pequenos ruminantes e 500 mL nas cadelas.

Funções:

- Proteção mecânica do feto contra traumas
- Impede a desidratação
- Favorece o equilíbrio evitando a torção uterina
- Promove dilatação da cervix, vagina e vulva no trabalho de parto
- Aumenta a lubrificação da vagina após o rompimento da bolsa
- Ação bactericida

- Membrana coriônica

É a membrana mais externa formando um saco completamente fechado e sem líquido. É constituída de dois folhetos:

um **externo**, que sofre modificações e dá origem à placenta fetal, e outro **interno**, intimamente relacionado com a alantóide, denominado alantocócion (neste ponto existem numerosos pequenos vasos sanguíneos que garantem a nutrição fetal).

Funções:

Proteção e garantia de ocorrência de trocas respiratórias e nutritivas através da união entre feto e mãe pelas superfícies modificadas (placenta fetal).

- Placenta

Pode ser dividida em placenta fetal e placenta materna. A placenta materna é a parte da mucosa uterina modificada que, na vaca, corresponde às **carúnculas**. A placenta fetal é toda a parte externa do cócion que se modifica para se unir à placenta materna, chamada de **cotilédone**.

A placenta como um todo é também chamada de placentoma, e corresponde a unidade materno-fetal que garante as trocas necessárias ao desenvolvimento do feto no interior do útero. Em espécies onde o embrião e a mãe têm um grande distanciamento, os filhotes necessitam muito mais do colostro.

Funções:

- Circulatória
- Respiratória
- Metabólica
- Hormonal
- Filtração
- Alimentação do Feto

A função hormonal da placenta é principalmente a produção de progesterona, para manter a gestação. Em algumas espécies, como nas éguas, a placenta substitui completamente o corpo lúteo no ultimo terço da gestação, mas em outras espécies, tais como vacas, cadelas e gatas, ainda que haja produção de progesterona pela placenta, elas são dependentes de um corpo lúteo funcional até o final da gestação.

=> Tipos de placenta

Tipo de placenta	Estruturas envolvidas	Espécies
<b>Epitelio-corial</b>	Epitelio Uterino + Córion	Ruminante - cotiledonária Eqüino e Suíno - Difusa
<b>Endotelio-corial</b>	Endotélio uterino + Córion	Cadela e Gata - Zonária
<b>Hemo-corial</b>	Sangue materno + Córion	Mulher, macaca , camundonga, coelha e ratas

OBS

Alguns autores consideram as ovelhas como tendo placenta do tipo sindesmocorial pois o epitélio do córion une-se ao conjuntivo da mucosa uterina.

De acordo com a modificação da mucosa uterina, as espécies podem ser classificadas como:

- Decíduadas - maior destruição da mucosa uterina. EX. **gata, cadela, coelha e mulher**.
- Intermediárias - alguma destruição da mucosa. Ex. **ovelhas**
- Adecíduadas - pouca destruição da mucosa. Ex. **vaca, égua, cabra e porca**

- Cordão umbilical

Serve de comunicação entre o feto e mãe e está composto por uma porção do **âmnion**, **pelas veias e artérias umbilicais, restos da vesícula vitelina e úraco**, tudo isso envolvido pela gelatina de Wharton.

Nas éguas e carnívoros, existe uma porção amniótica e outra alantoidiana, já nos ruminantes, não existe uma parte alantoidiana. Nas éguas normalmente as veias se fundem e encontramos duas artérias e uma veia, e nas vacas isso não acontece e encontramos duas veias e duas artérias.

#### 4 – Considerações gerais sobre a gestação

- Duração da gestação

RATA = 23 (+/- 1 d)
GATA = 58 (+/- 2 d)
CADELA = 63 (+/- 2 d)
PORCA = 114 (+/- 1 d)
CABRA E OVELHA = 150 (+/- 6 d)
VACA = 280 (+/- 10 d)
ÉGUA = 336 (+/- 1 d)
JUMENTA = 364 d
ALÍÁ = 610 d

- Modificações observadas na gestação

- Peso corporal => aumento de 15 a 25%
- Metabolismo energético => Aumento de 30 a 40%
- Volume/minuto no coração => Aumento de 30 a 35%
- Aproveitamento de nutrientes => Aumento de 10 a 30%

- Hipertrofia uterina:

O útero da égua fora da gestação pesa entre 800g a 1Kg e por ocasião do parto pesa entre 8 e 12 Kg. O útero da Vaca passa de 500g a 1kg fora da gestação para cerca de 10Kg no final da mesma. Foi observado que o comprimento da fibra uterina passa de 50-150um para 700-800 um. O Volume interno que a gestação ocupa no bovino corresponde a Líquidos fetais (12Kg), Útero (10Kg), Placenta (3Kg) e o volume do próprio bezerro (30Kg). Assim existem cerca de 55Kg extra no fim da gestação.

## V- PARTO

### 1 - Conceito

Corresponde a expulsão de um ou mais conceptos a termo (com capacidade de sobrevivência fora do ambiente materno) devido à ação conjunta neuro-hormonal e mecânica que prepara a mãe (via materna) para a expulsão do feto. É um momento onde a progesterona sofre uma diminuição na sua concentração no organismo, já que passa a ser convertida em estradiol.

No período que antecede o parto (PRÉ-PARTO) ocorre a maturidade feto-placentária em sincronismo com a função glandular mamária garantindo a vida do recém nato. Quando este parto ocorre de forma natural (EUTOCIA) segue-se um PÓS-PARTO caracterizado por uma rápida involução uterina e um rápido retorno da atividade ovariana cíclica.

Assim, existem na vida da fêmea dois períodos bastante significativos para a vida reprodutiva (produtiva): pré-parto e pós-parto. E existem duas situações a serem observadas por ocasião deste parto: a EUTOCIA, também chamada de parto fisiológico, normal ou facilitado; e a DISTOCIA, também chamada de parto anormal ou laborioso.

### 2 – Mecanismos de desencadeamento do parto

Várias teorias existiram para explicar o desencadeamento do parto, no entanto, a aceita atualmente postula um desencadeamento dependente da maturação do eixo hipotálamo-hipofisário-adrenal do feto que responde adequadamente ao estresse percebido por ocasião do fim da gestação produzindo cortisol que desencadeia uma cascata de eventos que culminam com a expulsão do feto (contrações do útero, cérvix, músculos abdominais,...).

O estresse do feto é gerado pelo desconforto existente no ambiente uterino dado ao seu volume e o pouco espaço disponível. Fisiologicamente o feto responde ao estresse produzindo e liberando o CRH (Hormônio de Liberação de Corticotrofina) que age sobre as células corticotróficas da hipófise determinando a liberação de ACTH (Hormônio adrenocorticotrófico) que age sobre a adrenal fetal resultando no aumento de cortisol na circulação fetal.

A medida que o parto se aproxima a concentração de cortisol cresce de forma gradual ( da terceira semana até 4 dias pré-parto a concentração de cortisol passa de 4 ng/ml para 25 ng/ml ).

O nível aumentado de cortisol na circulação ativa o sistema que converte a Progesterona e pregnenolona até então produzidas pela placenta em estradiol. Por sua vez, o aumento na concentração de estradiol pela placenta inicia os eventos que vão levar a lise do corpo lúteo gestacional e preparar o útero para uma maior propriedade de contractilidade. Isto se faz pela estimulação no útero para a produção da luteolisina (PgF2a) e pelo aumento na sensibilidade dos receptores uterinos a ocitocina.

Neste momento em especial temos as ação hormonal da PGF2a que além de lisar o Corpo lúteo tem propriedade mio-contrátil uterina determinando compressão do feto em encontro da cervix que geram impulsos nervosos que agem nos centros medulares e são transmitidos ao Hipotálamo que responde produzindo e liberando grandes quantidades de ocitocina.

Passa a existir neste momento uma consonância de eventos que aumentam as contrações uterina ( aumento de estrogênio, diminuição de progesterona, aumento de ocitocina, receptores mais sensíveis) e as tornam mais coordenadas e mais freqüentes a medida que aproxima o momento do parto.

Junto ao preparo do útero para garantir maior capacidade de contração ocorre o preparo do canal do parto com relaxamento da cérvix, dos ligamentos pélvicos e uma dilatação generalizada do canal do parto se faz evidente entre 1 e 2 dias antes do parto. Deve ser considerado ainda a relaxina de origem ovariana (provavelmente produzido pelas células luteinizadas da granulosa) que tem sido implicada na regulação deste processo de relaxamento das partes moles, assim como o estrogênio e a prostaglandina.

