

4.1 Definição de fisiologia

Fisiologia é o ramo da biologia que estuda as múltiplas funções mecânicas, físicas e bioquímicas, através das quais a vida se manifesta (fig.4.1).



Figura 4.1

Estuda os diferentes mecanismos de funcionamento dos vários órgãos e sistemas dos seres vivos.

Analisa a composição físico-química das substâncias produzidas pelas diferentes estruturas orgânicas e os efeitos que vão desencadear, sobre os órgãos onde actuam.

4.1.1 Glândulas endócrinas

As glândulas endócrinas são órgãos que têm como particularidade, o facto de lançarem directamente para a corrente sanguínea as substâncias que sintetizam, uma vez que, ao contrário das glândulas exócrinas, não dispõem de canais ou ductos, para que as referidas substâncias, sejam transportadas até ao local onde vão actuar.

4.1.2 Hormonas

As hormonas são substâncias químicas, produzidas em células secretoras de glândulas endócrinas que, através da corrente sanguínea (fig.4.2), vão alcançar as células ou órgãos alvo onde vão exercer a sua actividade reguladora, a qual pode ser indutora ou inibidora.

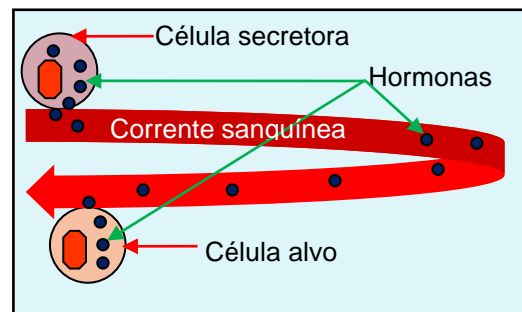


Figura 4.2

4.1.3 Período pré-pubere

No decurso do desenvolvimento animal, a função da reprodução é a última a completar o seu processo de maturação o qual, só se inicia, nas vitelas de raças sexualmente precoces, depois dos 6 a 8 meses de idade e 3 a 4 meses mais tarde, nas que são de raças sexualmente tardias para as quais, este lapso de tempo também se aplica, à puberdade e à maturidade sexual.

É entre aquelas idades que, os níveis das hormonas sexuais em circulação começam gradualmente a aumentar e vão dar origem ao **primeiro cio**, o momento que caracteriza a pré-puberdade.

No entanto, quando a actividade sexual se começa a fazer notar, o primeiro cio pode não ser acompanhado pela primeira ovulação, como também esta pode acontecer sem que, se verifiquem sinais exteriores de cio, mas com a qual as vitelas adquirem total capacidade para se reproduzirem. Nesta fase, tanto os sinais de cio como as ovulações, podem ser ainda algo irregulares e até temporariamente interrompidos.

Durante este período que, dura cerca de 2 meses, o crescimento dos órgãos genitais é extraordinariamente rápido e, tanto o útero como os ovários quase duplicam de tamanho e de peso.

4.1.4 Puberdade

A puberdade que, nas vitelas da raça H.Fr., se instala entre os 8 ou 9 meses de idade, caracteriza-se pelo momento a partir do qual, **cada cio passa a ser regularmente seguido de uma ovulação e a manifestar-se com intervalos regulares de 20 a 21 dias.**

No entanto, as vitelas com esta idade, ainda não têm estatura física suficiente, para que possam iniciar, sem inconvenientes, a sua vida reprodutiva.

4.1.5 Maturidade sexual

Terminada a puberdade e passada a adolescência, surge a maturidade sexual que, ainda no caso da raça H.Fr., se verifica entre os 13 e os 15 meses de idade, momento em que as vitelas passam a ser habitualmente designadas por novilhas. Mas, para além da **idade**, também o **peso** e a **altura à garupa** devem ser considerados pois, são estas três características no seu conjunto que, determinam a maturidade sexual, a qual se diz que foi alcançada, quando as novilhas já têm **estatura suficiente para poderem iniciar uma gestação** e que, possam vir a parir sem dificuldades, ou que estas a acontecerem, não sejam atribuídas ao seu insuficiente desenvolvimento corporal.

