



UNIVERSIDADE
DE ÉVORA

CRESCIMENTO E DESENVOLVIMENTO

Texto de apoio para a Unidade Curricular
de Estudos Avançados em Fisiologia
Animal, coligido por José Manuel M.R.
Martins.

(Para uso exclusivo dos alunos)

ÍNDICE:

	Páginas
1. CRESCIMENTO E DESENVOLVIMENTO ANIMAL	1
2. FATORES QUE AFETAM O CRESCIMENTO E O DESENVOLVIMENTO	2
3. MEDIÇÃO DO CRESCIMENTO	4
3.1. Curva de crescimento total ou ganho cumulativo de peso	5
3.2. Curva de aumento de peso por unidade de tempo	6
3.3. Curva do aumento percentual de peso por unidade tempo ou ganho de peso relativo	7
4. O DESENVOLVIMENTO	8
5. ONDAS E CURVAS DE CRESCIMENTO E DESENVOLVIMENTO	11
6. A PRECOCIDADE	14
BIBLIOGRAFIA	18

1. CRESCIMENTO E DESENVOLVIMENTO ANIMAL

O crescimento e o desenvolvimento animal, em particular a evolução da composição corporal e a repartição dos diferentes tecidos, são economicamente relevantes, pois condicionam a eficiência do processo produtivo. Assim, as leis biológicas e os fatores que regem o crescimento e desenvolvimento (genótipo, alimentação, clima, ...) devem ser utilizadas adequadamente para otimizar a produção animal, evitando por exemplo gastos adicionais na alimentação e retenção excessiva dos animais nas explorações, bem como para satisfazer as preferências do consumidor. Como exemplo, uma elevada velocidade de crescimento está associada à obtenção do peso de abate a uma idade precoce, mas também a uma aptidão para a reprodução precoce, o que determina um aumento na eficiência produtiva.

O crescimento e o desenvolvimento são resultado de uma série de complexas alterações anatómicas e fisiológicas que ocorrem no organismo animal e através das quais se obtém, a partir de uma célula, um animal adulto típico da espécie em estudo. Este processo de transformação inclui a **diferenciação celular**, a multiplicação celular (**hiperplasia**), o aumento de tamanho das células (**hipertrofia**) e a **formação dos vários tecidos e órgãos**. As alterações sofridas pelo organismo são assim de tipo quantitativo (ex. hiperplasia) e qualitativo (ex. hipertrofia).

Alguns autores como Fowler (1968) classificam crescimento e desenvolvimento como sinónimos. No entanto, outros definem-nos como dois fenómenos diferentes. Segundo Hammond (1960) **crescimento** é o aumento de massa desde a concepção até à estabilização na idade adulta/maturidade, enquanto que **desenvolvimento** (ou crescimento diferencial) corresponde às alterações das proporções, da forma, da composição química corporal e das funções fisiológicas ao longo da vida do animal. Assim, o crescimento refere-se essencialmente a alterações quantitativas, enquanto o desenvolvimento envolve alterações qualitativas e funcionais. Apesar destes dois processos ocorrerem geralmente em simultâneo, eles podem produzir-se independentemente: um animal pode aumentar em altura e largura (desenvolvimento) sem alterar a sua massa (crescimento).

As diferentes partes ou tecidos de um organismo não crescem com a mesma intensidade e ritmo, o que origina um crescimento diferencial. Assim, um conceito intimamente relacionado com o crescimento é o crescimento relativo ou alométrico. O princípio da alometria assenta no facto de que as alterações morfogenéticas que se produzem num animal em crescimento têm lugar principalmente por crescimento relativo, ou seja, pelo crescimento que se produz nas distintas partes do organismo animal como um todo. Por exemplo, o crescimento do cérebro está intimamente associado ao crescimento dos ossos

do crânio, e os músculos de um animal crescem em concordância com os ossos que formam a sua base óssea.

O crescimento dos tecidos ósseo e muscular é expresso graficamente por uma curva sigmoide. O tecido nervoso apresenta um tipo de crescimento diferencial muito particular, uma vez que na primeira etapa de crescimento tem um pico muito elevado e *a posteriori* é praticamente nulo. Ao contrário, o tecido genital não apresenta nenhum crescimento na primeira etapa (juvenil) mas quando se aproxima a puberdade, produz-se um pico acelerado de crescimento em resposta a alterações características no balanço hormonal. O tecido linfático apresenta também um pico inicial de crescimento muito acelerado seguido por um processo regressivo, devido ao facto do timo estar muito ativo na etapa fetal, mas não na etapa pós-natal, quando se torna numa glândula praticamente atrofica.

2. FATORES QUE AFETAM O CRESCIMENTO E O DESENVOLVIMENTO

O crescimento e o desenvolvimento dos animais manifestam-se por um aumento coordenado das partes do organismo a intervalos definidos de tempo e de forma característica para cada espécie. Esta definição indica que se deve dar um crescimento e desenvolvimento completo e coordenado de todas e cada uma das partes do organismo. Por outro lado, considera que o grau de crescimento e de desenvolvimento definidos para a idade adulta de uma espécie está sujeito à herança genética, variabilidade individual e nutrição, fenómenos estes que envolvem um grande número de processos.

A fecundação é o ponto de início do crescimento e do desenvolvimento. Os fatores que afetam o crescimento e o desenvolvimento dos mamíferos na vida pré- e pós-natal são numerosos e complexos (ver Quadro 1). O crescimento intrauterino tem grande importância no desenvolvimento do animal pós-nascimento. Assim, as crias de mães mal alimentadas são, em média, mais leves ao nascer que as crias de mães bem alimentadas e se o animal não possuir um peso mínimo ao nascer, não estará em condições de compensar condições adversas posteriores. O período de desenvolvimento fetal difere nas diversas espécies, e quanto maior é este período, melhor será a formação do recém-nascido.

Apesar do crescimento e desenvolvimento corporal na maturidade estarem intimamente relacionados com o potencial genético do animal, a alimentação é indicada como o fator que mais influencia a conformação e composição corporal durante o crescimento ativo. Assim, um período prolongado de subnutrição materna tem um efeito sobre o tamanho do feto, o qual será mais deletério se o período de subnutrição coincidir com as etapas finais

da gestação. Por outro lado, existe uma relação direta entre o período de subnutrição materna e o período de maturação pós-natal do feto.

