

## Efeitos da suplementação lipídica no aumento da eficiência reprodutiva de fêmeas bovinas

*Effects of fat supplementation on reproductive efficiency in bovine females*

J.C. Dias<sup>1</sup>, J.A.M. Martins<sup>1</sup>, L.L. Emerick<sup>1</sup>, F.A. Souza<sup>1</sup>, V.J. Andrade<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Curso de Pós-Graduação, Escola de Veterinária da UFMG, Belo Horizonte, MG, Brasil

<sup>2</sup>Departamento de Zootecnia, Escola de Veterinária da UFMG, Belo Horizonte, MG, Brasil

Correspondência: julianoedias@yahoo.com.br

### Resumo

A energia é o nutriente que mais afeta a reprodução, e seu fornecimento inadequado tem efeitos deletérios sobre a eficiência reprodutiva nas fêmeas bovinas, por mediar alterações metabólicas e endócrinas, que resultam em mudanças na atividade ovariana. Fontes concentradas de energia, como gorduras animal ou vegetal, têm sido utilizadas com diferentes resultados em vacas de leite e de corte, uma vez que os ácidos graxos podem modificar algumas vias específicas e influenciar o metabolismo de alguns hormônios que modulam os processos metabólicos nos ovários. Desta forma, a suplementação de gordura pode ser considerada como uma estratégia para o aumento do desempenho reprodutivo.

**Palavras-chave:** bovinos, eficiência reprodutiva, interação nutrição-reprodução, suplementação lipídica.

### Abstract

*The energy is the nutrient that most affects reproduction, and its inadequate supply has harmful effects on reproductive efficiency in bovine females, by mediating metabolic and endocrine alterations, which result in changes in ovarian activity. Sources of concentrated energy, as animal fats or plant oils, have been used with different results in reproduction and production of dairy and beef cows. The use of fats in diets of cows can improve the reproductive performance because fatty acids can modify some specific pathways and influence the metabolism of some hormones that modulate the metabolic processes in the ovaries. By this mean, fat supplementation for cows can be considered as strategic for improving reproductive performance.*

**Keywords:** bovine, fat supplementation, nutrition-reproduction interactions, reproductive efficiency.

### Introdução

Dentre os inúmeros fatores que afetam o desempenho reprodutivo de bovinos, a nutrição é talvez o que tenha maior impacto. De maneira geral, animais malnutridos apresentam desempenho reprodutivo insuficiente. No Brasil, duas das principais razões do baixo desempenho reprodutivo e produtivo de bovinos são: a baixa disponibilidade de alimento em determinadas regiões e épocas do ano, e o inadequado manejo nutricional do rebanho. Dentre os nutrientes requeridos por vacas em reprodução, a energia é o principal, e seu fornecimento inadequado na dieta tem efeitos deletérios sobre a eficiência reprodutiva de fêmeas bovinas (Santos, 1998; Lamb, 2003).

Um período crítico e de grande importância em um sistema de produção corresponde ao pós-parto, quando normalmente ocorre desequilíbrio entre o requerimento e a ingestão de nutrientes pelo animal. Considerando a incapacidade dos animais em suprir suas exigências nutricionais nesta fase, faz-se necessário o desenvolvimento de formas alternativas de alimentação. Uma das opções é procurar melhorar a qualidade da dieta, com a utilização de alimentos capazes de equilibrar ou mesmo atenuar o déficit nutricional pós-parto, com consequente melhoria no desempenho reprodutivo (Delazari et al., 2000; Lamb, 2003).

Alternativas do uso de dietas hiperlipídicas com possibilidade de influenciar o processo reprodutivo foram sugeridas por Lucy et al. (1992) ao verificarem a influência da adição de gordura sobre a condição reprodutiva de bovinos.

A adição de gordura à dieta é uma opção para elevar a densidade energética, sem aumentar a ingestão de carboidratos não estruturais e sem comprometer a ingestão de fibras (Salla et al., 2003). Além disso, os átomos de carbono dos ácidos graxos são quimicamente mais reduzidos que aqueles dos açúcares e, portanto, a oxidação dos triacilgliceróis libera, proporcionalmente, uma quantidade de energia, aproximadamente, duas vezes maior que a liberada pelos carboidratos (Fialho e Oliveira, 2005).

Assim sendo, o objetivo desta revisão foi relatar os efeitos da suplementação lipídica, em diferentes níveis, sobre determinados aspectos da reprodução de fêmeas bovinas.

### Metabolismo das gorduras alimentares em bovinos

Gordura é utilizada na dieta de ruminantes para aumentar a concentração de energia e melhorar o desempenho animal (Santos, 1998). O consumo de lipídios pelos ruminantes é limitado na natureza (Williams, 2001), com as dietas contendo aproximadamente 2 a 3% de ácidos graxos de cadeia longa de origem vegetal, sendo predominantemente poli-insaturados (Santos, 1998). Nas forragens, as gorduras estão presentes, principalmente, na forma de fosfolipídios e glicolipídios, enquanto nos grãos encontram-se na maior parte como triglicerídeos (Van Soest, 1994).

Fontes concentradas de energia como gorduras, sementes de oleaginosas ou óleos derivados destas, têm sido utilizadas com diferentes resultados tanto na reprodução quanto na produção de vacas de leite e de corte (Saturnino e Amaral, 2005). As fontes lipídicas usadas para suplementação na dieta de ruminantes podem ser de várias origens. Podem ser utilizadas gorduras insaturadas, como as provenientes de óleos vegetais (ex.: óleo de soja, farelo de arroz), ou saturadas, de origem animal (ex.: sebo, graxa amarela, farinha de peixe; Coscioni et al., 2005). Palmquist (1976), citado por Lammoglia et al. (1997), sugere que a dieta de ruminantes não deve conter mais do que 5% de gordura desprotegida e pode ter até 10% de gordura protegida.