A análise daquelas três características deve ser efectuada, desde o primeiro mês de vida até à data do primeiro parto, para avaliar se o crescimento dos animais decorreu de forma equilibrada (Tabela 4.1).

Tabela 4.1

Ritmos de crescimento em bovinos da raça Holstein frísia		
Idade (meses)	Peso (kg)	Altura à garupa (cm)
1	45	80
2	70	88
3	100	95
4	120	100
5	150	105
6	180 - 200	112
8	240 - 260	118
10	280 - 300	122
12	320 - 340	126
13	340 - 350	128
14	360 - 370	130
15	380 - 390	132
16	400 - 410	134
18	440 - 450	136
20	480 - 490	138
22	510 - 520	140
24	560 - 580	142

O peso médio de uma vaca adulta, também é utilizado como referência para apreciar a evolução que os animais têm ao longo do seu desenvolvimento, pois sabe-se que existe uma grande relação, comum a várias raças, nos valores da percentagem observados, entre o peso corporal e as várias fases do crescimento (Tabela 4.2).

Tabela 4.2

Ritmos de crescimento comuns a várias raças			
Fase do crescimento	RG★ Kg	RP★★ Kg	Peso (%)
Puberdade	350	225	50
Maturidade sexual	385	248	55
Primeiro parto	574	369	82
Segundo parto	644	414	92
Vaca adulta	700	450	100

★ RG – Raças grandes

★★ RP – Raças pequenas

Para além da raça, a idade naquelas várias fases do crescimento, também pode ser condicionada pela nutrição, o estado de saúde, o clima, o meio ambiente

e outros factores a que os animais estejam sujeitos.

4.2 Regulação hormonal da reprodução

A função reprodutiva é, genericamente, assegurada pela actividade de 6 hormonas, 3 sintetizadas ao nível cerebral (1 no hipotálamo e 2 na hipófise), e 3 ao nível do aparelho genital (2 nos ovários e 1 no útero).

4.2.1 Hipotálamo

O hipotálamo é um órgão neuroglandular, situado na base do crânio que, sintetiza a hormona **gonadoliberina** (GnRH), a qual ao ser libertada, actua sobre a hipófise.

4.2.2 Hipófise

A hipófise está situada por baixo do hipotálamo e, sob a acção da GnRH, produz duas hormonas, a foliculo-estimulante e a luteinizante. Estas duas gonadotrofinas vão, em momentos distintos, exercer a sua acitividade sobre o funcionamento dos ovários.

- **A hormona foliculo-estimulante (FSH)**, tal como o seu nome indica, ao actuar sobre os ovários, estimula e desencadeia o crescimento folicular.
- **A hormona luteinizante (LH)** tem tripla função, promove a maturação folicular, a ovulação e a formação de 1 corpo amarelo.

4.2.3 Ovários

Os ovários produzem duas hormonas, o estradiol e a progesterona.

- **O estradiol** começa a ser sintetizado sob a influência da libertação pulsátil da FSH que, desencadeia 2 a 3 (por vezes 4), ondas de crescimento e regressão folicular. No início da última onda de crescimento, um dos folículos é recrutado para se tornar pré-ovulatório, fase em que, o nível de estradiol em circulação atinge os valores fisiológicos mais elevados, os quais, ao actuarem sobre o sistema nervoso central, desencadeiam todo o conjunto de alterações compor-

tamentais que caracterizam uma vaca em **cio**, bem como as modificações físicas que se verificam ao nível do útero, vagina e vulva.

Ao mesmo tempo, por um sistema de retro alimentação (*feedback*) negativo, a informação de que existem níveis elevados de estradiol em circulação é captada pela hipófise, a qual interrompe a produção de FSH (pois o folículo já não necessita de continuar o seu crescimento, mas sim de iniciar o seu processo de maturação), e promove a rápida síntese e libertação da hormona luteinizante (LH) a qual, em poucas horas, desencadeia a maturação folicular, a ovulação e dá início à luteinização, isto é, a formação de um corpo lúteo ou corpo amarelo.

