



## Interação nutrição-reprodução em suínos

### Nutrition-reproduction interaction in swine

Antônio Mário Penz Junior<sup>1</sup>, Daniel Bruno<sup>2</sup> & Graziela Silva<sup>2</sup>

#### INTRODUÇÃO

Vários trabalhos indicam que o consumo inadequado de nutrientes e de energia pode alterar as respostas reprodutivas tanto em humanos quanto em animais domésticos. No caso específico dos suínos, estas deficiências podem influenciar as respostas reprodutivas de várias maneiras. Nas marrãs, a alimentação influi no crescimento e na idade em que elas atingirão a puberdade e no número de óvulos que serão liberados durante os primeiros ciclos estrais. Nas fêmeas múltiparas, que se encontram ciclando, afetam a taxa de ovulação. Durante a lactação, a produção de leite depende tanto da quantidade quanto da qualidade do alimento, além das reservas corporais maternas. Uma deficiência nutricional durante a lactação pode aumentar a movimentação dos tecidos (muscular e adiposo) das fêmeas e, conseqüentemente, pode promover o aumento do intervalo desmame-estro, reduzir a taxa ovulatória e a qualidade dos ovócitos liberados, impactando negativamente o tamanho da leitegada do parto seguinte. Com relação ao cachaço, uma restrição dos nutrientes, totais ou apenas da proteína, diminui a libido, o volume e a qualidade seminal.

O objetivo deste trabalho é abranger os principais pontos relacionados com a nutrição das leitoas e das fêmeas múltiparas, importante na obtenção de eficientes resultados reprodutivos.

#### MECANISMOS FISIOLÓGICOS RELACIONADOS AOS EFEITOS DA NUTRIÇÃO SOBRE A REPRODUÇÃO

Todo o ciclo reprodutivo das fêmeas suínas é controlado pelo hipotálamo, que estimula a hipófise e que estimula a atividade gonadal, através das gonadotrofinas. Estas, por sua vez, modulam a atividade hipofisária, através da liberação de hormônios esteróides. Em um primeiro momento, este parece se tratar de um “circuito fechado”, cujo funcionamento é regulado somente por hormônios e por fatores endógenos, não se relacionando com outros eventos do metabolismo. No entanto, ao contrário, este “circuito” é influenciado por fatores externos a ele e que modulam seu funcionamento. Entre estes fatores estão alguns hormônios e seus metabólitos, cujas liberações estão condicionadas, sobretudo, aos níveis de nutrientes e de energia ingeridos pelos suínos. As variações nos níveis nutricionais são acompanhadas por flutuações nas concentrações circulantes de alguns hormônios (insulina, hormônio do crescimento, IGF-I, leptina, cortisol, hormônios da tireóide) e de alguns nutrientes (glicose, ácidos graxos livres e aminoácidos). Geralmente, a deficiência nutricional está associada à elevação nas concentrações plasmáticas do hormônio do crescimento, do cortisol e de ácidos graxos livres, assim como na redução da insulina, do IGF-I, da T3 e da T4 [2,6,9,21,57,64]. Todos os hormônios e os nutrientes indicados são possíveis mediadores das interações entre a nutrição e a reprodução.

#### 1 Principais mecanismos

Prunier & Quesnel [53] sugeriram diferentes mecanismos através dos quais os mediadores metabólicos coordenam a interação entre a nutrição e os fenômenos reprodutivos dos animais:

<sup>1</sup>Nutron Alimentos Ltda. Porto Alegre, RS/Brasil. <sup>2</sup>Departamento de Zootecnia, Faculdade de Agronomia, Universidade Federal do Rio Grande do Sul (UFRGS), Porto Alegre, RS/Brasil. CORRESPONDÊNCIA: A.M. Penz [mpenz@nutron.com.br].

**Ação por vias neuroendócrinas** - Atuação direta no hipotálamo e na hipófise. Por exemplo, a restrição alimentar leva à diminuição da liberação de LH, por intermédio da liberação de GnRH, prejudicando o desenvolvimento folicular [53]. Outro exemplo é a ação da leptina sobre o hipotálamo, também interferindo nas atividades reprodutivas.

**Ação direta nas gônadas** - Alguns mediadores alteram a foliculogênese, controlando a nutrição das células foliculares, servindo de fatores de crescimento para estas células (insulina, IGF-I) ou amplificando a ação das gonadotrofinas.

**Ação sobre fluxo sanguíneo hepático** – O aumento nos níveis nutricionais pode promover um aumento da circulação sanguínea hepática, aumentando a degradação da progesterona plasmática.

## 2 Mediadores metabólicos

### 2.1 Fator de crescimento insulina-semelhante I (IGF-I) e proteínas carreadoras de IGF-I (IGFBP)

Os fatores de crescimento insulina-semelhante I e II (IGF-I e II), os seus receptores e as proteínas ligantes de IGF (IGFBP-1 a 6) constituem um sistema endócrino, autócrino e parácrino, que regula o crescimento, a diferenciação e a apoptose das células gonadais [36]. Estudos “in vitro” mostraram a influência do IGF-I sobre as células hipofisárias de marrãs [71]. No entanto, o foco das pesquisas sobre a influência da IGF-I no eixo hipotálamo-hipófise-gonadal é na sua ação sobre os ovários. A ingestão de nutrientes aquém do recomendado promove a diminuição da secreção hepática de IGF-I no sangue, diminuindo a resposta do ovário às gonadotrofinas [37]. Foi demonstrado um efeito sinérgico entre o IGF-I e o LH sobre a esteroidogênese [68]. Em um trabalho desenvolvido “in vitro”, relatou-se que o FSH e o IGF-1 atenuam a apoptose espontânea de células da granulosa de folículos suínos [63].

### 2.2 Hormônio de crescimento (GH)

Principalmente, o GH encontra-se atuando nos folículos em desenvolvimento e nos corpos lúteos [54]. Estudos “in vitro” e “in vivo” mostraram que este hormônio tem a capacidade de estimular o desenvolvimento dos corpos lúteos (CL) e a produção de progesterona e de ocitocina [63]. Nos folículos, o GH acelera a diferenciação das células da granulosa, amplificando a ação das gonadotrofinas. Entretanto, o GH também é capaz de estimular a produção de esteróides [54].

### 2.3 Insulina

A secreção deste hormônio é estimulada pelo aumento da concentração sanguínea de glicose, de alguns aminoácidos (principalmente arginina e leucina) e de alguns ácidos graxos (ácido oléico e ácido palmítico). A secreção de insulina é controlada por alguns hormônios pancreáticos (glucagon e somatostatina) e por neuropeptídeos gastrintestinais, que são liberados durante a digestão do alimento.

Há evidências de que a insulina estimula a entrada e a utilização de nutrientes nas células da granulosa dos folículos. Ela age na diferenciação e potencializa a indução de receptores de LH na camada granulosa e a produção de esteróides pelos folículos antrais, além de estimular a foliculogênese [53]. A insulina também está relacionada com o aumento na taxa de ovulação [15] e na produção de IGF-I pelos folículos [13], sendo que em alguns estudos foi encontrada correlação positiva entre as concentrações de insulina e a frequência de pulsos de LH durante a lactação [57, 69]. Em fêmeas suínas diabéticas, a retirada da insulina estaria implicada na diminuição das taxas ovulatórias e no aumento da atresia folicular [14].

