

Suplementação de Gordura na Dieta como Estratégia para Aumento da Eficiência Reprodutiva em Bovinos

G.L. Williams

Animal Reproduction Laboratory, Texas A&M University Agricultural Research Station, Beeville and Center for Animal Biotechnology and Genomics, Texas A&M University, College Station

Introdução

O status nutricional é um fator regulador-chave na reprodução de bovinos e outros mamíferos. É provável que os aspectos mais pesquisados da interação nutrição-reprodução sejam os efeitos do consumo de energia na dieta e das reservas de energia no corpo sobre a maturação sexual e o retorno da ciclicidade pós-parto. Obviamente, a restrição de energia na dieta e a precariedade das condições corporais são os fatores que mais intensamente afetam a eficiência reprodutiva nos sistemas de produção de bovinos no mundo todo. Portanto, um objetivo importante tem sido a descoberta de novos métodos para estimular positivamente a eficiência reprodutiva em bovinos de corte mantidos em ambientes com condições inferiores a um nível ótimo. Em nosso laboratório, tem-se priorizado nos últimos tempos o potencial de suplementação de gordura na dieta para estimular o desempenho reprodutivo. O fundamento desse trabalho reside em uma série de seqüelas digestivas, metabólicas e reprodutivas que ocorrem quando os bovinos consomem quantidades significativas de gordura. Essa revisão avalia os efeitos da suplementação de gordura na dieta para bovinos e reflete sobre as evidências de que as alterações metabólicas ocasionadas por tipos específicos de gordura determinam a resposta do sistema reprodutivo. São abordados os métodos para suplementação de gordura, sobretudo de óleos vegetais poliinsaturados, em sistemas de liberação tecnologicamente eficientes.

Aspectos Peculiares do Metabolismo de Gordura na Dieta de Bovinos

O consumo de lipídeos pelos ruminantes é limitado na natureza. Contudo, no curso da história, a indústria leiteira e de confinamento utilizaram a adição de gordura para aumentar a densidade calórica da dieta. Para explorar o uso de quantidades significativas de gordura nas dietas para bovinos, deve-se considerar vários aspectos importantes da digestão dos ruminantes.

Fermentação no Rúmen

As suspensões microbianas no rúmen são capazes de hidrolizar triglicérides e fosfolipídios que contêm ácidos graxos poliinsaturados. Gorduras de origem animal e vegetal que contêm ácidos palmitoléicos (C16:1), oléicos (C18:1), linoléicos (C18:2) e linolênicos (C18:3) são amplamente metabolizadas, sendo o ácido linoléico o mais abundante em vegetais e derivados vegetais (**Quadro 1**). Os microorganismos no rúmen metabolizam as gorduras, hidrolizando-as em seus componentes de ácidos graxos poliinsaturados e em glicerol. Uma grande proporção dos ácidos graxos é então parcial ou totalmente hidrogenada e grande parte do glicerol é fermentada em ácido propiônico.

A administração de grandes quantidades de gordura em animais ruminantes (> 5% do consumo total de matéria seca) pode provocar um efeito negativo intenso na digestibilidade das fibras e no consumo de matéria seca (3). Isso se deve a pelo menos duas razões, incluindo-se o revestimento físico e a proteção da ingesta contra a ação de micróbios, e a seleção contra microorganismos com capacidade celulolítica. O nível de gordura que pode ser administrado também depende da forma dos alimentos dos quais é derivada, e a quantidade máxima satisfatória em todas as condições pode não ser 5% do total de matéria seca. Por exemplo, a gordura contida em sementes oleaginosas inteiras pode ser administrada em níveis muito mais altos do que óleos livres misturados em toda a dieta, pois a mastigação não é completa o suficiente para liberar simultaneamente todo o óleo das sementes; portanto, o óleo é liberado no rúmen mais lentamente. Devido à ausência de ligações duplas, os ácidos graxos saturados, tais como os que predominam no sebo animal, passam pelo rúmen sem sofrerem degradação, sendo considerados gorduras *bypass* (**Quadro 1**). Alguns dos efeitos que essas gorduras *bypass* têm no metabolismo e na fisiologia dos animais são potencialmente bem diferentes daqueles causados pelos ácidos graxos poliinsaturados metabolizados no rúmen, apesar de seus valores calóricos serem semelhantes.