Quadro 1. Principais fatores que afetam o crescimento e o desenvolvimento pré- e pós-natal em mamíferos (Adaptado de Hafez, 1963)

Pré-natal	Pós-natal	
	Pré-desmame	Pós-desmame
Genótipo do feto	Genótipo	Genótipo
Ambiente uterino	Peso ao nascer	Sexo
Tamanho da mãe	Produção de leite materna	Peso ao desmame
Idade e desenvolvimento da mãe	Aptidão maternal	Equilíbrio hormonal
Estado nutritivo da mãe	Idade e desenvolvimento da mãe	Alimentação disponível
Número de fetos	Estado nutritivo da mãe	Maneio
Temperatura ambiente	Alimentação suplementar fornecida	Clima
	Idade e desenvolvimento ao desmame	Adaptabilidade
	Estado sanitário da mãe e cria	Sanidade

A **velocidade de crescimento** de um animal depende fundamentalmente da sua idade, do seu peso adulto e do seu sexo. Animais de raças diferentes têm pesos adultos diferentes e sempre que a alimentação (quantitativa e qualitativa) não seja um fator limitante, os animais dentro da mesma raça tendem a alcançar o desenvolvimento e peso total à mesma idade. Por outro lado, a maior velocidade de crescimento observada nas raças pesadas explica a diferença de peso entre um touro Charolês e um Aberdeen Angus ou um carneiro Lincoln e um Merino, por exemplo. Esta diferença no ganho médio diário é determinada pelo diferente potencial genético.

Os machos crescem mais rapidamente que as fêmeas, devido ao facto dos androgénios apresentarem uma capacidade de estimulação do crescimento superior à dos estrogénios. Estes consomem mais alimento do que as fêmeas, precisamente devido à sua maior taxa metabólica, resultam de gestações em média 3 a 4 dias mais longas, pesam ao nascimento mais cerca de 5-7% que as fêmeas, a uma mesma idade são mais pesados que as fêmeas e são mais eficientes que estas na conversão do alimento. Por outro lado, o macho inteiro apresenta no seu sangue uma maior proporção de hemoglobina e eritrócitos, o que contribui para que a sua carne seja mais escura que a da fêmea e do macho castrado.

Ao nascer, o macho apresenta cerca de 4-5% do seu peso adulto, contra os 7-10% da fêmea. Isto quer dizer que, apesar de em valores absolutos as fêmeas serem mais leves que os machos, elas nascem mais maduras, o que explica também a sua menor taxa de crescimento. Por outro lado, ao apresentar-se mais madura ao nascimento, a fêmea é mais tolerante a restrições alimentares que o macho.

A castração de machos interfere com a produção de androgénios, os quais são miotróficos, ou seja, favorecem o desenvolvimento de determinadas áreas corporais, especialmente de certas massas musculares corporais. Os machos inteiros são assim mais eficientes a ganhar peso que os castrados, uma vez que as relações músculo/osso e músculo/gordura são sempre favoráveis aos primeiros.

3. MEDIÇÃO DO CRESCIMENTO

A medição do crescimento deve ser baseada numa unidade que descreva com a maior precisão possível a mudança produzida.

Tradicionalmente, a medição do peso vivo tem sido a forma mais usada para avaliar o crescimento, apesar de massa e peso não serem a mesma coisa¹. No entanto, a medida “peso” pode estar sujeita a erros importantes, como por exemplo devido à repleção do trato gastrointestinal, particularmente em ruminantes. Por outro lado, esta metodologia não nos dá informações sobre a composição qualitativa do ganho de peso. Um animal pode ganhar peso por acumulação de gordura, sem aumento nos seus tecidos estruturais e órgãos.

Outra maneira de medir o crescimento são as pesagens e abates seriados, os quais também determinam a composição corporal ao longo da curva de crescimento. Este é sem dúvida o melhor método, mas também o mais caro por causa do número de animais necessários e da mão-de-obra especializada e do tempo exigido.

Também é possível avaliar o crescimento através do uso de marcadores radioativos e de equações que permitem determinar o teor de água no animal em estudo. Devido à proporção relativamente constante que existe de água no músculo (~80%) pode-se assim estimar a percentagem de proteína. Estimado o teor de proteína, pode-se então obter a quantidade de gordura por diferença $[100 - (\text{teor em água} + \text{teor em proteína})]$. Este método comporta a limitação de que a equação preditiva utiliza uma série de valores não diretamente medidos nos animais em estudo e, por outro lado, que tal equação só será válida para as condições experimentais para as quais foi determinada.

¹Em Metrologia, massa é geralmente entendida como a quantidade de matéria de um corpo, enquanto o peso corresponde à força exercida pela gravidade sobre essa massa (de Silva, 2002).

3.1. Curva de crescimento total ou ganho cumulativo de peso

A medição de crescimento mais comum é a medição do peso corporal. Neste sentido, o crescimento pode ser definido através de uma **curva de crescimento total** ou do **ganho cumulativo de peso** (Figura 1), a qual expressa o crescimento como um aumento de peso que se vai acumulando durante um período de tempo pré-definido.

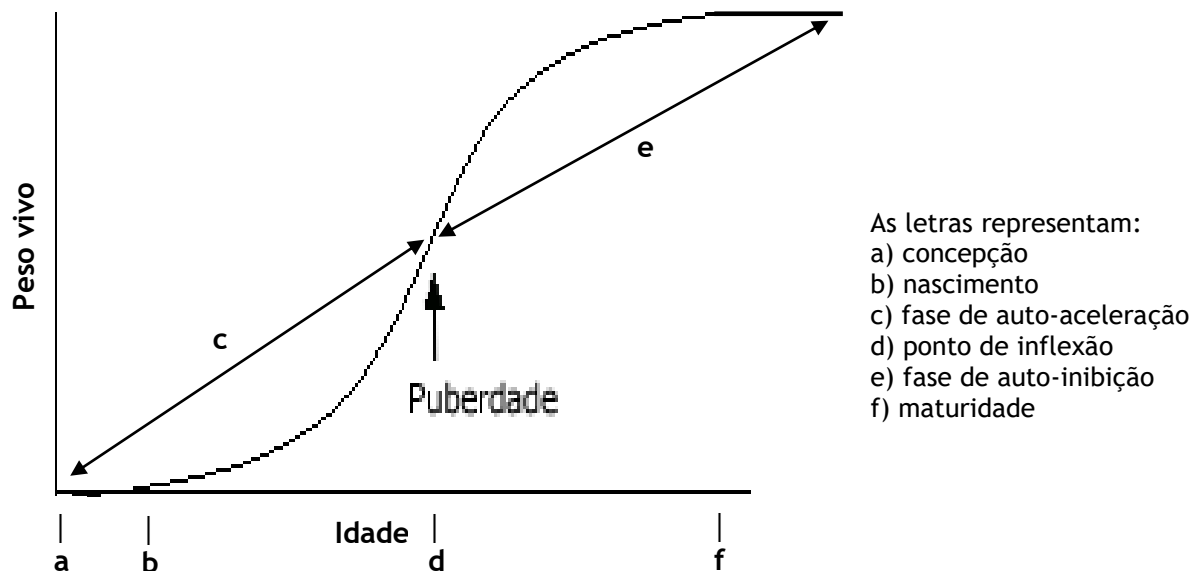


Figura 1. Curva de crescimento total

A curva sigmoide característica observada na Figura 1 mostra que durante os primeiros estágios do crescimento, o aumento de massa corporal ultrapassa largamente as perdas. Esta diferença entre o ganho e a perda de massa animal permanece relativamente constante durante esta fase e o ganho de peso é linear em relação à idade. No entanto, quando o animal se torna adulto, as taxas de ganho e perda de peso mostram uma alteração no seu equilíbrio e a curva que representa o crescimento começa a decrescer.