No entanto, a ação da insulina sobre a reprodução continua discutível, tendo em vista que vários estudos evidenciaram a ausência de seu efeito ou mesmo efeito negativo [56,61] sobre a reprodução. Assim, é possível que as estratégias nutricionais repercutam na reprodução não através de mediadores isolados, como a insulina, mas através de todo o “status” metabólico do animal [24].

Há evidências de que o cromo afeta o metabolismo da insulina, agindo como um co-fator ao ligar a insulina aos seus receptores específicos nas células alvo [10]. De fato, Lindemann et al. [35] demonstraram que a adição de níveis crescentes (0 a 1000 ppb) de cromo na dieta de fêmeas gestantes promoveu um aumento linear no número de leitões nascidos vivos por leitegada, sendo que 600 ppb foi o nível que propiciou a melhor resposta.

## 2.4 Leptina

A leptina é um hormônio produzido pelo tecido adiposo. É outro metabólito mediador da interação entre a nutrição e a reprodução. Em animais que se encontram em balanço energético positivo, a expressão do gene que codifica este hormônio é estimulada pela hipertrofia das células adiposas. Contrariamente, os níveis sanguíneos deste hormônio diminuem rapidamente em consequência da privação de alimento e em condições de balanço energético negativo [3].

A influência da leptina sobre a reprodução é tão marcante que alguns autores sugeriram um novo conceito, o do eixo “hipotálamo-hipófise-adipócitos-gonadal” [5]. Há indícios de que o local primário de ação da leptina é o hipotálamo, uma vez que seus receptores são encontrados em áreas hipotalâmicas relacionadas com o controle do apetite, da reprodução e do crescimento [3], apesar de haver evidências de que ela também age sobre as gônadas [38]. Diversos autores encontraram evidências de que a ação da leptina se dá através da inibição da expressão hipotalâmica do neuropeptídeo Y (NPY) [28,38], que estaria relacionado com a inibição da secreção de LH [5]. Os receptores para leptina são ainda encontrados em neurônios produtores de GnRH [39]. Também há evidências de que a ação da leptina se dá por intermédio de outros neurotransmissores (proopiomelanocortina - POMC, peptídeo agouti-relacionado, hormônio estimulador de melanócitos  $\alpha$  [3,4].

A leptina pode agir como um sinal permissivo à ativação do eixo reprodutivo e do início da puberdade em marrãs. Ou seja, ela, por si só, não causa estes efeitos diretamente, mas a sua presença é necessária para que eles ocorram. Em parte, isto pode explicar o porquê das marrãs com peso ou porcentagem de gordura corporal aquém dos recomendados que pode apresentar atraso no início da puberdade [5].

## INFLUÊNCIA DA NUTRIÇÃO SOBRE A FUTURA REPRODUTORA

### 1 Impacto sobre o desenvolvimento corporal

A correta nutrição das marrãs, durante o seu crescimento, tem impacto significativo no seu desenvolvimento reprodutivo. Assim, o manejo destes animais deve começar nos estágios iniciais de sua vida e terminar quando estas completarem a sua primeira lactação. A composição corporal das marrãs é influenciada pela quantidade de proteína e de energia consumidas durante a fase de crescimento. Um trabalho demonstrou que fêmeas em crescimento, alimentadas à vontade, tendem a ter problemas de conformação, pois, geralmente, são mais pesadas e possuem mais gordura corporal no momento da concepção [17]. Os mesmos autores comentaram que a redução do consumo de energia diminui a taxa de crescimento e a quantidade de gordura corporal das marrãs. Outro trabalho já havia indicado que a redução na taxa de crescimento proporciona um aumento na quantidade de tecido ósseo [43]. Newton & Mahan [44] indicaram que marrãs recebendo alimentação restrita tiveram um percentual maior de proteína corporal do que marrãs alimentadas à vontade. Entretanto, restrição energética severa nesta fase faz com que o teor de gordura subcutânea seja menor do que o exigido no momento da concepção [17, 52]. Gill [23] relatou que em genótipos modernos, selecionados para deposição de tecido magro, a restrição protéica (dieta com 3466 kcal ED/kg e 0,6% de lisina, de 30 a 50 kg de peso corporal e dieta com 3227 kcal ED/kg e 0,5% de lisina, de 50 kg até a monta), em comparação com dietas com as mesmas quantidades de ED, mas com o dobro de lisina, levaram a redução no ganho de peso e, por consequência, a um menor peso corporal das fêmeas quando da cobertura. Esta restrição também promoveu um aumento na deposição de gordura corporal. Porém, esta deposição não se manteve durante a gestação e durante o intervalo desmama-estro. Já esta restrição nutricional não afetou a deposição de tecido magro, quando foi expressa com base na porcentagem do peso corporal. Além disso, observou-se que quando a dieta fornecida às marrãs é deficiente em alguns aminoácidos, especialmente triptofano, é observada uma redução no crescimento e na ingestão voluntária de alimento [26].

O nível da alimentação em que as marrãs são submetidas durante a fase de crescimento influencia a idade em que elas iniciam a vida reprodutiva (puberdade) e o número de óvulos liberados (taxa ovulatória) durante os primeiros ciclos estrais. A recomendação geral é que leitoas destinadas aos plantéis reprodutivos devam ter no intervalo de peso entre 20 e 80 kg, um ganho de peso de 650 a 720 g/dia [66]. No entanto, estas recomendações variam em cada linhagem genética. Por exemplo, a recomendação para fêmeas da genética PIC (Tabela 1) é de

ganho diário de peso entre 630 e 660 g/dia, com um peso corporal entre 118 e 126 kg ao primeiro serviço, tendo uma idade entre 210 e 240 dias e a espessura de toucinho no ponto P2 entre 16 e 18 mm.

**Tabela 1.** Recomendações nutricionais para fêmeas PIC em desenvolvimento

EMA (NRC)	kcal/kg	3440	3440	3285	3285	3285	3285
Lisina total	%	1,56	1,45	1,24	1,96	0,88	0,72
Lisina Digestível	%	1,42	1,32	1,11	0,85	0,79	0,60
Lisina total: EMA	g/Mcal	4,55	4,22	3,78	2,93	2,68	2,20
Cálcio	%	0,88	0,80	0,78	0,70	0,70	0,70
Fósforo disponível	%	0,47	0,42	0,36	0,35	0,35	0,35

Fonte: Adaptado de [51].

Após 70 kg de peso corporal, é possível aplicar diferentes manejos da alimentação, que variam desde a alimentação à vontade até uma discreta restrição alimentar. O importante é que os animais tenham um peso entre 115 e 120 kg, no período de 180 a 190 dias de idade [66].