A toda esta força de contração deve-se ainda considerar que existe a prensa determinada pelos músculos abdominais que contribuem com 10% da força total de trabalho do parto. Durante o estresse do parto, a adrenal materna eleva a secreção de corticóides (15 ng/ml). Os glicocorticóides são essenciais, na vaca, ao estabelecimento da secreção láctea pela glândula mamária, bem como a prolactina serve à função similar.

FATORES HORMONAIS - CRH, ACTH, cortisol, baixa de P4, alta de E2, PGF2a, ocitocina.

FATORES MECÂNICOS - Contrações miométricas e abdominais, compressão do feto sobre a cervix.

FATORES NERVOSOS - Estímulos originados na cervix que atingem o hipotálamo, hipófise e adrenal do feto e da mãe.

Sob a ação do estrogênio, prostaglandina e relaxina inicia-se o relaxamento dos ligamentos sacroisquiático e sacroilíaco, provocando uma aparente elevação da inserção da cauda (afundamento da garupa), além do aumento de volume da glândula mamária, nos 15 a 20 dias que antecedem o parto. Um a dois dias antes parto estes sinais se intensificam e os tecidos moles, vulva e vagina tornam-se aumentados, edematosos, flácidos e relaxados. 12 a 15 horas antes do parto a temperatura corporal da porca aumenta em mais ou menos 1 grau. Nas demais espécies a temperatura corporal diminui.

### 3- Fases do parto

- Primeira fase – fase da preparação ou prodrômica

- ação uterina da progesterona, estrogênio e relaxina
- embebimento plasmático de algumas estruturas
- corrimento vaginal mucoso
- diluição do selo cervical
- afundamento da região da bacia e elevação da cauda
- secreção láctea
- inquietação, alienação e isolamento

Duração: corresponde aos últimos 15 a 20 dias da gestação.

- Segunda fase – fase de dilatação e insinuação

- órgãos genitais sob intensa ação hormonal
- insinuação das bolsas fetais com possível ruptura da alantóide.
- relaxamento e distensão da cervix
- aumento no número e intensidade das contrações
- exteriorização das bolsas fetais
- sinais de dores abdominais ( olhar para o flanco, sudorese, inquietude)

Duração: 3 a 8 horas nos bovinos, 2 a 6 horas nos eqüinos, 4 a 12 horas nos suínos, 2 a 5 horas nos pequenos ruminantes, 2 a 6 horas nos carnívoros.

- Terceira fase – fase de expulsão

- Começa com o início das contrações abdominais
- encaixe gradual e progressivo do feto no conduto pélvico materno
- expulsão do feto
- expulsão dos anexos (Segundo alguns autores)

Duração: 1 a 3 horas na vaca, 5 a 15 minutos na égua, 1 - 6 horas na porca, 1 a 4 horas nos pequenos ruminantes, até 9 horas na cadela.

Na égua a extensão da fase de expulsão pode determinar a morte do potro por sufocamento pois o córion se separa completamente do endométrio durante esta fase.

Na porca é comum a expulsão de um feto a cada 3 a 8 minutos. E na cadela 1 a cada 10-30 minutos, podendo haver intervalo de 1 hora ou mais entre fetos, entretanto deve ser completado entre 3 a 6 horas.

Em algumas espécies nesta fase pode ocorrer a expulsão dos anexos fetais, que podem estar envolvendo o feto (égua, porca, cadelas, gatas) ou serão eliminados posteriormente.

Tempo para expulsão dos anexos fetais:

ÉGUA - Cerca de 30 minutos após o parto

VACA - 2 a 12 horas após

PEQUENOS RUMINANTES - 30 minutos até 2 horas após

PORCAS E CADELAS - podem ser expulsos juntos com o feto, imediatamente após, ou nos intervalos entre um feto e outro.

## **VI- PUERPÉRIO**

Para a vaca, o puerpério vem sendo definido como o período que vai desde o parto até o aparecimento do primeiro estro no qual nova gestação possa ser estabelecida, o que implica em completa involução uterina e retorno a atividade endócrina, com plena reativação e sincronia do eixo hipotálamo-hipófise-ovário, que permita o crescimento folicular, estro, ovulação, concepção, desenvolvimento do corpo lúteo e gestação.

A involução deve compreender o aspecto macroscópico e microscópico (histológico) das estruturas uterinas retornando ao status normal. O processo de reepitelização da carúncula ocorre em torno de 25 dias em animais normais podendo retardar em animais com infecção uterina. O tamanho do útero diminui rapidamente, podendo ser inteiramente palpado por via retal entre 7 e 10 dias após o parto, estando com seu tamanho não gravídico atingido por volta dos 45 dias, embora as mudanças não sejam facilmente perceptíveis após o vigésimo dia.

Esta fase é caracterizada pela eliminação fisiológica do LÓQUIO, um líquido formado de tecido caruncular, restos celulares, leucócitos e sangue.

Duração:

VACA = 45 DIAS

CADELA = 90 A 120 DIAS

## ÉGUA e DEMAIS ESPÉCIES = POUCOS DIAS

A atividade ovariana pós-parto é reiniciada em torno do 15 dias, sendo possível a ocorrência de ovulação seguindo-se uma fase lútea mais curta que o normal com magnitude de progesterona também inferior. Normalmente não se observa sinais de cio (cio silencioso) por ocasião da primeira ovulação, mas um novo ciclo se inicia e os eventos endócrinos cíclicos regulares tendem a se estabelecer.

Nas vacas de corte com bezerro ao pé este retorno atividade cíclica ovariana é retardado devido ao estímulo negativo que a amamentação exerce sobre o funcionamento do eixo hipotalâmico-hipofisário-gonadal.

Na maioria dos animais o útero torna-se contaminado com bactérias durante ou após o parto normal, formando uma flora variada e flutuante. Esta flora geralmente é eliminada por ocasião do primeiro cio pós-parto, quando a concentração de estrógenos é elevada, tornando-se o útero livre de bactérias e apto para nova gestação.

**FISIOLOGIA DA REPRODUÇÃO DAS AVES DOMÉSTICAS**  
**(Ismar Araújo de Moraes)**

**I - CONSIDERAÇÕES SOBRE OS MACHOS DOMÉSTICOS**

A estrutura e localização do trato reprodutivo masculino da ave é significativamente diferente do trato da maioria dos mamíferos, como exemplo, os machos não possuem as glândulas sexuais acessórias.

O sistema de reprodução das aves domésticas é poligâmico enquanto das aves selvagens é monogâmico.

**1-** Testículo – É um órgão duplo e simétrico com formato de feijão, coloração amarelada nos jovens e branco puro nos adultos, de localização intracavitária e cranio-ventral aos rins. Tem capacidade de produção de testosterona, androgênios e estrogênio e sabe que a testosterona é importante para o crescimento e manutenção dos órgãos sexuais e para o comportamento de corte.

**2-** Túnica Albugínea – É delgada e não forma septos conjuntivos

**3-** Plexo Pampiniforme – Ausente

**4-** Epidídimo - muito curto, sem importância para maturação dos sptz (A maturação ocorre em +/- 24 horas)

**5-** Ducto deferente - é longo e sinuoso e termina em duas aberturas ou papilas na cloaca.

**6-** Espermatozóide - tem aspecto pontiagudo e não apresentam gota citoplasmática

**7-** Sêmen - apresenta pequeno volume (0,5 a 1,0 ml) e alta concentração (3,5 milhões/mm<sup>3</sup>)

O volume é pequeno devido à inexistência de glândulas bulbo-uretrais, próstata ou glândulas vesiculares e o líquido seminal tem origem nas células de Sertoli, epidídimo e possivelmente pelas pregas linfáticas da cloaca.

Concentração espermática em mm<sup>3</sup> em algumas espécies:

Touro = 1 milhão

Garanhão = 120 mil

Carneiro = 3 milhões

Porco = 100 mil

Cão = 200 mil

Peru = 7 milhões

**8-** Maturidade Sexual - 5 a 9 meses (no verão – período de maior luminosidade - um galo adulto pode realizar até 40 cópulas num período de 24 horas).

**9-** Aparelho Copulatório - as aves apresentam um aparelho copulatório localizado na extremidade

caudal da cloaca que se encontra escondido por uma prega ventral no ânus em animais fora da excitação. O aparelho copulatório consiste de:

- 1 par de papilas do ductos deferentes
- 1 par de corpos vasculares
- 1 par de pregas linfáticas
- 1 corpo fálico dividido em uma porção mediana e duas laterais (Direita e Esquerda)

OBS

O falo de muitas aves é pequeno, logo não serve como órgão penetrante, já em outras aves (patos e gansos p.ex.) é grande e penetra na fêmea no ato sexual.

A intumescência é principalmente linfática, e embora corresponda à ereção dos animais que têm pênis, se utiliza esse termo para animais que não contém o pênis.

