



PUBVET, Publicações em Medicina Veterinária e Zootecnia.

Ácidos graxos na nutrição e reprodução de ruminantes

Ricardo Lopes Dias da Costa¹; Reginaldo da Silva Fontes²

¹ Médico Veterinário, Doutor em Produção Animal, Pesquisador Científico da Apta Extremo Oeste/Agência Paulista de Tecnologia dos Agronegócios/Secretaria de Agricultura e Abastecimento do Estado de São Paulo

² Médico Veterinário, Doutor em Ciências Veterinárias, Professor de Biotecnologia da Reprodução da Universidade Estadual do Norte Fluminense/UENF

Resumo

Dentre os inúmeros fatores que afetam o desempenho reprodutivo de bovinos, a nutrição é talvez aquele que tem o maior impacto. Inúmeras pesquisas têm demonstrado que o estado nutricional e metabólico do animal afeta as suas funções reprodutivas. A energia é o principal nutriente requerido por vacas em reprodução, e o fornecimento inadequado na dieta tem efeitos deletérios sobre a eficiência reprodutiva de fêmeas bovinas. Os lipídeos em dietas de ruminante estão presentes principalmente na forma esterificada como mono e digalactoglicerídeos em forragens e como triglicerídeos em alimentos concentrados. O ambiente ruminal é responsável por algumas transformações nos lipídeos da dieta, alterando com isso sua composição e perfil de ácidos graxos

que chega ao duodeno. Estas alterações são decorrentes principalmente da lipólise e biohidrogenação. Os ácido graxos linoléico e α -linolênico são precursores dos ácidos graxos poliinsaturados (PUFA) ω -6 e ω -3 de cadeia mais longa, respectivamente. Estes ácidos não podendo ser biosintetizados em animais, incluindo o homem, e sendo necessários para a saúde, são considerados essenciais e, individualmente, tem diferentes efeitos na reprodução de ruminantes.

Palavras-chave: Bovinos, gordura protegida, nutrição

Fatty acid in ruminant nutrition and reproduction

Abstract

Among many factors that can affect the performance in cattle, nutrition is, perhaps, the one which has the most impact on them. Lots of researches have shown that the nutritional and metabolical conditions of the animals affect their reproductive functions. Energy is the main required nutrient by cows in reproduction work and the innadequate providing of it on their diets has shown deleterious effects on the efficacy of reproductive cows. Lipids in ruminant diets are present mainly in esterified form as mono and digalactoglycerídiums of fodder and as triglycerides concentrated food. The rumen environment is responsible for some changes in lipid diets, thereby altering its composition and fatty acid profile that comes to the duodenum. These changes are mainly due to lipolysis and biohydrogenation. The linoleic acid and α -linolenic acid are precursors of polyunsaturated fatty acids (PUFA) ω -6 and ω -3 longer-chain, respectively. These acids can not be biosynthesized in animals, including humans, and as they are necessary for health, they are considered essential and, individually, has different effects on reproduction in ruminants.

Keywords: Bovines, protect fatty, nutrition

Introdução

O consumidor brasileiro tem se tornado cada vez mais exigente em adquirir produtos com qualidade e de preferência que venha acompanhado com as novas “tendências” de saúde do mercado. Desta forma, tanto produtos vegetais (olericulturas, frutas, etc.) quanto produtos animais (carne, leite, etc.) têm passado por pequenas mudanças no processo de produção ou pelo menos na mentalidade do produtor, para que seu produto tenha melhor aceitabilidade no mercado, principalmente quanto a resíduos de agrotóxicos, antibióticos e hormônios, e especialmente na carne, a tão famosa gordura.

A gordura está sendo abolida das dietas por ser responsabilizada pelo excesso de colesterol, pelas doenças cardiovasculares, desordens metabólicas como o câncer, a diabetes, entre outras. No entanto, o mito da forte relação do consumo da carne bovina e injúrias à saúde humana não foi estabelecido por nenhuma pesquisa científica. Este mito desconsidera seu valor nutricional de elemento essencial para o funcionamento normal do organismo, já existindo muitas provas científicas de que a total abstenção de ingestão de carne vermelha leva a distúrbios neurológicos por deficiência de vitaminas do complexo B. Com isso, não se pode confundir consumo de carne vermelha com consumo excessivo de gordura. A limitação da ingestão de gordura a 30% das calorias da dieta, sendo destas somente 10% de gorduras do tipo saturada (comum em alimentos de origem animal) não acarretou nem em diminuição de doenças cardiovasculares e obesidade mórbida, muito menos em aumento da expectativa de vida da população, induzindo-nos a acreditar que o consumo moderado de gordura não é tão prejudicial como se acreditava antigamente.

A partir destas controvérsias, as pesquisas científicas descobriram outras substâncias que influíssem de maneira benéfica na saúde humana, como por exemplo, as gorduras poliinsaturadas que podem auxiliar na prevenção de

diversas doenças. Estudos indicam que os ácidos graxos ômega-3 e ômega-6 atuam em diversas funções do organismo como controle da pressão sanguínea, frequência cardíaca, dilatação vascular, coagulação sanguínea e resposta imunológica (MAHAN, 1998) e indicam também que o aumento da proporção de ácidos graxos insaturados poderia ser benéfico para a regulação das funções celulares e possivelmente reverter os efeitos dos ácidos graxos saturados (JENKINS, 1993). Grande ênfase hoje em dia é dada ao ácido linoléico conjugado (CLA), o qual a grande importância deste se deve as suas propriedades especiais, que colaboram para a diminuição do colesterol, prevenção do diabetes, diminuição da aterogênese e ativação do sistema imune, principalmente contra ação de desenvolvimento de tumores (BAUMAN e KELLY, 1997).

DOMENE (2002) considera que a carne bovina é constituída por estruturas musculares e gordurosas, formando um conjunto de compostos que podem contribuir para a saúde humana. Cerca de 70% do conteúdo gorduroso da carne bovina (12-15% de ácido esteárico, 51% de monoinsaturada e 4% de poliinsaturada) contribuem de maneira benéfica quer seja para diminuir o colesterol total, ou para aumentar o colesterol bom (HDL), enquanto os outros 30% das gorduras saturadas restantes provocarão aumento do LDL, mas também aumentarão o HDL (MANELLA e BOIN, 2003).

Em vista destas afirmações, ultimamente tem se aumentado muito o número de pesquisas visando à suplementação animal, de modo que o tipo de dieta oferecida ao animal pode alterar os componentes lipídicos da carcaça e do leite, de diversas espécies, como por exemplo, aumentar as porcentagens de ácidos graxos, visando os efeitos benéficos destes compostos para a saúde humana.

Em adição, tem-se ainda o interesse deste suplemento de gordura, incrementando energia à dieta de matrizes de ruminantes para aumentar a densidade energética e conseqüentemente melhorar os índices reprodutivos. No

entanto, LUCY et al. (1992) sugerem que esta suplementação energética, para que se tenham resultados positivos na reprodução, deve ser direcionada para algumas fontes de ácidos graxos. De acordo com PETIT (2003) o tipo de ácido graxo na dieta é fator importante, uma vez que, diferentes ácidos graxos, não terão os mesmos efeitos na reprodução de vacas de leite.

Revisão de Literatura

Terminologia dos ácidos graxos

Os lipídios são compostos orgânicos encontrados em tecidos de plantas e animais constituindo-se de óleos ou gorduras (BONDI, 1987). O termo lípide é usado normalmente para indicar, de uma forma pouco exata, uma ampla variedade de produtos orgânicos que possuem a característica comum de não serem solúveis em água e sim em solventes apolares. Junto com as proteínas e os carboidratos, os lípidos são um dos mais importantes nutrientes, que fornecem ao corpo a energia e mantêm outros processos celulares vitais. Os principais lípidos incluem triglicerídeos, diglicerídeos, monoglicerídeos, ácidos graxos, colesterol, ésteres do colesterol e fosfolípidos (SALEM, 1999).

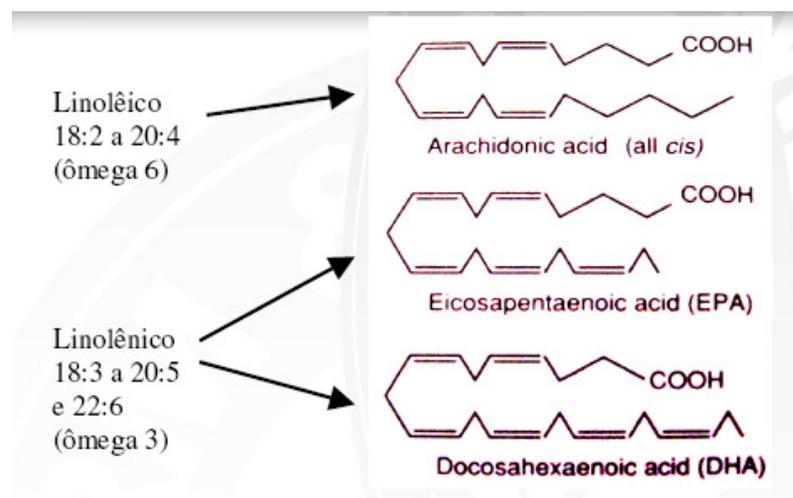
A gordura constitui a fração mais energética dos alimentos e, como os carboidratos, é composta de carbono (C), hidrogênio (H) e oxigênio (O), sendo a proporção dos dois primeiros (C e H) bem maior nas gorduras que nos carboidratos (SILVA, 1998).

Os lipídios ou gorduras são compostos de ácidos graxos, pertencentes, em grande número a dois grupos, o dos ácidos graxos insaturados e dos ácidos graxos saturados. O estado de saturação ou não-saturação é uma importante característica química, assim como nutricional.

Quimicamente, os lípidos são misturas de glicerídeos que, por sua vez, são estruturas formadas pela associação química entre o glicerol e uma, duas ou três

moléculas de ácidos graxos. A maior parte dos lípides contém uma ou mais moléculas de ácidos graxos como parte da sua estrutura química básica.

Os ácidos graxos estão formados de uma cadeia hidrocarbonada, variando no comprimento, de 2 a 20 ou mais átomos de carbono, com um grupo carboxílico (HO-C=O), solúvel em água, a um extremo da cadeia e um grupo metílico (CH₃) no outro (PETIT, 2003).



Fonte: Block, 2004

Figura I: Estrutura química dos ácidos Linolêico e Linolênico

Os ácidos graxos são, frequentemente, nomeados em forma abreviada de acordo com suas estruturas químicas e são classificados como saturados, monoinsaturados e poliinsaturados, dependendo do número de duplas ligações. Os saturados são aqueles sem duplas ligações e insaturados são aqueles com duplas ligações (FRANCO, 2001).

Existem diferentes famílias de ácidos graxos nos alimentos: omega-3, omega-6, omega-7 e omega-9. O mais comum sistema conhecido dos ácidos graxos é o chamado sistema omega. Este sistema tem os números de átomos de carbono em seqüência, começando do final metil. Outro comumente sistema

COSTA, R.L.D. e FONTES, R.S. Ácidos graxos na nutrição e reprodução de ruminantes. **PUBVET**, Londrina, V. 4, N. 24, Ed. 129, Art. 873, 2010.

usado, é o chamado delta, o qual começa com o final ácido e tem o número de átomos de carbono em direção inversa (PETIT, 2003).