As suspensões microbianas no rúmen são capazes de hidrolisar triglicerídeos e fosfolipídios que contêm ácidos graxos poli-insaturados. Gorduras animal e vegetal que contêm ácidos palmitoleico (C16:1), oleico (C18:1), linoleico (C18:2) e linolênico (C18:3) são amplamente metabolizadas, sendo o ácido linoleico o mais abundante em vegetais e derivados vegetais. Os microrganismos no rúmen metabolizam as gorduras hidrolisando-as em seus componentes de ácidos graxos poli-insaturados e glicerol (Williams, 2001). Os ácidos graxos insaturados liberados têm algumas de suas ligações duplas reduzidas e seus isômeros modificados em um processo chamado bio-hidrogenação (Doreau e Chilliard, 1997; Mattos et al., 2000; Robinson et al., 2002; Sanchez, 2003).

Os ácidos graxos saturados são praticamente inertes no ambiente ruminal (Santos, 1998; Sanchez, 2003), e grande parte do glicerol é fermentado em ácido propiônico (Williams, 2001; Fialho e Oliveira, 2005). As gorduras consideradas inertes têm baixo pKa, o que faz com que elas não sejam totalmente solúveis no rúmen em um pH normal (Santos, 1998). Suplementos lipídicos parcialmente inertes à bio-hidrogenação, tais como sais de cálcio provenientes de ácidos graxos de cadeias longas (CaLCFA), têm sido desenvolvidos para aumentar a quantidade de ácidos graxos insaturados que chegam ao duodeno para serem absorvidos e incorporados ao tecido adiposo dos animais e ao leite (Mattos et al., 2000; Sanchez, 2003).

A administração de grandes quantidades de gordura a ruminantes (>5% do consumo de matéria seca) pode provocar um efeito negativo na digestibilidade das fibras e no consumo de matéria seca devido ao revestimento físico e à proteção da ingesta contra a ação dos microrganismos. Além disso, o excesso de gordura pode atuar contra a seleção de microrganismos com capacidade celulolítica. Entretanto, o nível de gordura que pode ser administrado também depende da forma dos alimentos dos quais é derivada, e a quantidade máxima satisfatória pode não ser 5% do total de matéria seca em todas as condições. Por exemplo, usando gordura de sementes oleaginosas inteiras, esta pode ser administrada em níveis mais altos do que óleos livres, pois a mastigação incompleta não libera simultaneamente todo o óleo das sementes, sendo este liberado no rúmen mais lentamente. Devido à ausência de ligações duplas, os ácidos graxos saturados passam pelo rúmen sem sofrerem degradação. Portanto, alguns dos efeitos que essas gorduras têm no metabolismo e na fisiologia dos animais são potencialmente diferentes daqueles causados pelos ácidos graxos poli-insaturados metabolizados no rúmen, apesar de os dois tipos de ácidos graxos apresentarem os mesmos valores calóricos (Williams, 2001).

A administração de gordura para fêmeas bovinas, semelhante ao que ocorre em monogástricos, estimula a síntese e o acúmulo de colesterol e ésteres de colesterol nos tecidos e fluidos corporais, inclusive nos ovários (Williams, 1989, 2001; Thomas e Williams, 1996; Nogueira, 2008). O tipo predominante de lipoproteínas presente na circulação sanguínea de ruminantes são as lipoproteínas de alta densidade (HDL; Tab. 1), e parecem ser as únicas lipoproteínas com acesso ao compartimento intrafolicular (Hawkins et al., 1995; Williams, 2001).

Tabela 1. Concentração plasmática de lipoproteína colesterol em diferentes espécies

Espécies	HDL (mg/dl)	LDL (mg/dl)
Humana	80	136
Suína	32	64
Bovina	118	8
Rato	27	4

Fonte: Grummer e Carroll (1988).

### Efeitos da suplementação de gordura na reprodução de fêmeas bovinas

O crescente aumento na produtividade dos rebanhos tem levado a um acréscimo na demanda por nutrientes pelos animais, tanto para produção de leite quanto de carne; esse aumento nos requerimentos nutricionais pode afetar as funções reprodutivas, se o animal não tiver um aumento compensatório na ingestão de nutrientes.

A energia é o nutriente que mais afeta a reprodução em fêmeas bovinas, e sua ingestão insuficiente está correlacionada com baixo desempenho reprodutivo, atraso na idade à puberdade, aumento no intervalo da primeira ovulação e cio pós-parto, e redução nas taxas de concepção e de prenhez (Lamb, 2003; Santos, 2005).

Os efeitos do balanço energético negativo sobre a fertilidade bovina parecem ser mediados por alterações metabólicas e endócrinas, as quais resultam em mudanças na atividade ovariana, comprometendo, ainda, tanto a viabilidade do oócito quanto a atividade do corpo lúteo resultante. Vacas em balanço energético negativo têm menores níveis plasmáticos de glicose, insulina e fator de crescimento semelhante à insulina-I (IGF-I); apresentam ainda uma menor pulsatilidade de hormônio luteinizante (LH), possuem baixas concentrações de progesterona no plasma e apresentam alterações na atividade ovariana (Santos, 1998; Beam e Butler, 1999; Santos, 2005; Saturnino e Amaral, 2005).

A utilização de gordura em dietas de vacas pode melhorar o desempenho reprodutivo, independentemente de sua contribuição energética, pois os ácidos graxos podem modificar algumas vias específicas e influenciar o metabolismo de alguns hormônios (esteroides e eicosanoides) que modulam os processos metabólicos nos ovários e no útero, além de exercer efeitos diretos na transcrição de genes que codificam proteínas essenciais à reprodução. Os mecanismos pelos quais a suplementação melhora o desempenho reprodutivo parecem envolver, principalmente, aumentos na capacidade funcional do ovário, na concentração de progesterona circulante e na vida útil do corpo lúteo (CL; Williams, 1990; Ryan et al., 1995; Lammoglia et al., 1996, citados por Saturnino e Amaral, 2005; Beam e Butler, 1999; Mattos et al., 2000; Armstrong et al., 2001; Bellows et al., 2001; Boken et al., 2005).

#### *Secreção de prostaglandina $F_{2\alpha}$ (PGF $_{2\alpha}$ )*

Diversos tipos de gordura suplementar são utilizados na alimentação de vacas de leite e de corte em lactação, sendo bastante variável o perfil de ácidos graxos nessas gorduras (Santos, 1998).