Metabolismo de Lipoproteína-Colesterol

Maynard et al. foram os primeiros a descrever as características peculiares do metabolismo das lipoproteínas em vacas. Durante a lactação, os mecanismos homeostáticos reguladores da síntese intestinal de lipoproteína-colesterol ficam aparentemente fora de controle. Vacas não lactantes que consomem principalmente dietas à base de forragem apresentam concentrações totais de colesterol de aproximadamente 100-150 mg/dl no soro, enquanto que no pico da lactação as concentrações plasmáticas ficam geralmente próximas a 300 mg/dl. A importância evolucionária e fisiológica desse fenômeno não é bem compreendida. A administração de gordura para vacas, igual ao que ocorre em monogástricos, também estimula a síntese e o acúmulo de colesterol e ésteres de colesterol nos tecidos e fluidos corporais, inclusive no ovário. Se administrada a partir do parto, a gordura da dieta e a lactação atuam de forma sinérgica, resultando em síntese e acúmulo até maiores do que as duas em separado. O tipo predominante de lipoproteína na circulação sanguínea de ruminantes é a lipoproteína de alta densidade (HDL), que parece ser a única lipoproteína com acesso ao compartimento intrafolicular, independentemente da espécie. Tanto os níveis de lipoproteína de baixa densidade (LDL) como os de lipoproteína de alta densidade (HDL) sobem drasticamente no início do período de lactação e durante o consumo intenso de altos níveis de gordura.

Efeitos da Suplementação de Gordura na Reprodução de Bovinos

A literatura contém inúmeras referências sobre o uso de gordura suplementar em dietas durante o período de lactação em vacas leiteiras de alta produção. Devido às diferenças tanto de manejo como de genótipo, muitos dos achados associados às respostas metabólicas e reprodutivas à suplementação de gordura diferem daqueles observados em bovinos de corte. Entretanto, se observam algumas semelhanças.

Metabolismo do Colesterol e Ovário

Em nosso laboratório, o estudo inicial sobre o metabolismo de gordura na função ovariana foi realizado no início da década de 80. Essa pesquisa avaliou a relação entre os níveis plasmáticos de colesterol e as concentrações plasmáticas de progesterona na fase luteínica. Embora não tão significativa como em leitões, foi observada uma relação inversa entre as concentrações de progesterona na fase luteínica e o total de colesterol em bovinos. Isso foi interpretado como indicando um ou mais dos seguintes pontos: 1) o CL foi capaz de utilizar grandes quantidades de colesterol, reduzindo-se assim significativamente os níveis plasmáticos durante a metade da fase luteínica, 2) as concentrações de progesterona na metade dessa fase reduziram a biossíntese de progesterona, ou 3) a progesterona aumentou a taxa de excreção do colesterol. A adição de grandes quantidades de sementes de girassol inteiras nas dietas para novilhas de leite não lactantes e sexualmente maduras provocou um aumento característico das concentrações periféricas do colesterol total e dos níveis de progesterona da fase luteínica. Posteriormente, estudos em vacas de corte avaliaram o padrão das concentrações de lipoproteína-colesterol em vacas de corte a pasto durante o período inicial da lactação, através de pesquisas sobre o efeito da suplementação de sementes oleaginosas na função luteínica induzida no início do período pós-parto. A suplementação de gordura durante esse período estimulou a função luteínica induzida através da redução da incidência de ciclos curtos. Os mecanismos associados ao aumento das concentrações médias de progesterona no soro em bovinos cíclicos e à prolongação dos corpos lúteos destinados a ter vida curta não foram devidamente esclarecidos. Contudo, o aumento da duração da fase luteínica pode estar ligado à capacidade da suplementação de gordura em estimular a qualidade dos folículos ovulatórios, e os efeitos observados na progesterona no soro durante ciclos normais podem incluir uma diminuição da meia-vida metabólica da progesterona no plasma ou uma maior disponibilidade de ésteres precursores de colesterol nas células luteais. Com base em estudos sobre respostas a doses nas células luteais a colesterol não esterificado, é totalmente concebível que o fornecimento de colesterol HDL no ovário possa ser um pouco limitante em condições de extrema restrição nutricional. O **Quadro 2** resume os efeitos gerais da suplementação de gordura na dieta sobre a secreção de progesterona na fase luteínica e sua duração.