O sistema usado para nomear os ácidos graxos considera o número de carbonos na cadeia, o número de duplas ligações na cadeia e onde na cadeia a primeira dupla ligação está locada com o final metil (PETIT, 2003). Como exemplo temos o ácido linoléico (C 18:2, omega 6), ou seja, 18 carbonos, 2 duplas ligações na cadeia com a primeira dupla ligação acontecendo entre o 6º. e 7º. carbono.

Ácido Linolêico (9cis-12cis)
11cis)

Ácido Linolêico conjugado (9cis-11cis)

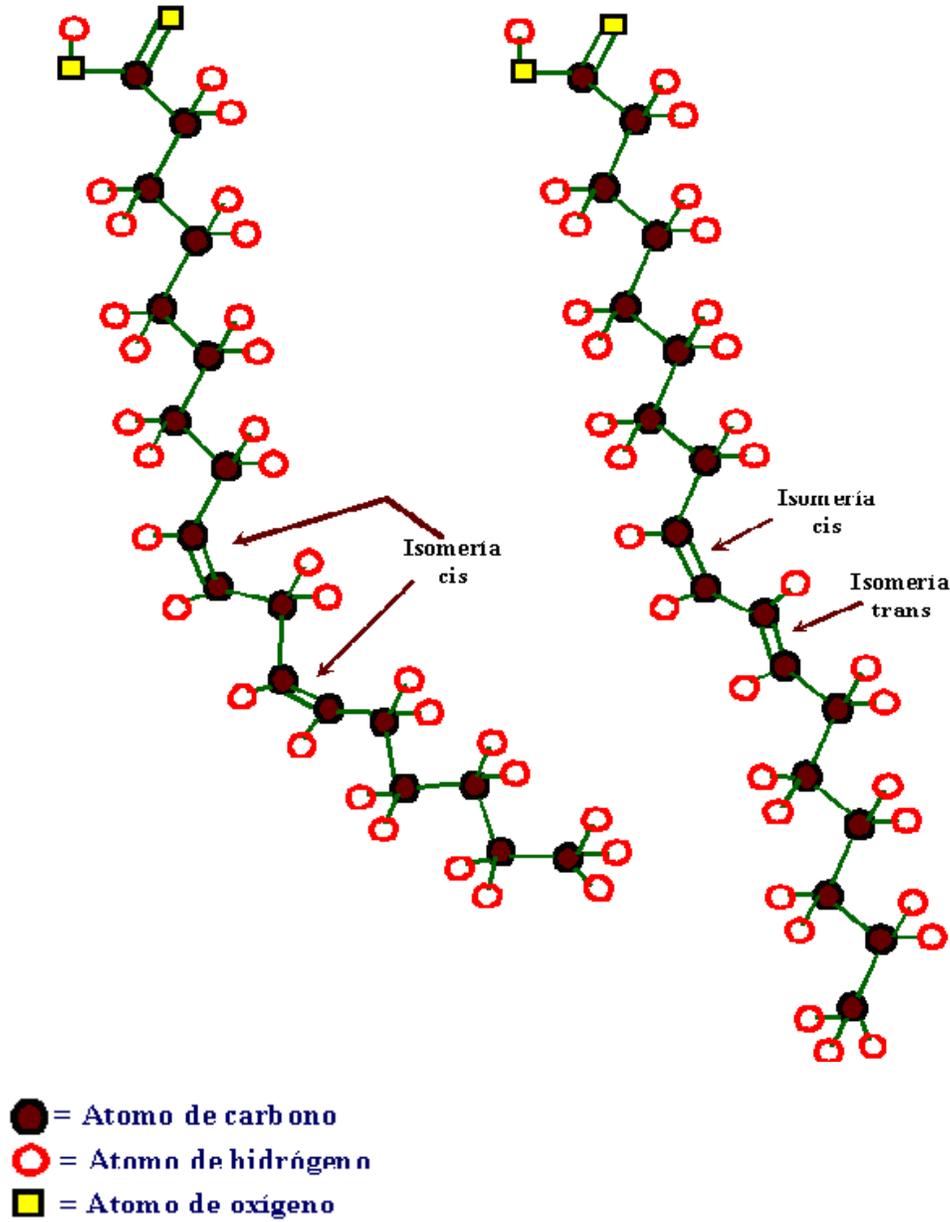


Figura II – Representação esquemática das ligações químicas dos ácidos Linolêico e Linolênico

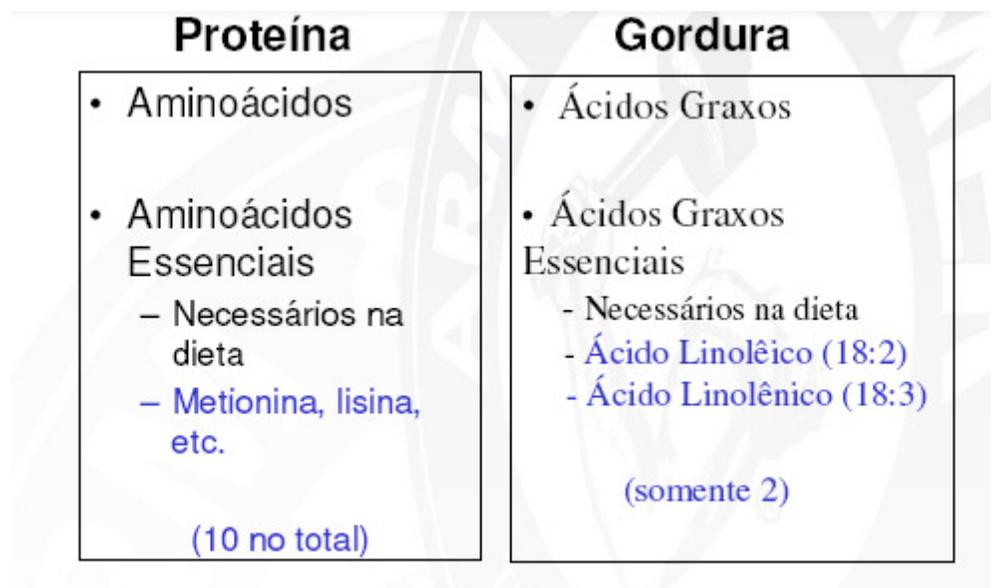
Tabela 1: Nome dos principais ácidos graxos

NOME COMUM	CÓDIGO	NOMENCLATURA
Ácidos graxos saturados de cadeia curta		
Butírico	C4:0	Butanóico
Ácidos graxos saturados de cadeia média		
Capróico	C6:0	Hexanóico
Caprílico	C8:0	Octanóico
Cáprico	C10:0	Decanóico
Láurico	C12:0	Dodecanóico
Ácidos graxos de cadeia longa		
Mirístico	C14:0	Tetradecanóico
Palmítico	C16:0	Hexadecanóico
Esteárico	C18:0	Octadecanóico
Palmitoléico	C16:1, n-7 cis	9-hexadecaenóico
Oléico	C18:1, n-9 cis	9-octadecaenóico
Elaídico	C18:1, n-9 trans	9-octadecaenóico
Linoléico	C18:2, n-6,9 cis	9,12-octadecadienóico
α-linolênico	C18:3, n-3,6,9 cis	9,12,15-octadecatrienóico
γ-linolênico	C18:3, n-6,9,12 cis	6,9,12-octadecatrienóico
Columbínico	C18:3, n-6 cis, 9 cis, 13 trans	5,9,12-octadecatrienóico
Ácidos graxos de cadeia muito longa		
Araquídico	C20:0	Eicosanóico
Behênico	C22:0	Docosanóico
Eicosenóico	C20:1, n-9 cis	11-eicosenóico
Erúcico	C22:1, n-9 cis	13-docosaenóico
Brassídico	C22:1, n-9 trans	13-docosaenóico
Cetoléico	C22:1, n-11 cis	11-docosaenóico
Nervônico	C24:1, n-9 cis	15-tetracosanóico
Dihomo- γ-linolênico	C20:3, n-6,9,12 cis	8, 11,14-eicosatrienóico
Araquidônico	C20:4, n-6,9,12,15 cis	5,8,11,14-eicosatetraenóico
Timnodônico	C20:5, n-3,6,9,12, 15 cis	5,8,11,14,17-eicosapentaenóico
Clupanodônico	C22:5, n-3,6,9,12,15 cis	7,10,13,16,19-docosapentaenóico
Docosahexaenóico	C22:6, n-3,6,9,12,15,18 cis	4,7,10,13,16,19-docosahexaenóico

Fonte: LINSCHER e VERGROESEN (1994)

Ácidos graxos essenciais

Os ácido graxos linoléico e α -linolênico são precursores dos ácidos graxos poliinsaturados (PUFA) ω -6 e ω -3 de cadeia mais longa, respectivamente. Estes ácidos não podendo ser biosintetizados em animais, incluindo o homem, e sendo necessários para a saúde, são considerados essenciais (EFA – do inglês “essential fatty acids”) (HORNSTRA, 2001).



Fonte: Block, 2005

Figura III: Ácidos graxos essenciais

No entanto, uma vez consumidos, os ácidos linoléico e α -linolênico podem ser alongados até cadeias de pelo menos 20 ou 22 carbonos. O ácido linoléico pode ser metabolizado em outros ácidos ω -6, incluindo os ácidos γ -linolênico, dihomo- γ -linolênico e araquidônico. O ácido α -linolênico é metabolizado em outros da série ω -3, entre eles o ácido eicosapentaenóico (EPA – C20:5) e o ácido docosahexaenóico (DHA – C22:6).

Funções das gorduras e dos ácidos graxos essenciais

A gordura está sendo abolida das dietas, por ser responsabilizada erroneamente pelo excesso de colesterol e pelas doenças cardiovasculares, num processo que desconsidera seu valor nutricional de elemento essencial para o funcionamento normal do organismo (AFERRI, 2003).

De acordo com GÓMEZ (2003) os lípides possuem um número grande de funções, entre elas:

- Energética: os lípides provêm uma energia de 9 calorias por grama, são armazenados pelo corpo, principalmente como triglicerídeos, até sua utilização;
- Estrutural: são um dos principais componentes das membranas celulares e são vitais para manter a integridade celular, forma, flexibilidade e permeabilidade;
- Processos fisiológicos: são decisivos para o funcionamento de cada órgão e tecido, por estarem diretamente envolvidos na produção de eicosanóides (substâncias parecidas aos hormônios, que regulam muitos sistemas do organismo). Participam na manutenção da parede vascular e nas respostas imunes;
- Absorção de vitaminas: atuam como transportadores de vitaminas lipossolúveis (A, D, E e K), ajudando na sua absorção;
- Palatabilidade: proporcionam aos alimentos sabor, odor e textura, além de darem a sensação de saciedade.

As gorduras poliinsaturadas, por exemplo, podem auxiliar na prevenção de diversas doenças. Estudos indicam que os ácidos graxos ômega-3 e 6 atuam em diversas funções do organismo como controle da pressão sanguínea, frequência cardíaca, dilatação vascular, coagulação sanguínea e resposta imunológica (MAHAN, 1998) e indicam também que o aumento da proporção de ácidos graxos

insaturados poderia ser benéfico para a regulação das funções celulares e possivelmente reverter os efeitos dos ácidos graxos saturados (JENKINS, 1993).