No local onde se deu a rotura folicular e a libertação do oócito, forma-se uma pequena concavidade à superfície do ovário, a depressão ou fossa da ovulação, onde as células locais se começam a multiplicar rapidamente. Durante os 2 a 5 dias seguintes, aquele conjunto de células, ainda em fase de multiplicação, tem o aspecto e a cor de um pequeno e friável coágulo sanguíneo (Fig.4.3), ao qual se chama **corpo hemorrágico (CH)**.



Figura 4.3

O corpo hemorrágico, 6 a 7 dias depois cessa o seu crescimento, torna-se bastante mais consistente, adquire internamente a tonalidade amarela e passa a chamar-se **corpo amarelo** ou **corpo lúteo**.

- **A progesterona** cuja síntese, apesar de já ter sido iniciada pelo corpo hemorrágico, só atinge a quantidade necessária para a sua função, a **manutenção da gestação**, quando o corpo amarelo termina o seu crescimento, o que acontece 7 a 8 dias depois de se ter dado a ovulação.

As diferentes amplitudes dos níveis hormonais, que se observam entre dois cios consecutivos, tal como as ondas de

crescimento e regressão folicular, são esquematizadas no gráfico 4.1.

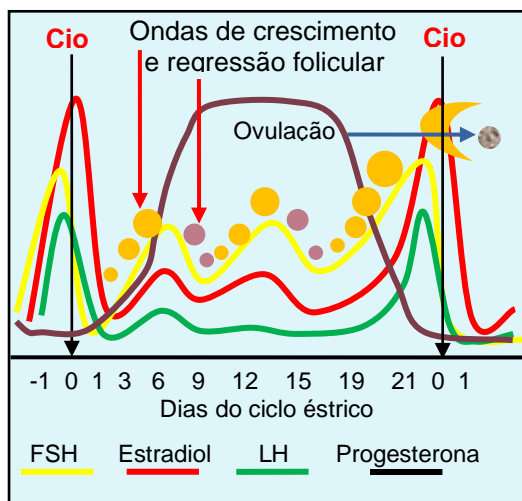


Gráfico. 4.1

4.2.4 Útero

O útero não grávido, 17 a 18 dias após cada ovulação inicia a síntese da hormona **prostaglandina F_{2α}** (PGF_{2α}), cuja função é promover a **luteólise**, isto é, a regressão do corpo lúteo, com a qual, os níveis de progesterona baixam rapidamente.

O hipotálamo ao captar aquela informação, aumenta a síntese da GnRH que, por sua vez induz a hipófise a produzir a FSH e esta, como já se mencionou, vai desencadear o crescimento de novos folículos e a sucessão periódica, dos mecanismos hormonais e fisiológicos que foram descritos ou, até que a fêmea fique gestante.

Perante uma gestação, os mecanismos uterinos implicados no seu reconhecimento, bloqueiam precocemente a síntese da PGF_{2α}, a qual é reactivada pouco antes do parto.

O corpo amarelo, durante a regressão diminui gradualmente de tamanho, torna-se mais duro, adquire uma tonalidade esbranquiçada, passa a designar-se **corpo albicans** (Fig.4.3), e em poucos dias deixa de ser perceptível à superfície do ovário.

Na tabela 4.3 faz-se um resumo sobre a regulação hormonal da reprodução.

Tabela 4.3

Resumo da regulação hormonal da reprodução			
Nome da hormona	Local de síntese	Local de actuação	Principais funções
Gonadoliberina GnRH	Hipotálamo	Hipófise	Induz a produção das hormonas hipofisárias FSH e LH.
Foliculo-estimulante FSH	Hipófise	Ovários	Crescimento folicular e secreção de estradiol.
Luteinizante LH	Hipófise	Ovários	Maturação folicular, ovulação e luteinização.
Estradiol E2	Ovário (Folículo)	S.N.C. Útero Vagina Vulva	Manifestações de cio. Desenvolvimento das características sexuais secundárias. Inibe a produção de FSH e facilita a libertação de LH.
Progesterona P4	Ovário (Corpo Amarelo)	Útero	Manutenção da gestação. Inibe a produção de LH. Preparação do útero para a implantação.
Prostaglandina F _{2α} PGF _{2α}	Útero não grávido	Corpo Amarelo	Regressão do corpo amarelo. (Luteólise)

4.3 Funções do aparelho genital feminino

As funções do aparelho genital feminino são as que estão envolvidas no crescimento folicular, na ovulação, na fecundação, na gestação e no parto.