Nesta curva, podem ser identificadas duas partes distintas:

- a) Uma *fase de auto-aceleração* no início da vida, em que o potencial de crescimento do animal é muito alto, com ganhos importantes de peso absoluto por unidade de tempo.
- b) Uma segunda parte da curva, que determina a *fase de auto-inibição*. Depois de uma certa idade, que geralmente coincide com a puberdade, o potencial de crescimento reduz-se. Os ganhos de peso por unidade de tempo são cada vez menores até ao animal atingir a maturidade. Nesta fase, a inclinação da curva começa a declinar.

O ponto de transição entre as fases de auto-aceleração e auto-inibição, quando o crescimento deixa de ser acelerado e começa a desacelerar, é chamado *ponto de inflexão*

e coincide geralmente com a puberdade. A coincidência deste com um tempo de profunda mudança a nível hormonal, indica que a produção de certas hormonas exerce uma ação decisiva sobre o processo de crescimento. Este ponto, ao indicar um estado fisiológico definido, é importante para estabelecer uma equivalência de idades entre raças da mesma espécie, o que permite comparações de crescimento entre elas. Como os animais de diferentes raças não atingem a idade adulta com a mesma rapidez, convém verificar as comparações de crescimento com base na idade fisiológica em vez da cronológica. Por exemplo, se um novilho Holandês atingir a fase adulta aos 24 meses e outro Hereford aos 18 meses, a proporção 18/24, ou seja 0,75, pode ser usada como uma constante para comparar com alguma aproximação as idades de dois animais dessas raças. Assim, um novilho Holandês de 12 meses tem a mesma idade fisiológica que um Hereford de 9 meses.

3.2. Curva de aumento de peso por unidade de tempo

Esta é a forma de determinar o crescimento utilizada mais frequentemente pelo agricultor/produtor, que refere normalmente o ganho médio diário conseguido por um ou mais animais (Figura 2). Para obter esta informação é necessário subtrair ao peso final (Pf) o peso inicial (Pi) e dividir a diferença pelo número de dias (Df - Di) entre as duas determinações:

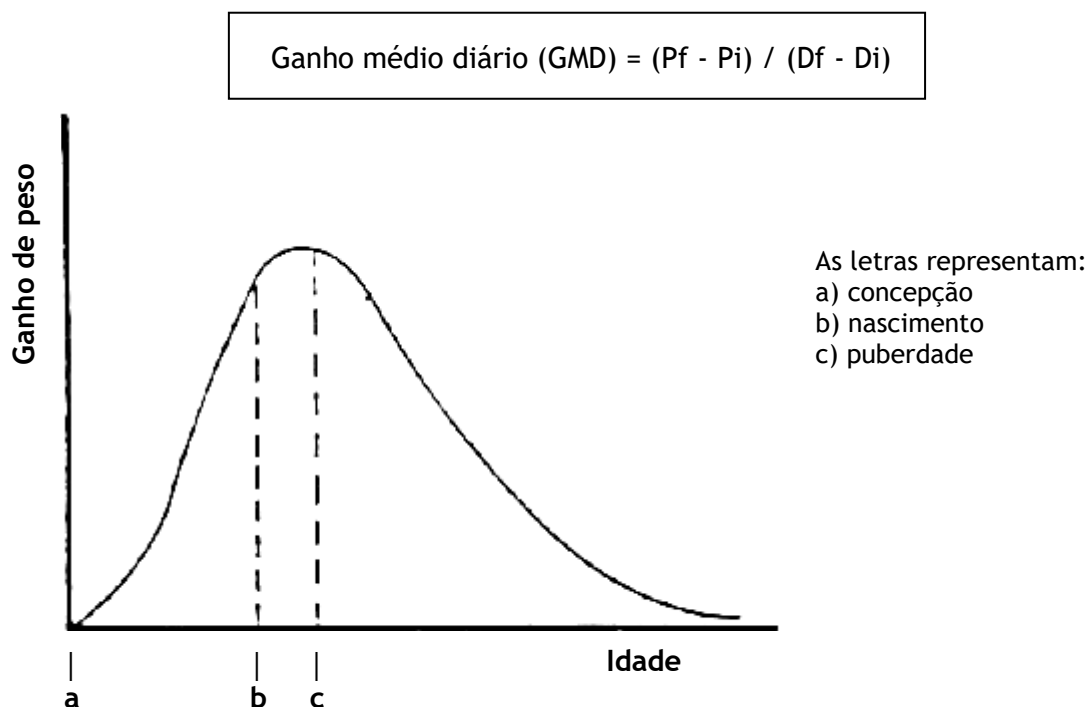


Figura 2. Curva de ganho de peso por unidade de tempo

Esta curva expressa de forma mais clara as alterações na velocidade de crescimento explicadas na Figura 1. O crescimento aumenta em ritmo acelerado e em progressão linear desde a concepção até alcançar um máximo que coincide com a puberdade, passando então a declinar gradualmente.

3.3. Curva do aumento percentual de peso por unidade tempo ou ganho de peso relativo

O aumento percentual de peso pode apresentar-se da seguinte maneira:

$$\text{Porcentagem de crescimento} = [(P_f - P_i) / (P_i)] \times 100$$

A curva apresentada na Figura 3 representa o ganho de peso em cada momento, expressa em percentagem do peso no momento anterior. Como se pode verificar, este está sempre a diminuir.

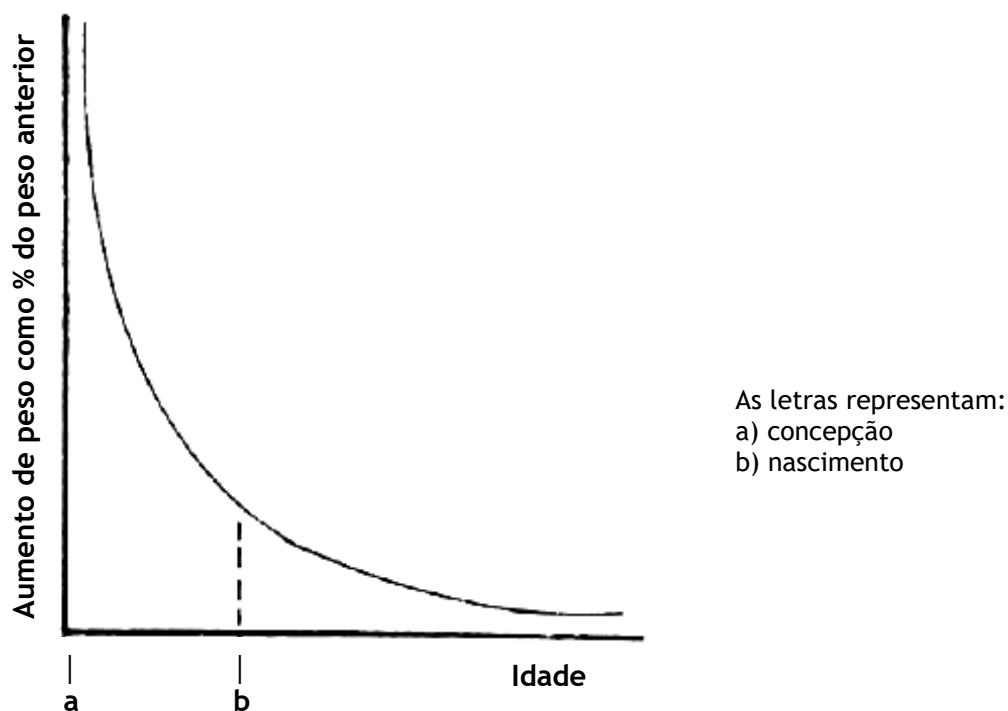


Figura 3. Curva de ganho de peso em cada momento, em percentagem do peso no momento anterior