Os ácidos graxos da série ômega-3 são responsáveis, segundo KINSELLA et al. (1990), pela redução na incidência de doenças cardiovasculares, prevenção da aterosclerose e trombose, resultante da modificação do metabolismo dos lipídeos e lipoproteínas no sangue.

O ácido graxo linoléico conjugado (CLA) é um anticarcinogênico de ocorrência natural, encontrado na gordura do leite e gordura corporal de ruminantes. Os produtos derivados do leite são as maiores fontes de CLA na dieta de humanos, e o enriquecimento do leite com CLA pode ser bastante interessante pelos benefícios para saúde dos consumidores (DE LUCA e JENKINS, 2000). O perfil destes ácidos graxos no leite, pode ser alterado por modificações no padrão de fermentação ruminal, espécies de bactérias ruminais e suplementação de CLA e trans-11 C18:1 na dieta (KALSCHEURET et al., 1997a; CHOUINARD et al., 1999; ROMERO et al., 2000).

A utilização de fontes de gordura é uma prática nutricional que vem sendo bastante utilizada e pode proporcionar diversos benefícios nutricionais para vacas de alta produção. A gordura pode aumentar a densidade energética da dieta, melhorar a eficiência energética de produção de leite (SMITH, 1990), conter ácidos graxos essenciais e melhorar a absorção de compostos lipossolúveis (CHURCH, 1988).

Quando pensamos em produção de carne, a gordura também é um nutriente fundamental e importante componente do sistema de produção, pois a eficiência de produção, a precocidade, o acabamento da carcaça, os rendimentos de cortes, a maciez e a suculência do produto estão relacionados à quantidade e local de deposição de gordura (BERNDT et al., 2002).

Há indícios que o tipo de dieta fornecida ao animal altera a composição de lipídios da carcaça e do leite de bovinos, o que permitiria manipular a composição

da fração gordurosa dos produtos de origem animal, tornando-os "produtos nutracêuticos" (alimentos com propriedades medicinais), com um maior valor de mercado (MEDEIROS, 2002).

Outros lípidos, embora presentes em quantidades relativamente pequenas, participam de papéis importantes como cofatores enzimáticos, carregadores de elétrons, pigmentos, agentes emulsificantes, hormônios e mensageiros intracelulares (LEHNINGER et al., 1993).

Fontes de ácidos graxos na alimentação animal

Os óleos e as gorduras são amplamente utilizados na alimentação animal (ANDRIGUETTO et al., 1988), sendo que nos ruminantes a gordura tem grande influência sobre o equilíbrio ruminal, deprimindo a atividade de microrganismos celulolíticos (EZEQUIEL, 2001). De acordo com HIGHTSHOE et al. (1991) em função de muitos trabalhos que descrevem como a adição de gordura diminui a ingestão e a eficiência na utilização da fibra, o uso de fontes convencionais de gordura tem sido pequeno.

Segundo ZINN (1989) a principal diferença entre as fontes comerciais de óleos está relacionada com sua influência sobre a digestão ruminal da fibra e os produtos finais da fermentação. De acordo com MEDEIROS (2002) o efeito depende da forma como a gordura é oferecida. Óleos vegetais são mais inibitórios que gordura de origem animal (sebo) por serem mais insaturados. Grãos de oleaginosas seriam ainda menos inibitórios em função de o grão servir como uma proteção para a gordura contida nele evitando o contato de parte desta com o conteúdo ruminal.

O conteúdo de gordura das forragens e de vários grãos embora sejam usualmente baixo, possuem altas proporções de ácidos graxos poliinsaturados, em particular, os ácidos linolênico e linoléico (TUME, 2003).

Nos vegetais, os triglicerídeos estão presentes principalmente nas sementes, enquanto que, nas folhas, os lipídeos se apresentam principalmente na forma de galactolipídeos, compostos de galactose, glicerol e ácidos graxos insaturados. Os galactolipídeos são típicos de folhas metabolicamente ativas, e diminuem com a idade da folha e com a redução da relação folha:caule (VAN SOEST, 1994).

BAUCHART et al. (1984) demonstraram que gramíneas temperadas continham de 1 a 3 % de ácidos graxos, sendo que os valores mais elevados foram observados na primavera e outono. O'KELLY e REICH (1976) mostraram que as forrageiras tropicais têm um perfil de ácidos graxos bastante diferente das de clima temperado. Esses autores demonstraram que algumas gramíneas tropicais, como o *Panicum maximum* cv. Tricoglume, têm como principal ácido graxo o C16:0 (30%), ainda que as concentrações de C18:2 (28%) e C18:3 (23%) sejam também altas.

Pode-se observar um forte contraste entre as fontes animais, mais saturadas, e as vegetais, mais insaturadas. No caso das fontes vegetais, elas se destacam pelo conteúdo de ácidos graxos poliinsaturados, sendo que há grande variação entre as fontes na composição deste grupo de ácidos graxos. As fontes mais comuns de gordura em dietas de ruminantes no Brasil, os grãos de soja, de algodão e de milho, têm como principal ácido graxo o ácido linoléico, com a soja tendo ainda um dos valores mais elevados de ácido linolênico, cuja principal fonte é o óleo de linhaça (MEDEIROS, 2002).

Tabela 2: Composição de ácidos graxos para a semente de linhaça e óleo de soja

Ácido Graxo	Semente de linhaça	Óleo de Soja
C16	5,67	11,0
C18	4,15	3,80
C18:1	16,07	23,30
C18:2	17,83	54,50
C18:3	53,83	5,90

Fonte: HAGEMEISTER et al., 1991; CHOUINARD et al., 2001

As principais fontes de ácidos graxos de cadeia curta são os óleos de algodão e de palma (PETIT, 2003). De acordo com esse mesmo autor, todas as fontes de gorduras contêm ácidos graxos de cadeia longa, sendo as principais fontes de ácido linolênico (C18:3) as sementes de linhaça, canola, soja grão, nozes e forragens verde-escuras. Ácidos graxos omega-3 são também encontrados em peixes de água fria e de água salgada (salmão, trutas, sardinhas, etc.).

As principais fontes de ácido linoléico (C18:2 ômega-6) são sementes de girassol, soja grão, nozes, semente de gergelim e de linhaça. Por outro lado, o ácido dihomogama-linolênico (C20:3 ω 6) é encontrado em leite materno, enquanto que o ácido araquidônico ocorre principalmente em carnes e produtos animal (PETIT, 2003).

Tabela 3: Comparação da composição de ácidos graxos em alguns óleos comestíveis (% ácidos graxos)

Óleo	C18:0	C18:1	C18:2	C18:3
Amendoim	2	47	32	0
Canola	2	64	19	8
Semente de algodão	25	21	50	0
Semente de linhaça	4	19	14	58
Milho	2	25	60	1
Sebo	15	41	8	1
Peixe	2	25	4	45
Castanha	6	4	14	43
Oliva	2	76	8	0
Palma	4	39	10	1
Gergelim	2	42	45	0
Soja grão	4	24	53	7
Girassol	5	20	69	0

Fonte: Adaptado de ERASMUS (1993)

Lipólise e biohidrogenação

Os óleos e as gorduras são amplamente utilizados na alimentação animal (ANDRIGUETTO et al., 1988), sendo que nos ruminantes a gordura tem grande influencia sobre o equilíbrio ruminal, deprimindo a atividade de microrganismos celulolíticos (EZEQUIEL, 2001).

Os lipídeos em dietas de ruminante estão presentes principalmente na forma esterificada como mono e digalactoglicerídeos em forragens e como triglicerídeos em alimentos concentrados. Segundo PALMQUIST e JENKINS (1980) cerca de 3 a 5% de gordura pode ser adicionada à dieta para aumentar a ingestão de energia em vacas de alta produção e/ou reduzir o consumo de amido, possibilitando aumentar assim a relação forragem: concentrado da dieta reduzindo a incidência de distúrbios na fermentação ruminal, o que pode ter reflexos positivos na produção de gordura do leite.

Em função de muitos trabalhos que descrevem como a adição de gordura diminui a ingestão e a eficiência na utilização da fibra, o uso de fontes convencionais de gordura tem sido pequeno (HIGHTSHOE et al., 1991). Segundo ZINN (1989) a principal diferença entre as fontes comerciais de óleos está relacionada com sua influência sobre a digestão ruminal da fibra e os produtos finais da fermentação. O valor de energia líquida do lipídio é uma função do nível de sua ingestão e da digestibilidade intestinal, sendo que a diminuição da biohidrogenação ruminal aumenta a digestibilidade intestinal do lipídio. De acordo com MEDEIROS (2002) o efeito depende, também, da forma como a gordura é oferecida. Óleos vegetais são mais inibitórios que gordura de origem animal (sebo) por serem mais insaturados. Grãos de oleaginosas seriam ainda menos inibitórios em função do grão servir como uma proteção para a gordura contida nele evitando o contato de parte desta com o conteúdo ruminal.

O ambiente ruminal é responsável por algumas transformações nos lipídeos da dieta, alterando com isso sua composição e perfil de ácidos graxos que chega

ao duodeno. Estas alterações são decorrentes principalmente da lipólise e biohidrogenação.

A lipólise e a taxa de hidrogenação variam com a qualidade da forragem, área de superfície das partículas de alimento no rúmen e modificações estruturais da molécula de lipídeos que inibem o ataque pela isomerase bacteriana (JENKINS, 1993).

No rúmen ocorre uma extensiva hidrólise dos lipídeos esterificados da dieta, onde triglicerídeos, galactolipídeos e fosfolipídios pela ação de lipases dos microrganismos, liberam ácidos graxos livres permitindo que a galactose e o glicerol sejam fermentados a ácidos graxos voláteis. A lipólise corresponde ao início do processo de metabolismo dos lipídeos no rúmen, sendo imprescindível para que ocorra a biohidrogenação (HARFOOT e HAZLEWOOD, 1988).

Os ácidos graxos poliinsaturados, principalmente os ácidos linoléico e linolênico, liberados pela quebra da ligação éster são hidrogenados pelas bactérias, produzindo primeiro o ácido monoenóico e, finalmente, o ácido esteárico (BONDI, 1987).

Segundo CHURCH (1988) nem todas as bactérias possuem atividade lipolítica, o mesmo acontecendo para os protozoários do rúmen. As taxas de lipólise e biohidrogenação são menores em situações de alta concentração de grão na dieta, resultando num maior escape de ácidos graxos insaturados. A extensão da lipólise é dependente também da natureza do lipídeo da dieta, sendo que óleos de plantas, assim como óleo de linhaça, são quase que completamente hidrolisados (em torno de 90%) enquanto que os óleos de peixes tendem a ser menos hidrolisados (em torno de 50%).