O ácido linoleico (C18:2), um ácido graxo essencial, é um dos precursores na síntese de prostaglandina- $F_{2\alpha}$  (PGF $_{2\alpha}$ ), e sua adição na dieta de fêmeas bovinas, por meio de fontes de gordura suplementar, pode alterar o padrão de secreção desse hormônio. Lucy et al. (1991) argumentaram que os efeitos da gordura sobre a dinâmica folicular de vacas no pós-parto são devido à maior síntese de PGF $_{2\alpha}$  quando maiores quantidades de ácido linoleico atingiam o intestino delgado.

Lammoglia et al. (1997), suplementando vacas de corte no início do pós-parto, observaram um aumento na secreção de PGF $_{2\alpha}$ , medida pela concentração de seu metabólito no plasma (13,14-dihidro-15-keto-PGF $_{2\alpha}$ ). Grant et al. (2003) e Hess et al. (2005) descrevem um aumento nas concentrações plasmáticas ou séricas de 13,14-diidro-15-ceto-PGF $_{2\alpha}$  (PGFM) em vacas com suplementação lipídica no pós-parto. Este metabólito é produzido quando os pulmões e o útero metabolizam a PGF $_{2\alpha}$  em processos reprodutivos. A composição dos ácidos graxos do suplemento lipídico também foi importante no aumento da concentração de PGFM, sendo estas maiores em vacas alimentadas com ácido linoleico que em vacas suplementadas com ácido oleico. Já Oldick et al. (1997) infundiram o duodeno de vacas de leite com óleo vegetal, ou com gordura animal, e observaram que a infusão de uma fonte de gordura altamente insaturada inibiu a síntese de PGF $_{2\alpha}$  pelo endométrio, aumentando significativamente a vida do CL.

A supressão de PGF $_{2\alpha}$  e a manutenção do CL são passos obrigatórios no estabelecimento da gestação em vacas, e a falha nesse processo pode causar a perda de até 40% das gestações. O controle da secreção de PGF $_{2\alpha}$  através da alimentação com ácidos graxos poli-insaturados pode melhorar a fertilidade pela redução das perdas embrionárias devido à luteólise precoce (Ayalon, 1978; Maurer e Chenault, 1983; Thatcher et al., 1994, citados por Mattos et al., 2000). Randel et al. (1990) afirmaram que a PGF $_{2\alpha}$  tem efeito positivo no desempenho reprodutivo pós-parto e no crescimento folicular.

O ácido linoleico e os ácidos graxos poli-insaturados de cadeia longa, eicosapentaenoico (C20:5n-3) e docosa-hexaenoico (C22:6n-3), quando não hidrogenados por microrganismos ruminais, agem como inibidores competitivos durante o metabolismo do ácido araquidônico pela enzima prostaglandina endoperóxido sintetase no processo de síntese das prostaglandinas (Williams, 2001; Thatcher et al., 2004). Acredita-se que o mecanismo de inibição ocorre pela competição do ácido linoleico com o ácido araquidônico, quando este se liga à enzima cicloxigenase (Santos, 1998). A inibição da produção do ácido araquidônico pode também ocorrer no nível da enzima  $\Delta$ -6-dessaturase (Staples et al., 1998).

De Fries et al. (1998) observaram que a suplementação com 5,2 ou 3,7% de extrato etéreo, no pós-parto

de vacas Brahman, aumentou o número e o tamanho dos folículos grandes antes do reinício do ciclo estral. Adicionalmente, foi observado, no grupo de vacas que receberam dieta com 5,2% de extrato etéreo, um maior número de folículos pequenos, médios e totais neste período juntamente com tendência de aumento na taxa de prenhez (94,1 vs 71,4%, 5,2 ou 3,7% de extrato etéreo, respectivamente), sem, no entanto, alterar o período de serviço ou a concentração sérica de progesterona. Os autores observaram ainda melhora da condição corporal nas vacas que receberam maior quantidade de extrato etéreo.

### *Crescimento folicular*

Um maior consumo de gordura na dieta pelos bovinos afeta a dinâmica do crescimento folicular por meio do aumento na quantidade de folículos de médio (5–10 mm) porte em 1,5 a 5,0 vezes, em um período de três a sete semanas. Entretanto, a suplementação com sebo animal, sais de cálcio de ácidos graxos saturados ou óleo de peixe (gorduras saturadas) apresenta efeitos menos intensos no crescimento folicular do que com óleos vegetais (gorduras poli-insaturadas; Williams, 2001).

Lucy et al. (1991), sincronizando o ciclo estral de vacas no 25º dia pós-parto, observaram aumento no número de folículos pequenos (<5 mm) e grandes (>10 mm) quando foram incluídas gorduras na dieta. Fato também constatado por Garnsworthy et al. (2008), suplementando vacas de leite com sais de cálcio de óleo de palma e, por Nogueira (2008), suplementando novilhas com diferentes fontes lipídicas. Um aumento no número de folículos menores pode refletir em uma seleção maior de estruturas disponíveis para desenvolvimento posterior, e um maior número de folículos grandes pode indicar um processo de seleção alterado e maior disponibilidade de estruturas para ovular (Santos, 1998).

Robinson et al. (2002) também verificaram aumento significativo no número de folículos médios (5–10mm) na primeira e na segunda onda folicular após a sincronização do estro em vacas Holandesas que receberam suplementação com ácidos linoleico e linolênico em comparação às vacas não suplementadas. Os autores também verificaram um aumento no tamanho do primeiro folículo dominante nos animais tratados, em relação ao grupo-controle.

Suplementando vacas Brahman com fontes de gordura (5,20% vs 3,74% na dieta controle), Lammoglia et al. (1997) não observaram aumentos no tamanho e no número de folículos durante a primeira e a segunda onda folicular do primeiro ciclo estral; entretanto, durante a onda folicular ovulatória do primeiro ciclo estral e a primeira onda folicular do segundo ciclo estral, o número de folículos médios foi maior.