A forma desta curva é muito semelhante para todas as espécies animais, exceto para o homem, caracterizado por ter idades infantil e juvenil muito longas. Assim, e apesar de na maioria das espécies a puberdade ocorrer quando o animal atinge cerca de 30% do seu peso

adulto, no Homem, esta só é alcançada quando o indivíduo atinge cerca de 60-70% do peso adulto.

Estas três curvas — de crescimento total (peso acumulado), de aumento de peso por unidade de tempo e de ganho de peso relativo — representam o mesmo fenómeno biológico sob perspetivas complementares: a primeira mostra o aumento absoluto de massa ao longo da vida, a segunda evidencia a velocidade instantânea desse aumento e a terceira revela como essa velocidade varia em proporção ao peso já existente.

4. O DESENVOLVIMENTO

À medida que o animal cresce, vai-se transformando. As suas proporções modificam-se, bem como a sua conformação interior e exterior. Estas transformações que ocorrem no animal, considerado no seu conjunto, resultam do desenvolvimento simultâneo de todas as suas partes, mas em proporções que variam muito para cada uma delas.

Hammond (1960) demonstrou que os diferentes órgãos, tecidos e peças anatómicas do animal não apresentam todos o mesmo ritmo de crescimento num dado momento (Figura 4). Cada um adquire uma taxa de crescimento característica de acordo com a idade, e numa ordem pré-definida. Por isso, os nutrientes absorvidos durante a digestão não são uniformemente distribuídos entre os diferentes tecidos, mas são-no de acordo com um regime de estritas prioridades.

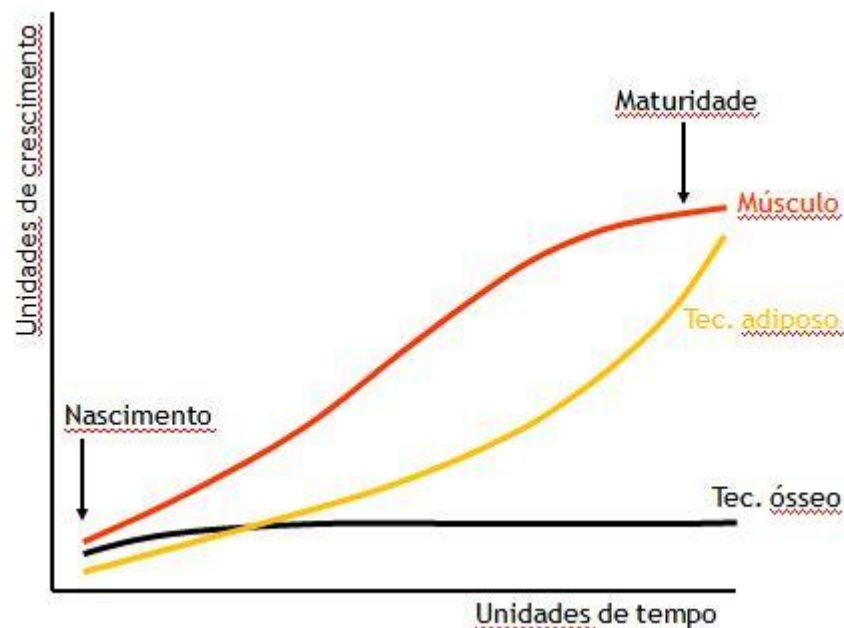


Figura 4. Curvas pós-natais de crescimento normal dos tecidos muscular, adiposo e ósseo (Adaptado de Boggs et al., 2010)

A ordem a que os vários tecidos atingem a velocidade máxima de crescimento é:

Tecido nervoso > Tecido ósseo > Tecido muscular > Tecido adiposo

Os nutrientes da corrente sanguínea serão assim distribuídos de acordo com esta ordem. Restringindo a alimentação, o tecido adiposo deixará de crescer; se a restrição é continuada, não só não haverá crescimento adiposo, mas também será catabolizado tecido muscular, e assim por diante (ver Figura 5).

Imediatamente após o nascimento, o esqueleto encontra-se mais desenvolvido que os músculos (Quadro 2). Por seu lado, o crescimento dos músculos está positivamente correlacionado com o peso do corpo. Durante este crescimento há sempre alguma acumulação de gordura, a qual é cada vez maior à medida que se aproxima a maturidade.

Quadro 2. Proporções típicas de tecido ósseo, músculo e tecido adiposo em gado bovino de corte a diferentes idades

Idade	Tec. ósseo (%)	Músculo (%)	Tec. adiposo (%)
3 meses	26	67	7
8 meses	18	66	16
33 meses	13	49	38
39 meses	10	47	43

Estes dados mostram que, com o envelhecimento dos animais, diminui a percentagem de osso e músculo e há um aumento dramático na percentagem de gordura. No entanto, em termos absolutos, o animal maduro ainda tem mais músculo do que gordura.

São os tecidos e órgãos do corpo mais indispensáveis à vida que se desenvolvem em primeiro lugar. Por exemplo, os genitais não apresentam desenvolvimento até à puberdade. Por outro lado, o desenvolvimento ósseo longitudinal é mais precoce que em espessura. Já o tecido adiposo é depositado em diferentes locais, de acordo com a seguinte ordem de prioridade: tecido adiposo mesentérico, perirenal, intermuscular, subcutâneo e intramuscular. Os órgãos também apresentam diferentes taxas de crescimento. Assim, o encéfalo, os olhos, os rins e o coração são órgãos de maturação precoce.

O desenvolvimento ou crescimento diferencial dos órgãos é primeiramente funcional. São os órgãos de maior importância fisiológica para os animais que estão mais bem desenvolvidos ao nascimento. Aqueles com menor importância, como o rúmen e o retículo nos bovinos, são de desenvolvimento tardio. O desenvolvimento destes órgãos pode no entanto ser acelerado, através de um manejo especial do vitelo, que através do desmame precoce e da cria artificial traz benefícios económicos.