Crescimento folicular

Um maior consumo de gordura na dieta pelos bovinos afeta a dinâmica do crescimento folicular através do aumento da quantidade de folículos de médio porte em 1,5 a 5 vezes em um período de 3 a 7 semanas. Esse efeito não depende do nível de energia metabolizável na dieta nem do ganho de peso dos bovinos com escores de condição corporal moderadamente baixos a altos. A ocorrência de alterações nas populações de folículos de médio porte

coincide com uma tendência de redução das populações de folículos pequenos (com tamanho inferior ou igual a 3 mm). Estudos posteriores revelaram que o maior aumento das populações de folículos de tamanho médio ocorre em resposta ao consumo de óleo vegetal (**Figura 1**). Entre as fontes desse óleo se incluem as sementes inteiras de algodão e soja, e farelo de arroz.

As respostas máximas do crescimento folicular à suplementação de óleo vegetal foram observadas com uma administração equivalente a 4 a 6% da matéria seca na dieta, tendo sido registrados aumentos menores no caso da adição de níveis mais baixos de gordura. Foi demonstrado que o sebo animal, sais de cálcio de ácidos graxos saturados ou óleo de peixe apresentam efeitos menos intensos no crescimento folicular do que os óleos vegetais. Além disso, vacas de corte pós-parto que parem com baixa condição corporal (escore inferior a 4 na escala de 1-9) não conseguiram desenvolver folículos de pequeno e grande tamanho a uma taxa igual à observada naquelas com escore de condição corporal 4 ou superior após 3 semanas de consumo de gordura. São necessários mais estudos para determinar se períodos prolongados de administração podem beneficiar o desenvolvimento folicular em vacas com escores de condição corporal mais baixos e qual o efeito disso no desempenho reprodutivo. O **Quadro 3** sumariza os efeitos da suplementação de gordura na dieta para bovinos sobre o crescimento folicular e o potencial esteroidogênico das células dos folículos, conforme relatado por vários laboratórios.

Superovulação para Transferência de Embriões

Embora a quantidade de folículos de médio porte aumente com a administração de dietas ricas em gordura, o número de ovulações e de embriões viáveis não é afetado em resposta à superestimulação com FSH (**Quadro 1**). Com base em conceitos sobre crescimento folicular, dominância e atresia, é possível que os efeitos de dominância do folículo de maior tamanho no início do tratamento com FSH impeça o recrutamento de outros folículos de médio porte. Porém, em um estudo, quando o folículo maior foi aspirado com o uso de agulha via transvaginal no dia 4 do ciclo, não houve melhora na superovulação induzida pelo FSH. São necessárias mais pesquisas para superar as limitações impostas pelo folículo dominante.

Desempenho Reprodutivo no Pós-parto

A suplementação de sementes inteiras de algodão na dieta de vacas de corte lactantes no pós-parto a partir de 30 dias antes do início da estação de monta aumentou a quantidade de vacas que ciclaram no começo desse período em até 18%. Essa resposta foi mais evidente em caso de perda da condição corporal durante o período pós-parto devido às condições ambientais, a despeito da suplementação (**Quadro 4**). Estudos realizados por outros grupos confirmaram que a suplementação de gordura reduz o intervalo anovulatório pós-parto. Contudo, os testes posteriores foram realizados com gordura *bypass* ou saturada. Portanto, nós supomos que o desempenho seria maior se fossem utilizados óleos vegetais poliinsaturados, visto que aparentemente as respostas do ovário às gorduras saturadas são menos intensas do que aquelas às gorduras poliinsaturadas. Não há relatos de estudos de campo para confirmar essa suposição. Da mesma forma que ocorre com qualquer tecnologia ou estratégia de manejo que melhora aspectos específicos da fisiologia do ovário e da atividade cíclica, melhorias reais nas taxas de prenhez, na quantidade de bezerros desmamados por ano ou no total de kg de bezerros produzidos dependem de uma série de práticas de manejo interrelacionadas e das condições ambientais. Não foram realizados estudos que demonstrem que o uso prolongado da suplementação de gordura pós-parto antecipe o retorno à ciclicidade e contribui para obter melhores resultados econômicos.