Ezzo e Hegazy (1999) constataram um aumento na porcentagem de novilhas com atividade ovariana (80,0 vs 33,3%) durante períodos de alimentação com suplementação lipídica (5,8%) quando comparadas com o grupo controle (2,3%), sugerindo que este aumento pode ser atribuído a uma melhora da foliculogênese e/ou ao aumento da secreção do LH.

Observações de alteração no desenvolvimento folicular em vacas de corte (Hightshoe et al., 1991; Thomas e Williams, 1996), vacas de leite (Lucy et al., 1991) e novilhas pré-pubescentes (Ezzo e Hegazy, 1999) refletem a habilidade de dietas hiperlipídicas para aumentar o desenvolvimento folicular durante as fases pré-pubescentes e pós-parto pelo aumento no número de folículos de tamanho médio. Uma possível explicação para esta melhora é que dietas hiperlipídicas estimulam a biossíntese androgênica, que tem função crucial no desenvolvimento pré-ovulatório (Ezzo e Hegazy, 1999). Funston (2004) mencionou que o aumento do tamanho de folículos pré-ovulatórios pode ser devido ao aumento das concentrações plasmáticas de LH, que estimula as últimas fases de crescimento folicular.

Lammoglia et al. (1997) relataram que dietas ricas em ácidos graxos de cadeia longa aumentam a gliconeogênese hepática, devido a um aumento na produção de propionato no rúmen; os autores mencionaram, ainda, que o aumento na gliconeogênese tem sido associado a aumentos nas concentrações plasmáticas de insulina e IGF-I, que são hormônios conhecidos por influenciar a população de folículos médios.

As respostas máximas do crescimento folicular à suplementação de óleo vegetal foram observadas com administração equivalente de 4 a 6% da matéria seca na dieta, tendo sido registrados aumentos menores, no caso da adição de níveis mais baixos de gordura (Williams, 2001). Portanto, é possível que o aumento no número e no tamanho das estruturas foliculares por meio do fornecimento de gordura na dieta acelere o intervalo entre o parto e a primeira ovulação pós-parto, o que pode beneficiar a fertilidade (Santos, 1998; Mattos et al., 2000; Tab. 2). A ovulação de maiores folículos pode resultar na formação de grandes corpos lúteos com maiores capacidades esteroideogênicas resultando em maior produção de progesterona, o que tem sido associado com maiores taxas de concepção (Funston, 2004).

Tabela 2. Efeito da suplementação com gordura sobre o número de folículos nas diferentes classes em vacas de corte

Fonte de gordura	Medida	Tamanho folicular (mm)			Tt
		3-5	5-8	>8,1	
Resíduo de arroz	Dias 15 ao 29 PP	**	NS	NS	**
	3ª semana PP	NS	**	**	**
Resíduo de arroz	1º CE PP	NS	*	NS	NS
	2º CE PP	NS	NS	NS	NS
Gordura animal	Após FSH		**		
Óleo de soja	Após FSH		**		
Resíduo de arroz	2ª e 3ª sem. PP	**	**	**	**
Óleo de soja	Dias 1 ao 10 do CE	NS	**	NS	NS
	Após FSH	NS	NS	NS	NS

\*\*Aumento devido à suplementação de gordura ( $P < 0,05$ ); \*Aumento devido à suplementação de gordura ( $P < 0,01$ ); Tt: Total; NS: não significativo; PP: pós-parto; CE: ciclo estral

Fonte: Santos (1998).

#### Atividade luteal

Aumentos na fertilidade do rebanho têm sido associados com concentrações mais altas de progesterona durante a fase luteínica (Grummer e Carroll, 1991). As lipoproteínas de alta densidade (HDL) constituem cerca de 80% da massa total de lipoproteínas no soro bovino, e foi demonstrado que tanto as HDL como as LDL (lipoproteínas de baixa densidade) regulam de forma diferenciada alguns aspectos do crescimento e do metabolismo das células da teca, da granulosa e luteais em bovinos. Em células de bovinos, a capacidade das HDL de estimular a produção de progesterona e androstenodiona é mais potente, e aparentemente as LDL atenuam a produção de progesterona estimulada pelas HDL (Williams, 2001).

O desenvolvimento de estratégias, tais como a adição de gordura às dietas de vacas de leite e de corte para incrementar estas lipoproteínas ao tecido ovariano, pode aumentar a produção de progesterona e melhorar os índices de concepção (Grummer e Carroll, 1991; Britt et al., 1996; Lammoglia et al., 2000).

Alguns trabalhos (Grummer e Carroll, 1988; Armstrong et al., 2002; Moallem et al., 2007) mostram que o colesterol é um precursor para a síntese luteínica de progesterona em muitas espécies, e que dietas lipídicas poderiam alterar a esteroidogênese ovariana. Essas dietas alterariam o nível do principal substrato, aumentando o nível de colesterol no plasma e a liberação para o tecido ovariano, aumentando a concentração de colesterol no fluido folicular e no corpo lúteo (Grummer e Carroll, 1991; Staples et al., 1998).

O colesterol circulante é o principal substrato para a síntese luteal de progesterona nos mamíferos; e a síntese “de novo”, a partir do acetato no interior do tecido luteal, é insuficiente para manter a função luteal normal. Por isso, acredita-se que o aumento da concentração de colesterol, por meio da alimentação, possa interferir na função luteal (Bao et al., 1995; Ryan et al., 1995, citados por Fialho e Oliveira, 2005; Williams e Stanko, 1999).

Relatos demonstram ainda que a gordura na dieta pode aumentar a taxa de gestação por reduzir o número de CLs subfuncionais, aumentando, assim, o período de vida dos CL funcionais nas fêmeas bovinas. Os autores sugeriram que este fenômeno poderia ser resultante do aumento das células da teca e da granulosa ocorrido antes da ovulação, o que levaria ao aumento da capacidade esteroidogênica (Ezzo e Hegazy, 1999).

Mancio et al. (1999) observaram, em novilhas que receberam suplementação lipídica, maiores níveis de progesterona no soro quando comparados aos do grupo-controle. Além disso, novilhas suplementadas que receberam tratamento com gonadotrofina coriônica humana (hCG) apresentaram maior concentração de progesterona do que as que não receberam, indicando que a ação luteotrófica do hormônio possivelmente aumentou a absorção de lipoproteínas e a esteroidogênese pelo tecido luteínico.