4.3.1 Ovários

Os ovários têm dupla função, a endócrina e a ovogénica.

- **A função endócrina** é realizada através da secreção das hormonas responsáveis pela actividade sexual feminina.
- **A função ovogénica** é a que conduz à formação dos gâmetas femininos ou oócitos, à possibilidade de se tornarem aptos a serem fecundados e à ovulação.

4.3.2 Vias genitais

As vias genitais são compostas pelas trompas uterinas e pelo útero.

- **As trompas uterinas** são responsáveis pela captação dos oócitos, pelo seu transporte e o dos espermatozóides, pela fecundação e pela migração do embrião até ao útero.
- **O útero** tem por funções proporcionar ao embrião e mais tarde ao feto, condições propícias ao seu desenvolvimento.

4.3.3 Vagina, vestíbulo vaginal e vulva

A vagina, o vestíbulo vaginal e a vulva são as estruturas por onde o touro introduz o pênis durante a cópula, por onde nasce a cria e em seguida é expulsa a placenta.

- **A vagina** é o local destinado à deposição do sêmen, no caso da cobertura.
- **O vestíbulo vaginal** conduz a urina para o meio exterior e é comum aos aparelhos reprodutor e urinário.
- **A vulva** constitui a barreira final entre o meio interior e o exterior; Contribui para proteger o ambiente interno livre de contaminações.

4.4 Ciclos sexuais

Os ciclos sexuais consistem em três importantes períodos na vida das fêmeas da espécie bovina; São o ciclo éstrico, o reprodutivo e o produtivo.

4.4.1 Ciclo éstrico

O ciclo éstrico corresponde ao intervalo de tempo que decorre entre um cio e o seguinte. A sua duração média é de 21 dias mas, tanto pode ser apenas de 18 como prolongar-se até aos 23.

É um ciclo com quatro fases, o estro ou cio, ao qual se seguem o metaestro, o diestro e o pró-estro (Tab.4.4), as quais, após a puberdade, sucedem-se regularmente ao longo do ano nas fêmeas saudáveis e não gestantes.

Tabela 4.4

Ciclo éstrico	
Fase	Duração média
Estro	4 a 16 horas
Metaestro	3 a 4 dias
Diestro	12 a 14 dias
Pró-estro	3 a 4 dias
Média	18 a 23 dias

- **O estro ou cio** é o período mais curto, persiste apenas por algumas horas, em média 4 a 16, mas pode ser apenas de 2, ou prolongar-se até às 24 ou 26.

Corresponde à fase em que se dá a maturação folicular e àquela em que a fêmea se encontra **sexualmente receptiva**.

Apesar de ser a fase que dura menos tempo, é a mais importante na prática da IA pelo que, lhe é dedicado o próximo capítulo.

- **O metaestro** dura 3 a 4 dias e, é no seu início, que se dá a **ovulação**, (28 ± 4 horas depois da fêmea ter entrado em cio, independentemente da duração que este tiver), a qual consiste no processo que conduz à saída do oócito e do líquido folicular do interior do fólculo maduro.

Durante o 1º ou o 2º dia desta fase, observa-se muitas vezes, embora com mais frequência em novilhas do que em vacas, um ligeiro corrimento sanguíneo com exteriorização vulvar, o chamado **corrimento metaéstrico**, proveniente de micro roturas de capilares do endométrio, provo-

cadadas por acentuada perda de tónus muscular que, ocorre após o grande ingurgitamento e tensão a que, aqueles pequenos vasos sanguíneos estiveram sujeitos durante o cio.

- O **diestro** é a fase mais longa, estende-se por 12 a 14 dias e corresponde ao período de actividade do corpo amarelo.
- O **pró-estro** dura 3 a 4 dias, durante os quais se dá o crescimento do folículo pré-ovulatório e ocorre a regressão do corpo amarelo.

4.4.2 Ciclo reprodutivo

O ciclo reprodutivo é período de tempo que decorre desde a fecundação, se prolonga pela gestação e termina com o parto.

É durante esta fase que, a partir de uma única célula, sujeita a incontáveis e especializadas multiplicações, que, acontecem todos os fenómenos necessários para a formação do embrião, o crescimento do feto e o nascimento da cria.