A uretra é substituída por uma espécie de "calha" por onde o sêmen escorre.

## II – CONSIDERAÇÕES SOBRE AS FÊMEAS

De acordo com a maior parte da literatura relacionada ao tema, o sistema genital feminino da ave é formado pelo ovário e oviduto que se encontram desenvolvidos somente no lado esquerdo. A regressão do oviduto direito é determinada pelo AMH (hormônio anti-Mulleriano) secretado pelo ovário e a maior riqueza de receptores para estrogênio no lado esquerdo suprime o efeito do AMH e permite o seu desenvolvimento. O termo oviduto da ave deve ser entendido como a parte tubular que liga o ovário à cloaca, incluindo o infundíbulo, o magno, o istmo, o útero ou glândula da casca e a vagina.

A atividade sexual das aves (machos e fêmeas) é sincronizada com as estações do ano com maior presença de luz, porém ela é não-retiniana. O conhecimento desse fato faz com que a indústria manipule o fotoperíodo das aves, para que haja um aumento na produção de ovos.

### 1- Ovário esquerdo

O ovário apresenta função celular e endócrina. O Tamanho do ovário depende do estado funcional e tem normalmente cor amarelada com matizes rosado, forma arredondada a poligonal e apresenta-se lobulado e friável.

Apresentam folículos com ovócitos Os folículos sofrem influencias do FSH e se desenvolvem produzindo estrogênio e androgênio. A ovogônia se desenvolve e o seu citoplasma torna-se rico em um vitelo amarelo (gema). Uma vesícula germinativa encontra-se no interior da gema e sofre migração para a superfície quando então se aplaina e forma o disco germinativo. Concluída a maturação do oócito, ocorre ovulação.

Os ovócitos das aves são os maiores do reino animal. Chega a 20 g na galinha (cerca de 40mm de diâmetro), sendo o recorde da Ave elefante de Madagascar cujo ovo era de 37,5cm e volume total de 7,5 litros.

Embora a função hormonal não esteja bem esclarecida, sabe-se que os esteróides gonadais (estrogênio, progesterona e androgênios) são essenciais para o desenvolvimento e funcionamento do sistema reprodutivo das aves, além de outros hormônios não-esteróides (cateclaminas, prostaglandina, ativador do plasminogênio e inibina).

Estrogênio => síntese da gema pelo fígado, mobilização de cálcio ósseo para formação da casca do ovo.

Progesterona => secreção do albume e indução a onda de LH

Androgênios => características sexuais secundárias

- O estrogênio é principalmente produzido pelos folículos pequenos (<10mm de diâmetro) que ainda estão fora da hierarquia dos folículos pré-ovulatórios e também pelos pré-ovulatórios (estrone e estradiol 17-beta > estrogênio ativo)
- Os androgênios (androstenediona e testosterona) e a progesterona são produzidos pelos folículos pré-ovulatórios.
- De forma diferente dos mamíferos, a camada da granulosa é a fonte primária de produção de progesterona e pequena quantidade de androgênio, enquanto a teca produz androgênios e estradiol-17Beta.

## 2- Ovulação

Não se sabe ao certo se o estímulo desencadeante é hormonal ou neural, mas sabe-se que a ovulação ocorre aproximadamente 6 horas após a onda de LH e cerca de 30 minutos (15 a 75min) após a postura. Normalmente a ovulação ocorre por rompimento do estigma (local menos vascularizado) sem qualquer sangramento e no local do folículo rompido não existe formação de corpo lúteo.

A medida que o folículo amadurece ocorre diminuição na produção de androgênio e estradiol -17 Beta pela teça e isto parece permitir que a granulosa sintetize quantidades crescentes de progesterona necessária para disparar a onda de LH e ovulação.

OBS: as aves não possuem corpo lúteo nem corpo hemorrágico.

## 3- Fecundação

É normal a ocorrência de polispermia com entrada de 2 ou 3 espermatozóides que formam pró-núcleos masculinos. Um deles se unirá com o pró-núcleo feminino e iniciará o desenvolvimento embrionário, e os demais sofrem a degeneração.

## 4- Oviposição

Aproximadamente 24 a 26 horas após a ovulação o ovo já está formado no oviduto e a oviposição ou postura ocorre por contrações da parede do útero. A literatura tem demonstrado que essas contrações são determinadas pelas prostaglandinas das séries E e F (PGF2-alfa, PGE1, PGE2) além de hormônios hipotlâmicos tais como a arginina-vasotocina, arginina-vasopressina e ocitocina. Também se observa que injeções de arginina-vasopressina e ocitocina desencadeiam contrações uterinas e postura subsequente.

O que "dispara" a postura quando o ovo está pronto para ser posto é ainda desconhecido. As aves de modo geral tendem a realizar a postura de um ou vários ovos, para então incubá-los. A domesticação das aves, entretanto, exerceu uma influência notável sobre este aspecto, de forma que hoje se dispõe de galinhas poedeiras que não apresentam o "choco".

CICLO DE POSTURA: Número de dias em que a ave realiza a postura em relação àqueles que não faz. Pode ser regular ou irregular. (Irregular => a galinha põe durante alguns dias seguidos, descansam um intervalo de tempo e voltam à postura).

TAXA DE POSTURA: Número de ovos produzidos durante um período de tempo determinado

## 5- Choco

O choco das aves domésticas é caracterizado por alterações hormonais e comportamentais

provavelmente determinado pela redução da fotossensitividade hipotalâmica.

- Mudanças hormonais

- Aumento da prolactina (hormônio do choco): relacionado com o hábito de deitar sobre os ovos
- Aumento da tiroxina: relacionado com crescimento de novas penas
- Redução da progesterona e provavelmente do LH

- Mudanças de Comportamento

- Cessação da postura e maior permanência no ninho
- Regressão do ovário e trato genital = para de ovular
- Diminui o do peso do fígado = não está mais trabalhando para produzir a gema
- Anorexia
- Hiperemia = mucosa mais avermelhada

## 6- Forma o do ovo da galinha doméstica

O oviduto esquerdo das aves mede cerca de 70 cm e se apresenta como um tubo convoluto de parede espessa, mucosa composta por vários tipos celulares (ciliadas, glandulares uni ou multi-nucleadas), mucosa extremamente pregueada, ligando a cloaca   proximidade do ovário. O ovo inicia sua forma o no ovário e vai se completando   medida que caminha nos diferentes compartimentos oviduto por um tempo médio de 25 horas.

A produ o anual de uma galinha doméstica gira em torno de 265 ovos de peso 58g. Esta produ o estará na dependência de uma boa alimenta o e de um plano de luz adequado. Atualmente o tempo de manuten o de uma ave de produ o em uma cria o   de 52 semanas.

## 7- Ovário

No ovário ocorre a forma o da gema (vitelo amarelo) através da incorpora o ao citoplasma do oócito de matéria prima, tais como: sais minerais, proteínas e lipídios. Estes últimos, são originários do metabolismo hepático e incorporadas ao oócito através das células da granulosa. A gema se forma em 3 fases distintas:

Fase Embrionária: até o 14<sup>o</sup> dia de incubaq o a ave já está com o ovário completamente formado e chega ao nascimento com uma popula o de oócitos em torno de 4.000.

Da Fase embrionária até 8-10 dias antes da ovula o:   a fase de crescimento lento, onde as substâncias são incorporadas de forma lenta   gema.

De 8-10 dias antes da ovula o até a ovula o ocorrida:   a fase de crescimento rápido onde ocorre aumento da gema na ordem de 0,5 a 2,8g/dia.

## 8- Infund bulo

  o local onde a gema   ovulada, e apresenta uma mucosa pouco pregueada de ep t lio simples, cilíndrico e caliciforme. Consiste uma estrutura tubular de 4 a 10 cm, de parede fina, com região c nica, seguindo-se por outra tubular com pregas em espiral suave, sendo percorrido pelo ovo em forma o em cerca de 15 minutos.

Fun es:

- Captar o oócito
- Servir de sede para a fecundação
- Lubrificar a mucosa para a passagem do ovo
- Formar a camada calazífera ou calazas (proteínas mucinas retorcidas que mantêm a gema no centro do ovo)

As calazas correspondem a dois espessamentos da clara retorcidos no sentido horário, compostas por albumina e deve sua origem a separação da mucina da capa interna da clara. Ela tem a função manter a gema suspensa protegendo das influências mecânicas.

OBS: Os espermatozoides só podem penetrar o oócito no infundíbulo, assim que ele é ovulado (sem clara, casca, etc)

## 9- Magno

Também chamada de glândula albuminífera. A mucosa é muito pregueada e provida de epitélio estratificado com células caliciformes e cilíndricas ciliadas e glândulas tubulosas. Consiste de estrutura tubular, de parede mais espessa, com 20 a 48cm de comprimento (é a parte mais longa), rico em glândulas tubulares dentro das pregas longitudinais da mucosa. O ovo em formação percorre o magno em cerca de 3 horas.