Hawkins et al. (1995) sugeriram que os aumentos nas concentrações plasmáticas de progesterona em vacas alimentadas com gordura não são devido ao aumento da sua síntese, mas sim devido a uma menor taxa de sua metabolização. Esta explicação poderia ser aplicada aos resultados encontrados por Lammoglia et al. (1997), que, trabalhando com vacas Brahman, encontraram maiores níveis de progesterona no plasma, sem efeitos sobre o número ou o tamanho dos corpos lúteos.

Resultados semelhantes foram encontrados por Hightshoe et al. (1991), que observaram que a suplementação de gordura para vacas durante o pós-parto aumentou a concentração sérica de progesterona após a primeira ovulação. Os autores observaram, ainda, que 67% das fêmeas suplementadas apresentaram, após a primeira ovulação pós-parto, uma fase luteínica normal (aproximadamente 17,8 dias), comparada aos 33% de fase luteínica normal encontrada no grupo-controle (fase luteínica mais curta - aproximadamente 10,5 dias);

achado similar foi reportado por Williams (1989). Também nesta mesma linha, Wehrman et al. (1991) reportaram um aumento de 18% na taxa de vacas com atividade luteínica no pós-parto, quando suplementadas por 30 dias.

Hightshoe et al. (1991) observaram, além do fenômeno citado anteriormente, diminuição na concentração de estradiol circulante nas fêmeas suplementadas, o que, segundo os autores, poderia explicar a habilidade do corpo lúteo formado em resistir à regressão prematura. Os autores encontraram, em revisão de literatura, evidências que sugerem que o estrógeno torna o CL mais sensível às ações da  $PGF_{2\alpha}$  endógena. Desta forma, um CL capaz de resistir à exposição precoce da luteólise uterina no primeiro ciclo pós-parto poderia explicar parcialmente o aumento na função luteínica que tem sido reportado em vacas que receberam dietas hiperlipidêmicas.

Sklan et al. (1991) não observaram efeito da suplementação lipídica sobre a recuperação da atividade ovariana pós-parto, entretanto verificaram melhora na taxa de concepção no segundo serviço e diminuição no intervalo parto-prenhez. Ezzo e Hegazy (1999) também constataram aumento na taxa de gestação em novilhas suplementadas com gordura, atribuindo tal fato ao aumento da esteroidogênese luteal; fato também registrado por Grummer e Carroll (1991) em vacas de leite suplementadas.

A concentração de progesterona antes e depois da inseminação tem sido associada com o aumento da fertilidade em vacas de leite e de corte. Segundo O'Callaghan e Bolanda (1999), alterações existentes na concentração de progesterona no período inicial do desenvolvimento embrionário podem resultar na morte e/ou degeneração do embrião. Portanto, a adição de gordura às dietas de vacas, levando a um aumento plasmático de progesterona (Tab. 3), pode ser benéfica para a fertilização e para a sobrevivência do embrião (Santos, 1998; Funston, 2004).

Tabela 3. Efeito da suplementação com gordura sobre a concentração de progesterona plasmática em vacas e novilhas de corte

	Controle	Gordura	P<
Pico de $P_4$ no 1º CE	15,5	14,2	NS
Dia 5 do 2º CE	<2,6	>4,0	0,01
Amostras semanais	7,6	10,3	0,01
Dia 5 do CE após FSH	21,5	24,1	NS
Dias 12 a 13 do CE	5,8	11,8	0.02

$P_4$ : Progesterona, CE: ciclo estral, NS: não significativo.

Fonte: Santos (1998).

#### *Hormônios metabólicos e gonadotrofinas*

O consumo de óleos vegetais poli-insaturados por bovinos causa uma série de efeitos metabólicos e estimula a proliferação *in vitro* das células da granulosa ovariana. Parece haver um potencial significativo de interferência entre a insulina e diversas variantes heterólogas dos receptores do IGF-I. Dessa forma, é possível que o aumento das concentrações de insulina no soro, em resposta à administração de óleos vegetais poli-insaturados, desempenhe um papel na mediação do aumento do crescimento folicular, seja diretamente ou indiretamente, por meio da interação com receptores de IGF-I (Williams e Stanko, 1999; Williams, 2001; Molento et al., 2002).

Trabalhos têm mostrado que o fornecimento de dietas ricas em ácidos graxos de cadeia longa aumenta a gliconeogênese hepática devido ao aumento na secreção de propionato no rúmen (Selner e Schultz, 1980; Chalupa et al., 1986; Keele et al., 1989). Esta maior gliconeogênese tem sido associada a aumentos nas concentrações plasmáticas de insulina e IGF-1, que são conhecidas por influenciar a população de folículos ovarianos (Thomas e Williams, 1996).

Gong et al. (2002), trabalhando com vacas leiteiras em início de lactação, constataram que o uso de dietas que aumentam a insulina circulante pode adiantar a primeira ovulação pós-parto e aumentar a taxa de concepção no primeiro serviço.

Um aumento na concentração de insulina foi observado em novilhas tratadas com dietas hiperlipídicas (5,8%; Ezzo e Hegazy, 1999). Grummer e Carroll (1991) sugerem que a insulina é o hormônio metabólico que age como sinal na regulação da lipólise tecidual; já Ryan et al. (1995), citados por Ezzo e Hegazy (1999), sugerem que, como a insulina influencia um número de processos celulares ovarianos, é possível que a hiperinsulinemia seja um mecanismo pelo qual as altas dietas lipídicas modifiquem os processos ovarianos folicular e/ou luteal.

Williams (2001) demonstrou também que a suplementação de gordura estimula o aumento das

concentrações de hormônio do crescimento (GH) no soro de bovinos de corte, ocorrendo simultaneamente a um maior acúmulo de IGF-I no fluido folicular. Receptores de hormônios do crescimento estão presentes nos folículos de ovários bovinos, sendo mais abundante no CL (Lucy et al., 1993). Thomas et al. (1997) observaram um declínio nos níveis séricos de GH no pós-parto; com o consumo de gordura, foi possível evitar esta queda.