► A **fecundação** consiste na entrada do espermatozóide para o interior do oócito (Fig. 4.4), e ocorre na ampola da trompa uterina ipsilateral ao ovário onde se deu a ovulação.

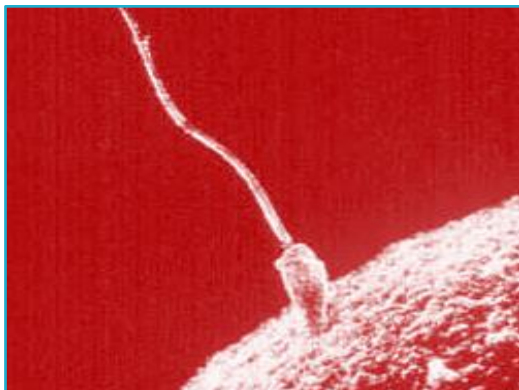


Figura 4.4

Neste processo de fusão, designado por **singamia**, as duas células perdem a sua identidade individual ao unirem, quer os citoplasmas, a **plasmogamia**, quer os núcleos, a **cariogamia**. Desta união do espermatozóide com o óvulo resulta a primeira célula do novo indivíduo, a que se chama **ovo** ou **zigoto** (Fig. 4.5).

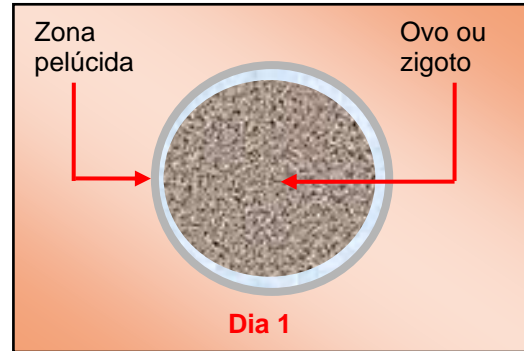


Figura 4.5

► A **gestação** nos bovinos de aptidão leiteira tem a duração média de 280 dias, (mas pode oscilar entre os 270 e os 295) e cerca de 10 dias a mais, nos de aptidão creatopoiética; caracteriza-se por apresentar dois períodos, o de **embrião** e o de **feto**.

► O **período de embrião** decorre desde a concepção (formação do ovo) à diferenciação dos grandes sistemas orgânicos; Neste período distinguem-se duas fases, a embrionária **precoce** que decorre até aos 24 dias e, a embrionária **tardia** que vai dos 25 aos 45 dias.

Após a primeira divisão do zigoto, gera-se um embrião de 2 células. Estas, continuam a sua multiplicação para 4, 8, 16, e assim sucessivamente, formando as células do embrião, **os blastómeros** (Fig. 4.5).

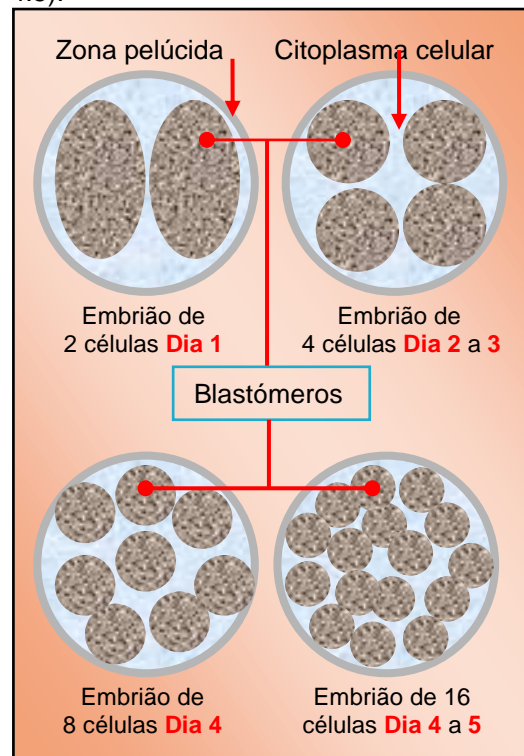


Figura 4.5

Ao mesmo tempo que estas divisões celulares acontecem, o embrião que se encontra submerso nos fluidos do interior das trompas uterinas, cujos cílios vibráteis, promovem o seu transporte ou migração, para o interior do útero, onde chega cerca de 4 dias depois de ter ocorrido a fecundação.