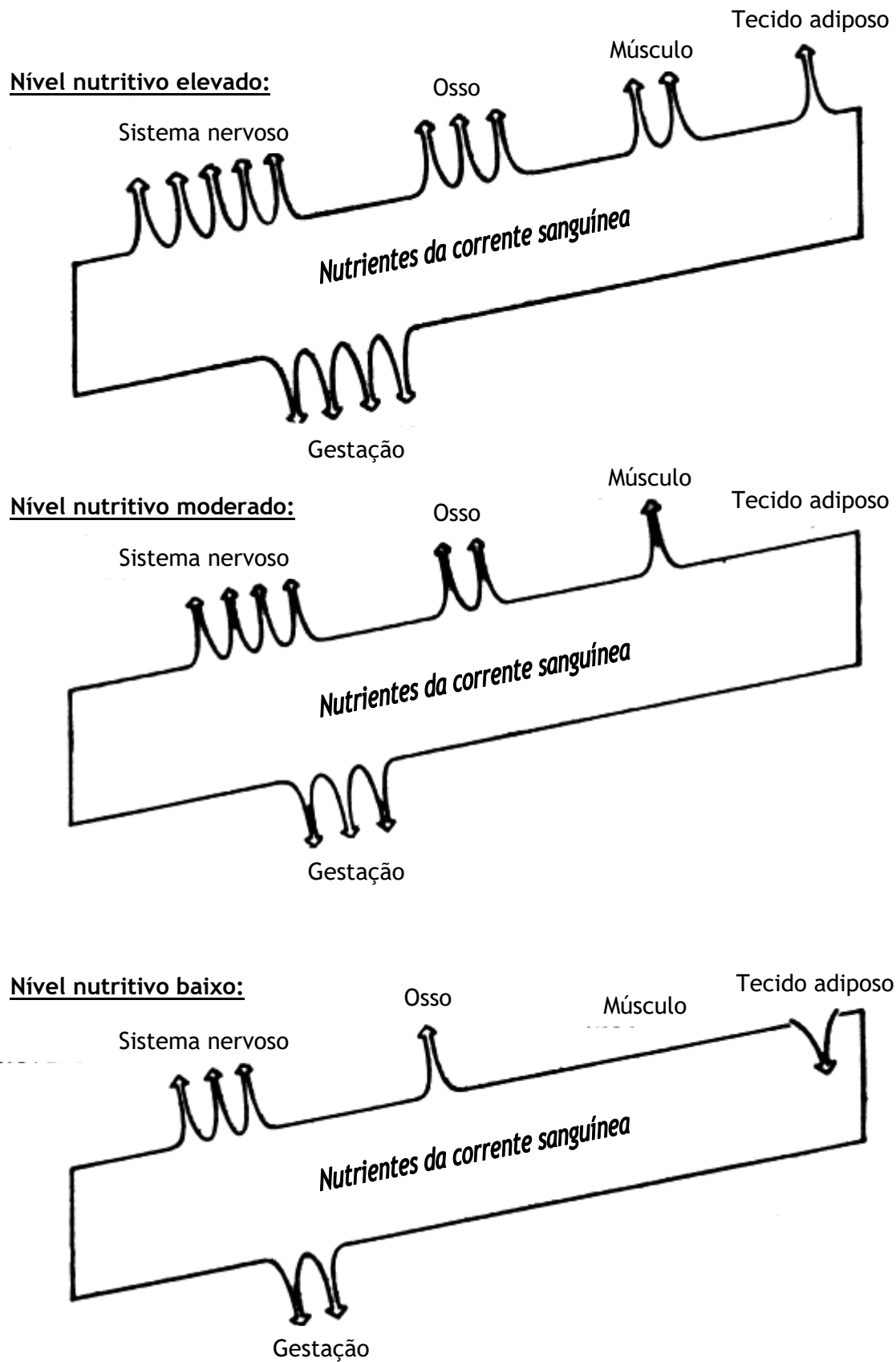


Figura 5. Mobilização seletiva de nutrientes do sangue pelos diferentes tecidos corporais submetidos a três níveis nutritivos (Adaptado de Hammond, 1960).

5. ONDAS E CURVAS DE CRESCIMENTO E DESENVOLVIMENTO

De modo a verificar as variações que ocorrem nas proporções de um animal em crescimento, podem-se realizar fotografias individuais a diferentes idades, transformando-as depois a uma dimensão semelhante, por exemplo a altura ao garrote, para uma melhor comparação. A observação destas fotografias transformadas mostra que o aumento em volume e tamanho não é uniforme, evidenciando que nem todas as regiões do corpo crescem e se desenvolvem ao mesmo ritmo.

Ao nascer, e tomando como exemplo o bovino, o vitelo tem relativamente mais bem desenvolvidas as regiões mais precoces, como resultado do crescimento diferencial durante a vida fetal: a cabeça é grande, as pernas longas, mas o corpo é estreito, com os quartos traseiros pouco desenvolvidos. As vísceras representam uma percentagem elevada do seu peso total e a carcaça tem uma percentagem elevada de osso e baixa de tecido adiposo. O novilho de um ano, em comparação com o vitelo, apresenta uma cabeça e membros proporcionalmente mais curtos, mas a caixa torácica é mais ampla, embora os quartos traseiros estejam ainda subdesenvolvidos (Figura 6). Aos dois anos, o tronco é mais profundo, mas os quartos traseiros apresentam um desenvolvimento muscular incompleto.

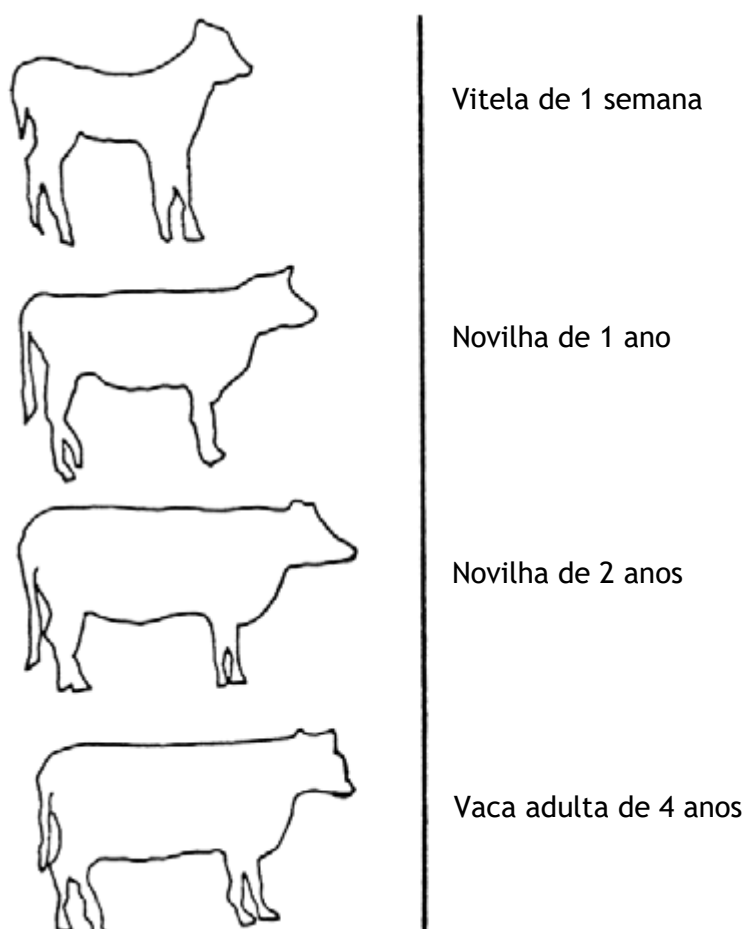


Figura 6. Comparação dos perfis de bovinos a idades diferentes, adaptados a uma altura à cernelha semelhante.