Em relação às gonadotrofinas, foram observados pequenos, mas significativos aumentos nas concentrações basais de LH em vacas suplementadas com gordura (Hightshoe et al., 1991). Williams (2001) encontrou resultados semelhantes em vacas de corte com bezerro ao pé, em anestro; porém, não foi observado nenhum efeito de tais dietas no aumento ou na afinidade dos receptores de LH em corpos lúteos induzidos.

Um mecanismo proposto, e pelo qual dietas hiperlipidêmicas poderiam afetar positivamente as concentrações basais de LH, envolve o potencial elevado destas dietas em estimular o sistema metabólico da oxidase de função mista (MFO), que é uma enzima que metaboliza hormônios esteroides. A elevação na concentração de lipídios na dieta aumentaria a atividade do sistema MFO microsossomal no fígado. Desta forma, seria esperado que o aumento na atividade da MFO reduzisse os níveis circulantes dos esteroides, como encontrado por Hightshoe et al., 1991. Com a queda de esteroides diminuiria o efeito do *feedback* negativo destes hormônios sobre a liberação de LH pela pituitária anterior.

Apesar de a hiperlipidemia ter alguma influência nas concentrações basais de LH, ainda não está claro qual o papel dessa mudança nas alterações observadas no ovário. É provável que dietas ricas em gordura afetem a secreção de hormônio foliculo estimulante (FSH; Williams, 2001), visto que ocorrem modificações no crescimento dos folículos (Hightshoe et al., 1991; Lucy et al., 1991; Ezzo e Hegazy, 1999; Adamiak et al., 2005; Burns et al., 2005).

Mais estudos são necessários para elucidar os efeitos sobre a secreção de GnRH (hormônio liberador de gonadotrofinas) e FSH; porém, a sensibilidade da adeno-hipófise ao GnRH não foi influenciada por dietas ricas em gordura (Williams, 2001; Tab. 4).

Tabela 4. Resumo dos efeitos da suplementação de gordura sobre as concentrações de LH, GH, IGF-I e insulina e as produções de IGF-I nos tecidos luteínicos.

	Efeitos observados
LH	Aumento nos níveis basais no soro
GH	Aumento nos níveis basais no soro
INSULINA	Aumento nos níveis basais no soro
IGF-I	Nenhum efeito no IGF-I no soro; aumento das concentrações no fluido folicular; aumento da produção nos tecidos luteínicos <i>in vitro</i>

Fonte: Williams (2001).

Pode-se concluir, com base em dados de literatura, que, para fêmeas bovinas, o fornecimento de dietas hiperlipídicas afeta os mecanismos metabólicos e hormonais que levam ao aumento da capacidade funcional dos ovários; com conseqüente aumento no crescimento folicular, na produção de hormônios esteroidais e na atividade luteínica, além da diminuição do intervalo anovulatório pós-parto. A quantidade de gordura na dieta deve ser aumentada acima dos níveis de 3%, tradicionalmente fornecido. A suplementação com fontes de gordura no pós-parto e durante a estação de monta deve ser considerada como uma possível estratégia para melhoria do desempenho reprodutivo.

#### Referências bibliográficas

- Adamiak SJ, Mackie K, Watt RG, Webb R, Sinclair KD. Impact of nutrition on oocyte quality: cumulative effects of body composition and diet leading to hiperinsulinemia in cattle. *Biol Reprod*, v.73, p.918-926, 2005.
- Armstrong DG, Gong JG, Gardner JO, Baxter G, Hogg CO, Webb R. Steroidogenesis in bovine granulosa cells: the effect of short-term changes in dietary intake. *Reproduction*, v.123, p.371-378, 2002.
- Armstrong DG, McEvoy TG, Baxter G, Robinson JJ, Hogg CO, Woad KJ, Webb R. Effect of dietary energy and protein on bovine follicular dynamics and embryo production *in vitro*: associations with the ovarian insulin-like growth factor system. *Biol Reprod*, v.64, p.1624-1632, 2001.
- Bao B, Thomas MG, Griffith MK, Burghardt RC, Williams GL. Steroidogenic activity, insulin-like-growth factor I production, and proliferation of granulosa and theca cells obtained from dominant preovulatory and nonovulatory follicles during the bovine estrous cycle: effects of low-density and high-density lipoproteins. *Biol Reprod*, v.53, p.1271-1279, 1995.
- Beam SW, Butler WR. Energy balance effects on follicular development and first ovulation in postpartum cows. *J Reprod Fertil Suppl*, n.54, p.411-424, 1999.
- Bellows RA, Grings EE, Simms DD, Geary TW, Bergman JW. Effects of feeding supplemental fat during gestation to first-calf beef heifers. *Prof Anim Scient*, v.17, p.81-89, 2001.