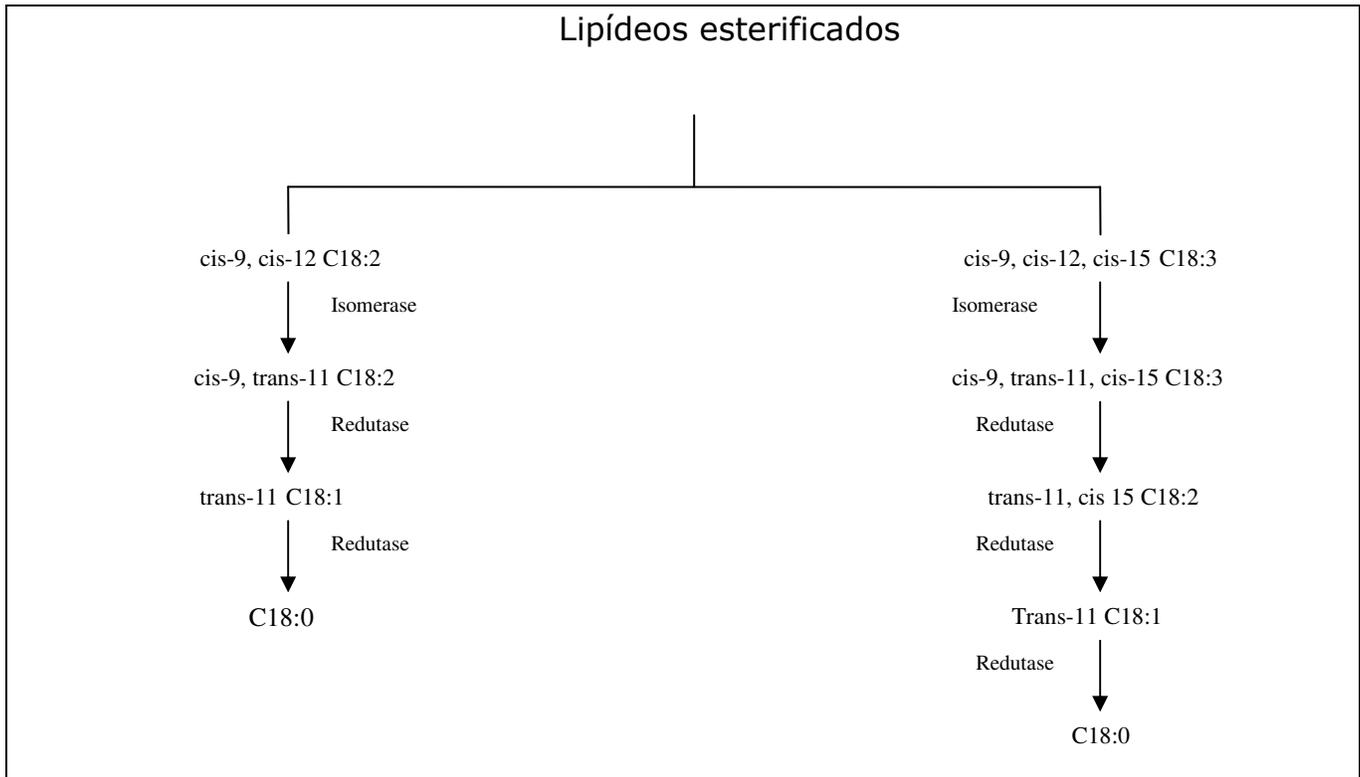
PALMQUIST e JENKINS (1980) citam que as bactérias celulolíticas por serem as mais afetadas pela suplementação com gordura seja os microrganismos responsáveis pela biohidrogenação. No entanto, AVILA et al. (2000) utilizando sebo e óleo vegetal proveniente de resíduos de frituras de restaurantes como

fonte de gordura, encontraram um aumento na extensão da biohidrogenação de ácidos graxos C18, indicando um metabolismo normal dos microrganismos ruminais. Em revisão realizada por HARFOOT e HAZLEWOOD (1988) a adição de carboidratos rapidamente fermentáveis no rúmen não inibiu as taxas de lipólise e biohidrogenação, mas a substituição de fibra por amido resultou na redução dessas taxas, sugerindo também a ação dos microrganismos celulolíticos na biohidrogenação.

A biohidrogenação tem um papel de proteção para os microrganismos do efeito tóxico exercido pelos ácidos graxos insaturados (CZERKAWSKI e CLAPPERTOONN, 1984).

De acordo com DEMEYER e DOREAU (1999) as bactérias responsáveis pela biohidrogenação podem ser divididas em dois grupos, A e B. O grupo A é responsável pela biohidrogenação do ácido linoléico (C18:2) e ácido linolênico (C18:3) a ácido transvacênico (trans-11 C18:1), com pequenas quantidades de outros isômeros. Este grupo parece ser incapaz de biohidrogenar AG C18:1 a ácido esteárico (C18:0). As bactérias do grupo B, ao contrário das do grupo A, são capazes de biohidrogenar uma grande extensão de cis e trans C18:1 a C18:0.

O passo inicial para a biohidrogenação é uma reação de isomerização que converte a dupla ligação cis-12 no ácido graxo insaturado para o seu isômero trans-11. A isomerase não é funcional a menos que o ácido graxo tenha um grupo carboxila livre, o que ocorre no caso de ácidos graxos poliinsaturados assim como C18:2. A extensão na qual trans-11 C18:1 é hidrogenado a C18:0 depende das condições do rúmen (JENKINS, 1993; DEMEYER e DOREAU, 1999).



Fonte: HARFOOT e HAZLEWOOD, 1988

Figura IV: Representação esquemática da lipólise de lipídeos esterificados

Coppock e Wilks (1991) afirmaram que o fornecimento de lipídios provenientes de sementes de oleaginosas compreende uma liberação lenta da gordura durante o decorrer de todo o dia, devido à regurgitação e remastigação das sementes. Este fato permitiria a ação dos microrganismos ruminais em hidrogenar as ligações duplas dos ácidos graxos insaturados, impedindo o efeito inibidor da gordura sobre a digestibilidade da fibra.

BEAM et al. (2000) destacam que o rúmen é um obstáculo a ser transposto pelos ácidos graxos insaturados para que possam ser digeridos e absorvidos no intestino delgado.

Os estudos sobre metabolismo lipídico no rúmen, têm se concentrado principalmente na manipulação dos fenômenos físico-químicos do rúmen com dois objetivos: controlar os efeitos antimicrobianos dos ácidos graxos, de forma que a

gordura adicional possa ser empregada na alimentação de ruminantes, sem prejuízo da digestão e da fermentação ruminal, e regular a biohidrogenação microbiana para controlar a absorção de determinados ácidos graxos (JENKINS, 1993).

Desta forma, o desenvolvimento dos sais de cálcio de ácidos graxos de cadeia longa ou gordura inerte no rúmen ou ainda, gordura protegida permitiu a passagem dos lipídios pelo rúmen sem que sofressem biohidrogenação ou lipólise.

Gordura inerte no rúmen

O termo gordura inerte no rúmen refere-se à redução do efeito negativo que certos lipídeos exercem sobre o metabolismo de protozoários e bactérias no rúmen (SMITH, 1990), onde o grau de proteção dos lipídeos deve ser suficiente para minimizar possíveis efeitos sobre a atividade ruminal.

A proteção da gordura pode vir dos complexos de gordura com sais de cálcio ou da gordura com proteína protegida que são quimicamente indisponíveis para a biohidrogenação ruminal ou das sementes oleosas que são fisicamente protegidas da biohidrogenação pelas cascas de suas sementes.

A união de sais de cálcio juntamente com ácidos graxos de cadeia longa (cálcio saponificado) vem sendo muito utilizada como fonte de energia em dietas de vacas em lactação. Este composto se mantém relativamente inerte no rúmen, em condições normais de pH, mas se dissocia completamente nas condições ácidas do abomaso (JENKINS e PALMQUIST, 1984). Segundo estes mesmos autores, a incorporação destes produtos em dietas de vacas em lactação sugere que os lipídios que escapam da fermentação ruminal aumentam a densidade energética da dieta sem afetar a utilização da forragem.

A utilização de ácido graxos inertes no rúmen, como os sais de cálcio, é um recurso que pode ser empregado para evitar ou reduzir as modificações na composição dos ácidos graxos resultantes do metabolismo ruminal (CHOUINARD

et al., 2001). Porém, apenas em situações de alto pH ruminal não ocorre a dissociação dos sais de cálcio de ácidos graxos insaturados e estes são então parcialmente protegidos da biohidrogenação pela ausência de um grupo carboxila livre. Portanto, para se obter uma maior eficiência de proteção dos sais de cálcio de ácidos graxos insaturados é necessário manter um pH relativamente alto através da utilização de agentes alcalinizantes ou substâncias tamponantes, aumento da frequência da alimentação ou fornecimento dos sais de cálcio após a alimentação.

A adição de óleos (como óleo de milho ou de soja) ou fontes de gordura protegida (gordura protegida com caseína/formaldeído ou com sais de cálcio, como os produtos comerciais Megalac[®] LAC100[®]) aumenta o suprimento de ácidos graxos insaturados.

HILL e WEST (1991) acrescentaram 4,5% de Megalac[®] em dietas à base de milho para animais em terminação, e observaram aumento das quantidades plasmáticas de ácido palmítico, palmitoléico, oléico e linoléico depois de 41 dias de alimentação. A composição de ácidos graxos do Megalac[®] é de cerca de 87% de ácidos palmítico e oléico, sugerindo, portanto, que estes ácidos escaparam da biohidrogenação ruminal.

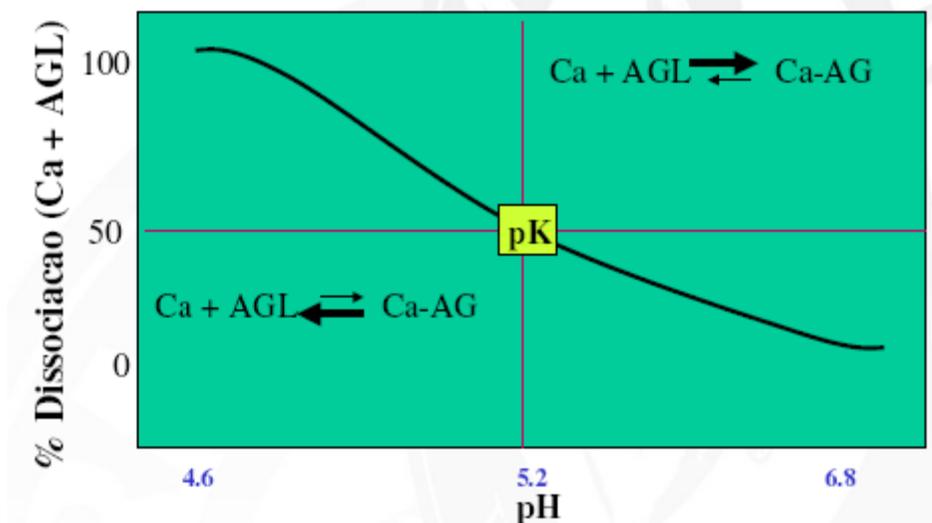
Digestão e absorção intestinal

Nos ruminantes a maior parte dos lipídeos que chegam ao duodeno está na forma de ácidos graxos não esterificados, altamente saturados e ligados não ionicamente às partículas dos alimentos como um complexo não solúvel (CHURCH, 1988).

Apesar das alterações ocorridas nos lipídeos da dieta pelo metabolismo ruminal a composição dos lipídeos da dieta (PALMQUIST, 1991) assim como a forma de apresentação da gordura (BAUCHART, 1993) pode afetar a digestibilidade intestinal dos ácidos graxos. O grau de insaturação é

provavelmente a mais importante característica que influencia a digestibilidade, provavelmente por afetar a formação de micelas e o movimento dos ácidos graxos através da camada de água adjacente as microvilosidades do intestino delgado ou por serem reesterificados mais rapidamente dentro do enterócito facilitando sua remoção do citosol aumentando com isso a taxa de absorção.