O bovino adulto já apresenta uma cabeça ligeira em relação ao tamanho total do animal, sendo a caixa torácica bastante ampla, com costelas bem desenvolvidas e o quarto posterior de conformação correta. Todas estas características ajudam a dar a impressão de que os membros são mais curtos.

A cabeça atinge rapidamente o tamanho adulto, bem como a altura à cernelha, cuja dimensão final é adquirida a uma idade precoce. Igual precocidade apresenta o desenvolvimento das extremidades dos membros anteriores e posteriores, que atingem rapidamente a sua dimensão adulta. No entanto, outras medidas, como a correspondente à largura do corpo e desenvolvimento da sua musculatura, estão sujeitas a uma evolução mais lenta, uma vez que atingem o seu desenvolvimento máximo numa segunda fase do período de crescimento e desenvolvimento. Por sua vez, as medidas de comprimento e largura da anca só atingem os seus valores finais na conclusão deste processo.

Com base nessas observações, chega-se à conclusão de que o vitelo ao nascer tem mais desenvolvidos os tecidos duros do que os moles, e que o crescimento se inicia a partir da região da cabeça e membros para a região dos quartos posteriores. Isto significa que o desenvolvimento é realizado seguindo regras pré-estabelecidas, regras essas que foram chamadas de ondas de crescimento (Figura 7) e sob cuja influência se desenvolvem todos os mamíferos.

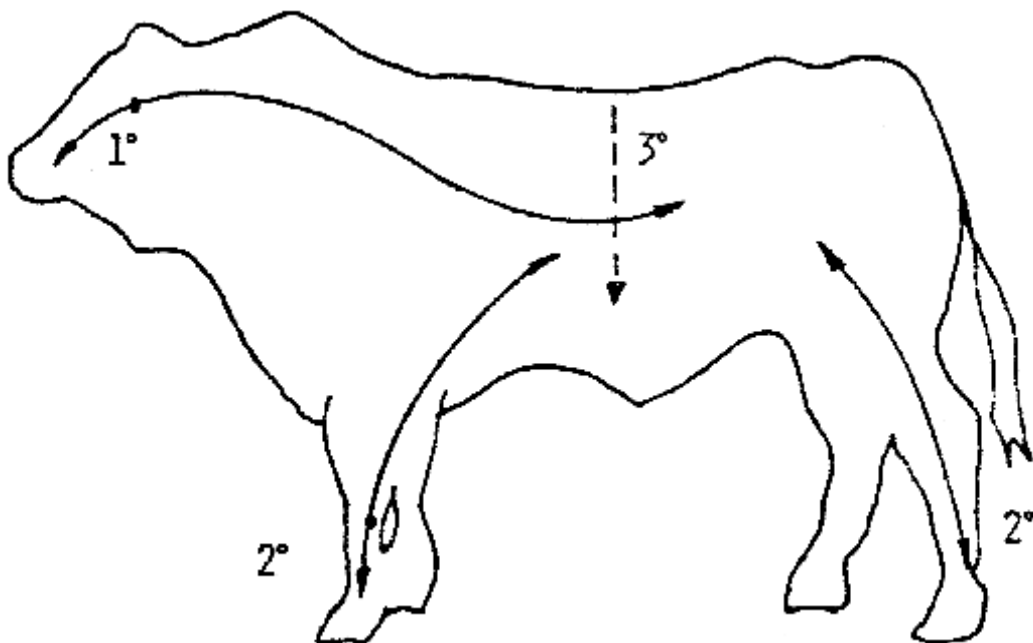


Figura 7. As ondas de crescimento

A primeira onda (1ª), chamada **axial ou primária**, começa na região cranial e segue duas direções: rostralmente, induzindo o aumento no tamanho da face, e caudalmente,

produzindo o desenvolvimento longitudinal do animal. Ao longo da sua evolução, induz o crescimento da cabeça, pescoço, peito, dorso e quarto posterior. Esta onda, que tem precedência sobre todo o restante desenvolvimento, explica o crescimento gradual desde a cabeça até à parte posterior do animal.

A segunda onda (2ª), que é chamada de **apendicular**, inicia-se na porção média das canelas e divide-se em dois ramos: um que se dirige para a extremidade de cada membro e é responsável por dar o tamanho final ao pé, enquanto o outro se direciona dorsalmente, ao longo das diferentes regiões dos membros, originando o crescimento em altura do animal. Isto explica o facto de serem o pé e a canela as regiões dos membros que primeiro atingem o seu tamanho de adulto. Como resultado da ação desta onda, aumenta a altura à cernelha, uma dimensão que adquire a sua dimensão final a uma idade precoce. O desenvolvimento das ondas de crescimento culmina quando estas alcançam posteriormente o corpo e a região lombar, que é uma das regiões do animal mais tardias a adquirir o tamanho final.

A terceira onda (3ª) começa a desenvolver-se apenas quando começa a diminuir o efeito das duas anteriores, e é responsável pelo desenvolvimento longitudinal das costelas, razão pela qual se chama de onda **descendente**. Os seus efeitos induzem o crescimento em largura do corpo do animal, bem como o crescimento em espessura dos diferentes ossos longos, os quais são tardios.

Estas ondas explicam o padrão previsível de desenvolvimento corporal nos mamíferos.

Toda a carência alimentar provoca um atraso na evolução das ondas de crescimento, cujo desenvolvimento é feito de acordo com uma ordem de prioridades. No entanto, são as regiões de desenvolvimento tardio que serão as mais afetadas em qualquer crise ou deficiência alimentar. Por conseguinte, os quartos traseiros do animal serão os que sofrerão efeitos mais marcados devido a regimes alimentares incapazes de satisfazer as necessidades diárias do animal. E essa região concentra muitas das peças de maior valor comercial da indústria da carne.

Com base nas taxas de crescimento relativo dos vários tecidos, observa-se um gradiente geral de formação de músculo e de desenvolvimento corporal da cabeça para a cauda e das extremidades para o centro do corpo. Assim, a forma corporal vai mudando ao longo do tempo: a deposição de determinados componentes musculares (por exemplo, musculatura do lombo e gordura intramuscular, ou marmoreado) é muito mais extensa nas fases tardias da vida.