Supostos Mecanismos Reguladores das Respostas Reprodutivas à Suplementação de Gordura

Produção de Ácidos Graxos Voláteis

Nossas pesquisas sobre suplementação de gordura na dieta sempre envolveram dietas isoenergéticas e isonitrogenadas. Porém, não há dúvida de que o consumo de gordura desprotegida afeta os padrões de fermentação no rúmen. Por conseguinte, inexistem possíveis diferenças potenciais na eficiência de uso e na distribuição local de energia. As alterações na produção de ácidos graxos voláteis no rúmen ocorrem em resposta ao aumento de gordura na dieta e a proporção de mudanças depende do grau de saturação dos ácidos graxos consumidos (por ex., poliinsaturados > saturados e altamente poliinsaturados) e da quantidade ingerida. O consumo de gordura aumenta a produção de propionato no rúmen e diminui a proporção entre acetato-propionato. Gorduras altamente poliinsaturadas e saturadas tendem a passar pelo rúmen inalteradas, com menores efeitos na fermentação no rúmen e na digestibilidade da

matéria seca em comparação a gorduras poliinsaturadas. Entretanto, não foi observada redução na digestibilidade da matéria seca na dieta, conforme evidenciado pelo menor ganho de peso ou consumo alimentar reduzido, com os níveis utilizados de gorduras poliinsaturadas.

Hormônios Metabólicos

O consumo de óleos vegetais poliinsaturados por bovinos causa uma série de efeitos metabólicos (**Figura 1**) e estimula a proliferação das células da granulosa no ovário *in vitro*. Parece haver um potencial significativo de interferência entre a insulina e diversas variantes heterólogas do receptor do fator de crescimento semelhante à insulina (IGF-I). Dessa forma, é possível que o aumento das concentrações de insulina no soro em resposta à administração de óleos vegetais poliinsaturados desempenhe um papel na mediação do aumento do crescimento folicular, seja diretamente através de seu próprio receptor, seja indiretamente através da interação com receptores de IGF-I. As concentrações médias de insulina no soro também sobem temporariamente em resposta a gorduras em que predominam ácidos graxos saturados (sebo animal) ou altamente poliinsaturados (óleo de peixe), com leve e equivalente aumento das populações de folículos de médio porte.

Também foi demonstrado que a suplementação de gordura estimula o aumento das concentrações do hormônio do crescimento no soro de bovinos de corte. Há pouco tempo um estudo realizado durante o início do período de lactação confirmou essa observação em vacas leiteiras de alta produção. Aparentemente, aumentos dos níveis do hormônio do crescimento no soro ocorrem simultaneamente a um maior acúmulo de IGF-I no fluido folicular, mas sem afetar o IGF-I circulante periférico. São raros os receptores para o hormônio de crescimento, mas estão presentes nos folículos de bovinos, sendo mais abundantes no CL; portanto, presume-se que os mecanismos que envolvem o IGF-I como mediador dos efeitos do hormônio de crescimento sejam eficazes. Em ratos, o hormônio do crescimento é capaz de estimular diretamente o RNAm do IGF-I no interior das células da granulosa. Os folículos grandes e médios em bovinos com dieta suplementar de gordura acumulam mais IGF-I e os tecidos luteínicos novos de fêmeas com esse mesmo tipo de suplementação apresentam um aumento da capacidade de secreção de IGF-I. O **Quadro 5** sumariza os efeitos da suplementação de gordura na dieta sobre as concentrações circulantes de GH e insulina, os níveis de IGF-I nos folículos e a produção de IGF-I nos tecidos luteínicos, conforme relatado por vários laboratórios.