Entre o 6^o e o 7^o dia de vida, os blastómeros, observadas à lupa, fazem lembrar os múltiplos gomos de uma amora, e por analogia, diz-se que está no estágio de **mórula**.

Passadas 24 a 48 horas, passa ao estágio de **blastocisto** e é delimitado por uma camada de células bem definida, o **trofoblasto**; Os blastómeros da zona central concentram-se junto a um dos polos do embrião para formar o **endoblasto**, o que dá origem a um espaço cavitário interior, o **blastocélio**.

Cerca de 24 horas depois dá-se a rotura da membrana pelúcida e a **eclosão** do embrião.

Esta rápida sucessão de fases evolutivas (de mórula à eclosão do embrião) acontece apenas no espaço de 3 a 4 dias (fig.4.6).

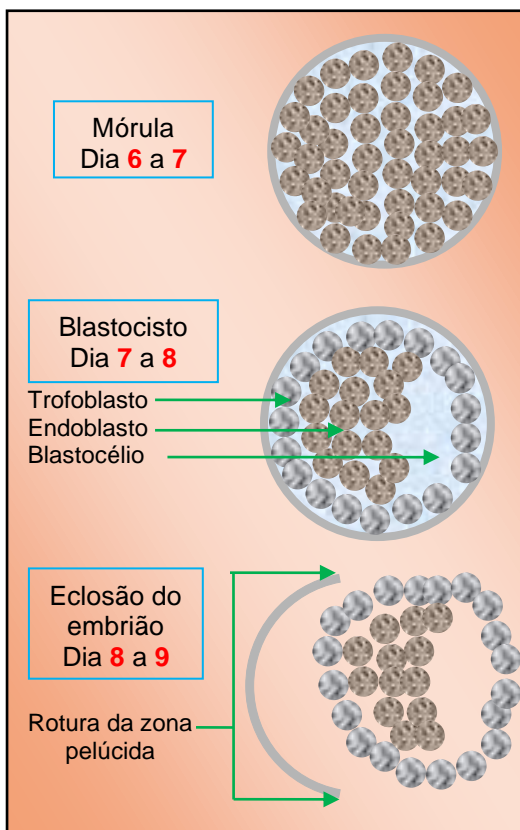


Figura.4.6

Após a eclosão e até que se estabeleçam as ligações sanguíneas entre mãe

e filho, a nutrição do embrião é assegurada pelo histotrofo ou leite uterino.

Entre os dias 15 e 17 de vida do embrião, é feito o **reconhecimento materno da gestação**, a partir de uma glicoproteína sintetizada pelo trofoblasto, o **interferon-tau (IFN-τ)** que, bloqueia a secreção de PGF_{2α} pelo útero, para que assim o CL se mantenha activo, continue a produzir progesterona e a gestação possa prosseguir.

Durante o desenvolvimento embrionário chama-se **segmentação** ou **clivagem** à divisão das células, **gastrulação** e **organogénese** à especialização das células que vão formar os grandes sistemas orgânicos e **histogénese** ao desenvolvimento de células com características definitivas.

O crescimento do concepto (o novo ser que foi concebido) leva em simultâneo, ao aumento das dimensões do útero, as quais são bastante mais acentuadas no corno uterino onde se desenvolve o embrião (Fig.4.7), pois o outro apenas é ocupado pelos líquidos e tecidos da placenta que se está a formar.



Figura 4.7

A **implantação** ou **nidação** e a formação da **placenta** iniciam-se com fenómenos de adesão que, se estabelecem entre os tecidos embrionários do trofoblasto e os tecidos maternos do endométrio. Começam entre a 3^a e a 4^a semana, duram cerca de 12 dias e terminam durante a 5^a semana.

À periferia do trofoblasto desenvolvem-se pequenas saliências circulares, os **cotilédones fetais** que, se ligam às **carúnculas uterinas** para formarem, no seu conjunto, várias estruturas globosas designadas por **placentomas**, através das quais se formam várias interligações entre os vasos sanguíneos do embrião e os da sua mãe.