## 2 Flushing

Este procedimento é caracterizado por um aumento no consumo de energia das marrãs, por um período de 10 a 14 dias, antes da inseminação. Este procedimento é recomendado às leitoas com peso corporal entre 110 e 120 kg e com idade entre 180 a 190 dias, onde deve ser fornecida uma dieta com 3200 kcal EM/kg, à vontade [66]. O objetivo deste manejo é o de propiciar um aumento no número de leitões nascidos. Em um trabalho científico identificou-se que o aumento na quantidade de ração oferecida às marrãs promoveu um aumento nos níveis plasmáticos de IGF-I e de leptina, um aumento no número de picos de LH e uma maior concentração pós-prandial de insulina, além de um aumento na concentração plasmática de progesterona e de estradiol e intrafolicular de estradiol [20]. Também se encontrou um aumento na porcentagem de oócitos que atingiram a metafase II e um maior número de folículos ovulatórios. Lago [33] comentou que há evidências de que estes eventos hormonais propiciam maior fecundidade às fêmeas não pelo aumento na taxa de ovulação, mas pela qualidade dos ovócitos. Concentrações pré-ovulatórias de progesterona podem ser um dos mediadores dos níveis nutricionais das dietas sobre a maior taxa de sobrevivência embrionária [1].

## INFLUÊNCIA DA NUTRIÇÃO SOBRE A FASE DE GESTAÇÃO

O manejo reprodutivo das fêmeas em gestação está focado em dois pontos principais que são os reprodutivos, propriamente dito, e os produtivos. Do ponto de vista da reprodução, o principal objetivo é o de obter o maior número de partos/fêmea/ano e o de obter o maior número possível de partos na vida reprodutiva da fêmea. Do ponto de vista da produção, o principal objetivo é o de obter o maior número de leitões desmamados/fêmea/ano.

Durante a gestação, a alimentação das fêmeas deve ser suficiente para que elas conservem um estado nutricional adequado e que obtenham os nutrientes necessários para assegurar a sobrevivência dos embriões, além de ter um maior número de leitões vivos ao parto e um maior consumo de alimento durante a lactação [21].

A fêmea suína apresenta exigências nutricionais relativamente baixas durante a gestação, quando comparadas com aquelas do período de lactação. No entanto, reprodutoras que não consomem quantidades suficientes de nutrientes e de energia neste período podem produzir leitões fracos e uma maior proporção de leitões desuniformes. Por outro lado, se as fêmeas consumirem muito alimento nesta fase, ocorrerá um aumento nas perdas embrionárias e nas dificuldades no parto, além de proporcionar a redução do apetite durante a lactação. Fêmeas, especialmente primíparas, recebendo excesso de energia entre 75 e 90 dias de gestação podem apresentar prejuízo na formação das glândulas mamárias e, como consequência, uma redução na produção de leite durante a lactação [25].

Em termos gerais, as necessidades energéticas das fêmeas durante toda a gestação são correspondentes a 110 kcal ED/kg de peso metabólico (peso corporal 0,75) [11,47] ou 106 kcal EM/kg de peso metabólico [46,47],

somados a 1.150 kcal ED/kg de leitão, ao parto, e 5.000 kcal ED/kg de peso que a fêmea ganhou durante a gestação (na primeira e segunda parição o ganho de peso é calculado entre 40 a 45 kg, diminuindo para 25 a 30 kg, nas partições subsequentes) [21].

Apesar dos cálculos predizerem as exigências nutricionais durante toda a fase de gestação, na prática a alimentação das fêmeas é dividida em três estágios e cada um deles necessita de estratégias nutricionais diferenciadas. No primeiro estágio (terço inicial), ocorre a implantação embrionária e a sobrevivência dos embriões é crítica. No segundo estágio, o foco é a recuperação das reservas corporais perdidas na lactação anterior. No terceiro estágio, ocorre o crescimento exponencial dos fetos, dos anexos placentários e do tecido mamário [7]. Sobestiansky et al. [66] também já haviam sugerido que o manejo nutricional das fêmeas, durante a gestação, pode ser dividido em três fases ou estágios. Outro trabalho, realizado com marrãs, também se recomendou a divisão da fase de gestação em fases [27]. As fases se diferenciam de acordo com a alteração da composição corporal, do ganho de tecido maternal e dos fetos. Segundo os autores, as exigências das fêmeas são de 6,8 e 15,3 g/dia de lisina digestível ileal verdadeira (ou 147 e 330 g/dia de proteína digestível ileal verdadeira), antes e depois dos 70 dias de gestação, respectivamente.

Em fêmeas de quarto e quinto ciclo de parição, avaliaram-se as exigências de proteína bruta durante a gestação, empregando dietas isoenergéticas (3400 kcal ED/kg) [62]. Os autores observaram que 13,5% PB na ração de gestação proporcionou melhor balanço energético das porcas, maior número de leitões nascidos vivos, maior peso médio dos leitões ao desmame, maior peso da leitegada ao parto e da leitegada ao desmame e maior ganho de peso médio diário da leitegada.

Flores et al. [21] comentaram sobre a importância da proteína (aminoácidos e, principalmente, lisina) na fase de gestação para a recuperação do tecido magro que foi utilizado durante a lactação. Segundo os autores, a exigência de lisina digestível das fêmeas durante a gestação não é maior do que 7g/dia (fêmeas com 140 kg de peso corporal na inseminação) e pode chegar a 10g/dia, para uma gestação de 16 ou mais leitões.

No primeiro estágio da gestação, as necessidades de nutrientes e de energia das fêmeas são um pouco maiores do que na manutenção. Alta ingestão de nutrientes nesta fase acarretará em uma maior perda embrionária. Os níveis de progesterona e de estradiol circulantes são menores em fêmeas consumindo maiores quantidades de ração, pois altos níveis nutricionais nesta fase propiciam aumento na massa hepática, na circulação portal e promovem um estímulo das reações bioquímicas envolvidas no metabolismo dos esteróides [20]. Isto faz com que ocorra uma secreção sub ótima de proteína uterina específica, diminuindo a sobrevivência embrionária [66]. Também se observou que o plano de nutrição afeta o desempenho reprodutivo das fêmeas [16]. Marrãs alimentadas com níveis nutricionais médios (1,2 vezes acima daqueles sugeridos para manutenção), quando comparadas com marrãs alimentadas empregando planos nutricionais “baixo ou alto” (0,6 e 2 vezes o nível de manutenção, respectivamente), tiveram maior número total de embriões viáveis, maior sobrevivência embrionária e maior peso dos embriões aos 35 dias de gestação. Fêmeas alimentadas com 1,2 vezes a mais do que os níveis sugeridos para manutenção, apresentaram maiores níveis circulantes de progesterona em relação às fêmeas alimentadas com o dobro dos níveis propostos para manutenção [72]. Também, elas tiveram uma maior expressão dos genes que codificam as proteínas dos embriões (RBP4 - proteína ligante de retinol 4, FGFR2 - receptor do fator de crescimento de fibroblastos 2 e PGR - receptor de progesterona). Estas observações evidenciam que a alimentação das fêmeas gestantes com um plano nutricional mais alto também compromete a expressão gênica nos fetos, além de afetar os níveis circulantes de progesterona.