6. A PRECOCIDADE

A precocidade é a capacidade que um animal tem de realizar rapidamente o seu desenvolvimento global, atingindo mais cedo a maturidade dos tecidos e o acabamento.

Cada uma das regiões e tecidos do organismo tem diferentes taxas de desenvolvimento (ver capítulo 4.), não maturando todas simultaneamente (Quadro 3). Algumas desenvolvem-se mais rapidamente, com o animal ainda imaturo. Estas são, em proporção, maiores do que outras que se desenvolvem mais tardiamente e que não atingem assim o seu máximo desenvolvimento a não ser mais tarde na vida do animal. Por exemplo, mudanças na forma do corpo acontecem ao longo de toda a vida do animal, mas a deposição de certos componentes musculares internos (por exemplo, maturação do lombo, formação da gordura intramuscular) é mais extensa na sua vida adulta.

Quadro 3. Desenvolvimento sequencial de tecidos e regiões corporais

	<i>Curva I</i>	<i>Curva II</i>	<i>Curva III</i>	<i>Curva IV</i>
Regiões	Cabeça	Pescoço	Membros	Lombo
Tecidos	Nervoso central	Ósseo	Muscular	Adiposo
Tec. ósseo	Canela	Tíbia	Fémur	Coxal
Tec. adiposo	Visceral	Intermuscular	Subcutâneo	Intramuscular

A velocidade de desenvolvimento de cada região e de cada tecido corporal progride até um máximo, a partir do qual começa a diminuir à medida que o animal adquire o seu tamanho adulto. O momento em que se alcança a velocidade máxima de desenvolvimento ocorre numa ordem determinada para cada região e tecido. No caso particular de animais precoces, é de salientar que a velocidade de desenvolvimento dos tecidos não primordiais como o tecido adiposo, atingem um valor elevado muito prematuramente. Assim, o animal pode começar a acumular quantidades significativas de tecido adiposo antes de completar o desenvolvimento dos ossos e de ter desenvolvidos as suas massas musculares.

A Figura 8 representa a rapidez de desenvolvimento de vários tecidos e partes do corpo. A idade na abscissa, o ganho de peso nos tecidos ou regiões do corpo por unidade de tempo na ordenada. O primeiro gráfico mostra a forma como os vários tecidos do corpo e as diversas regiões se desenvolvem num animal precoce. O segundo gráfico mostra o desenvolvimento num animal não precoce melhorado e o terceiro, o de um animal não precoce e não melhorado.

O sistema nervoso central (curva I) é o primeiro a atingir a velocidade máxima de desenvolvimento, seguido do tecido ósseo (curva II), enquanto o tecido muscular (curva III) e, subsequentemente, o tecido adiposo (curva IV) são os últimos a atingi-la.

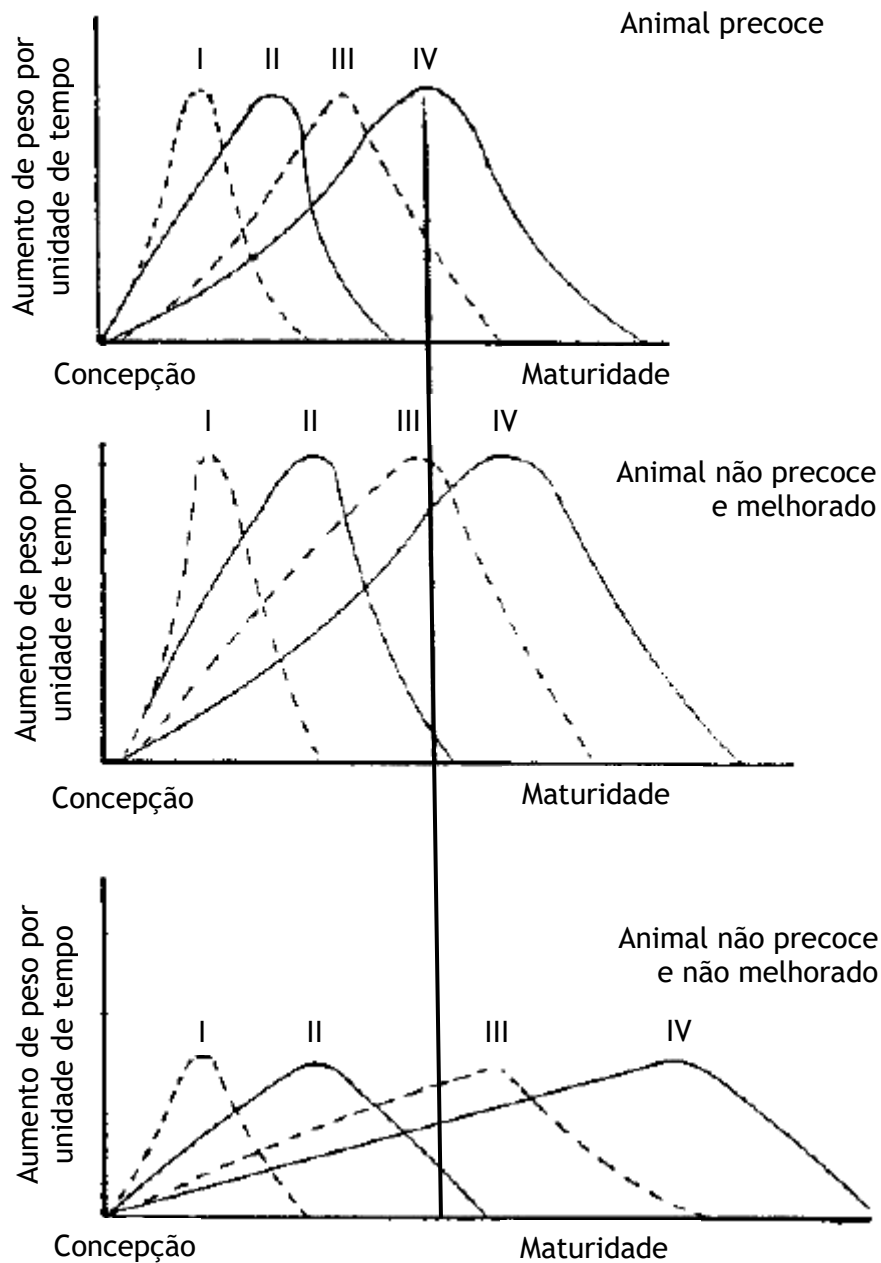


Figura 8. Rapidez de desenvolvimento dos diferentes tecidos e regiões do corpo segundo a precocidade e o melhoramento genético

Nas raças precoces os picos destas curvas estão muito próximos, de modo que o animal engorda enquanto o osso e os tecidos musculares estão ainda em desenvolvimento, apesar de já menos ativamente. As raças não precoces e melhoradas apresentam um maior ganho médio diário. No entanto, a maturidade dos seus tecidos é atingida a uma idade mais

avançada do que nas raças precoces. Por fim, as raças não precoces e não melhoradas apresentam os picos destas curvas muito distantes uns dos outros, o que significa que a engorda ocorre quando se fez a maior parte do desenvolvimento dos tecidos ósseo e muscular. Um animal precoce atinge o máximo do desenvolvimento do tecido adiposo quando um animal não precoce e melhorado atingiu o máximo desenvolvimento do tecido muscular e um animal não precoce e não melhorado ainda não atingiu esse máximo (ver Figura 8).