De início, aquelas estruturas são pouco perceptíveis (Fig.4.8), mas com o

evoluir da gestação aumentam de tamanho e tornam-se mais salientes (Fig.4.9).

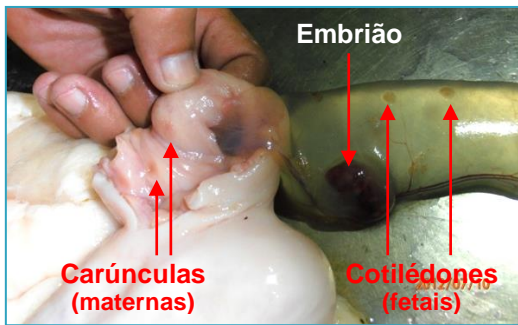


Figura 4.8

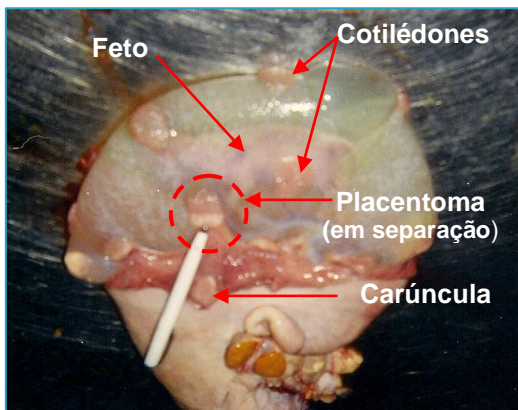


Figura 4.9

É através daquele sistema de vasos sanguíneos que chegam ao novo ser os nutrientes necessários ao seu desenvolvimento e por onde são excretados os resíduos provenientes do seu catabolismo.

Na placenta recém-formada existem três membranas a revestir o embrião, a mais interna é a **amniótica** (com origem no trofoblasto), as outras duas, justapostas em quase toda a sua extensão, são a **córion** e a **alantóide** (provenientes dos tecidos do endométrio), onde se formam duas vesículas com líquidos no seu interior (Fig. 4.10).



Figura 4.10

Ao mesmo tempo que decorrem todos estes processos evolutivos, forma-se

no interior do canal cervical, uma substância de consistência gelatinosa (o rolhão mucoso ou gelatinoso do cérvix), para promover uma oclusão física entre o meio exterior e o ambiente intrauterino para que este não seja invadido por microorganismos patogênicos que possam por em causa a sobrevivência do embrião ou do feto.

► **O período fetal** inicia-se 45 dias após a concepção e termina com o nascimento da cria. Neste período, fundamentalmente caracterizado pelo aumento da massa corporal do feto (cujo peso duplica nos últimos dois meses de gestação), continuam a ocorrer processos de maturação em vários órgãos e sistemas funcionais.

► **O Parto** desenrola-se em três fases.

- A **primeira**, a fase de **dilatação**, dura em média 24 horas nas novilhas e cerca de 6 nas vacas, durante as quais ocorre o relaxamento do cérvix e a dilatação do seu canal, de início de forma lenta mas mais rápida na sua parte final, até que se forma um cilindro contínuo entre o corpo do útero e a vagina, (o rolhão gelatinoso perde a sua consistência e acaba por ser expulso). A placenta encaixa-se, em forma de cunha, no colo uterino, as contrações uterinas, já iniciadas, aumentam de frequência e de intensidade e em seguida desencadeiam-se as contrações do diafragma e dos músculos abdominais;

- A **segunda** fase, a da **expulsão do feto**, tanto se pode dar em poucos minutos como prolongar-se por uma ou duas horas. Os invólucros fetais rompe-se (primeiro a córion-alantoide e depois o âmnios), as contrações da prensa abdominal intensificam-se, a fêmea alheia-se parcialmente do meio ambiente e concentra-se nos esforços expulsivos dedicados ao nascimento da cria;

- A **terceira** fase, a do **parto anaxial**, é aquela em que se dá a expulsão da placenta (os invólucros ou anexos fetais). Verifica-se após a separação entre os cotilédones e as carúnculas, o que tanto pode acontecer poucos minutos depois como demorar 5 a 6 horas até que seja feita. Se ao fim de 12 horas, ainda estiver retida no útero, considera-se que houve retenção placentária.