De acordo com Sesti & Passos [65], nesta fase as fêmeas devem ser alimentada com 2 kg de ração/dia (dieta contendo 2870 kcal EM/kg, 14% PB, 0,57% lisina, 1,1% Ca e 0,7% de PT), levando em conta que diferenças genéticas podem sugerir alterações nestes valores. Portanto, nesta fase o consumo de alimento deve ser altamente restringido, podendo ser de 40 a 50% a menos do que se as fêmeas estivessem sendo alimentadas à vontade. Uma recomendação para minimizar o problema de baixo volume de consumo de alimento nesta fase é o de empregar fibras na dieta, que diluirá os nutrientes. Desta forma, um maior volume de ração poderá ser oferecido aos animais [66], com reflexos positivos sobre o peso dos leitões e ainda sobre o desempenho reprodutivo subsequente, durante a lactação [70]. No entanto, observou-se que fêmeas gestantes, alimentadas com dieta contendo alto teor de fibras insolúveis (FI) (1,08% FS, e 18,09% FI) e fêmeas alimentadas com dieta contendo alto teor de fibras solúveis (FS) e FI (2,46% FS e 24,55% FI) apresentaram pior desempenho reprodutivo do que fêmeas alimentadas com dieta contendo alto teor de FS e baixo teor de FI (3,02% FS e 10,06% FI) e dieta controle, contendo baixos teores de FS e FI (1,16% FS e 9,98% FI) [60]. Em outro experimento, os mesmos autores observaram que dietas com altos teores

de FS e de FI, fornecidos no período de 2 a 109 dias de gestação, proporcionaram um maior consumo alimentar e uma menor perda de peso durante a lactação, apesar do tamanho da leitegada não ter sido influenciado.

Um trabalho relatou que a partir do 26º dia de gestação o aumento do nível de fibra bruta (11%) de uma dieta, em relação à outra, com base em milho e farelo de soja (2,8% de FB), mantendo o mesmo consumo de ED (7888 kcal/dia), promoveu um aumento do consumo alimentar durante a lactação e um maior crescimento dos leitões [55]. Além disto, foi observada uma tendência de aumento na concentração de prolactina sanguínea antes do parto.

Durante o segundo estágio de gestação, o manejo nutricional deverá ser direcionado para a obtenção de um escore de condição corporal desejável, ou seja, entre 2,5 e 3,0 (em uma escala de 0 a 5). Esta condição corporal corresponde à espessura de toucinho de 16 a 18 mm no ponto P2 [7]. Nesta fase, uma recomendação prática de arraçamento foi dada por Sobestiansky et al. [66]. Os autores sugeriram que fêmeas com escore 1 devem receber 12.200 kcal EM/dia, com escore 2, 10.675 kcal EM/dia, com escore 3, 7.625 kcal EM/dia e com escore 4, 6.400 EMkcal/dia (verão) ou 7.000 kcal EM/dia (inverno), e com escore 5, 6.100 kcal ED/dia. É nesta fase que é estabelecido o número de fibras musculares dos fetos. O número de fibras musculares determina o máximo de crescimento pós-natal e a eficiência de crescimento dos leitões [18]. O problema é que os estudos que avaliaram a influência dos níveis de energia da dieta das fêmeas sobre o número de fibras musculares foram contraditórios. Alguns autores, como Dwyer et al. [18], observaram um aumento no número de fibras musculares, uma maior relação fibras secundárias: fibras primárias e um maior crescimento pós-natal dos leitões até o abate. Já outros autores não notaram qualquer alteração no número de fibras musculares ou no peso dos leitões [45].

Boyd et al. [7] calcularam as exigências de EM e de lisina diárias durante a fase média de gestação, e elas foram estabelecidas de acordo com as equações de predição do NRC (1998). Na simulação, os autores empregaram fêmeas de todas as ordens de parição, com peso na cobertura variando de 125 a 218 kg, consumo alimentar diário variando de 2,15 a 2,25 kg e ganho de peso variando de 35 a 11 kg (durante a gestação). Foram obtidos valores de energia que variaram entre 6930 e 7250 kcal de EM/dia e de lisina total, que variaram entre 11,1 e 12,3 g.

Diversos trabalhos observaram que leitões provenientes de fêmeas que receberam L-carnitina na gestação apresentaram maior crescimento durante o período de amamentação do que leitões do grupo controle [19,45,59]. O efeito da L-carnitina durante a gestação está relacionado com o aumento da expressão da proteína ligante de IGF 5 e 3 (IGFBP5 e 3), no endométrio [8]. Outro trabalho também identificou a importância da suplementação da arginina em dietas de marrãs [40]. Em seu trabalho, as fêmeas passaram a receber a suplementação de 1% de L-arginina-HCl, a partir de 30 dias de gestação. Os autores observaram um aumento no número de leitões nascidos vivos e um aumento no peso dos leitões ao nascer (respectivamente em 22% e 24%). Os autores justificaram estes ganhos tendo em vista que a arginina pode estar relacionada com aumento na angiogênese placentária e com a melhora da nutrição dos embriões, uma vez que ela é precursora de substâncias implicadas na angiogênese, tais como o óxido nítrico e várias poliaminas.

Na terceira fase de gestação, a necessidade de nutrientes aumenta exponencialmente. Há estimativas de que a retenção de nitrogênio aumenta de 9 a 10 g/dia para 17 a 18 g/dia, do segundo estágio para o terceiro estágio. Além disto, a taxa de deposição protéica nos fetos dobra e no tecido mamário triplica [7]. Estes mesmos autores comentaram que nesta fase deve haver um consumo diário mínimo de ED, para evitar perda de reservas corporais. Este valor é de 7,5 Mcal ED/dia. Já 9,5 Mcal ED/dia são necessárias para que não haja diminuição da espessura de toucinho no ponto P2.

Cuidado especial deve se ter com relação às fêmeas de primeira e de segunda ordem de parição, pois seu desenvolvimento corporal ainda não foi completado. Por este motivo, a necessidade de lisina destas fêmeas deve ser maior do que a necessidade de fêmeas mais velhas. Pesquisadores criaram um modelo matemático de predição das exigências de lisina baseadas no consumo de EM [50]. Em uma simulação, observaram que marrãs inseminadas aos 130 kg de peso corporal necessitam de 11,2 a 16,6 g/dia de lisina para um consumo de energia de 6 a 8 Mcal EM/dia, respectivamente. Já fêmeas mais velhas necessitam de 6,6 a 12 g de lisina/dia, para um mesmo intervalo de EM. A Tabela 2 mostra uma estimativa de exigências nutricionais para fêmeas em gestação e a Tabela 3 resume o programa de alimentação para fêmeas em gestação e em lactação.

**Tabela 2.** Exigências nutricionais para fêmeas em gestação.

Ganho de peso na gestação total (kg)	EM(Mcal/dia)	Proteína bruta (g/dia)	Lisina total (g/dia)	Lisina digestível (g/dia)
30	4,23	182	8,6	6,8
40	5,05	211	9,7	7,6
50	5,86	239	10,9	8,5
30	4,80	194	8,8	6,9
40	5,61	222	10	7,8
50	6,42	250	11,2	8,6
30	5,34	207	9,1	7,1
40	6,15	233	10,3	7,9
50	6,96	262	11,4	8,6
30	5,87	217	9,3	7,2
40	6,68	245	10,5	8,0
50	7,48	273	11,7	8,9

Tamanho total da leitegada de 12 leitões.

Fonte: Adaptado de [34,47].