Funções:

- Formação da base do Albume (+/- 16g)
- Adição de Mucina (incorpora glóbulos de ar na clara)
- Adição da maior parte do Na, Ca e Mg.

Acredita-se que a formação do albume esteja sob controle hormonal, mecânico e nervoso fazendo com que as células glandulares do magno secretem e depositemos extratos sobre a gema que no seu trajeto gira sobre seu eixo. A estimulação mecânica direta foi evidenciada, pois se observa que um objeto estranho na luz do órgão estimula a secreção do albume.

O albume tem cerca de 30 proteínas diferentes entre elas: Ovalbumina (54%), ovotransferrina (13%), ovomucóide (11%), lisozima (4%) além de globulina e a avidina. (A ovalbumina contem todos os aminoácidos essenciais, a ovotransferrina une-se a metais polivalentes, a ovomucóide é inibidora da protease, a lisozima tem ação enzimática e a avidina liga-se a biotina). Segundo alguns autores algumas proteínas do albume apresentam atividade bactericida.

O ovo apresenta a gema em posição central e uma clara dividida em 4 capas distintas:

Densa Interna => A primeira unida à gema (3%)

Fluida interna => (21%)

Densa Externa => (55%)

Fluida Externa =>(21%)

## 10- Istmo

Apresenta luz estreita e mucosa produtora de proteínas, com pregas menores com menor número de glândulas. Tem comprimento de 4 a 12 cm, parede muito grossa, com pregas longitudinais e diâmetro reduzido. O ovo em formação percorre o ístmo em cerca de 1 hora e 15 minutos.

Funções:

- Formação da Membrana Testácea: membrana da casca do ovo constituída por ovo-queratina
- Adição de proteínas ao albume
- Adição de uma pequena quantidade de água

Provido de partes da clara e das chalazas, o ovo chega ao ístmo donde se produz uma secreção filamentosa que coagula com rapidez. Esta contém uma grande quantidade de gluconato de cálcio e forma a membrana testácea, composta de 2 folhetos que cobrem a clara e separadas no polo maior do ovo formando uma câmara aérea.

### **11- Útero (Glândula da Casca)**

Apresenta parede é mais fina que a do ístmo mas apresenta-se fortemente muscular com pregas longitudinais e transversais e glândulas tubulosas. Tem 4 a 12 cm de comprimento, porém, é uma região expandida em forma de saco. O ovo em formação permanece cerca de 20 horas neste compartimento.

Funções:

- Adição de grande quantidade de água (chega a dobrar de peso)
- Adição de vitaminas da maior parte do K+
- Formação de uma matriz orgânica seguida de deposição de íons  $Ca^{++}$  formando a casca
- Secreção de porfirinas que dão cor ao ovo
- Formação da cutícula do ovo

A casca tem 94% de carbonato de Ca ( $CaCO_3$ ), 1,4% de Carbonato de Mg ( $MgCO_3$ ) e 3% de glicoproteínas, mucoproteínas, colágeno e mucopolissacarídeos. No útero se forma a casca calcária em 5-6 horas. A mucosa do útero secreta uma massa turva, viscosa e impregnada de partículas "calizas". Esta massa se solidifica e consta de uma armação de substâncias orgânicas e inorgânicas. Na formação da casca estão envolvidos os estrógenos e hormônios tireoideanos. Os estrógenos favorecem o depósito de ptn e os tireoideanos o depósito de cálcio.

OBS: quanto mais velha a galinha, mais delgada a sua casca.

O útero além de formar a casca tem a função de regular o conteúdo salino e aquoso do ovo, assim como, dotá-lo de pigmentos, embora seja sabido que estes pigmentos não têm origem no útero. A casca é protegida externamente por uma cutícula especial de natureza mucosa que seca rapidamente e confere ao ovo um certo brilho. Esta cutícula fecha os poros da casca (em torno de 7.600 poros). A secagem da cutícula é visível e dá a falsa impressão de endurecimento instantâneo da casca.

### **12- Vagina**

Tem comprimento de 4 a 12 cm, apresenta pregas longitudinais onde se depositam a maior parte dos espermatozoides após a cópula. O ovo neste nível está praticamente formado e percorre este segmento em poucos segundos.

Funções:

- Transporte do ovo para o meio externo
- Retenção dos espermatozoides para futuras fecundações

Os espermatozoides permanecem viáveis na galinha por 10 a 14 dias e na perua por cerca de 50 dias.

### 13- Cloaca

É um extremo dilatável e o ovo apenas estabelece contato com as paredes, pois a vagina se prolapsa no momento da postura evitando o contato do ovo com as dejeções. Este segmento não contribui em nada para a formação do ovo.

#### CONSIDERAÇÕES GERAIS

- Cor da gema

Devido a presença de pigmentos que se originam da alimentação (xantofilas, luteína, zeaxantina e carotina)

- Cor da casca

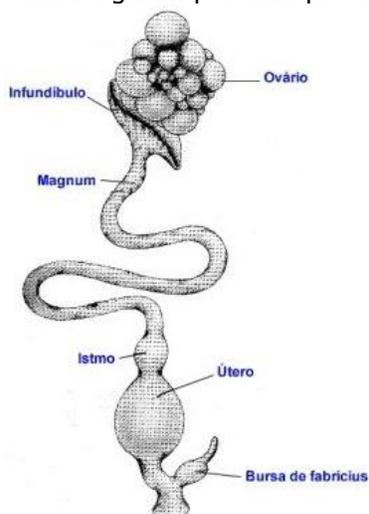
A cor da casca é um atributo genético e podem ser observadas as cores branca, vários tons de marrom, rosa, verde e azul. As linhagens de postura comerciais obtidas a partir da Leghorn produzem ovos de casca branca e as derivadas de Rhode Island Red, New Hampshire e Plimouth Rock produzem ovos de casca marrom.

Os pigmentos da casca são descritos como porfirinas da casca ou ovoporfirinas, e são compostos cíclicos formados por anéis pirrólicos. A maioria dos ovos com pigmento marrom ou preto contém protoporfirina e a extração química da cor das cascas dos ovos azuis e verdes mostrou presença de biliverdina e um quelato de Zinco-biliverdina. Segundo este autor a origem dos pigmentos não é conhecida, mas parecem ter origem nas células do útero.

Nas aves que põem ovos uniformemente coloridos (castanhos, azuis ou verdes) estes são corados por pigmentos derivados dos eritrócitos (porfirinas) principalmente concentradas nas camadas mais superficiais da casca. Os ovos que são manchados ou salpicados contêm pigmentos na camada cuticular que também têm origem dos eritrócitos.

- Calorias do ovo: cerca de 95Kcal.

- Clara e gema: possuem proteínas e nutrientes para o desenvolvimento do embrião.



## **FISIOLOGIA DA GLÂNDULA MAMÁRIA** **(Ismar Araújo de Moraes)**

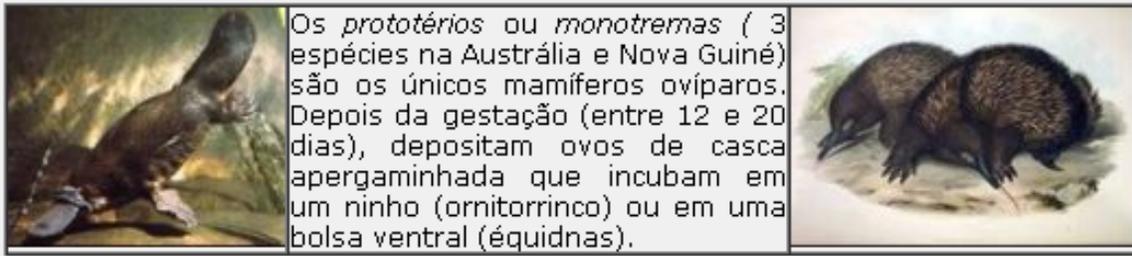
### **I- INTRODUÇÃO**

A classe dos mamíferos reúne mais de 4.000 espécies vivas de vertebrados agrupados em 135 famílias e 18 ordens. Encontram-se disseminadas por todo o planeta, incluindo os oceanos e as zonas polares. Ao contrário dos outros vertebrados, os mamíferos apresentam a mandíbula inferior constituída por um único osso (dentário), que se articula ao osso escamoso do crânio.

O modo de reprodução permite definir os grandes grupos de mamíferos: os prototérios ou monotremados, os metatérios ou marsupiais e os eutérios ou placentários.