- Boken SL, Staples CR, Sollenberger LE, Jenkins TC, Thatcher WW.** Effect of grazing and fat supplementation on production and reproduction of Holstein cows. *J Dairy Sci*, v.88, p.4258-4272, 2005.
- Britt JH, Shaw DW, Washburn SP, Hedgpeth VS.** Endogenous progesterone during luteal phase before insemination influences embryo recovery in lactating dairy cows. *J Anim Sci*, v.74, p.225, 1996.
- Burns DS, Jimenez-Krassel F, Ireland JLH, Knight PG, Ireland JJ.** Numbers of antral follicles during follicular waves in cattle: Evidence for high variation among animals, very high repeatability in individuals, and an inverse association with serum follicle-stimulating hormone concentrations. *Biol Reprod*, v.73, p.54-62, 2005.
- Chalupa W, Vecchiarelli B, Elser A, Kronfeld DS, Sklan D, Palmquist DL.** Ruminant fermentation in vivo as influenced by long-chain fatty acids. *J Dairy Sci*, v.69, p.1293-1301, 1986.
- Coscioni AC, Pegoraro LMC, Pimentel CA, Fischer V, Santos JEP, Stumpf Jr W.** Diferentes níveis de gordura na dieta de vacas Jersey em lactação influenciam a resposta superovulatória? *Ciênc Rural*, v.35, p.644-649, 2005.
- De Fries CA, Neuendorff DA, Randel RD.** Fat supplementation influences postpartum reproductive performance in Brahman cows. *J Anim Sci*, v.76, p.864-870, 1998.
- Delazari JA, Fonseca FA, Queiroz AC, Pereira JC, Cecon PR.** Desempenho reprodutivo, concentrações de progesterona e metabólitos lipídicos no pós-parto de vacas mestiças H/Z, submetidas a uma dieta hiperlipidêmica. *Rev Bras Zootec*, v.29, p.413-420, 2000.
- Doreau M, Chilliard Y.** Digestion and metabolism of dietary fat in farm animals. *Br J Nutr*, v.78, suppl. 1, p.15-35, 1997.
- Ezzo OH, Hegazy MA.** Effect of dietary fat on ovarian and metabolic response of heifers suffering from ovarian inactivity. *Vet. Med. J.*, v.47, p.45-57, 1999.
- Fialho MPF, Oliveira V.** Influência da suplementação com gordura no pós-parto de vacas. Artigo de revisão de literatura vencedor do I prêmio MACAL de incentivo a pesquisa em bovinocultura de corte. 2005. Disponível em: <http://www.macal.com.br/uploads/1364850134.pdf>. Acessado em: 26 nov. 2007.
- Funston RN.** Fat supplementation and reproduction in beef females. *J Anim Sci*, v.82, suppl., p.154-161, 2004.
- Garnsworthy PC, Lock A, Mann GE, Sinclair KD, Webb R.** Nutrition, metabolism, and fertility in dairy cows: 2. dietary fatty acids and ovarian function. *J Dairy Sci*, v.91, p.3824-3833, 2008.
- Gong JG, Lee WJ, Garnsworthy PC, Webb R.** Effect of dietary induced increases in circulating insulin concentrations during the early postpartum period on reproductive function in dairy cows. *Reproduction*, v.123, p.419-427, 2002.
- Grant MHJ, Hess BW, Bottger JD, Hixon DL, Van Kirk BM, Alexander TM, Nett TM, Moss GE.** Effect of feeding high-linoleate safflower seeds on reproductive endocrine dynamics in postpartum beef cows. *Proc West Sec Am Soc Anim Sci*, v.53, p.36-39, 2003.
- Grummer RR, Carroll DJ.** A review of lipoprotein cholesterol metabolism: importance to ovarian function. *J Anim Sci*, v.66, p.3160-3173, 1988.
- Grummer RR, Carroll DJ.** Effects of dietary fat on metabolic disorders and reproductive of dairy cattle. *J Anim Sci*, v.69, p.3838-3852, 1991.
- Hawkins DE, Niswender KD, Oss GM, Moeller CL, Odde KG, Sawyer HR, Niswender GD.** An increase in serum lipids increases luteal lipid content and alters the disappearance rate of progesterone in cows. *J Anim Sci*, v.73, p.541-545, 1995.
- Hess BW, Lake SL, Scholljegerdes EJ, Weston TR, Nayigihugu V, Molle JDC, Moss GE.** Nutritional controls of beef cows reproduction. *J Anim Sci*, v.83, p.90-106, 2005.
- Hightshoe RB, Cochran RC, Corah LR, Kiracofe GH, Harmon DL, Perry RC.** Effects of calcium soaps of fatty acids on postpartum reproductive function in beef cows. *J Anim Sci*, v.69, p.4097-4103, 1991.
- Keele JW., Roffler RE, Beyers KZ.** Ruminant metabolism in nonlactating cows fed whole cottonseed or extruded soybeans. *J Anim Sci*, v.67, p.1612-1619, 1989.
- Lamb C.** Entendendo os efeitos da nutrição na reprodução de vacas de corte. In: Curso Novos Enfoques na Produção e Reprodução de Bovinos, 7, 2003, Uberlândia. *Anais...* Uberlândia: UNESP, 2003. p.139-151.
- Lammoglia MA, Bellows RA, Grings EE, Bergman JW, Bellows E, Short RE, Hallford DM, Randel RD.** Effects of dietary fat and sire breed on puberty, weight, and reproductive traits of F1 beef heifers. *J Anim Sci*, v.78, p.2244-2252, 2000.
- Lammoglia MA, Willard ST, Hallford DM., Randel RD.** Effects of dietary fat on follicular development and circulating concentrations of lipids, insulin, progesterone, estradiol-17 $\beta$ , 13,14-dihydro-15-keto-prostaglandin F<sub>2 $\alpha$</sub>  and growth hormone in estrous cyclic Brahman cows. *J Anim Sci*, v.75, p.1591-1600, 1997.
- Lucy MC, Kitchell RJ, Dibner JJ, Hauser SD, Krivi GG.** Immunohistochemical and nucleic acid analysis of somatotropin receptor populations in the bovine ovary. *Biol Reprod*, v.48, p.1219-1227, 1993.
- Lucy MC, Savio JD, Badinga L, De La Sota RL, Thatcher WW.** Factors that affect ovarian follicular dynamics in cattle. *J Anim Sci*, v.70, p.3615-3626, 1992.