Metabolismo de Lipoproteína nas Células do Ovário

Novas evidências indicam que nossa hipótese inicial sobre um papel desempenhado pelo metabolismo da lipoproteína-colesterol na mediação dos efeitos das dietas ricas em gordura sobre a função ovariana poderia estar pelo menos parcialmente correta. A lipoproteína de alta densidade constitui cerca de 80% da massa total de lipoproteína no soro de bovinos e foi demonstrado que tanto o HDL como o LDL regulam de forma diferenciada alguns aspectos do crescimento e do metabolismo das células da teca, da granulosa e luteais em bovinos. Verificou-se que tanto o HDL como o LDL possibilitaram a viabilidade das células da granulosa *in vitro* independentemente do tipo de folículo e aumentaram a proliferação *in vitro* das células dos folículos pré-ovulatórios derivadas da teca. Contudo, em células de bovinos, a capacidade de o HDL estimular a produção de progesterona (granulosa, teca) e androstenodiona (células da teca) é mais potente, e aparentemente o LDL atenua a produção de progesterona estimulada pelo HDL.

Secreção de Gonadotropinas

Foram observados pequenos, mas significativos aumentos das concentrações basais de LH antes, não após, a retirada do bezerro em vacas de corte em anestro em resposta à suplementação de gordura poliinsaturada (**Quadro 5**). Mais estudos são necessários para elucidar os efeitos na secreção de GnRH e FSH. Outras pesquisas registraram efeitos positivos na secreção de LH basal em vacas de corte a campo alimentadas com gordura protegida de óleo de palmeira. Porém, a sensibilidade da adeno-hipófise ao GnRH não foi influenciada com a administração de dietas ricas em gordura. Finalmente, não foi observado nenhum efeito de tais dietas na quantidade ou afinidade dos receptores de LH em corpos lúteos induzidos. Portanto, apesar de a hiperlipidemia induzida pela dieta ter alguma influência nas concentrações basais de LH, ainda não está claro qual o papel que essas mudanças bastante sutis poderiam estar desempenhando no contexto das alterações anteriormente observadas no ovário. Seria mais provável que as dietas ricas em gordura afetassem a secreção de FSH, visto que aparentemente ocorrem modificações no crescimento dos folículos, principalmente na forma de um aumento das quantidades de folículos de tamanho médio. Ironicamente, essa suposição é corroborada por indicações preliminares de alterações nas concentrações de inibinas e de subunidades α e β de inibinas no fluido folicular de bovinos que consomem sebo animal e óleo de peixe. Não foi avaliado o padrão de secreção de FSH nos animais alimentados com dietas ricas em gordura.

Estratégias Práticas de Suplementação

A maioria dos estudos sobre os efeitos da suplementação de gordura na reprodução empregou sementes oleoginosas inteiras, óleo de soja ou Megalac®, que contém gordura protegida de óleo de palmeira. Dependendo do teor de óleo, as sementes oleoginosas eram administradas a uma proporção de 15 a 30% da matéria seca da dieta e forneciam 4 a 6% de gordura adicional. Sementes de oleoginosas, sobretudo de algodão, fornecem uma combinação singular de energia, proteína, fibra e gordura, constituindo uma excelente ração suplementar quando administradas de 0,9 a 2,2 kg por cabeça diariamente. Uma questão levantada sobre o uso de semente de algodão inteira é a da toxicidade do gossipol. Vacas de corte que consomem até 20 g por dia de gossipol livre por até 2 meses em dietas contendo farelo de algodão diretamente extraído do solvente (altos níveis de gossipol) e semente de algodão inteira não apresentaram efeitos na função endócrina reprodutiva, nos ciclos estrais, nem nas taxas de prenhez. Embora níveis elevados de gossipol realmente acarretem um aumento da fragilidade dos glóbulos vermelhos, esse efeito aparentemente não origina uma patologia clinicamente significativa em vacas de corte sob condições normais de manejo. Além disso, os níveis de gossipol presentes nas quantidades de semente de algodão inteira geralmente administradas para suplementação de proteína ou gordura (como descrito acima) forneceram apenas uma fração da quantidade de gossipol administrada nos estudos acima resumidos. Em fêmeas adultas de bovinos, os únicos registros de toxicidade de gossipol foram relatados na indústria leiteira, envolvendo dietas com até 45% de farelo de algodão extraído diretamente do solvente durante 14 semanas. Recomenda-se ao leitor consultar um tratado completo sobre o tema de rações com gossipol e sua toxicidade em bovinos de corte.