Normalmente, o coeficiente de absorção intestinal de ácidos graxos varia de 80%, para ácidos graxos saturados, a 92%, para ácidos graxos insaturados, em dietas convencionais com baixo teor de gordura (2 a 3% na matéria seca) (BALCHART, 1993).



Fonte: Block, 2004

Figura V: Grau de dissociação e pH dos sais de cálcio de ácidos graxos

Ácidos graxos e reprodução animal

Dentre os inúmeros fatores que afetam o desempenho reprodutivo de bovinos, a nutrição é talvez aquele que tem o maior impacto. Inúmeras pesquisas têm demonstrado que o estado nutricional e metabólico do animal afeta as suas funções reprodutivas. As relações entre a nutrição e a reprodução em bovinos de

leite e de corte tem sido o tópico de muitas revisões na literatura (SANTOS e AMSTALDEN, 1998; STAPLES et al., 1997)

A energia é o principal nutriente requerido por vacas em reprodução, e o fornecimento inadequado na dieta tem efeitos deletérios sobre a eficiência reprodutiva de fêmeas bovinas. Vacas que estão em balanço negativo de energia líquida têm menores níveis plasmáticos de glicose, insulina e fator de crescimento semelhante à insulina-1; tem uma menor frequência de pulsos de hormônio luteinizante; possuem baixas concentrações de progesterona no plasma; e apresentam alterações na atividade ovariana. Ainda segundo este autor, a ingestão insuficiente de energia está correlacionada com baixo desempenho reprodutivo, atraso na idade à puberdade, atraso no intervalo da primeira ovulação e cio pós-parto, e redução nas taxas de concepção e de prenhez em vacas de corte e de leite.

Segundo TATCHER et al. (2002) foram elaboradas estratégias interessantes para integrar o manejo nutricional ao reprodutivo. De acordo com estes autores, é possível incluir gorduras à dieta das vacas no início do período pós-parto objetivando minimizar as diferenças entre o consumo e a produção de energia. Nos ruminantes, a absorção do total de ácidos graxos é linear até 1200 g/dia, o que corresponde a aproximadamente 6% do consumo de matéria seca (CMS). Dietas comuns sem suplementação de gordura contêm cerca de 2 a 3% desse item. Portanto, há bastante espaço para aumentar o uso de gordura nas dietas, sem perda da eficiência (STAPLES et al., 1998). Como a gordura é um nutriente com alto valor energético, é provável que sua suplementação aumente o status energético da vaca. Porém, isso não foi observado em muitos casos. Muitas vezes, o status energético não é afetado, pois o CMS cai ou a produção de leite aumenta. Entretanto a suplementação de gordura mostrou-se eficaz na melhora do desempenho reprodutivo de vacas leiteiras em lactação.

No entanto, LUCY et al. (1992) sugeriram que o tipo de ácido graxo colabora muito mais para a melhoria da eficiência reprodutiva do que propriamente a energia adicional provida dos ácidos graxos. De acordo com PETIT (2003) recentemente, novas informações têm sido publicadas demonstrando que o tipo de dieta de ácidos graxos é importante, uma vez que, ácidos graxos individuais tem diferentes efeitos na reprodução de vacas de leite.

Segundo THATCHER et al. (2002) os ácidos graxos essenciais (AGE) têm sido considerados nutrientes chaves para se conseguir um ótimo desempenho reprodutivo. Estes autores citam um antigo trabalho de Burr e Burr (1930), no qual, ratos receberam uma dieta livre de gorduras, resultando na interrupção do crescimento e, na maioria deles, da anovulação ou ovulação irregular. Em seguida, quando receberam suplementação com óleo de milho, de oliva, de semente de linhaça ou óleo de coco, na dosagem de aproximadamente 1% da MS da dieta, houve uma rápida expressão do estro, com exceção do óleo de coco. De acordo com os autores, o óleo de coco não continha C18:2, enquanto os outros continham entre 41% (de milho) e 7% (de oliva).

Tem sido demonstrado que a adição de gordura às dietas de vacas de leite e de corte aumenta o nível de colesterol no plasma, e a concentração de colesterol no fluido folicular e no corpo lúteo (STAPLES et al., 1998). O aumento no nível de colesterol plasmático em bovinos deve-se principalmente ao aumento do nível de lipoproteínas de alta densidade (HDL) (GRUMMER e CARROL, 1991). De acordo com estes autores, a hipercolesterolemia pode aumentar a concentração plasmática de progesterona em bovinos. Entretanto, o mecanismo parece estar associado com a taxa de metabolização de progesterona, e não com a sua síntese pelo CL (HAWKINS et al, 1995).

Esta afirmação poderia explicar a razão pela qual vacas de leite e de corte têm maiores níveis de progesterona no plasma, sem efeito no número ou no

tamanho do corpo lúteo, quando são alimentadas com dietas com adição de gordura (GARCIA-BOJALIL et al., 1998b; LAMMOGLIA et al., 1997).

De acordo com PETIT (2003) o colesterol serve como um precursor para a síntese de progesterona pelas células luteais ovarianas. Secreção de progesterona é a principal função do corpo lúteo. A progesterona não somente prepara o útero para implantação do embrião, mas também ajuda na manutenção da gestação por providenciar nutrição para o concepto. O sucesso de estabelecer e manter uma prenhez requer a manutenção através da secreção da progesterona no período crítico de reconhecimento maternal da prenhez quando a luteólise ocorre na vaca não prenhe.

Durante os primeiros estágios da gestação, o embrião recém-formado sinaliza bioquimicamente que ele está presente no útero ao redor dos dias 16 ou 17 do ciclo estral (THATCHER et al., 1997). Este sinal evita que o endométrio libere PGF2a, o que mantém o CL ativo. De acordo com PETIT (2003) cerca de 25 a 55% dos embriões morrem no começo da gestação.

O fornecimento de ácidos graxos que inibem a liberação de PGF2a, pelo útero pode melhorar o mecanismo de preservação embrionária, o que por sua vez pode beneficiar as taxas de concepção do rebanho.

Aumentos na fertilidade do rebanho têm sido associados com uma concentração mais alta de progesterona durante as fases luteais anterior e posterior à inseminação (BRITT et al., 1996; GRUMMER e CARROLL, 1991).

Em um estudo envolvendo 426 vacas de leite lactantes, exames de sangue foram feitos nos dias 58 e 72 pós-parto para as vacas multíparas e primíparas respectivamente, para análise de progesterona. As vacas foram acasaladas 3 dias após a sincronização de estro, sendo que a taxa de concepção aumentou em 1,44% para cada 1 ng/ml a mais de progesterona no plasma (STAPLES et al., 1997).

Segundo PETIT (2003) aumento da progesterona sugere que a função luteal é aumentada pela gordura da dieta. Dinâmica na secreção de progesterona também parece importante para o desenvolvimento do concepto e secreção de interferon-t, o qual é secretado pelo embrião para reconhecimento da gestação pela mãe.

SPICER et al. (1993) sugerem que aumentos na taxa de concepção poderia ser resultado de um aumento na concentração de colesterol no plasma. Porém, em trabalho realizado por PETIT et al. (2001), isto não foi observado. No caso, vacas alimentadas com sementes de linhaça tratadas com formaldeído, tinham menores concentrações de colesterol no plasma e melhores taxas de concepção do que vacas alimentadas com Megalac[®] (Church and Dwight Co., Inc., Princeton, NJ).

Ovelhas adultas receberam infusão intravenosa de solução salina, óleo de soja ou óleo de oliva por 5 horas entre os dias 9 e 13 do ciclo estral. O colesterol foi aumentado pela infusão de gordura, sendo que, o óleo de oliva foi mais efetivo do que o óleo de soja (127, 141 e 153 mg/dl de colesterol para solução salina, óleo de soja e óleo de oliva, respectivamente) (BURKE et al., 1996). No entanto, de acordo com os autores, o óleo de soja resultou em uma maior resposta de progesterona do que o óleo de oliva, depois de 2 horas da infusão, concluindo que o maior aumento de colesterol não coincidiu com o maior aumento da concentração de progesterona.

Gorduras suplementares são prováveis que afetem a fertilidade porque os ácidos graxos são os precursores das prostaglandinas e, via colesterol, dos hormônios esteróides (PETIT, 2003).

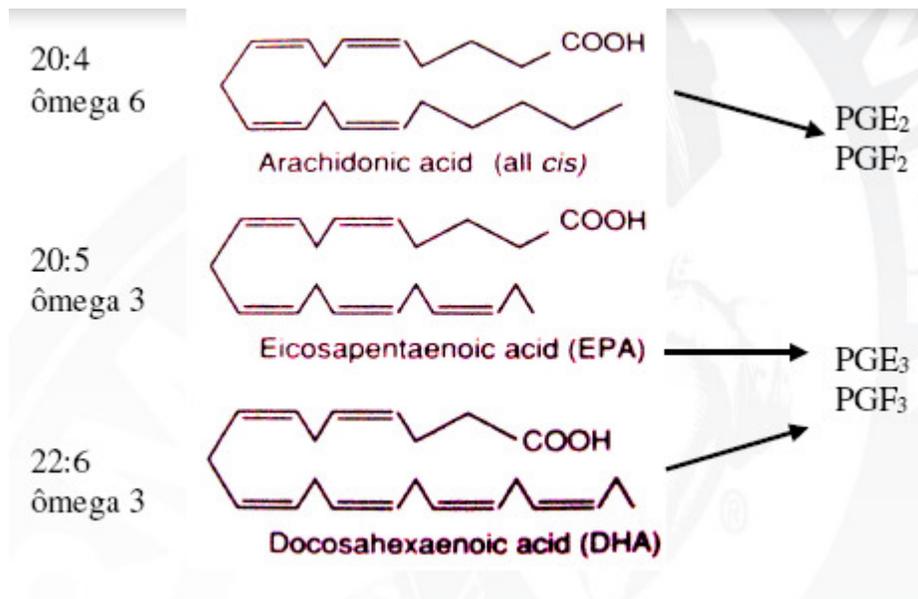
Tabela 4. Efeito da suplementação com gordura sobre a concentração de progesterona plasmática em vacas de leite e de corte.

Medida P4	Controle progesterona	Gordura ng/ml	P<	Referência
Vacas de Leite				
Pico de P4	6,0	8,1	0,08	Garcia-bojalil et al., 1998
Semanas 5 a 12 pós-parto	4,5	6,0	0,05	Spicer et al., 1993
Dias de 1 a 12 do ciclo estral	4,2	5,2	0,05	Lucy et al., 1993
Dias 9 a 15 do ciclo estral	6,6	7,7	0,05	Carroll et al., 1992
Vacas de Corte				
Pico de P4 durante o 1º. Ciclo estral	15,5	14,2	NS	De Fries et al., 1998
Dia 5 do 2º. Ciclo estral	<2,6	>4,0	0,01	Lammoglia et al., 1997
Dias 12 a 13 do ciclo estral	5,8	11,8	0,02	Hawkins et al., 1995

Em estudo realizado por MATTOS et al. (2001), a concentração plasmática do PGFM aumentou drasticamente até atingir cerca de 2200 pg/ml por volta do dia 1 pós-parto. Esse aumento está associado à regressão do CL da prenhez e à regressão do útero pós-parto. De acordo com GUILBAULT et al (1984) o principal tecido uterino que produz a PGF2a é o da carúncula, sendo o metabólito PGFM produzido tanto no útero como no pulmão, onde a PGF2a é metabolizada. De acordo com MATTOS et al. (2001) nas duas semanas seguintes, a concentração do PGFM voltou gradativamente aos níveis da concentração basal.

