SANDRA MARIA PINTO

PRODUÇÃO E COMPOSIÇÃO QUÍMICA DO LEITE DE VACAS HOLANDESAS NO INÍCIO DA LACTAÇÃO ALIMENTADAS COM DIFERENTES FONTES DE LIPÍDEOS

Dissertação apresentada à Universidade Federal de Lavras, como parte das exigências do Curso de Mestrado em Zootecnia, área de concentração em Nutrição de Ruminantes, para obtenção do título de "Mestre".

Orientador

Prof. Luiz Ronaldo de Abreu

LAVRAS

MINAS GERAIS - BRASIL

1997

SANDRA MARIA PINTO

PRODUÇÃO E COMPOSIÇÃO QUÍMICA DO LEITE DE VACAS HOLANDESAS NO INÍCIO DA LACTAÇÃO ALIMENTADAS COM DIFERENTES FONTES DE LIPÍDEOS

Dissertação apresentada à Universidade Federal de Lavras, como parte das exigências do Curso de Mestrado em Zootecnia, área de concentração em Nutrição de Ruminantes, para obtenção do título de "Mestre".

Orientador

Prof. Luiz Ronaldo de Abreu

LAVRAS

MINAS GERAIS - BRASIL

1997

Ficha catalográfica preparada pela Seção de Classificação e Catalogação da Biblioteca Central da UFLA

Pinto, Sandra Maria.
Produção e composição química do leite de vacas holandesas no início da lactação alimentadas com diferentes fontes de lipídeos / Sandra Maria Pinto. -- Lavras : UFLA, 1997.
74 p. : il.

Orientador: Luiz Ronaldo de Abreu.
Dissertação (Mestrado) - UFLA.
Bibliografia.

1. Leite - Produção. 2. Composição química. 3. Alimentação - Lipídeo. 4. Lactação - Início. 5. Alimento para vaca leiteira. 6. Vaca leiteira. 7. Gado holandes. 8. Nutrição animal. I. Universidade Federal de Lavras. II. Título.

CDD-636.234
- 637

SANDRA MARIA PINTO

PRODUÇÃO E COMPOSIÇÃO QUÍMICA DO LEITE DE VACAS HOLANDESAS NO INÍCIO DA LACTAÇÃO ALIMENTADAS COM DIFERENTES FONTES DE LIPÍDEOS

Dissertação apresentada à Universidade Federal de Lavras, como parte das exigências do Curso de Mestrado em Zootecnia, área de concentração em Nutrição de Ruminantes, para obtenção do título de "Mestre".

Aprovada em 05 de Agosto de 1997

Prof. Júlio César Teixeira

Prof. Joel Augusto Muniz

Dr. Leovegildo Lopes de Matos

Prof. Luiz Ronaldo de Abreu

(Orientador)

A Deus; que me deu sabedoria e capacidade de atingir esta meta

Aos meus pais Vicente e Sebastiana

DEDICO

Aos meus irmãos, cunhados e sobrinhos

OFEREÇO

AGRADECIMENTOS

À Universidade Federal de Lavras e aos Departamentos de Zootecnia e Ciência dos Alimentos, pela oportunidade de realização deste curso.

A Coordenadoria de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES) pela concessão de bolsa de estudo.

À Fundação de Apoio ao Ensino, Pesquisa e Extensão (FAEPE), por ceder as instalações e animais da Fazenda Palmital onde foi possível realizar o experimento.

À Cargill e a M.Cassab, pela doação de ingredientes necessário à condução da pesquisa.

Ao Professor Luiz Ronaldo de Abreu, pela orientação, pelos ensinamentos, pelo carinho e amizade a mim dispensados ao longo do curso de pós-graduação e na vida.

Ao Professor Júlio César Teixeira, pelo incentivo, oportunidade, apoio, orientação, ensinamentos e amizade.

Ao Professor Joel Augusto Muniz, pelas valiosas orientações na área de Estatística e pela amizade.

Ao Dr. Leovegildo Lopes de Matos pela participação e valiosas sugestões.

Ao Coordenador do curso de pós-graduação, Professor Elias Tadeu Fialho pelo apoio e incentivo para realização deste curso.

Ao Professor Antônio Ricardo Evangelista, pela amizade e apoio.

Ao Professor Juan Ramon O.Perez, pela valiosa colaboração e sugestões.

Aos demais professores do Departamento de Zootecnia e de Ciência dos Alimentos pelos ensinamentos e convivência.

Ao funcionários Carlos e Giselda secretários da pós-graduação dos departamentos de Zootecnia e Ciência dos Alimentos.

Aos funcionários do Laboratório de Nutrição Animal, Suelba, Eliana, Márcio, Zé Virgílio, Gilberto, Zé Geraldo, pela amizade e apoio.

Aos funcionários do Departamento de Ciência dos Alimentos: Miguel Arcanjo, Miguel Garcia, Dona Ivone e Sr.Piano, pelo apoio recebido.

Aos funcionários do Laboratório da EPAMIG, Tina e Sandra que muito me ajudaram nas análises laboratoriais.