- Lucy MC, Staples CR, Michel FM, Thatcher WW.** Effect of feeding calcium soaps to early postpartum dairy cows on plasma prostaglandin  $F_{2\alpha}$ , luteinizing hormone, and follicular growth. *J Dairy Sci*, v.74, p.483-489, 1991.
- Mancio AB, Londoño-Hernández FI, Fonseca FA, Angulo LM.** Fontes lipídicas dietéticas associadas ou não à gonadotrofina coriônica humana (hCG) na função reprodutiva e no metabolismo de lípidos de novilhas. *Arq Bras Med Vet Zootec*, v.51, p.163-170, 1999.
- Mattos R, Staples CR, Thatcher WW.** Effects of dietary fatty acids on reproduction in ruminants. *Rev Reprod*, v.5, p.38-45, 2000.
- Moallem U, Katz M, Lehrer H, Livshitz L, Yakoby S.** Role of peripartum dietary propylene glycol or protected fats on metabolism and early postpartum ovarian follicles. *J Dairy Sci*, v.90, p.1243-1254, 2007.
- Molento, CFM, Block E, Cue RI, Petielerc, D.** Effects of insulin, recombinant bovine somatotropin, and their interaction on insulin-like growth factor I secretion on milk production in dairy cows. *J Dairy Sci*, v.85, p.738-747, 2002.
- Nogueira E.** Efeitos da suplementação energética e lipídica no perfil metabólico, desenvolvimento folicular e produção *in vitro* de embriões em novilhas da raça Nelore (*Bos taurus indicus*). 2008. 87f. Tese (Doutorado em Medicina Veterinária) – Universidade Estadual Paulista, Jaboticabal, SP, 2008.
- O'Callaghan D, Bolanda MP.** Nutritional effects on ovulation, embryo development and the establishment of pregnancy in ruminants. *Anim Sci*, v.68, p.299-314, 1999.
- Oldick BS, Staples CR, Thatcher WW, Gyawu P.** Abomasal infusion of glucose and fat-effect on digestion, production, and ovarian and uterine function of cows. *J Dairy Sci*, v.80, p.1315-1328, 1997.
- Randel RD.** Nutrition and postpartum rebreeding in cattle. *J Anim Sci*, v.68, p.853-862, 1990.
- Robinson RS, Pushpakumara PGA, Cheng Z, Peters AR, Abayasekara DRE, Wathes DC.** Effects of dietary polyunsaturated fatty acids on ovarian function in lactating dairy cows. *Reproduction*, v.124, p.119-131, 2002.
- Ryan DP, Bao B, Griffith MK, Williams GL.** Metabolic and luteal squealed to heightened dietary fat intake in undernourished, anestrous beef cows induced to ovulate. *J Anim Sci*, v.73, p.2086-2093, 1995.
- Salla LE, Fischer V, Ferreira EX, Moreno CB, Stumpf Jr W, Duarte LD.** Comportamento ingestivo de vacas Jersey alimentadas com dietas contendo diferentes fontes de gordura nos primeiros 100 dias de lactação. *Rev Bras Zootec*, v.32, p.683-689, 2003.
- Sanchez, B.** Ácidos graxos na nutrição e reprodução de vacas em lactação. In: Curso Novos Enfoques na Produção e Reprodução de Bovinos, 7, 2003, Uberlândia, MG. *Anais...* Uberlândia: Conapec Jr; Jaboticabal: UNESP, 2003. p.103-115.
- Santos JEP.** Efeitos da nutrição na reprodução bovina. In: Congresso Brasileiro de Raças Zebuínas, 3, 1998, Uberaba, MG. *Anais...* Uberaba: ABCZ, 1998. p.24-75.
- Santos JEP.** Interação nutrição e reprodução da fêmea bovina. In: Grupo de Estudos de Nutrição de Ruminantes, 2005. Botucatu, SP: UNESP, 2005. Disponível em <http://www.fca.unesp.br/nutrir/artigos/Interacaonutricao.pdf>. Acessado em: 12 nov. 2005.
- Saturnino HM, Amaral TB.** Perspectivas para uso eficiente da interação nutrição-reprodução em fêmeas bovinas de corte. In: Grupo de Estudos de Nutrição de Ruminantes, 2005. Botucatu, SP: UNESP, 2005. Disponível em: <http://www.fca.unesp.br/nutrir/artigos/Perspectivasfemeasbovinas.PDF>. Acessado em: 12 nov. 2005.
- Selner DR, Schultz LH.** Effects of feeding oleic acid or hydrogenated vegetable oils to lactating cows. *J Dairy Sci*, v.63, p.1235-1241, 1980.
- Sklan D, Moallen U, Folman Y.** Effect of dietary calcium soaps of fatty on production, and reproductive responses in high producing lactating cows. *J Dairy Sci*, v.74, p.510-517, 1991.
- Staples CR, Burke JM, Thatcher WW.** Influence of supplemental fats on reproductive tissues and performance of lactating cows. *J Dairy Sci*, v.81, p.856-871, 1998.
- Thatcher WW, Staples CR, MacLaren L, Bilby TR.** Efeitos biológicos dos lipídios em parâmetros reprodutivos de vacas leiteiras em lactação. In: Curso Novos Enfoques na Produção e Reprodução de Bovinos, 8, 2004, Uberlândia, MG. *Anais...* Uberlândia: Conapec Jr; Botucatu: UNESP, 2004. p.115-132.
- Thomas MG, Bao B, Williams GL.** Dietary fats varying in their fatty acid composition differentially influence follicular growth in cows fed isoenergetic diets. *J Anim Sci*, v.75, p.2512-2519, 1997.
- Thomas MG, Williams GL.** Metabolic hormone secretion and FSH-induced superovulatory responses of beef heifers fed dietary supplements containing predominantly saturated or polyunsaturated fatty acids. *Theriogenology*, v.45, p.451-458, 1996.
- Van Soest PJ.** *Nutritional ecology of the ruminant*. 2.ed. Ithaca: Cornell University Press, 1994. 476p.
- Wehrman ME, Welsh JR, Williams GL.** Diet-induced hyperlipidemia in cattle modifies in intrafollicular cholesterol environment, modulates ovarian follicular dynamics, and hastens the onset of postpartum luteal activity. *Biol Reprod*, v.45, p.514-522, 1991.



**Williams GL.** Modulation of luteal activity in postpartum beef cows through changes in dietary lipid. *J Anim Sci*, v.67, p.785-793, 1989.

**Williams GL.** Suplementação de gordura na dieta como estratégia para aumento da eficiência reprodutiva em bovinos. In: Curso Novos Enfoques na Produção e Reprodução de Bovinos, 5, 2001, Uberlândia, MG. *Anais...* Uberlândia: Conapec Jr; Botucatu: UNESP, 2001. p.95-101.

**Williams GL, Stanko RL.** Dietary fats as reproductive nutraceuticals in beef cattle. *J Anim Sci*, v.77, p.1-12. 1999.

---