**Tabela 3.** Programa de alimentação para fêmeas durante a gestação e a lactação.

Estágio reprodutivo	Quantidade de ração	Tipo de ração
Pré-cobertura – marrãs	à vontade	Gestação
<b>Gestação ao 5º dia pós-parto</b>		
Marrãs	1,8 a 2,0 kg	Gestação
Outras fêmeas	1,8 a 2,3 kg	Gestação
Fêmeas magras	2,95 a 3,2 kg	Gestação
<b>Gestação</b>		
5º ao 90º dia	Ajustando a condição	Gestação
91º ao 113º dia	2,7 - 3,0	Pré-parto
Pré-lactação 2º ao 4º dia	2,0 - 2,5	Lactação
<b>Lactação</b>		
1º e 2º dia pós parto	Pequena restrição	Lactação
3º dia pós parto	à vontade	Lactação
Desmame à cobertura	à vontade	Gestação

Fonte: Adaptado de [51].

## INFLUÊNCIA DA NUTRIÇÃO SOBRE A FASE DE LACTAÇÃO

Durante a lactação, o objetivo é maximizar a produção de leite e minimizar a perda de peso corporal, para controlar o intervalo desmama-cio e garantir uma taxa de ovulação adequada e promover a longevidade da fêmea [66]. No entanto, a lactação tem efeitos negativos sobre o estro e a ovulação, devido aos estímulos provocados pela amamentação (reflexos neuroendócrinos), assim como os ajustes metabólicos necessários para garantir a produção de leite [58]. Geralmente, durante a lactação, as fêmeas são alimentadas à vontade. No entanto, as fêmeas primíparas têm menos apetite que as múltiparas, sendo que ambas possuem capacidade similar para produzir leite. Sendo assim, as fêmeas primíparas precisam mobilizar mais reservas corporais do que as múltiparas. Portanto, durante a lactação é normal uma perda de peso corporal ao redor de 6%.

Um problema enfrentado pelas modernas fêmeas suínas é que necessitam amamentar grandes leitegadas em uma idade em que estão crescendo, muitas vezes com limitada capacidade de ingestão de alimento, especialmente as marrãs, cujo estômago ainda não se encontra suficientemente desenvolvido. Algumas estratégias alimentares podem ser utilizadas para aumentar o consumo das fêmeas neste período [66]. Sugere-se o fornecimento de alta quantidade de fibras durante a gestação, aumentando a capacidade física do aparelho digestivo; o aumento da densidade energética da dieta de lactação, com a inclusão máxima de 6% de óleo e o fornecimento de dieta com reduzido teor de fibra durante o verão. Outras estratégias de manejo são usadas como o fornecimento noturno da dieta, o fracionamento do fornecimento da dieta e o favorecimento do conforto ambiental. Também é importante que o balanço de aminoácidos esteja adequado, sem excesso de proteína, objetivando diminuir o incremento calórico.

Quanto ao consumo de água, as fêmeas lactantes precisam de um fornecimento adequado em volume e em temperatura. O consumo diário de água varia entre 20 e 60 L, pois depende do consumo de ração (consumo de água =  $4,2 + 2,52 \times$  consumo de ração kg/dia), da temperatura do ambiente e do tamanho da leitegada. As chupetas precisam estar oferecendo 2,0 litros de água/minuto [10].

A Tabela 4 mostra as exigências nutricionais durante a fase de lactação, conforme o peso da fêmea e a quantidade de leitões amamentados.

**Tabela 4.** Exigências nutricionais das fêmeas em lactação.

Peso ao parto (kg)	EM(Mcal/dia)		Lisina(g/dia)		Consumo(kg/dia)	
	10 leitões	12 leitões	10 leitões	12 leitões	10 leitões	12 leitões
150	18,8	21,6	49,0	58,0	5,7	6,5
200	20,0	22,8	50,0	59,0	6,0	6,9
250	21,0	23,8	51,0	60,0	6,4	7,2
300	22,1	25,0	52,0	61,5	6,7	7,6

Ração com 3,3 Mcal de EM

Fonte: Adaptado de [10].

Dos totais de sólidos do leite, a gordura é o nutriente com maior concentração. O aumento da inclusão de gordura na dieta pode aumentar o nível de gordura do leite e do colostro, o que impacta positivamente no peso dos leitões no desmame [49]. Além disto, níveis elevados de gordura na dieta podem ser benéficos em países de clima quente, porque a gordura reduz o incremento calórico da dieta, promovendo um maior consumo de energia. No entanto, se o aumento na densidade energética da dieta for exagerado, ele poderá promover uma redução no consumo do alimento, o que não pode ocorrer desde que seja aumentada a concentração dos demais nutrientes. Entretanto, este aumento de concentração de nutrientes tem um limite. Por exemplo, o aumento na quantidade de proteína prejudica a digestibilidade da energia e do cálcio [41]. Além disto, a gordura não é uma fonte do nutriente essencial para a síntese do leite, que é a lactose.

Em uma análise retrospectiva de dados, relatou-se que durante a lactação, uma queda maior do que 16% da massa corporal protéica pode ocasionar a queda no desempenho reprodutivo [12]. Observou-se também que durante a lactação, fêmeas ingerindo dieta com 10% de proteína bruta e 0,50% de lisina total, quando comparadas



com outras ingerindo dieta isocalórica, mas com 20% de proteína bruta e 1,08% de lisina, apresentaram diminuição na taxa de ovulação [42]. Ainda, a mobilização protéica das primeiras foi significativamente maior do que das outras. Desta maneira, há evidências de que a restrição de aminoácidos e/ou proteína bruta durante a lactação, aliada à perda excessiva de proteína corporal, podem prejudicar o desempenho das fêmeas nos partos subsequentes.

Em pesquisas recentes foi determinado que a lisina e a treonina são os primeiros aminoácidos limitantes, seguidos pelo triptofano e pela valina, quando ocorre a mobilização de tecido protéico, durante a lactação [67]. No entanto, a lisina é o primeiro, a valina é o segundo e a treonina é o terceiro aminoácido limitante quando não é considerada a mobilização de tecido protéico durante a lactação [47]. Por outro lado, quando as fêmeas encontram-se em intensa mobilização de tecidos corporais ou durante a lactação, a treonina pode ser o primeiro aminoácido limitante [31,32]. Isto indica que a ordem de limitação dos aminoácidos depende da ingestão de ração e da mobilização de tecido durante a lactação. Esta condição originou o conceito de “proteína ideal dinâmica”, uma vez que o padrão de aminoácidos ideal para estes animais é dinâmico e dependente da expectativa de perda de peso durante a lactação. Um trabalho estabeleceu que fêmeas em lactação, de médio potencial genético, exigem dieta contendo 0,589% de treonina digestível, o que corresponde ao consumo diário de 28,5 g e a relação treonina digestível: lisina digestível deve ser de 62% [29,30]. Já fêmeas de alto potencial genético, em lactação, sob condição de temperatura ambiental elevada, exigem dieta contendo 0,73% de treonina digestível, o que corresponde ao consumo diário de 32,5 g e à relação treonina digestível: lisina digestível deve ser de 73%. Por outro lado, observou-se que o nível de 0,608% de treonina, e a relação treonina digestível: lisina digestível de 64% atende às exigências de treonina digestível de fêmeas durante a lactação [48]. Como neste estudo as fêmeas apresentaram um consumo médio diário de 46,05 g de lisina digestível, as necessidades mínimas de lisina foram quase totalmente atendidas pela dieta, havendo a necessidade de pouca mobilização de tecido corporal, fazendo com que a perda de peso fosse somente de 3,6%.