As sementes oleoginosas não estão disponíveis no mundo todo nem são economicamente práticas em todas as condições em que se emprega a suplementação de bovinos de corte. Portanto, são necessárias outras alternativas. Uma delas são as rações líquidas à base de melaço que contém “soapstocks” de óleo de soja. A tecnologia para manter a gordura em uma suspensão homogênea por longos períodos de tempo continua sendo o principal desafio e será necessária uma otimização das misturas com uréia, açúcares, gordura e outros componentes para criar um consumo constante. Recentemente, começaram a ser comercializadas rações com gordura seca contendo 18 a 20% de óleo vegetal para bovinos de corte a campo (CONCEPT; Purina Mills, St. Louis, MO) e bovinos de leite (High Fat Product; ADM, Decatur, IL) para explorar os benefícios da suplementação de gordura no desempenho reprodutivo. O sebo animal vem sendo utilizado em rações destinadas a aumentar o desempenho reprodutivo; entretanto, há grandes problemas de palatabilidade associados às altas concentrações de sebo nos alimentos. Portanto, os óleos vegetais, quando recomendados para uso em níveis que comprovadamente maximizam as respostas fisiológicas do ovário, aparentemente continuarão a ser a fonte escolhida. São necessários rações comerciais alternativas ou outros produtos derivados com até 20% de óleo vegetal. Como uma das alternativas, pode ser utilizada a gordura amarela, um derivado na atividade comercial de restaurantes (20 a 25% de ácido linoléico).

Resumo e Conclusões

O aumento do consumo de gordura na dieta afeta o crescimento folicular no ovário, a produção de hormônios esteróides, a síntese ou o acúmulo do fator de crescimento no fluido folicular, a atividade luteínica e os intervalos anovulatórios pós-parto nos bovinos. Presume-se que os mecanismos pelos quais esses efeitos se manifestam ocorrem através de uma variedade de atividades metabólicas e hormonais. São necessárias mais pesquisas para definir como o consumo de gordura na dieta de bovinos e outros ruminantes afeta a fisiologia do ovário. Precisam ser desenvolvidos métodos para otimizar essa resposta em condições de campo e realizados experimentos para determinar seus efeitos nas taxas de prenhez em grandes quantidades de bovinos mantidos em diferentes ambientes.

Quadro 1. Composição (%) de ácidos graxos de gorduras saturadas (sebo animal), poliinsaturadas (óleo de soja) e altamente poliinsaturadas (óleo de peixe) (Extraído de Thomas et al., 1997 com autorização).

Ácido Graxo	Tipo de Gordura		
	Saturadas	Poliinsaturadas	Altamente Poliinsaturadas
C12:0	-	-	-
C14:0	4,4	-	11,1
C14:1	0,6	-	0,2
C15:0	0,7	-	0,7
C16:0	26,6	11,3	26,9
C16:1	2,4	-	12,7
C17:0	1,7	-	2,1
C17:1	0,8	-	1,2
C18:0	21,0	3,9	4,1
C18:1	39,8	23,8	11,4
C18:2	2,0	53,5	1,8
C18:3	1,0	7,5	3,1
C20:0	-	-	0,4
C20:1	-	-	1,6
C20:4	-	-	0,9
C20:5	-	-	13,0
C22:5	-	-	-
C22:6	-	-	8,8

Quadro 2. Resumo dos efeitos da suplementação de gordura na dieta sobre as características luteínicas e as concentrações circulantes de progesterona em bovinos (Extraído de Williams and Stanko, 2000 com autorização)