Existem duas principais famílias de ácidos graxos, ômega-3 e ômega-6, que podem afetar a fertilidade. O ácido linoléico (C18:2n-6) é convertido em ácido araquidônico (C20:4n-6), o qual é precursor das prostaglandinas da série 2 (dienóicas), como por exemplo a PGF 2 α . As mesmas enzimas elongases e desaturases também convertem o ácido α -linolênico (C18:3n-3) em ácido

eicosapentaenóico (EPA, C₂₀:5n-3), precursor das prostaglandinas da série 3 (trienóicas), como as PGF_{3α} (ABAYASEKARA e WATHES, 1999).



Fonte: Block, 2004

Figura VI: Produção das diferentes séries de prostaglandinas

Os ácidos graxos poliinsaturados de cadeia longa, eicosapentaenóico (C₂₀:5n-3) e docosahexaenóico (C₂₂:6n-3), agem como inibidores competitivos durante o metabolismo do ácido araquidônico pela enzima prostaglandina sintase no processo de síntese das prostaglandinas. A inibição da produção do ácido araquidônico pode também ocorrer ao nível da enzima Δ-6-dessaturase (STAPLES et al., 1998). Em estudos com vacas de leite, a presença destes ácidos graxos na dieta inibiu a síntese de PGF_{2α} pelo endométrio uterino (COELHO et al., 1997; THATCHER et al, 1997).

Embora o ácido docosahexanóico (C22:6) não seja um substrato para a prostaglandina endoperóxido sintase (PGHS), trata-se de um forte inibido da atividade dessa enzima (THATCHER et al, 1996).

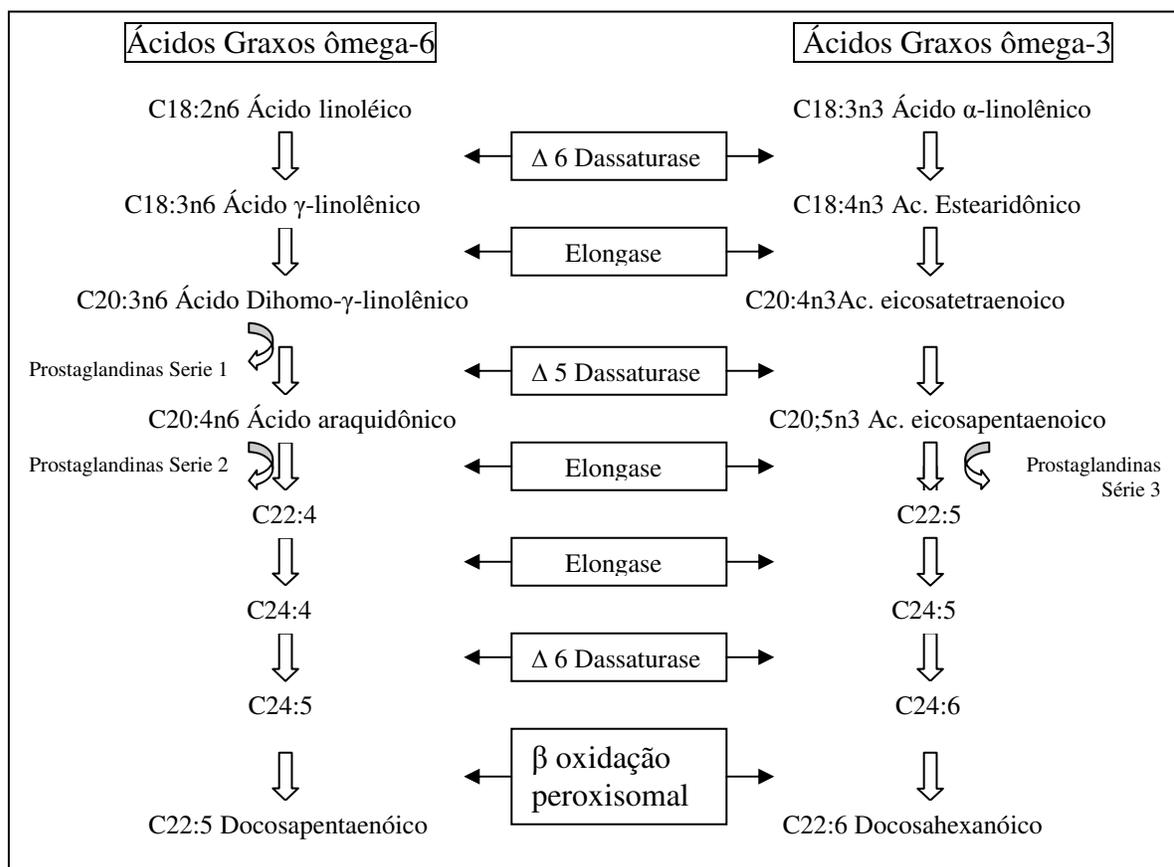
Portanto, quando aumenta o consumo de ácido α -linolênico (C18:3) ou ácido eicosapentaenóico (C20:5), pode cair a conversão de ácido araquidônico (C20:4) em PGF2a. Além disso, o aumento da presença de ácido eicosapentaenóico (C20:5) e ácido docosahexanóico (C22:6) pode inibir a síntese de ácido araquidônico a partir do ácido linoléico (C18:2), através da inibição das enzimas de dessaturação e alongamento necessárias para a conversão (MATTOS et al., 1999).

Além disso, os ácidos graxos ômega 3 podem desalojar o ácido araquidônico nos fosfolipídios das membranas celulares, reduzindo-se assim a sua disponibilidade (HOWIE et al., 1992).

COELHO et al. (1997) alimentaram 15 vacas de leite primíparas, com média de 83 dias em lactação, com farinha de peixe. Estas vacas tiveram seus ciclos estrais sincronizados e receberam a aplicação de uma injeção de 3mg de estradiol e 100 UI de ocitocina. Amostras de sangue foram coletadas sequencialmente a cada 15min durante 1h antes e 5h após a injeção de ocitocina. A concentração de PGFM no plasma foi significativamente reduzida ($P < 0,01$) pelo fornecimento de farinha de peixe. A infusão de resíduo de óleo vegetal no duodeno de vacas de leite aumentou significativamente a vida do CL (OLDICK et al., 1997). Portanto, o uso de fontes de gordura que suprem maiores quantidades de ácidos graxos poliinsaturados ao intestino delgado diminui a secreção de PGF2a e aumenta a vida do CL.

LUCY et al. (1991) argumentaram que os efeitos da gordura sobre a dinâmica folicular de vacas recém-paridas eram devido à maior síntese de PGF2a quando maiores quantidades de ácido linoléico atingiam o intestino delgado.

A farinha de peixe é uma fonte de proteína de baixa degradabilidade ruminal e que contém cerca de 9% de gordura. STAPLES et al. (1998) revisaram diversos estudos nos quais a farinha de peixe foi incluída na dieta de vacas de leite. O fornecimento de farinha de peixe aumentou as taxas de concepção ou de prenhez em 4 dos 5 estudos analisados. Tanto a farinha de peixe quanto alguns óleos vegetais, como o de linhaça, são ricos em ácido linolênico.



Adaptado de GOMEZ (2003) e PETIT (2003)

Figura VII: Competição metabólica entre as séries ω-6 e ω-3 e síntese de prostaglandinas das séries 1, 2 e 3.

Um excesso de ácido linoléico vai impedir a transformação do α-linolênico em seus derivados EPA e DHA, o mesmo acontecerá no caso contrário, com um

menor consumo do ácido linoléico haverá uma diminuição da formação do ácido araquidônico. A concorrência entre os ácidos linoléico e α -linolênico está determinada pela afinidade da enzima delta 6 dessaturase ou ambos ácidos graxos. Como a enzima tem maior especificidade pelos ácidos graxos ômega 3, precisará de menores quantidades destes ácidos que dos ômega 6 para produzir a mesma quantidade de produto (MADSEM et al., 1999), ou então, aumento no suprimento de ômega-3 poderá diminuir a produção de prostaglandinas da série 2.

As prostaglandinas da série 2 são importantes ao nascimento; elas aumentam aglutinação plaquetária e formação de coágulos sanguíneos; elas também, aumentam retenção de sal pelos rins, retenção de água e conseqüentemente aumentam a pressão sanguínea. As prostaglandinas da série 1 aumentam o sistema imune de células T, previnem aglutinação plaquetária e ataques do coração, contribuem para a remoção do excesso de sódio e água pelos rins, diminuem resposta inflamatória, contribuem no controle de artrites e contribuem para diminuição da produção de colesterol. Já as prostaglandinas da série 3 têm uma força muito fraca de aglutinação plaquetária e elas previnem fabricação de prostaglandinas da série 2; elas também previnem ataques do coração, retenção de água e inflamação (PETIT, 2003).

LUCY et al.(1991) sincronizaram o cio de vacas de leite no início do período pós-parto, e forneceram a elas uma dieta controle ou uma dieta contendo gordura inerte na forma de sabões de cálcio. A suplementação com gordura no início do período pós-parto aumentou a secreção de PGF_{2a} medida pelos níveis de seu metabólito no plasma (PGFM ou 13,14-dihidro-15-keto-PGF_{2a}). Resultados semelhantes foram observados para vacas de corte no período pós-parto suplementadas com gordura (LAMMOGLIA et al., 1997; LAMMOGLIA et al., 1996). Entretanto, foi observado recentemente que a adição de ácidos graxos poliinsaturados à dieta de vacas de leite no meio da lactação inibiu a secreção de

PGF2a (STAPLES et al., 1998; COELHO et al., 1997). Portanto, a resposta à adição de gordura na dieta de vacas de leite e de corte pode estar associada com o estágio de lactação desses animais.

Em trabalho realizado por MATTOS et al. (2004), no qual a hipótese era que a administração do C20:5 e do C22:6 na forma de óleo de peixe no período periparto aumentaria o percentual desses ácidos graxos no tecido uterino e reduziria a secreção espontânea de PGF2a uterina nas vacas leiteiras no parto, novilhas e vacas holandesas foram utilizadas recebendo dietas com óleo de peixe ou de oliva. As dietas foram administradas a partir do dia 21 antes da data prevista de parição até o parto, quando foi substituída por rações de maior densidade nutricional, que também continha óleo de peixe ou de oliva, administradas até o dia 21 pós-parto. As rações foram formuladas de forma a suprir aproximadamente 2% de óleo n pré-parto e 1,8% no pós-parto. Os ácidos graxos no óleo de oliva eram: 61% de C18:1, 16% de C18:2 e 17% de C16:0. O óleo de peixe continha 36% de C20:5 e 28% de C22:6. O consumo associado de C20:5 (68g/dia) e C22:6 (53g/dia) foi de 121g/dia no pré-pato e no pós-parto. O sangue foi submetido à análise para verificar a concentração de PGFM e as carúnculas coletadas, por extração manual através da vagina, para verificar a composição dos ácidos graxos.