Quanto à valina, observou-se que a relação valina digestível: lisina digestível para dieta de fêmeas altamente prolíficas, acima daquela proposta pelo NRC [47], que foi de 86%, não melhoraram o crescimento dos leitões e nem ajudaram na diminuição da perda de tecido protéico [22]. Entretanto, relações inferiores a 73% podem prejudicar o crescimento da leitegada.

A Tabela 5 mostra a proporção de aminoácidos limitantes em relação à lisina (%) para fêmeas em lactação, com perdas de peso menores do que 11% do peso no parto, considerando diferentes fontes bibliográficas.

**Tabela 5.** Proporção de aminoácidos limitantes em relação à lisina (%).

<b>Aminoácidos</b>	<b>[49]</b>	<b>[47]</b>	<b>[31]</b>	<b>[67]</b>
Lisina	100	100	100	100
Treonina	60	61	64	63
Triptofano	19	18		17
Valina	73	85	78	83
Metionina	26	26		26
Isoleucina	55	55	59	58

Em condições onde a perda de peso é maior que 30%, foi estabelecido que a relação entre treonina digestível: lisina digestível é de 62% [31].

Diversos estudos comprovaram o efeito negativo da baixa ingestão de nutrientes sobre os folículos. Como os folículos que ovularão após o desmame sofrem formação antral durante o período de lactação, muito possivelmente eles sofrem influência da nutrição das fêmeas neste período [12]. Estes autores induziram a perda de tecido magro de primíparas em lactação através de dietas deficientes em lisina e observaram que esta deficiência levou a um menor número de folículos médios e a uma menor quantidade de líquido folicular, de estrógeno e de IGF-I. O fluido dos folículos destas fêmeas também possuiu menor capacidade de suportar, “in vitro”, o crescimento dos oócitos. Além dos folículos, a restrição de nutrientes afetou negativamente a concentração basal e a frequência de pulsos de LH após o desmame, conforme se observou em primíparas com restrição alimentar durante a lactação

(consumindo 3,5 kg/dia de uma dieta com 3680 kcal EM/kg, 1,05% lisina e 18,6% de proteína bruta), quando comparadas com fêmeas alimentadas à vontade (consumo aproximado de 5,1 kg/dia da mesma dieta) [73]. O intervalo desmama-estro também foi significativamente maior nestas fêmeas, o que é consistente com a menor frequência de picos de LH observada.

## CONCLUSÕES

Nutrição, reprodução, genética, ambiente e manejo estão muito relacionados quando o objetivo é obter melhor desempenho na suinocultura atual. É importante considerar o consumo diário de alimento em relação ao consumo de nutrientes. Esta relação deve atender as exigências de manutenção e de produção para permitir um aumento de produtividade das fêmeas. Além disto, para que seja obtida uma dieta de qualidade é importante considerar a qualidade dos ingredientes e os níveis nutricionais da dieta.

## REFERÊNCIAS

- 1 Almeida F.R., Kirkwood R.N., Aherne F.X. & Foxcroft G.R. 2000. Consequences of different patterns of feed intake during the estrous cycle in gilts on subsequent fertility. *Journal of Animal Science*. 78: 1556–1563.
- 2 Barb C.R., Barret J.B., Kraeling R.R., Rampacek G.B., Yan X. & Ramsay T.G. 1997. Leptin modulation of luteinizing hormone (LH) secretion by pig pituitary cells in culture. *Journal of Reproduction & Fertility*. 52 (Suppl 1): 47-58.
- 3 Barb C.R., Hausmana G.J. & Houseknecht K.L. 2001. Biology of leptin in the pig. *Domestic Animal Endocrinology*. 21: 297–317.
- 4 Barb C.R. & Kraeling R.R. 2004. Role of leptin in the regulation of gonadotropin secretion in farm animals. *Animal Reproduction Science*. 82–83: 155–167.
- 5 Barb C.R., Kraeling R.R., Rampacek G.B. & Hausman G.J. 2006. The role of neuropeptide Y and interaction with leptin in regulating feed intake and luteinizing hormone and growth hormone secretion in the pig. *Reproduction*. 131: 1127–1135.
- 6 Booth P.J., Craigon J. & Foxcroft G.R. 1994. Nutritional manipulation of growth and metabolic and reproductive status in prepubertal gilts. *Journal of Animal Science*. 72: 2415-2424.
- 7 Boyd R.D., Gonzalo C.C. & Cabrera R.A. 2002. Nutrition and management of the sow to maximize lifetime productivity. *Advances in Pork Production*. 13: 47-59.
- 8 Brown K.R. 2007. Growth characteristics, blood metabolites, and insulin-like growth factor system components in maternal tissues of gilts fed L-carnitine through day seventy of gestation. *Journal of Animal Science*. 85:1687-1694.
- 9 Buonomo F.C. & Baile C.A. 1991. Influence of nutritional deprivation on insulin-like growth factor I, somatotropin, and metabolic hormones in swine. *Journal of Animal Science*. 69: 755-760.
- 10 Close W.H. & Cole D.J.A. 2000. *Nutrition of sows and boars*. Nottingham: Nottingham University Press, 377p.
- 11 Close W.H., Noblet J. & Heavens R.P. 1985. Studies on the energy metabolism of the pregnant sow. *British Journal of Nutrition*. 53: 267-279.
- 12 Clowes E.J., Aherne F.X., Foxcroft G.R. & Baracos V.E. 2003. Selective protein loss in lactating sows is associated with reduced litter growth and ovarian function. *Journal of Animal Science*. 81: 753-764.
- 13 Cox N.M. 1997. Control of follicular development and ovulation rate in pigs. *Journal of Reproduction & Fertility*. 52 (Suppl 1): 31-46.
- 14 Cox N.M., Meuer K.A., Carlton C.A., Tubbs R.C. & Mannis D.P. 1994. Effect of diabetes mellitus during the luteal phase of oestrus cycle on pre-ovulatory follicular function, ovulation and gonadotrophins in gilts. *Journal of Reproduction & Fertility*. 101: 77–86.
- 15 Cox N.M., Stuart M.J., Althen T.G., Bennett W.A. & Miller H.W. 1987. Enhancement of ovulation rate by increasing dietary energy and administering insulin during follicular growth. *Journal of Animal Science*. 64: 507–516.
- 16 De W., Ai-Rong Z., Yan L., Sheng-Yu X., Hai-Yan G. & Yong Z. 2008. Effect of feeding allowance level on embryonic survival, IGF-1, insulin, GH, leptin and progesterone secretion in early pregnancy gilts. *Journal of Animal Physiology and Animal Nutrition*. 92: 107-111.
- 17 Dourmad J.Y., Prunier A., Etienne M. & Jossec P.L.E. 1990. Influence des apports énergétiques sur les performances de croissance, la composition corporelle et le développement sexuel de jeunes truies destinées à la reproduction. *Journées de la Recherche Porcine en France*. 22: 251-258.
- 18 Dwyer C.M., Stickland N.C. & Fletcher J.M. 1994. The influence of maternal nutrition on muscle fibre number development in the porcine foetus and on subsequent postnatal growth. *Journal of Animal Science*. 72: 911-917.
- 19 Eder K., Ramanau A. & Kluge H. 2001. Effect of L-carnitine supplementation on performance parameters in gilts and sows. *Journal of Animal Physiology and Animal Nutrition*. 85: 73-80.
- 20 Ferguson E.M., Ashworth C.J., Edwards S.A., Hawkins N., Hepburn N. & Hunter M.G. 2003. Effect of different nutritional regimens before ovulation on plasma concentrations of metabolic and reproductive hormones and oocyte maturation in gilts. *Reproduction*. 126: 61–71.
- 21 Flores J.A.R., Ibarguengoytia J.A.C., Mejía-Guadarrama C.A. 2007. Manejo y alimentación de la cerda en lactación. In: Mejía-Guadarrama C.A., Ibarguengoytia J.A.C., Flores J.A.R., Varela D.B., Landin G.M. & Rosales S.G. (Eds). *Alimentación del trato reproductor*