- **Monotremados**

Semelhantes aos répteis mantiveram a oviposição na sua evolução. Nestes animais, o feto eclode do ovo com mais ou menos 2cm, membros anteriores parcialmente desenvolvidos, olhos fechados, sistema olfatório provavelmente funcional e com capacidade de lambar ou sugar o leite ejetado na aréola da mãe (área especializada da pele sem existência de tetas).



- **Marsupiais**

Nascem ainda como fetos. Ao nascimento os membros anteriores estão bem desenvolvidos permitindo escalar até a bolsa (marsúpio) onde fica firmemente aderido à teta até completar seu desenvolvimento.

- **Eutérios (placentários)**

Inclui-se a maioria dos mamíferos (95%). Ao nascimento a maioria dos mamíferos são totalmente dependentes do leite materno, pois deixam de nutrir-se pela via corioalantóide. O cobaio é uma exceção pois pode sobreviver sem mamar após o nascimento.

### **II- GLÂNDULA MAMÁRIA**

A glândula mamária é considerada uma parte do sistema reprodutor, e a lactação pode ser considerada como a fase final de um ciclo de reprodução. Assim, pode-se dizer que, para a maioria dos mamíferos, uma falha em aleitar, tal como a falha de ovular, é também uma falha em reproduzir.

- **Anatomia**

A Glândula mamária corresponde a uma glândula sudorípara modificada que secreta leite para nutrição da prole. Ela origina-se, embrionariamente, a partir do espessamento linear bilateral do ectoderma ventrolateral na parede abdominal, denominados de "linhas lácteas" ou "cristas

mamárias". Nelas se formam os botões mamários que dão origem a porção funcional da glândula mamária. Isto ocorre quando o embrião tem cerca de 35 dias de idade.

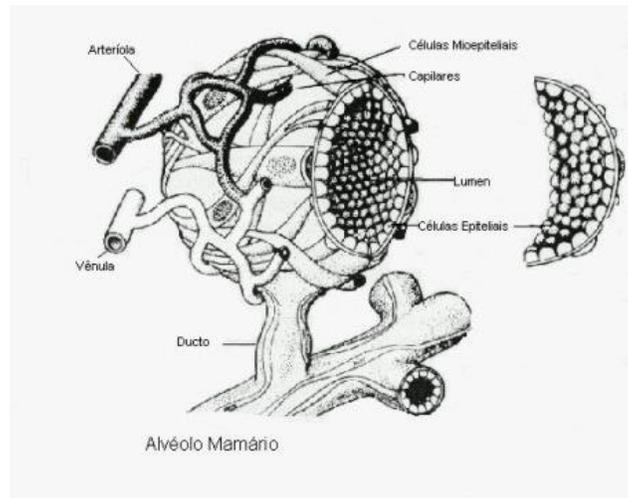
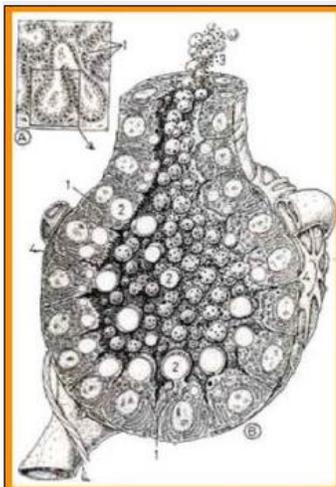
Está composta por um sistema de ductos que conectam massas de epitélio secretor (parênquima) envolvidos por tecido conjuntivo, gordura, vasos e nervos (estroma). O conjunto encontra-se sustentado por uma cápsula fibro-elástica.

O parênquima consiste de uma camada única de células epiteliais secretoras, que formam os alvéolos mamários que drenam para ductos pequenos que vão progressivamente se unindo a ductos maiores, até abrir em uma cisterna ou diretamente na teta.

Os alvéolos são agrupados em unidades conhecidas como lóbulos, cada um deles envolvido por um septo distinto de tecido conjuntivo. Os lóbulos são agrupados em unidades maiores denominadas lobos, que são rodeados por septos de tecido conjuntivo. Os alvéolos são recobertos por células contráteis de natureza mioepitelial e que respondem ao reflexo de ejeção do leite. As células mioepiteliais também se localizam ao longo dos ductos.

A proporção parênquima secretor e tecido conjuntivo é controlada por mecanismo hormonal. Durante a lactação da vaca encontra-se maior proporção de parênquima do que de estroma, e fora da lactação (período seco da vaca), isto se inverte.

Com exceção dos monotremados, os mamíferos apresentam tetas, normalmente pares, ligadas às glândulas mamárias. As tetas estão presentes em ambos os sexos. Exceção para ratos e camundongos cujos machos não dispõem de tetas. E equinos machos onde a sua presença ainda é discutível.



Os alvéolos produzem o leite e drenam para ductos pequenos que se unem em ductos menores, até abrirem em uma cisterna ou diretamente na teta.

**DIFERENÇAS ENTRE AS ESPÉCIES**

Espécies	Nº de Tetas	Localização DAS TETAS
Primatas, morcegos, elefantes e Baleias	2	Torácica
Cobaías	2	Inguinal
Cabra, ovelhas, éguas,	2	Inguinal
Vacas e búfalas	4	Inguinal
Porcas	12-18	Tóraco-abdominal-Inguinal
Gatas	8-10	Tóraco-abdominal
Cadelas	8-12	Tóraco-abdominal-Inguinal
Canguru	1 (duas glândulas fusionadas)	No marsúpio
Ratas e coelhas	8-10	Tóraco-abdominal

ESPÉCIES	Sistema de DRENAGEM DO LEITE
<b>Ratos e camundongos</b>	Os ductos se unem e formam um canal galactóforo único que se abre na teta.
<b>Coelhos</b>	Possuem 6 a 8 canais galactóforos se abrindo na teta.
<b>Humanos</b>	12 a 20 canais principais se unem e formam um seio próximo ao bico do peito.
<b>Ruminantes</b>	Os grandes ductos drenam em uma cisterna no interior da glândula (cisterna da glândula) que por sua vez drena para uma cisterna no interior da teta (cisterna da teta) e daí para um canal único que se abre na porção final da teta.
<b>Porcas</b>	Apresenta uma cisterna da glândula ligada a duas cisternas do teto que se abrem em dois canais galactóforos individuais
<b>Éguas</b>	Cada teto possui dois canais e duas cisternas, cada uma delas ligadas a um sistema independente de ductos e alvéolos.
<b>Gatas</b>	5 a 12 canais na porção final da teta
<b>Cadelas</b>	8 a 20 canais na porção final da teta

Nos ruminantes e éguas, as glândulas individuais estão tão intimamente associadas e justapostas que a estrutura resultante é chamada no conjunto de ÚBERE (toda glândula mamária).

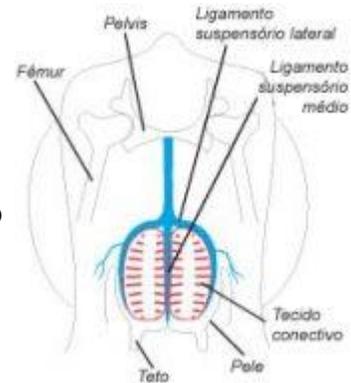
**III- ÚBERE DA VACA**

Apresenta 4 glândulas mamárias individuais chamadas de quartos mamários, que são unidades glandulares completamente independentes. O úbere tem revestimento piloso e o teto é completamente sem pelo. O peso do úbere é variável, e no caso da vaca em lactação é de 14 a 32 kg. Sua capacidade de produção não está totalmente relacionada com o tamanho já que a relação parênquima (tecido secretório) e estroma (tecido conjuntivo) varia amplamente.

O úbere dispõe de dois ligamentos (lateral e mediano) como estruturas primárias de suporte, que impedem que o úbere encoste no chão. A pele oferece pequeno suporte mecânico, mas não suficiente para proteger o úbere.

As duas metades do úbere bovino estão separadas pelo ligamento suspensório médio formado por duas lamelas de tecido conjuntivo elástico que se origina da túnica abdominal. A extremidade posterior desse ligamento está ligada ao tendão pré-púbico.

Os ligamentos suspensórios laterais são compostos de tiras fibrosas, não-elásticas, formando numerosas lamelas que penetram na glândula e se tornam contínuas com o tecido intersticial do úbere. Eles estão unidos aos tendões pré-púbicos e sub-púbicos, que estão unidos à sínfise pélvica.



A estrutura suspensa do úbere

Os alvéolos e os ductos são rodeados por células mio-epiteliais contráteis também chamadas de "células em cesta", que respondem à ocitocina e favorecem a "descida do leite". O leite é drenado dos ductos principais para a cisterna da glândula e daí passivamente para a cisterna da teta onde fica retido.