As concentrações de C20:5 e de C22:6 nos tecidos da carúncula apresentaram um aumento de 5 a 6 vezes nas vacas alimentadas com o óleo de peixe. A concentração combinada de C20:5 e C22:6 na carúncula apresentou relação positiva com o número de dias que as vacas receberam suplemento com óleo de peixe, o que sugere que a inclusão desse óleo antes do dia 21 pré-parto poderia ter aumentado ainda mais as concentrações plasmáticas de PGFM durante o período de secreção máxima no início do pós-parto em comparação às que receberam óleo de oliva. De acordo com os autores, o aumento das concentrações de C20:5 e C22:6 no tecido da carúncula das vacas que receberam

óleo de peixe sugere que esses ácidos graxos podem ser os compostos ativos que reduzem a secreção de PGF_{2a}. No entanto, não foi observada uma diferença constante nas concentrações plasmáticas de PGFM entre as vacas que receberam os dois tratamentos, durante todo o período do experimento. As concentrações plasmáticas de PGFM nas vacas que receberam óleo de oliva e de peixe praticamente convergiram no dia 5 pós-parto, tendo permanecido semelhantes até o final do experimento. Os autores concluíram que a suplementação de gordura na dieta pode regular a produção de prostaglandinas de forma a estimulá-la ou inibi-la, dependendo do meio possível de ácidos graxos insaturados disponíveis na dieta.

Em outro estudo, vacas holandesas foram alocadas em uma de três dietas iniciadas no parto (PETIT e TWAGIRAMUNGU, 2002). As dietas eram isonitrogenosas, isoenergéticas e isolipídicas, e continham semente de linhaça inteira, CaAGCL ou grãos de soja micronizados. As sementes de linhaça contêm aproximadamente 32% de óleo, 57% de C18:3, 14% de C18:2 e 18% de C18:1. O diâmetro do CL nas vacas que receberam sementes de linhaça era maior do que o das vacas que receberam grãos de soja (19,7 X 16,9mm), mas não maiores do que o das que receberam CaAGCL (17,5mm). A taxa de mortalidade dos embriões do dia 30 até o 50 após a IA apresentou tendência a ser menor ($P < 0,11$) nas vacas que receberam semente de linhaça (0%) em comparação à dieta com CaAGCL (15,4%) ou grãos de soja (13,6%).

Mais recentemente, AMBROSE et al. (2003) administraram a vacas holandesas em lactação dietas com suplemento de sementes de linhaça (55% do teor lipídico é ácido α -linolênico) ou de girassol (< 1% do teor lipídico contém ácido α -linolênico) moídas, para suprir aproximadamente 750g de óleo/vaca/dia. As dietas foram iniciadas 4 semanas antes da inseminação, após o protocolo Presynch/OvSynch. A taxa de prenhez na primeira IA no dia 32 foi maior nas vacas que receberam sementes de linhaça em comparação às que receberam de

girassol (48,4% > 32,2%). De acordo com THATCHER et al. (2004) esses ácidos graxos são capazes de diminuir a secreção de PGF2a e favorecem a ação antiluteolítica do interferon-t. O ácido eicosapentaenóico e o ácido docosaexaenóico são conhecidos pelos inegáveis efeitos antiinflamatórios e imunossupressores que complementam os efeitos normais antiinflamatórios e imunossupressores da progesterona e do interferon-t no início da prenhez.

PETIT (2003) cita possibilidades de manejo que poderiam aumentar ou melhorar as taxas reprodutivas de vacas, envolvendo ácidos graxos:

- 1) gerar um maior corpo lúteo com a intenção de aumentar a concentração de progesterona e conseqüentemente melhorar o reconhecimento e as taxas de prenhez. Isto poderia ser conseguido, adicionando semente de linhaça na dieta (Petit et al., 2002b);
- 2) aumentar a secreção de prostaglandinas da série 3 que por competição pelas mesmas enzimas chaves, diminuiriam a produção de PGF2a. A alimentação com óleo de peixe e linhaça, poderiam inibir a síntese de PGF2a e aumentar a secreção de prostaglandina da série 3.

Conclusões

Estratégias de alimentação de ruminantes, por si só, já mostram ser interessantes e participativas nos aumentos das taxas reprodutivas. Os ácidos graxos, ômega 6 e 3, quando incluídos, de forma correta, nestas estratégias de alimentação, parecem melhorar ainda mais estes índices reprodutivos.

Resultados de pesquisa, apresentam uma tendência da utilização dos ácidos graxos Linolêico e linolênico em determinadas fases do ciclo de produção, nas quais, sendo acrescentados na dieta, no período pré e pós-parto ou depois de certo tempo da parição, respectivamente, poderiam corroborar com melhores índices,

COSTA, R.L.D. e FONTES, R.S. Ácidos graxos na nutrição e reprodução de ruminantes. **PUBVET**, Londrina, V. 4, N. 24, Ed. 129, Art. 873, 2010.

agindo diretamente na diminuição da retenção placentária, na limpeza uterina, na antecipação da involução uterina; no retorno a ciclicidade, na melhoria da manutenção da gestação, pela diminuição das reabsorções embrionárias ocasionada pelo aumento dos níveis de progesterona; entre outros aspectos, positivos, aparentemente ligados a estes ingredientes.

No entanto, os resultados ainda não são totalmente conclusivos, existindo muita inconsistência entre os mesmos e muitas discordâncias entre pesquisadores, no que se refere a este assunto.

Referências Bibliográficas

ABAYASEKARA, D.R.E.; WATHES, D.C. 1999 Effects of altering dietary fatty acid composition on prostaglandin synthesis and fertility. **Prostaglandins, leukotrienes and essential fatty acids**, v61: p275-287.

AMBROSE, K.J.; KASTELIC, J.P. 2003 Dietary fatty acids and dairy cow fertility. **Adv in Dairy Tech** v15:p35-47.

ANDRIGUETTO, J. M. **Nutrição Animal**: As bases e os fundamentos da nutrição animal: os alimentos. São Paulo: Nobel, 1988. v.1.

AVILA, C. D.; DePETERS, E. J.; PEREZ-MONTI, H.; TAYLOR, S. J.; ZINN, R. A. Influences of saturation ratio of supplemental dietary fat on digestion and milk yield in dairy cows. **Journal of Dairy Science**, v.80, n.9, p.2204-2212, 2000.

BAUCHART, D.; VERITE, R.; REMOND, B. Long fatty acid digestion in lactating cows fed fresh grass from spring to autumn. **Canadian Journal of Animal Science**. V.64, p.330-331, supplement 1.

BAUMAN, D. E.; KELLY, M. L. Conjugated linoleic acid: A potente anticarcinogen found in milk fat, **II Annual Provita Science Symposium**, Cornell University, New York, 1997.

BEAM, T. M.; JENKINS, T. C.; MOATE, P. J.; KOHN, R. A.; PALMQUIST, D. L. Effects of amount and source of fat on the rates of lipolysis and biohidrogenation of fatty acids in ruminal contents. **J. Dairy Sci.**, v.83, p.2564-2573, 2000.

BERNDT, A.; ALMEIDA, R.; LANNA, D. P. Importância da gordura na eficiência da produção, qualidade da carne e saúde do consumidor. **In: Encontro Nacional do Novilho Precoce**, 7.; 2002, Cuiabá. Anais...1 CD.

BLOCK, E., Visão Geral das Nossas Tecnologias em Manejo Nutricional, **1º Ciclo de Palestras Arm & Hammer sobre Nutrição de Ruminantes**, Passo Fundo, Curitiba, Pirassununga e Uberaba, maio, 2004.

BLOCK, E., Uma Revisão sobre o Uso de Óleos, Gorduras e Ácidos Graxos na Nutrição de Ruminantes, **2º Ciclo de Palestras Arm & Hammer sobre Nutrição de Ruminantes**, Ponta Grossa, Campinas e Belo Horizonte, junho, 2005,

COSTA, R.L.D. e FONTES, R.S. Ácidos graxos na nutrição e reprodução de ruminantes. **PUBVET**, Londrina, V. 4, N. 24, Ed. 129, Art. 873, 2010.

BONDI, A.A. Lipids and their significance in the nutrition of monogastric and ruminant animals. **In: Animal nutrition**. New York: John Wiley, 1987. cap. 6, p.78-105.

BRITT, J. H.; D. W. SHAW; S. P. WASHBURN e V. S. HEDGPETH. 1996. Endogenous progesterone during luteal phase before insemination influences embryo recovery in lactating dairy cows. **J. Anim. Sci.** 74(1):225.(Abstr.)

BURKE, J. M.; C. R. STAPLES, C. A. RISCO, R. L. De LA SOTA e W. W. TATCHER. 1996. Effect of ruminant grade menhaden fish meal on reproductive and productive performance of lactating dairy cows. **J. Dairy Sci.** v80:p3386-3398.

BURR, G. O. and M. M. BURR. 1930. On the nature and role of the fatty acids essential in nutrition. **J. Biol. Chemistry** v86:p587-621.

CHOUINARD, Y.; CORNEAU, L.; BARBANO, D. M.; MEZTGER, L. E.; BAUMAN, D. E. Conjugated linolenic acids alter milk fatty acid composition and inhibit milk fat secretion in dairy cows. **Journal of Nutrition**, v.129, p.1579-1584, 1999.

CHOUINARD, Y.; CORNEAU, L.; BUTLER, W. R.; CHILLIARD, Y.; DRACKLEY, J. K.; BAUMAN, D. E. Effect of dietary lipid source on conjugated linolenic acid concentration in milk fat. **Journal of Dairy Science**, v.84, n.3, p.680-690, 2001.

CHURCH, D. C. The ruminant animal: digestive, physiology and nutrition. **Englewood Cliffs: Simon & Schuster**, 1988. 543p.

COELHO, S.; J. D. AMBROSE.; M. BINELLI.; J. BURKE.; C. R. STAPLES.; M. J. TATCHER e W. W. TATCHER. 1997. Menhaden fish meal attenuates estradiol and oxytocin induced uterine secretion of PGF_{2α} in lactating dairy cattle. **Theriogenology** v47(1):p143.(Abstr.)

CZERKAWSKI, J. W., CLAPPERTON, J. L. Fats as energy-yielding compounds in the ruminant diet. In: WISEMAN, J. **Fats in animal nutrition**. Boston: Butterworths, 1984. p. 249.

DEMEYER, D.; DOREAU, M. Targets and procedures for altering ruminant meat and milk lipids. **Proceedings of the nutrition society**, v.58, p.593-607, 1999.

DeLUCA, D. D.; JENKINS, T. C. Feeding oleamid to lactating Jersey cows. 2. Effects on nutrient digestibility, plasma fatty acids and hormones. **Journal of Dairy Science**, v.83, n.3, p.569-576, 2000.

DOMENE, S. M. A. Valor nutricional da carne bovina. **In: Congresso Brasileiro das Raças Zebuínas, 5., 2002, Uberaba. Anais...**Uberaba: ABCZ, 2002, 364 p.

ERASMUS, U.. Fats that heal fats that kill. 9 ed., 456 p, **Alive books, Burnaby**, 1993.