*porcino*. Coyoacán: Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias, pp.91-117.

- 22 **Gaines A.M., Boyd R.D., Johnston M.E., Usry J.L., Touchette K.J. & Allee G.L. 2006.** The dietary valine requirement for prolific lactating sows does not exceed the National Research Council estimate. *Journal of Animal Science*. 84: 1415–1421.
- 23 **Gill B.P. 2006.** Body composition of breeding gilts in response to dietary protein and energy balance from thirty kilograms of body weight to completion of first parity. *Journal of Animal Science*. 84: 1926–1934.
- 24 **Hazeleger W., Soede N.M. & Kemp B. 2005.** The effect of feeding strategy during the pre-follicular phase on subsequent follicular development in the pig. *Domestic Animal Endocrinology*. 29: 362–370.
- 25 **Head R.H. & Williams I.H. 1991.** Mammogenesis is influenced by pregnancy nutrition. In: Batterham E.S. (Ed). *Manipulating Pig Production*. Australasian Pig Science Association: Qttword, p.76.
- 26 **Henry Y., Sève B., Colléaux Y., Ganier P., Saligaut C. & Jégo P. 1992.** Interactive effects of dietary levels of tryptophan and protein on voluntary feed intake and growth performance in pigs, in relation to plasma amino acids and hypothalamic serotonin. *Journal of Animal Science*. 70: 1873-1887.
- 27 **Ji F., Wu G., Blanton J.R.JR. & Kim S.W. 2005.** Changes in weight and composition in various tissues of pregnant gilts and their nutritional implications. *Journal of Animal Science*. 83: 366-375.
- 28 **Kalra S. & Kalra P. 1996.** Nutritional infertility: The role of the interconnected hypothalamic neuropeptide Y-galanin-opioid network. *Frontiers in Neuroendocrinology*. 17: 371–401.
- 29 **Kiefer C., Ferreira A.S., Donzele J.L., Oliveira R.F.M., Silva F.C.O. & Carrijo A.S. 2007.** Níveis de treonina digestível em dietas para fêmeas suínas lactantes de médio potencial genético. *Revista Brasileira de Zootecnia*. 36: 1775-1782.
- 30 **Kiefer C., Ferreira A.S., Oliveira R.F.M., Donzele J.L., Carrijo A.S. & Silva F.C.O. 2007.** Níveis de treonina digestível em dietas para fêmeas suínas de alto potencial genético em lactação sob condições de alta temperatura ambiente. *Revista Brasileira de Zootecnia*. 36: 1331-1339.
- 31 **Kim S.W., Baker D.H. & Easter R.A. 2001.** Dynamic ideal protein and limiting amino acids for lactating sows: the impact of amino acid mobilization. *Journal of Animal Science*. 79: 2356-2366.
- 32 **Kim S.W. & Easter R.A. 2001.** Nutrient mobilization from body tissues as influenced by litter size in lactating sows. *Journal of Animal Science*. 79: 2179-2186.
- 33 **Lago V. 2003.** Estudo dos efeitos combinados de gonadotrofinas e *flushing* em marrãs à primeira puberdade. 87f. Pirassununga, SP. Dissertação (Mestrado em Nutrição e Produção Animal) - Faculdade de Medicina Veterinária e Zootecnia, Universidade de São Paulo.
- 34 **Lewis A.J. & Lee L.S. 2001.** *Swine Nutrition*. 2.ed. London: CAB International, pp.726-753.
- 35 **Lindemann M.D., Carter S.D., Chiba L.I., Dove C.R., Lemieux F.M. & Southern L.L. 2004.** Regional evaluation of chromium tripicolinate supplementation of diets fed to reproducing sows. *Journal of Animal Science*. 82: 2972-2977.
- 36 **Liu J., Koenigsfeld A.T., Cantley T.C., Boyd C.K., Kobayashi Y. & Lucy M.C. 2000.** Growth and the initiation of steroidogenesis in porcine follicles are associated with unique patterns of gene expression for individual components of the ovarian insulin-like growth factor system. *Biology of Reproduction*. 63: 942–952.
- 37 **Lucy M.C. 2008.** Functional differences in the growth hormone and insulin-like growth factor axis in cattle and pigs: implications for post-partum nutrition and reproduction. *Reproduction in Domestic Animals*. 43 (Suppl 2): 31-39.
- 38 **Magni P., Motta M. & Martini L. 2000.** Leptin: a possible link between food intake, energy expenditure, and reproductive function. *Regulatory Peptides*. 92: 51–56.
- 39 **Magni P., Vettor R., Pagano C., Calcagno A., Beretta E., Messi E., Zanisi M., Martini L. & Motta M. 1999.** Expression of a leptin receptor in immortalized GnRH-secreting neurons. *Endocrinology*. 140: 1581–1585.
- 40 **Mateo D.R., Wu G., Bazer F.W., Park J.C., Shinzato I. & Kim S.W. 2007.** Dietary L-Arginine Supplementation Enhances the Reproductive Performance of Gilts. *Journal of Nutrition*. 137: 652–656.
- 41 **Mcnamara J.P. & Pettigrew J.E. 2002.** Protein and fat utilization in lactating sows: I. Effects on milk production and body composition. *Journal of Animal Science*. 80: 2442-2451.
- 42 **Mejia-Guadarrama C.A., Pasquier A., Dourmad J.Y., Prunier A. & Quesnel H. 2002.** Protein (lysine) restriction in primiparous lactating sows: Effects on metabolic state, somatotrophic axis, and reproductive performance after weaning. *Journal of Animal Science*. 80: 3286–3300.
- 43 **Metz S.H.M., Bergstrom P.L., Lennis N.P., de Wuijs M. & Dekker R. 1980.** The effect of daily energy intake on growth rate and composition of weight gain in pigs. *Livestock Production Science*. 7: 79-87.
- 44 **Newton E.A. & Mahan D.C. 1992.** Effect of feed intake during late development period on pubertal onset and resulting body composition in crossbred gilts. *Journal of Animal Science*. 70: 3774-3780.
- 45 **Nissen P.M., Danielsen V.O., Jorgensen P.F. & Oksbjerg N. 2003.** Increased maternal nutrition of sows has no beneficial effects on muscle fiber number or postnatal growth and has no impact on the meat quality of the offspring. *Journal of Animal Science*. 81: 3018-3027.
- 46 **Noblet J., Dourmad J.Y. & Etienne M. 1990.** Energy utilization in pregnant and lactating sows: Modeling of energy requirements. *Journal of Animal Science*. 68: 562-572.
- 47 **NRC. 1998.** *Nutrient requirements of swine*. 10.ed. Washington: National Academy Press, 212p.
- 48 **Oliveira V.A.F., Donzele J.L., Abreu M.L.T., Oliveira R.F.M., Silva B.A.N. & Saraiva A. 2008.** Treonina digestível em rações para matrizes suínas em lactação. *Revista Brasileira de Zootecnia*. 37: 2141-2146.