Fonte	Características Afetadas
Talavera et al., 1985; Williams, 1989; Hightshoe et al., 1991; Spicer et al., 1993; Hawkins et al., 1995; Lammoglia et al., 1996	Aumento das concentrações de progesterona no soro
Williams, 1989; Morgan and Williams, 1989; Ryan et al., 1995	Aumento da fase luteínica induzida; Aumento da quantidade de folículos ovulatórios
Hawkins et al., 1995	Redução da taxa de excreção metabólica da progesterona
De Fries et al., 1998	Nenhum efeito no nível de progesterona no soro

Quadro 3. Resumo dos efeitos da suplementação de gordura na dieta de bovinos sobre o crescimento folicular ovariano e o potencial esteroidogênico das células dos folículos *in vitro* (Extraído de Williams and Stanko, 2000 com autorização)

Fonte	Características Afetadas
Wehrman et al., 1991; Ryan et al., 1992; Hightshoe et al., 1991; Lucy et al., 1991; Thomas and Williams, 1996; Thomas et al., 1997; Lammoglia et al., 1996; Stanko et al., 1997; De Fries., et al., 1998	Aumento dos folículos de tamanho médio (gordura poliinsaturada > efeitos da gordura saturada e altamente poliinsaturada)
Wehrman et al., 1991; Ryan et al., 1992	Aumento da produção de progesterona nas células da granulosa <i>in vitro</i> ; aumento da progesterona no fluido folicular
Ryan et al., 1992; Thomas and Williams, 1996	Nenhum efeito na taxa de superovulação
De Fries et al., 1998	Aumento do número de folículos grandes; aumento do tamanho do maior folículo

Quadro 4. Efeitos da administração de rações ricas em gordura em vacas de corte com bezerro ao pé no pós-parto por um mês antes do início da estação de monta sobre a incidência da atividade luteínica no começo da estação de monta em vacas de corte a campo (Extraído de Wehrman et al., 1991 com autorização)

Grupo ^a	Ano	No. Vacas	Atividade Luteínica, %
Rica em gordura	1	61	72,0
Controle	1	59	57,6
Rica em gordura	2	31	42,0
Controle	2	32	18,8
Rica em gordura	Ambos	92	61,9 ^b
Controle	Ambos	91	43,9 ^c

^a As rações ricas em gordura e de controle eram isocalóricas e isonitrogenadas.

^{b,c} Médias com letras sobrescritas apresentam diferenças ($P < 0,05$)

Quadro 5. Resumo dos efeitos da suplementação de gordura na dieta sobre as concentrações circulantes de LH, GH, IGF-1 e insulina, as concentrações intrafoliculares de IGF-1 e a produção de IGF-1 nos tecidos luteínicos (Extraído de Williams and Stanko, 2000 com autorização)

Fonte	Características Afetadas
Morgan and Williams, 1989; Hightshoe et al., 1991	<u>LH</u> Aumento dos níveis basais no soro
Ryan et al., 1995; Thomas and Williams, 1996; Thomas et al., 1997	<u>GH</u> Aumento dos níveis basais no soro
Palmquist and Moser, 1981; Thomas and Williams, 1996; Thomas et al., 1997	<u>Insulina</u> Aumento dos níveis basais no soro
Ryan et al., 1995; Thomas and Williams, 1996; Thomas et al., 1997	<u>IGF-1</u> Nenhum efeito no IGF-1 no soro; aumento das concentrações no fluido folicular; aumento da produção nos tecidos luteínicos <i>in vitro</i>