A cisterna da glândula comunica-se com a cisterna da teta através de uma crista circular (ânulo) que contém uma veia e algumas fibras de musculatura lisa. A cisterna da teta ficam entre os esfíncteres e comunica-se com o exterior por uma abertura estreita no final da teta, chamada de ducto papilar (canal da teta). O óstio papilar dispõe de fibras musculares lisas. A estrutura primária responsável pela retenção do leite é um esfíncter muscular que rodeia o canal da teta. Irradiando-se para cima existe uma estrutura conhecida como roseta de Furstenberg, formada de 7 a 8 dobras de camadas duplas de epitélio e tecido conjuntivo subjacente. A cisterna do úbere fica entre a pele e o tecido glandular, e fica repleta de leite.

As duas metades do úbere (direita e esquerda) recebem suprimento sanguíneo das artérias ipsilaterais existentes (artéria pudenda externa direita e esquerda). Na vaca, o suprimento sanguíneo é feito principalmente pela artéria pudenda externa que passa pelo canal inguinal e divide-se em ramo cranial e caudal. O ramo cranial supre o quarto mamário anterior e o ramo caudal supre o quarto mamário posterior do mesmo lado da artéria. Uma pequena parte do suprimento sanguíneo é garantido pela artéria perineal ventral (ramo da pudenda interna) que passa logo abaixo da vulva, na linha mediana, e chega até a parte caudal de ambos os lados da glândula mamária da vaca.

A drenagem sanguínea do úbere da vaca é feita pela veias pudendas externas de cada lado. Elas recebem o sangue dos quartos mamários cranial e caudal do mesmo lado e drenam para a veia epigástrica superficial caudal do mesmo lado. Caudalmente drena para a veia perineal. As veias das glândulas mamárias são desprovidas de valvas.

Um intenso fluxo sanguíneo é a condição para uma alta produção secretória das Glândulas Mamárias. Após o parto ocorre rapidamente um desvio do fluxo sanguíneo do útero para as glândulas mamárias. Um estudo feito em vacas demonstrou que:

	Massa do úbere	Fluxo sanguíneo
<b>14 dias antes do parto</b>	20 kg	4,5 L/min
<b>Na época do parto</b>	44 kg	21,0 L/min
<b>14 dias após o parto</b>	33 kg	12,0 L/min

Para produzir 1 litro de leite é necessário circular pelo úbere 500 litros de sangue. Quando a vaca está produzindo 60 litros de leite por dia, significa que pelo menos 30.000 litros de sangue estão circulando através da glândula mamária. Assim, as vacas de leite de alta produção de hoje estão expostas a grandes demandas.

As glândulas mamárias têm uma extensa rede de vasos linfáticos que drena para os linfonodos supramamários. Os vasos eferentes desses linfonodos passam para os linfonodos ilíacos externos. Por meio dos troncos lombares, a linfa passa através do ducto torácico, penetrando no sistema venoso próximo a origem da veia cava cranial.

**A) Células alveolares:** sintetizam proteínas, lipídeos e carboidratos (açúcares)

- Gordura: citoplasma -> ápice -> luz do alvéolo
- Proteínas: retículo endoplasmático -> Aparelho de Golgi
- Açúcar (lactose): Aparelho de Golgi

**B) Ocitocina**

É responsável pelo reflexo de ejeção do leite e o faz a partir de um estímulo que é enviado pela inervação aferente para o hipotálamo e neurohipófise, que então libera a ocitocina na circulação sanguínea. A partir disso são criados os intervalos entre as mamadas:

- Ninhadas: 1 hora ou menos
- Únicos: 2 horas
- Coelhos: 24 horas

#### **IV- MAMOGÊNESE NO SEXO FEMININO**

O crescimento mamário é o principal determinante da capacidade e rendimento do leite, pois o número de células alveolares mamárias influencia diretamente o rendimento do leite. O controle da mamogênese é genético e também endócrino, feito por hormônios hipofisários, ovarianos, da córtex adrenal e placentários. De todos os órgãos a glândula mamária é o que está sobre controle hormonal estrito, tanto para o crescimento quanto para a sua função.

Na fase fetal:

Aos 35 dias de idade, forma-se uma linha mamária do estrato germinativo.

Aos 60 dias de idade o botão mamário se aprofunda na derme e a teta começa a se formar.

Aos 100 dias começa a formação de canais na extremidade do botão e prossegue produzindo eventualmente uma abertura para o exterior.

Na fase pré-púbere:

O aparelho mamário do nascimento até a puberdade sofre pouco desenvolvimento e sua velocidade do crescimento mamário está de acordo com a velocidade de crescimento corporal (crescimento isométrico) mantendo-se assim até o início da atividade ovariana que precede a puberdade. O aumento do tamanho se deve ao aumento de tecido conjuntivo e gordura.

Na puberdade:

Antes do primeiro ciclo estral o parênquima mamário começa a crescer a uma taxa mais rápida do que o corpo como um todo (crescimento alométrico). Durante cada ciclo estral a Glândula Mamária é estimulada por hormônios ovarianos (Estrogênio e Progesterona) e também pelos hormônios GH, esteróides adrenais e prolactina, e ocorre o crescimento associado com o alongamento e ramificação dos ductos mamários e desenvolve-se o sistema lobuloalveolar.

Após a concepção:

No decorrer da primeira gestação, ocorrerá a maturação das glândulas mamárias permitindo que elas atinjam sua completa capacidade funcional. As células epiteliais mamárias completarão a sua diferenciação.

O crescimento acelerado durante a gestação deve-se provavelmente a secreção aumentada e sincrônica de hormônios esteróides (estrogênio e progesterona) e polipeptídicos (prolactina, gH e lactogênio placentário).

Após 3 ou 4 meses de gestação em vacas, por ação do estrogênio, GH e glicocorticóides, os ductos mamários alongam-se novamente, e os alvéolos se formam e começam a substituir o estroma (adipócitos). Ao final do sexto mês, com o efeitos adicionais da prolactina e da progesterona observa-se um extenso desenvolvimento lobuloalveolar

A secreção de leite normalmente começa durante a última parte da gestação e resulta na formação do colostro. O colostro é uma secreção mamária do pré e pós-parto, que é formado antes do parto e rico em imunoglobulinas A (IgA), que devem ser ingeridas e absorvidas pelo intestino de 24 a 36 horas, para que haja a garantia da transmissão de imunidade passiva para o recém-nascido. Ele também é rico em vitamina A, caseínas, albuminas e poucos açúcares, e não possui lactose até o momento do parto.

O lactogênio placentário está presente na placenta dos primatas, ruminantes e roedores além de outras espécies, e é responsável por sinalizar para a glândula que a fêmea está gestante. Até o final da gestação a glândula mamária terá se transformado em uma estrutura cheia de células alveolares que sintetizam ativamente e secretam leite.

Involução mamária:

Caracterizada pela diminuição por apoptose no número de células epiteliais mamárias e também na atividade por célula. Os espaços previamente ocupados pelos alvéolos em degeneração são substituídos por células adiposas. Esse processo ocorre para que haja a renovação do tecido mamário. A extensão da degeneração alveolar varia com a espécie e está governada pela capacidade hormonal manter as estruturas lobuloalveolares.

#### **V- LACTOGÊNESE** (estabelecimento da secreção láctea)

É o processo de preparação da Glândula Mamária para a produção de leite, no qual ocorre a diferenciação e multiplicação das células alveolares mamárias e envolve diversos hormônios: estrogênio, progesterona, prolactina, GH e glicocorticóides. O primeiro estágio consiste em diferenciação parcial enzimática e citológica das células alveolares e coincide com a pouca secreção de leite. O segundo estágio começa com a secreção copiosa de todos os componentes do leite na proximidade com o parto e permanece por diversos dias após o parto em muitas espécies. No final da gestação, com a queda da progesterona e a presença de prolactina e glicocorticóides, ocorre a lactogênese.

O bloqueio do hormônio progesterona sobre a lactogênese não é absoluto, pois se fosse a gestação simultânea com a lactação seria impossível. Duas moléculas de glicose devem entrar nas células epiteliais mamárias para cada molécula de lactose a ser formada. Uma unidade de glicose é convertida em galactose. A lactose-sintetase catalisa a reação da glicose e galactose, para formar a lactose no aparelho de Golgi. Esta enzima compõe-se duas subunidades: galactosiltransferase e  $\alpha$ -lactoalbumina.

A glicose é um fraco acceptor de resíduos de galactosil, mas na presença da  $\alpha$ -lactoalbumina a galactosiltransferase é modificada tornando a glicose um acceptor eficiente para a galactose. Assim, após o declínio da progesterona plasmática e secreção aumentada da prolactina no parto, a  $\alpha$ -lactoalbumina aumenta, resultando na formação de lactose-sintetase ativa, permitindo o início da síntese de lactose.