No entanto, **não se deve confundir precocidade com velocidade de crescimento, isto é, com um elevado ganho médio diário**. Para muitos, um animal de crescimento rápido é um animal precoce. Um animal com elevado ganho médio diário não é necessariamente precoce; ele será verdadeiramente precoce apenas se a taxa de crescimento for acompanhada de rápida maturação dos tecidos (desenvolvimento) e de engorda precoce (acabamento).

A velocidade de crescimento está altamente correlacionada com o peso adulto do animal. Assim, quanto maior o peso adulto, maior a tendência para aumentar os ganhos diários de peso vivo. A precocidade também está relacionada com o peso adulto: a maior peso adulto corresponde menor precocidade e vice-versa (Figura 9).

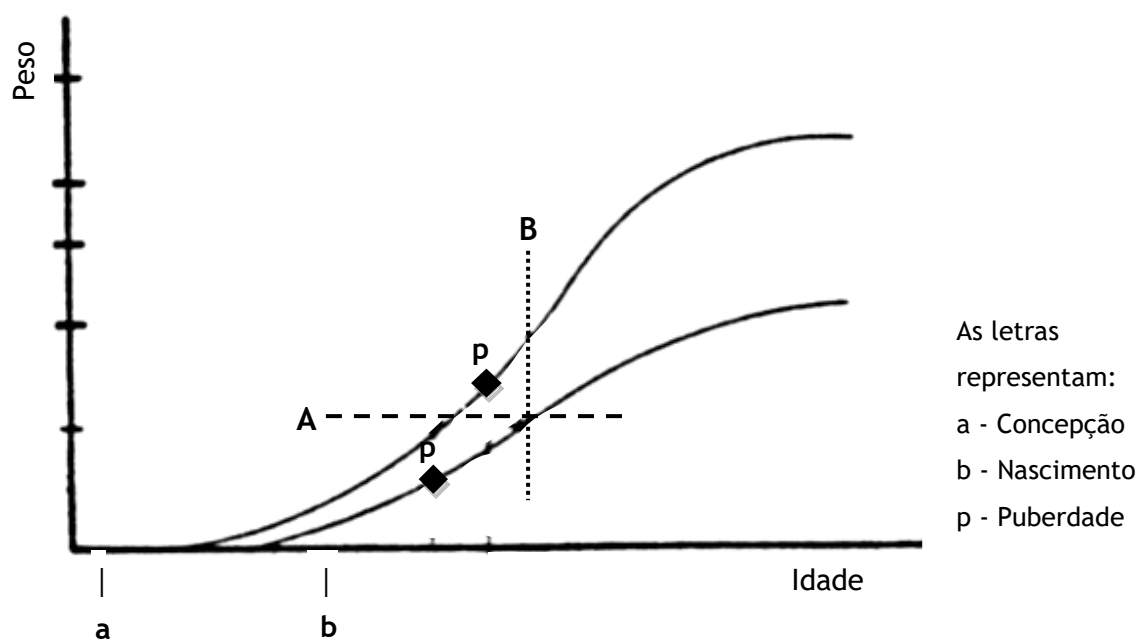


Figura 9. Curvas de crescimento de dois animais com peso adulto diferente

Na Figura 9, é possível ver que a puberdade (p) aparece cronologicamente mais tarde no animal de maior peso final. Nos mamíferos, com exceção do Homem, a puberdade aparece quando eles atingem cerca de 30% do seu peso adulto. Do ponto de vista

fisiológico, a uma mesma idade (linha vertical B) o animal que apresenta menor tamanho em adulto, é o mais maduro. Portanto, um animal que apresenta maior GMD é geralmente menos precoce e irá pesar mais em adulto. A diferença no estado de maturação é mais visível quando se comparam os dois animais a um peso igual (linha horizontal A) do que quando se comparam a uma mesma idade (linha vertical B).

Em novilhos de carne, quando a percentagem de gordura total no peso vivo atinge os 16-20%, cerca de 20% dessa gordura é subcutânea e 3-6% intramuscular (marmoreado). Nesta altura, os animais têm 8-10 mm de espessura de gordura dorsal e considera-se que os animais apresentam um grau de adiposidade ideal em termos comerciais. Esses animais apresentam um exterior com contornos arredondados e as massas musculares não são claramente distinguíveis. Em bovinos leiteiros, no entanto, este nível de acabamento só é obtido com ~30% de gordura subcutânea. Nesta altura, o tecido adiposo intramuscular também está parcialmente desenvolvido em ambos os tipos de animal, apresentando os músculos o aspeto marmoreado clássico.

Como referido anteriormente (ver capítulo 4), a acumulação de gordura intramuscular depende do teor total de gordura e acumula-se no fim do período de crescimento. Por isso, raças grandes podem apresentar uma baixa taxa de marmoreado quando são abatidas cedo demais, ou quando a alimentação é insuficiente para promover taxas elevadas de ganho de peso. Em relação aos biotipos precoces, estes conseguem produzir um marmoreado com maior facilidade, mas com a desvantagem de, quando alimentados com dietas de elevada concentração energética, acumularem excesso de gordura subcutânea e visceral. Atualmente, a procura pelos mercados de carne bovina de um animal com menos gordura forçou os criadores a selecionar, dentro de cada raça, os reprodutores com ganho de peso diário elevado, baixa precocidade, magros e de elevado peso à maturidade.

BIBLIOGRAFIA

- Batt, R.A.L. (1980). *Influences on Animal Growth and Development*. Studies in Biology nº 116, Camelot Press, London.
- Boggs, D. L., Merkel, R. A., Doumit, M. E., & Bruns, K. (2010). *Livestock and Carcasses: An Integrated Approach to Evaluation, Grading, and Selection* (6th. ed.). Dubuque, IA: Kendall/Hunt Publishing Company.
- de Silva, G. M. S. (2002). *Basic Metrology for ISO 9000 Certification*. Oxford, England: Butterworth-Heinemann.
- Fowler, V. R. (1968). Body development and some problems of its evaluation. In G. A. Lodge & G. E. Lamming (Eds.), *Growth and development of mammals: proceedings of the Fourteenth Easter School in Agricultural Science, University of Nottingham* (pp. 195-211). London, UK: Butterworth-Heinemann.
- Hafez, E. S. E. (1963). Symposium on Growth: Physio-Genetics of Prenatal and Postnatal Growth. *Journal of Animal Science*, 22(3), 779-791.
- Hammond, J. (1960). *Farm animals: their breeding, growth, and inheritance* (3rd. ed.). London, UK: Edward Arnold Publishers Ltd.