- 49 Pettigrew J.E. 1981. Supplemental dietary fat for periparturient sows: A review. *Journal of Animal Science*. 53: 107-118.
- 50 Pettigrew J.E. & Yang H. 1997. Protein nutrition for gestating sows. *Journal of Animal Science*. 75: 2723-2730.
- 51 PIC USA. 2003. Nutrition Technical Update. PIC USA Nutrient Specifications. PIC USA, Production Technical Update. pp.25-29.
- 52 Prunier A., Bonneau M. & Etienne M. 1987. Effect of age and live weight on the sexual development of gilts and boars fed two planes of nutrition. *Reproduction Nutrition Development*. 27: 689-700.
- 53 Prunier A. & Quesnel H. 2000. Nutritional influences on the hormonal control of reproduction in female pigs. *Livestock Production Science*. 63: 1-16.
- 54 Quesnel H. 1999. Localization of binding sites for IGF-I, insulin and GH in the sow ovary. *Journal of Endocrinology*. 163: 363-371.
- 55 Quesnel H., Meunier-Salaün M.C., Hamard A., Guillemet R., Etienne M., Farmer C., Dourmad J.Y. & Père M.C. 2009. Dietary fiber for pregnant sows: Influence on sow physiology and performance during lactation. *Journal of Animal Science*. 87: 532-543
- 56 Quesnel H., Pasquier A., Jan N. & Prunier A. 2000. Influence of insulin treatment and feed restriction on follicular development in cyclic gilts. *Animal Reproduction Science*. 64: 77-87.
- 57 Quesnel H., Pasquier A., Mounier A.M., Louveau I. & Prunier A. 1998. Influence of feed restriction in primiparous lactating sows on body condition and metabolic parameters. *Reproduction Nutrition Development*. 38: 261-274.
- 58 Quesnel H. & Prunier A. 1995. Endocrine bases of lactational anoestrus in the sow. *Reproduction Nutrition Development*. 35: 395-414.
- 59 Ramanau A., Kluge H., Spike J. & Eder K. 2005. Supplementation of sows with L-carnithine during pregnancy and lactation improves growth of the piglets during the suckling period through increased milk production. *Journal of Nutrition*. 134: 86-92.
- 60 Renteria-Flores J.A., Johnston L.J., Shurson G.C., Moser R.L. & Webel S.K. 2008. Effect of soluble and insoluble dietary fiber on embryo survival and sow performance. *Journal of Animal Science*. 86: 2576-2584.
- 61 Rojkittikuhn T., Einarsson S., Zilinskas H., Edqvist L.E., Uvna-S-Moberg K. & Lundeheim N. 1993. Effects of insulin administration at weaning on hormonal patterns and reproductive performance in primiparous sows. *Journal of Veterinary Medicine*. 40: 161-168.
- 62 Sabioni K.S., Brustolini P.C., Silva F.C.O., Ferreira A.S., Donzele J.L., Kill J.L. & Silva B.A.N. 2007. Níveis de proteína bruta para fêmeas suínas gestantes de 4º ou 5º parto. *Revista Brasileira de Zootecnia*. 36: 403-410.
- 63 Schams D., Berishaa B., Kosmann M., Einspanier R. & Amselgruber W.M. 1999. Possible role of growth hormone, IGFs, and IGF-binding proteins in the regulation of ovarian function in large farm animals. *Domestic Animal Endocrinology*. 17: 279-285.
- 64 Schams D., Kraetzel W.D., Brem G. & Graf F. 1994. Secretory pattern of metabolic hormones in the lactating sow. *Experimental and Clinical Endocrinology*. 102: 439-447.
- 65 Sesti L.A.C. & Passos H. 1994. Nutrição e reprodução da fêmea suína moderna. In: *Anais do Simpósio Latino Americano de Nutrição de Suínos e Aves* (São Paulo, Brasil). pp.107-132.
- 66 Sobestiansky J., Wentz I., da Silveira P.R.S. & Sesti L.A.C. 1998. *Suinocultura Intensiva*. Brasília: Embrapa-SPI, 388p.
- 67 Soltwedel K.T., Easter R.A. & Pettigrew J.E. 2006. Evaluation of the order of limitation of lysine, threonine, and valine, as determined by plasma urea nitrogen, in corn-soybean meal diets of lactating sows with high body weight loss. *Journal of Animal Science*. 84: 1734-1741.
- 68 Stewart R.E., Spicer L.J., Hamilton T.D. & Keefer B.E. 1995. Effects of insulin-like growth factor I and insulin on proliferation and on basal and luteinizing hormone-induced steroidogenesis of bovine thecal cells: involvement of glucose and receptors for insulin-like growth factor I and luteinizing hormone. *Journal of Animal Science*. 73: 3719-3731.
- 69 Tokack M.D., Pettigrew J.E., Dial G.D., Wheaton J.E., Crooker B.A. & Johnston L.J. 1992. Characterization of luteinizing hormone secretion in the primiparous lactating sow: relationship to blood metabolites and return-to-estrus interval. *Journal of Animal Science*. 70: 2195-2201.
- 70 Veum T.L., Crenshaw J.D., Crenshaw T.D., Cromwell G.L., Easter R.A., Ewan R.C., Nelssen J.L., Miller E.R., Pettigrew J.E. & Ellersieck M.R. 2009. The addition of ground wheat straw as a fiber source in the gestation diet of sows and the effect on sow and litter performance for three successive parities. *Journal of Animal Science*. 87: 1003-1012.
- 71 Whitley N.C., Barb C.R., Utley R.V., Popwell J.M., Kraeling R.R. & Rampacek G.B. 1995. Influence of stage of the estrous cycle on insulin-like growth factor-I modulation of luteinizing hormone secretion in the gilt. *Biology of Reproduction*. 53: 1359-1364.
- 72 Xu S.Y., Wu D., Guo H.Y., Zheng A.R. & Zhang G. 2009. The level of feed intake affects embryo survival and gene expression during early pregnancy in gilts. *Reproduction in Domestic Animals*. [in press].
- 73 Zak L.J., Williams I.H., Foxcroft G.R., Pluske J.R., Cegielski A.C., Clowes E.J. & Aherne F.X. 1998. Feeding Lactating Primiparous Sows to Establish Three Divergent Metabolic States: I. Associated Endocrine Changes and Postweaning Reproductive Performance. *Journal of Animal Science*. 76: 1145-1155.