OBS: A glândula mamária retira glicose do sangue para que ocorra a produção de leite. Em vacas é comum ocorrer CETOSE devido ao alto consumo de glicose.

#### **VI – COMPOSIÇÃO DO LEITE**

O leite é composto por lipídios, carboidratos, proteínas, aminoácidos, vitaminas, minerais, eletrólitos e água.

- Gordura: fonte de energia mais importante, que pode estar na forma de mono, di ou triglicerídeos, ácidos graxos livres, fosfolípidos e esteróides; variando entre as espécies, raças e indivíduos.

- Carboidrato: A lactose é o principal carboidrato do leite. A lactase catalisa a reação que transforma a glicose e galactose em lactose. A síntese de lactose é impedida pela progesterona e estimulada pela prolactina.

- Filhotes: o intestino possui a lactase, que é a enzima responsável pela quebra da lactose para que esta possa posteriormente ser absorvida.
- Adultos: pode levar a uma diarreia osmótica.

- Proteína

Caseína, albuminas e globulinas

## **VII - GALACTOPOESE** (manutenção da secreção láctea)

É a manutenção da lactação que requer a conservação do número de células alveolares, uma intensa atividade de síntese celular e a eficácia do reflexo de ejeção do leite. Um complexo hormonal controla a lactação, mas a não ser que o leite seja removido freqüentemente da Glândula Mamária, a síntese do leite não persiste apesar do estado hormonal adequado. A ocitocina é requerida para a retirada do leite, enquanto diversos outros hormônios são essenciais para a manutenção de intensa síntese e secreção do leite.

A secreção láctea inicia-se com a síntese dos constituintes dentro das células alveolares, o transporte intracelular desses constituintes e a descarga dos constituintes no lume alveolar. Em seguida ocorrerá o fluxo passivo para os grandes ductos e cisternas. Finalmente, ocorre o reflexo de ejeção do leite.

Associado ao reflexo de liberação da ocitocina ocorre um reflexo para liberação de prolactina que está associado com supressão da ovulação das mulheres. Foi demonstrado experimentalmente que a liberação de prolactina pelo reflexo da sucção é necessário para a secreção e manutenção da lactação em gatas e ratas, mas não nas cabras. Após a hipofisectomia, de acordo com a espécie, para manter a produção de leite será necessária a suplementação hormonal conforme se segue:

RATAS => Prolactina e ACTH

COELHAS => somente Prolactina

CABRAS e OVELHAS => Prolactina, ACTH, gH, TSH (Após o restabelecimento da produção, a prolactina pode ser suprimida que a produção se mantém)

## **VII - HORMÔNIOS ENVOLVIDOS COM A LACTOGÊNESE E GALACTOPOESE**

**DUCTOS ATRÓFICOS =A=> DUCTOS EM CRESCIMENTO =B=> CRESCIMENTO  
LOBULOALVEOLAR =C=> SECREÇÃO DO LEITE**

**A** estrogênio, gH e glicocorticóides

**B** estrogênio, gH, glicocorticóides, progesterona e prolactina

**C** prolactina e glicocorticóides

Prolactina: estimula a lactogênese, suprime a ovulação e inibe a síntese de dopamina. Também age na estimulação do núcleo paraventricular do hipotálamo, que procede a liberação do peptídeo intestinal vasoativo, que aumenta a circulação nos vasos intestinais aumentando a absorção no intestino.

30 minutos após a amamentação = aumento da prolactina

O gado de leite tem mais gH e menos insulina que o gado de corte, mas o nível de prolactina é igual. A prolactina em ruminantes varia com a estação do ano, sendo maior no verão que no inverno. Essas mudanças hormonais também são observadas nos machos.

Embora a manutenção da lactação usualmente requeira a presença de vários hormônios da hipófise anterior, a prolactina tem papel importante em todos os não ruminantes estudados, nos ruminantes o papel mais importante é desempenhado pelo gH. O mecanismo exato para a copiosa secreção do leite na proximidade do parto ainda precisa ser completamente elucidado, mas a queda de Progesterona é um fator de importância.

## **RECÉM-NASCIDOS**

### **I - GENERALIDADES**

O momento do parto é um dos momentos de grandes modificações fisiológicas para o recém-nascido, tendo em vista que deixa a vida fetal e ambiente uterino para ingressar em um ambiente extremamente hostil. Dentro do útero sua fisiologia é completamente diferente daquela do meio exterior, quando deixa um ambiente bem protegido para sofrer todo o tipo de estímulo externo. Talvez este seja o momento em que o organismo animal sofre as maiores transformações e agressões ambientais.

A adaptação ao "meio externo" requer grandes modificações na fisiologia adaptativa do novo ser, bastando imaginar a sua temperatura intrauterina é muito maior do que a ambiental (na maior parte das vezes) principalmente se o animal nasce em lugares frios, no inverno ou sem abrigo. Tais variações podem variar entre as diversas espécies, pois, há animais que nascem protegidos (bebês de maternidade) e há aqueles que nascem ao relento animais silvestres, bezerros em pastagens).

Há, na verdade, uma preocupação maternal em dar à cria um local mais protegido possível como é o caso de aves que preparam ninhos protegidos, animais que dão à luz em cavernas protegidas e coelhas que preparam se "ninho" com pelos que vão depositando no local da parição.

### **II – CARACTERÍSTICAS DOS RECÉM-NASCIDOS**

Existe um certo grau de desenvolvimento do animal ao nascer e que é característico da espécie, fazendo com que o recém-nascido possa ser mais ágil ou mais desenvolvido em seus movimentos logo após o parto. Desta forma temos animais que se locomovem poucos minutos após o nascimento, mama e consegue acompanhar a fêmea ou comunidade familiar (grupo mais velho ou família). Outros são extremamente indefesos, não se locomovendo, podendo levar muito tempo para se locomover sozinho (como a espécie humana - 10 a 11 meses de idades), há os intermediários que se locomovem com certa dificuldade e têm seus olhos fechados durante certo tempo como cães e gatos e até mesmo ratos e camundongos que permanecem em ninhos por algum tempo.

Exemplos de animais que têm boa agilidade e mobilidade ao nascer estão os ovinos, os bezerros, os potros e as cobaias ( *Cavia* ); em seguida vem os suínos e as aves, seguidas dos cães e gatos. Os ratos e camundongos têm menos maturidade ao nascer do que os anteriores. É bem verdade que quanto mais imatura maior é a tolerância às variações, pois caso contrário morreriam com muita facilidade e as células corporais parecem mais tolerantes. Mesmo assim todos os recém-nascidos devem, receber atenção materna e até do homem quando os cria, pois devem ser bem protegidos e alimentados. Aparentemente um dos elementos que nascem com baixa maturidade é o hipotálamo que tem dificuldades em manter a termo-regulação em níveis adequados.

### **III – APARELHO CARDIOVASCULAR**

O cordão umbilical é o meio de comunicação entre a mãe e o feto que se alimenta através dele usando o sangue que vem da placenta. Esta serve para transferir os nutrientes que o feto necessita e em casos os anticorpos em proporções variáveis (zero em bovinos e quase total em seres humanos). O cordão umbilical se dirige ao fígado e após o nascimento ira se transformar no ligamento hepático (que liga o umbigo ao fígado). Outro aspecto da vida fetal é a comunicação entre câmaras cardíacas (forame oval) o que faz com que o sangue circule livremente pelo coração sem ser oxigenado via hematose (a oxigenação é placentária). Apesar de tais problemas relacionados ao oxigênio observou-se que de alguma forma o teor de oxigênio e maior no cérebro

do que no cordão umbilical o que parece uma forma de concentrar o referido gás no sistema nervoso por questões de maior taxa de uso do que em outros tecidos fetais.

O forame oval normalmente se fecha no recém nascido, ou horas antes do parto (dependendo da espécie) : há uma variação entre espécies e sem explicação lógica; nos potros se fecha em algumas horas pós-parto enquanto que nos ovinos pode demorar até uma semana para fechamento total. Outro local de comunicação entre sangue venoso e arterial, no feto, é o chamado ducto arterioso que estabelece conexão entre artéria aorta e artéria pulmonar. Nos adultos o fechamento de tal ducto conduz a um ligamento que une as duas artérias e passa a se denominar ligamento arterioso. Há possibilidade de não fechamento do forame oval tanto quanto do ducto arterioso o que gera uma patologia pela mistura do sangue arterial com o venoso. No coração o problema é grave pela diferença de pressão entre os dois átrios e grande volume de sangue que se mistura nas câmaras cardíacas.