4.4.3 Ciclo produtivo

O ciclo produtivo começa com o parto e o início da lactação, passa pelas fases do puerpério, do reinício da ciclicidade ovárica, da beneficiação (por IA ou cobrição), à qual se segue uma nova gestação, passa pela secagem do úbere (interrupção da lactação) e termina com o parto seguinte (Gráf.4.2).

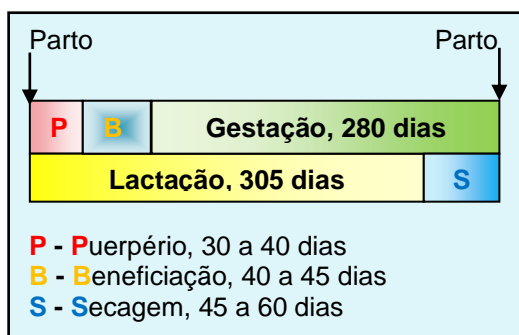


Gráfico. 4.2

► **A lactação** que, é uma consequência do desenvolvimento ainda no pré-parto dos tecidos das 4 glândulas mamárias que formam o úbere, começa com a síntese do **colostro** (leite rico em anticorpos, produzido durante os primeiros 4 a 6 dias da lactação), passa pelo rápido aumento da produção de leite durante as primeiras 4 a 6 semanas, a partir das quais atinge os valores mais elevados (o chamado pico da lactação) que, são mantidos até ao 3º ou 4º mês, a partir dos quais, a produção se torna gradual e lentamente menor.

Ao aumento, estabilização e decréscimo da produção chama-se curva da lactação (Gráf.4.3).

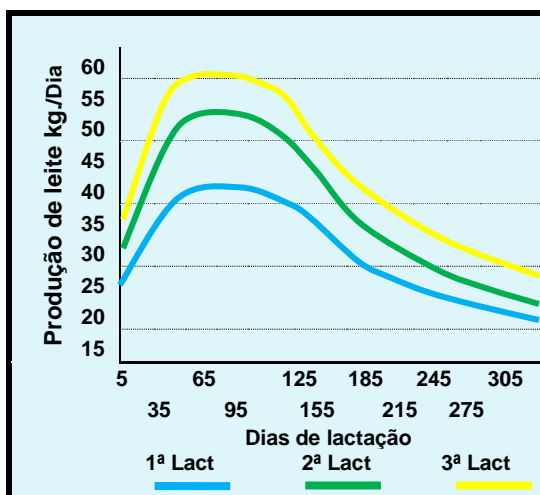


Gráfico 4.3

Normalmente a quantidade de leite produzida aumenta até à 3ª ou 4ª lactação, a partir da qual, começa a sofrer uma pequena redução.

Em termos ideais o intervalo entre partos e a duração de uma lactação devem ser respectivamente de 365 e 305 dias. No entanto, em vacas de alta produção, estes valores podem ser alongados por mais 4 a 6 semanas.

► **O puerpério** é o período de 30 a 40 dias que se segue ao parto e corresponde à fase de involução uterina.

Durante os primeiros 2 a 3 dias, são eliminados através da vulva, líquidos sanguinolentos (os lóquios), com pequenos fragmentos das carúnculas e dos cotilédones.

Ao longo das 4 a 5 semanas seguintes, o útero vai regressando ao seu tamanho normal, processo designado por involução uterina, embora o corno uterino onde decorreu a gestação se possa manter durante mais algum tempo com um tamanho ligeiramente superior ao do seu homólogo. Em geral, findo este período, o reinício da ciclicidade ovárica já ocorreu, todo o aparelho genital e os mecanismos fisiológicos da reprodução estão restabelecidos para que uma nova gestação possa ser iniciada.

► **A secagem** consiste na interrupção da ordenha, a qual deve ser feita no fim do 7º mês de gestação para que durante nos 2 últimos meses da gravidez o úbere passe por uma fase de repouso e regeneração dos seus tecidos glandulares e assim melhor contribuir para que na lactação seguinte, a produção de leite atinja os valores esperados.