EZEQUIEL, J. M. B. Uso de caroço de algodão na alimentação animal. **In: Simpósio Goiano sobre manejo e nutrição de bovinos, 3.**, Goiânia. Anais... Goiânia, CBNA, 2001. p.307-328.

FRANCO, G. **Tabela de composição química dos alimentos**. 9. ed. São Paulo: Atheneu, 2001. 307p.

GARCIA-BOJALIL, C. M.; C. R. STAPLES; C. A. RISCO; J. D. SAVIO e W. W. THATCHER.1998b. Protein degradability and calcium salts of long chain fatty acids in the diets of lactating dairy cows: Reproductive responses. **J. Dairy Sci.**81:1384-1395.

GUILBAULT, L.A.; THATCHER, W.W.; DROST, M.; HOPKINS, S.M. 1984 Source of F series prostaglandins during the early postpartum period in cattle. **Biol. Reprod.** v31: p879-887.

GRUMMER, R. R. e D. J. CARROLL. 1991. Effects of dietary fat on metabolic disorders and reproductive performance of dairy cattle. **J. Anim. Sci.** v69:p3838-3852.

COSTA, R.L.D. e FONTES, R.S. Ácidos graxos na nutrição e reprodução de ruminantes. **PUBVET**, Londrina, V. 4, N. 24, Ed. 129, Art. 873, 2010.

HAGEMEISTER, H.; PRECHT, D.; FRANZENAND, M.; BARTH, C. A. α -linolenic acid transfer into milk fat and its elongation by cows. **Fat Science Technology**, v.93, n.10, p.387-391, 1991.

HARFOOT, C. G.; HAZLEWOOD, G. P. Lipid metabolism in the rumen. In: HOBSON, P. N. The rumen microbial ecosystem. New York: **Elsevier**, 1988. cap.9, p.285-322.

HAWKINS, D. E.; K. D. NISWENDER; G. M. OSS; C. L. MOELLER; K. G. ODDE; H. R. SAWYER e G. D. NISWENDER. 1995. An increase in serum lipids increases luteal lipid content and alters the disappearance rate of progesterone in cows. **J. Anim. Sci.** v73:p541-545.

HIGHTSHOE, R. B.; COCHRAN, R. C.; CORAH, L. R.; HARMON, D. L.; VANZANT, E. S. Influence of source and level of ruminal-escape lipid in supplements on forage intake, digestibility, digesta flow, and fermentation characteristics in beef cattle. **J. Anim. Sci.** V.69, p.4974-4982, 1991.

HOWIE, A.; LEAVER, H.A.; WILSON, N.H.; YAP, P.L.; AITKEN, I.K. 1992. The influence of dietary essential fatty acids on uterine C20 and C22 fatty acids composition. Prostaglandins, **Leukotrienes and Essential Fatty Acids** v46: p111-121.

JENKINS, T. C.; PALMQUIST, D. L. Effect of fatty acids or calcium soaps on rumen and total nutrient digestibility of dairy rations. **J. Dairy Sci.**, v.67, p.978, 1984.

JENKINS, T. C. Symposium: advances in ruminant lipid metabolism. Lipid metabolism in the rumen. **J. Dairy Sci.**, v.76, p.3851, 1993.

KALSCHERUR, K. F.; TETER, B. B.; PIPEROVA, L. S.; ERDMAN, R. A. Effect of fat source on duodenal flow of trans-C_{18:1} fatty acids and milk fat production in dairy cows. **Journal of Dairy Science**, v.80, n.9, p.2115-2126, 1997a.

KINSELLA, J. E.; LOKESH, B.; STONE, R. A. Dietary n-3 polyunsaturated fatty acids and amelioration of cardiovascular disease: possible mechanisms. **American Journal Clinical Nutrition**, v.52, p.1-28, 1990.

LAMMOGLIA, M. A.; S. T. WILLARD; J. R. OLDHAM e R. D. RANGEL. 1996. Effects of dietary fat and season on steroid hormonal profiles before parturition and on hormonal, cholesterol, triglycerides, follicular pattern, and postpartum reproduction in Brahman cows. **J. Anim. Sci.** v74:p2253-2262.

LAMMOGLIA, M. A.; S. T. WILLARD; D. M. HALLFORD e R. D. RANGEL. 1997. Effects of dietary fat on follicular development and circulating concentrations of lipids, insulin, progesterone, estradiol-17 β , 13,14-dihydro-15-keto-prostaglandin F_{2a} and growth hormone in estrous cyclic Brahman cows. **J. Anim. Sci.** v75:p1591-1600.

LEHNINGER, A. L.; NELSON, D. L.; COX, M. M. **Principes of biochemistry. 2. ed.** New York: Worth Publishers, 1993. 1013p.

LINSCHER, W. G.; VERGROESEN, A. J. Lipids. In: SHILS, M. E.; OLSON, A.; SHIKE, M., eds. **Modern nutrition in health and disease. 8th ed.** Philadelphia: Lea & Febiger, 1994, p.47-88.

LUCY, M. C.; J. D. SAVIO, L. BADINGA, R. L.; De LA SOTA, and W.W. TATCHER. 1992. Factors that affect ovarian follicular dynamics in cattle. **J. Anim. Sci.** v70:p3615-3626.

MADSEN, L.; RUSTAN, A.C.; VAAGENES, H.; BERGE, K.; DYROY, E.; BERGE, R.K. 1999. Eicosapentaenoic and docosahexaenoic acid affect mitochondrial and peroxisomal fatty acid oxidation in relation to substrate preference. **Lipids, Champaign**, v. 34, p.951-963.

MAHAN, L. K.; ESCOTT-STUMP, S. Krause: **Alimentos, nutrição e dietoterapia. 9 ed.** São Paulo: Roca, 1998. p.46-62.

COSTA, R.L.D. e FONTES, R.S. Ácidos graxos na nutrição e reprodução de ruminantes. **PUBVET**, Londrina, V. 4, N. 24, Ed. 129, Art. 873, 2010.

MANELLA, M.Q.; BOIN, C. Composição química da gordura e seus efeitos na saúde humana. Disponível em: <http://www.beefpoint.com.br/radarestecnicos>. Acesso em: 4 fev. 2003.

MATTOS, R.; STAPLES, C.R.; THATCHER, W.W. 1999 Effects of dietary fatty acids on reproduction in ruminants. **Reviews of Reproduction** v5: p38-45.

MATTOS, R.; ORLANDI, C.; WILLIAMS, J.; STAPLES, C.R.; TRIGG, T.; THATCHER, W.W. 2001 Effect of an implant containing the GnRH agonist Deslorelin on secretion of LH, ovarian activity and milk yield of postpartum dairy cows. **Theriogenology** v56: p371-386.

MATTOS, R.; STAPLES, C.R.; ARTECHE, A.; WILTBANK, M.C.; DIAZ, F.J.; JENKINS, T.C.; THATCHER, W.W. 2004 The effects of feeding fish oil on uterine secretion of PGF2a, milk composition and metabolic status of periparturient Holstein cows. **J. Dairy Sci.** v86.

MEDEIROS, S. R. **Curso sobre valor nutritivo dos alimentos e análise bromatológica para ruminantes. Módulo 4- Gordura.** 2002. 10p./ Apostila/.

MEDEIROS, S.R.. Ácido linoleico conjugado: teores nos alimentos e seu uso no aumento da produção de leite com maior teor de proteína e perfil de ácidos graxos modificado. **Tese... Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz", Piracicaba, SP, 2002.**

O KELLY, J. C.; REICH, H. P. The fatty acid composition of tropical pastures. **Journal of Agricultural Science.** V.86, p.427-429, 1976.

OLDICK, B. S.; C. R. STAPLES; W. W. TATCHER e P. GYAWU. 1997. Abomasal infusion of glucose and fat-Effect on digestion, production, and ovarian and uterine functions of cows. **J. Dairy Sci.**v80:p1315-1328.

PALMQUIST, D. L.; JENKINS, T. C. Fat in lactation ration: review. **Journal of Dairy Science**, v.63, n.1, p.1-14, 1980.

PETIT, H.V.; DEWHURST, R.J.; SCOLLAN, N.D.; PROULX, J.G.; KHALID, M.; HARESIGN, W.; TWAGIRAMUNGU, H.; MANN, G.E. 2002b Milk production and composition, ovarian function, and prostaglandin secretion of dairy cows fed omega-3 fats. **J. Dairy Sci.** v85: p889-899.

PETIT, H.V.; TWAGIRAMUNGU, H. 2002a Reproduction of dairy cows fed flaxseed, Megalac, ou micronized soybeans. **J. Dairy Sci.** v85: p312.

PETIT, H.V.; Effects of dietary fat on reproduction; **Tri-state dairy nutrition conference**; abril, 35-47p, 2003.

ROMERO, P.; RIZVI, S. H.; KELLY, M. L.; BAUMAN, D. E. Short communication: concentration of conjugated linolenic acid from milk fat with a continuous supercritical fluid processing system. **Journal of Dairy Science**, v.83, n.1, p.20-22, 2000.

SANTOS, J.E.P.; AMSTALDEN, Effects of nutrition on bovine reproduction. XIII Reunião anual SBTE. Atibaia, SP. In: Arq. Fac. Vet. UFRGS. Porto Alegre, RS, 26(1):19-89.

STAPLES, C. R.; W. W. THATCHER, and J. M. BURKE. 1997. Influences of dietary energy, fat, and protein on reproductive performance of lactating dairy cows. Pages 204-221 **In Proc. IX Int. Conf. On Prod. Dis. Farm Anim.** Ferdinand Enke Verlag, Stuttgart, Germany.

SILVA, D. J. **Análise de alimentos: métodos químicos e biológicos.** Viçosa: Universidade Federal de Viçosa, 1998. 166 p.

SMITH, W. A. Fats for lactating dairy cows. In: Congress of the South African Society of Animal Production, 29., Stellenbosch, 1990. **Animal production.** Stellenbosch: University of Stellenbosch, 1990. p.1-10.

COSTA, R.L.D. e FONTES, R.S. Ácidos graxos na nutrição e reprodução de ruminantes. **PUBVET**, Londrina, V. 4, N. 24, Ed. 129, Art. 873, 2010.

THATCHER, W.W.; BINELLI, M.; BURKE, J.; STAPLES, C.R.; AMBROSE, J.D.; COELHO, S. 1997 Antiluteolytic signals between the conceptus and endometrium. **Theriogenology** v47: p131-140.

THATCHER, W.W.; STAPLES, C.R.; MACLAREN, L.; SANTOS, J. 2004 Efeitos biológicos dos lipídios em parâmetros reprodutivos de vacas leiteiras em lactação. **Novos Enfoques na Produção e Reprodução de Bovinos**, p.115-132.

TUME, R. Environmental factors on fatty acid composition and its impact on the assessment of marbling. **Disponível em:**
<http://www.beef.crc.au/Piblicatoins/MarblingSym/Day1/Rtume/index1.hym/>. Acesso em: 4 fev. 2003.

VAN SOEST, P. J. **Nutritional ecology of the ruminant. 2. ed.** Ithaca: CORNELI UNIVERSITY, 1994, 476p.

ZINN, R. A. Influence of level and source of dietary fat on its comparative feeding value in finishing diets for feedlot steers: metabolism. **J. Anim. Sci.**, v.67, p.1038-1049, 1989.