Tal mistura faz cair a tensão de oxigênio (pela mistura dos sangues) e prejudica a oxigenação dos tecidos corporais promovendo certo grau de cianose labial, mucosas e extremidades (unhas e extremidades digitais nos humanos). No caso do conduto arterioso a pressão do sangue na aorta é maior do que na artéria pulmonar e quando ocorre fluxo nas duas, a tendência do sangue é fluir da aorta para a pulmonar em virtude da maior pressão; assim, não há passagem de sangue venoso para a aorta. De qualquer forma tais defeitos pós-parto podem levar a uma ausculta cardíaca fora do padrão (presença de "sopro" cardíaco) que pode perdurar até cerca de 10 a 15 dias em recém-nascidos de ovinos, eqüinos e bovinos (o que se considera, até certo ponto, normal).

Outro aspecto dos recém-nascidos é que durante a vida fetal há uma reserva de hemoglobina que pode chegar a ser três vezes maior, por Kg de peso, do que nos adultos da espécie (coelhos e gatos). O mesmo acontece com o ferro que se apresenta com reserva hepática bastante alta, com exceção de suínos, gerando nos recém-nascidos uma anemia denominada "anemia ferropriva dos leitões". Há animais recém-nascidos que não evidenciam hemoglobina do tipo fetal (eqüinos e suínos) enquanto é comum nos seres humanos, caprinos, ovinos e bovinos.

#### **IV - APARELHO RESPIRATÓRIO**

O aparelho respiratório do recém-nascido inicia sua função quando se corta o cordão umbilical e em seguida falta oxigênio para os tecidos. Em geral os animais fazem algum esforço respiratório (como o choro dos humanos) e ocorre um ingresso forçado de ar nos pulmões e que vão representar o chamado "ar residual" nos pulmões adultos pelo fato de dilatar os alvéolos que até então se encontravam colabados (colapso). Aparentemente os pulmões também entram em funcionamento pelo fato do corte com o cordão umbilical aumentar a tensão de CO<sub>2</sub> e estimular o centro respiratório (bulbar); outra enfermidade gerada a nível pulmonar é a deficiência da substância denominada surfactante que forra internamente os alvéolos. Tal substância é a dipalmitoil-lectina (um fosfolípido) que permite a passagem dos gases respiratórios, oxigênio e gás carbônico, através das paredes alveolares. Sua ausência conduz a uma enfermidade letal em poucas horas e é denominada "doença da membrana hialina"; aparentemente esta falta de surfactante se deve à uma deficiência de cortisol materno-fetal para amadurecimento de vários tecidos fetais, inclusive do aparelho respiratório.

#### **V - REGULAÇÃO DA TEMPERATURA**

Os animais podem nascer com grau variável de "maturidade" de seus sistemas, entre eles o sistema nervoso. O hipotálamo que controla diversas funções orgânicas, entre elas a termorregulação, pode apresentar graus variáveis de maturação ao nascimento. Assim, o controle da temperatura corporal pode não ter o mesmo grau de precisão quando se compara um recém-nascido com um animal adulto; em outras palavras podemos dizer que alguns recém-nascidos são

como os animais peclotérmicos, ou seja, suas temperaturas podem sofrer mais com as variações ambientais do que os adultos mamíferos. Outros sistemas também se encontram menos capazes do que os de adultos; assim é com a digestão, o metabolismo hepático, a sensibilidade aos medicamentos, ao armazenamento do glicogênio, e outros que de forma direta ou indireta se relacionam com o metabolismo e temperatura.

A gordura parda é um tipo especial de depósito lipídico que se apresenta em regiões estratégicas, mas, principalmente na região dorsal do corpo. Sua principal diferença fisiológica é a maior sensibilidade à mobilização e "queima" gerando calor quando há necessidade. Um dos hormônios que mobiliza tal gordura é a adrenalina promovendo aumento da temperatura corporal. O ser humano também nasce com esse tipo de gordura, mas, vai perdendo seu depósito à medida que o indivíduo cresce, restando apenas resíduo pequeno; os animais de lugares frios como os que vivem nos pólos apresentam tal tipo de gordura por toda a sua vida, pois, ela além de ser mais energética, responde mais rapidamente aos estímulos para sua liberação e assim o efeito protetor calórico é mais eficaz.

## **VI - CALEFAÇÃO**

Qualquer recém-nascido, por mais resistente que seja, necessita de proteção contra o frio e contra correntes de vento. Assim, sempre haverá necessidade de boa calefação do ambiente, com piso adequado ( não ser muito absorvedor de frio) que pode variar de acordo com o tipo de animal e a disponibilidade do produtor. De qualquer forma, os pisos de madeira (p.ex.) são melhores do que o de cimento em bezerreiros ou baias para leitões. O uso de palha também aquece , mas, deve ser trocada constantemente devido às descargas de urina e fezes (por causa da absorção fácil). As paredes laterais também são importantes por refletir o calor excessivo ou evitar os ventos "encanados"; o mesmo acontece com a forração (teto) do abrigo, pois telhas de amianto são muito mais calóricas do que as de barro; além disso a pintura com cor clara pelo lado externo (branco p.ex.) e em preto pelo lado de dentro "refresca" o ambiente.

## **VII – HIPOGLICEMIA DOS LEITÕES**

Em algumas raças de suínos ocorre uma hipoglicemia pouco tempo após o nascimento o que leva os animais à morte; assim, em tais animais é importante a adição de açúcar (glicose) à água de bebida dos mesmos. Há alguns anos se acreditava que o problema atingisse a todos os leitões, porém, hoje se sabe que há transferência genética (racial). A hipoglicemia produz uma queda de temperatura que se torna incompatível com a vida dos animais.

## **VIII – ÁGUA CORPORAL**

A água é um dos componentes orgânicos extremamente importante para sobrevivência dos seres vivos. Seu conteúdo abriga os minerais (eletrólitos) dissolvidos e mantém uma concentração que não pode sofrer grandes variações ou por tempo prolongado. Por exemplo, a concentração de sódio ( Na<sup>+</sup>), cloro (Cl<sup>-</sup> ) potássio ( K<sup>-</sup> ) estão envolvidos diretamente com o impulso nervoso além do cálcio que também tem papel fundamental em várias funções celulares e no líquido extracelular.

Os animais quando nascem apresentam maior teor de água corporal do que os adultos e por isto mesmo são mais sensíveis à desidratação e sua superfície corporal relativa é maior do que nos adultos. Por exemplo, os eqüídeos ao nascer chegam a ter 90% de água corporal, enquanto que os adultos de várias espécies apresentam teores de água desde 62% até 70%. Por tal motivo não deve faltar água "ad-libitum" para os animais e no caso de desidratação não esquecer de repor a água e eletrólitos ( a água pura, sem eletrólitos, pode ser fatal pelo desequilíbrio hidroeletrólítico).

Alguns animais como o camelo e os jumentos podem ser mais resistentes à desidratação do que outros animais em virtude de condições especiais de seu meio interno ( não é por causa das corcovas, como se propala, que forneceria água a partir da decomposição das gorduras ali existentes; lembrem-se que jumentos não têm corcovas).A quantidade de água a ser ingerida deve ser mais ou menos igual ao que o animal perde por várias vias (diurese + suor + fezes e outras menos importantes).

## **IX – COLOSTRO**

Os animais, em sua grande maioria, ( p. ex. bovinos, eqüinos, suínos, caprinos) têm placenta impermeável aos anticorpos e, assim, não há transferência dos mesmos para os embriões durante a gestação. Alguns apresentam transferência em pequena quantidade e são complementados pelo colostro (cães e gatos); outros animais tem boa transferência placentária e a complementação via colostro é mínima (ratos, seres humanos e camundongos). Assim, a importância do colostro para recém-nascido vai desde pouco importante até muito importante. Nos animais que se utilizam do colostro para sua proteção ocorrem dois fenômenos paralelos muito importantes: o intestino dos recém-nato é bastante permeável nas primeiras 24-48 horas de vida o que facilita a entrada dos anticorpos que entram com o colostro (primeiro "leite" produzido pela fêmea) que sempre permanece sendo produzido por cinco a sete dias (embora só possa ser usado no prazo já citado).

Os anticorpos provém das glândulas mamárias das fêmeas, por transferência do sangue para as mamas ou podem ser produzidos pelas próprias mamas (dependendo do tipo de anticorpo). Outro elemento favorável à transferência e uso dos anticorpos é a ausência de enzimas digestivas nos recém-nascidos nas primeiras horas de vida, pois suas presenças levariam à digestão dos anticorpos por sua natureza química (proteínas). Após o período inicial (até 48 horas) ocorre uma impermeabilização das paredes intestinais evitando a absorção de grandes moléculas com o os anticorpos. Tal impermeabilização se denomina "fechamento intestinal.