Efeitos Metabólicos e Hormonais de Dietas Ricas em Gordura

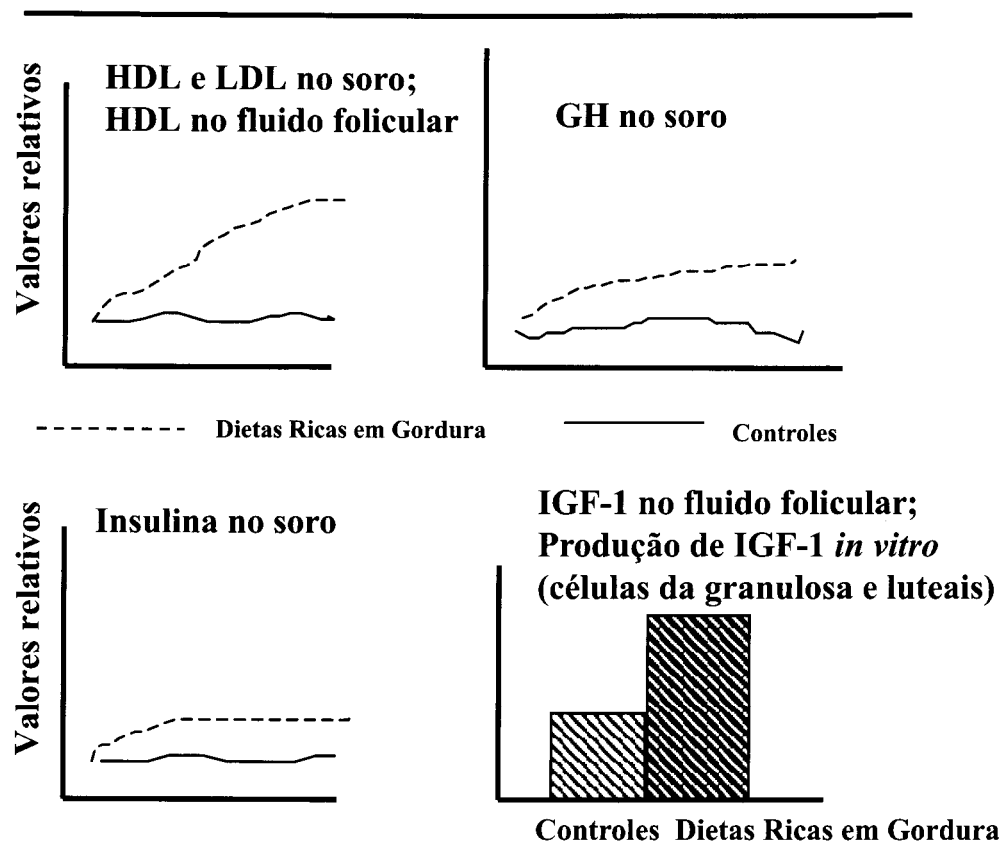


Figura 1. Esquema ilustrativo dos efeitos de dietas ricas em gordura nas concentrações de lipoproteína-colesterol, GH e insulina no soro, nas concentrações de colesterol HDL e IGF-1 no fluido folicular, e na produção de IGF-1 nas células luteais e da granulosa *in vitro* (Extraído de Williams and Stanko, 2000 com autorização)

Referências Bibliográficas

1. Church DC. Digestive Physiology and Nutrition of Ruminants, Vol. 1 (second edition), Metropolitan Printing Co, Portland, OR, 1976.
2. Coppock CE, Wilks DL. Supplemental fat in high-energy rations for lactating cows: Effects on intake, digestion, milk yield, and composition. *J Anim Sci* 69: 3826-3837.
3. Noble RC. Digestion, absorption and transport of lipids in ruminant animals. In: RT Holman (ed.). *Progress in Lipid Research*, 1978; Pergamon Press, Great Britain.
4. Thomas, M. L., B. Bao, and G. L. Williams. 1997. Dietary fats varying in their fatty acid composition differentially influence follicular growth in cows fed isoenergetic diets. *J. Anim. Sci.* 75: 2512-2519
5. Wehrman, M. E., T. H. Welsh, Jr., and G. L. Williams. 1991. Diet-induced hyperlipidemia in cattle modifies the intrafollicular cholesterol environment, modulates ovarian follicular dynamics and hastens the onset of postpartum luteal activity. *Biol. Reprod.* 45: 514-522.
6. Williams, G. L. 1998. Fat, Follicles, and Fecundity: The Ruminant Paradigm. In: W. Hansel and G. Bray (Eds.), *Nutrition and Reproduction*: pp. 163-179; Pennington Biomed. ORes. Found., Louisiana State Univ. Press, Baton Rouge.
7. Williams, G. L. and R. L. Stanko 2000. Dietary fats as reproductive nutraceuticals in cattle. *Proc. Amer Soc Anim. Sci.*, www.asas.org.