Aos funcionários da Fazenda Experimental da FAEPE, Renato, Frank, Sr. Zezinho, Sr. Milton, Queijinho, Dair, Dudu, Zé Ramos e outros, que sem a ajuda deles seria impossível a realização deste trabalho.

Aos amigos da pós-graduação, Célia, Ademir, Ademir Conte, Patrícia, Tonho, Vitor Cláudio, Marcelo Menicucci, Maurílio, Zé Henrique, Homero, Sidney, Cristiane, Alexandre, Ivana, Claudinha, Solano, Celso, Daise, Antônio (Belo) e aos outros amigos de pós-graduação pela convivência amizade e união.

Aos amigos Rogério e Cláudio, pela ajuda nas análises estatística e amizade.

Ao amigo Leonardo pela disponibilidade e amizade.

As amigas Silvia e Rita pela amizade, apoio e carinho.

À todas aquelas pessoas que contribuíram direta ou indiretamente para a realizacão deste trabalho.

SUMÁRIO

	Página
LISTA DE FIGURAS	vii
LISTA DE TABELAS	viii
RESUMO	ix
ABSTRACT	xi
1 INTRODUÇÃO	1
2 REFERENCIAL TEÓRICO	3
2.1 Considerações iniciais	3
2.2 Suplementação com lipídeos para vacas no início da lactação	4
2.3 Influência da suplementação com lipídeos na produção e composição do leite de vacas leiteiras no início da lactação	8
2.4 Metabolismo dos lipídeos em ruminantes	13
2.4.1 Aspectos gerais	13
2.4.2 Metabolismo dos lipídeos no rúmen	16
2.4.3 Metablismo de ácidos graxos voláteis na parede do rúmen, fígado e tecido adiposo	16
2.4.4 Metabolismo dos lipídeos no intestino delgado	18
2.4.5 Metabolismo dos lipídeos no Intestino Grosso	19
2.4.6 Síntese da gordura na glândula mamária	19
2.4.6.1 Ácidos graxos de cadeia curta, ramificada e de cadeia com número ímpar de carbonos	19
2.4.6.2 Biossíntese de glicerídeos na glândula mamária	21
2.5 Importância dos lipídeos no leite e produtos lácteos	22
2.5.1 Ácidos graxos presentes na gordura do leite	23
2.5.2 Ácidos graxos e Colesterol	24
3 MATERIAL E MÉTODOS	27
3.1 Localização	27
3.2 Animais e instalações	27
3.3 Tratamentos	28
3.3.1 Volumoso	28
3.3.2 Concentrado	28

3.3.2.1 Fontes de lipídeos utilizadas nas rações experimentais 29
3.3.2.1.1 Magnapac® 29
3.3.2.1.2 Óleo de soja degomado 29
3.3.2.1.3 Farelo de Soja Integral 30
3.4 Manejo dos animais e períodos experimentais 33
3.5 Delineamento experimental e análises estatísticas 33
3.6 Pesagem do leite e análises químicas 34
3.6.1 Análises químicas 35
3.6.1.1 Análises dos alimentos 35
3.6.1.2 Análises do leite 36
3.6.1.2.1 Análise do perfil dos ácidos graxos da gordura do leite 37
a Extração da gordura 37
a.1 Preparação do reagente BDI 37
a.2 Extração 37
b Análise do perfil dos ácidos graxos 38
b.1 Obtenção dos ésteres metílicos dos ácidos graxos 38
b.2 Análise por cromatografia em fase gasosa 39

4 RESULTADOS E DISCUSSÃO 40
4.1 Desempenho produtivo 40
4.1.1. Consumo de Matéria Seca, Proteína Bruta e Extrato Etéreo 40
4.1.2. Produção de leite e produção de leite corrigida 43
4.1.3 Variação no peso corporal 44
4.2 Composição química do leite 45
4.2.1 Proteína e gordura do leite 45
4.2.2 Demais características físico-química do leite 48
4.3 Perfil dos ácidos graxos da gordura do leite 49
4.3.1 Ácidos graxos totais 49
4.3.2 Ácidos graxos de cadeia curta/ácidos graxos de cadeia longa 51
4.3.3 Ácidos graxos de cadeia insaturada/saturada 55
4.3.4 Ácidos graxos de cadeia com número ímpar de carbonos 59

5 CONCLUSÕES 61

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS 62

APÊNDICE 71

LISTA DE FIGURAS

Figuras	Página
1 - Fluxo geral dos ácidos graxos e seu metabolismo nos ruminantes	15
2 - Porcentagem dos ácidos graxos de cadeia curta da gordura do leite	51
3 - Porcentagem dos ácidos graxos de cadeia longa da gordura do leite	52
4 - Relação dos ácidos graxos de cadeia curta/ácidos graxos de cadeia longa da gordura do leite	53
5 - Porcentagem dos ácidos graxos de cadeia insaturada da gordura do leite	56
6 - Porcentagem dos ácidos graxos de cadeia saturada da gordura do leite	56
7 - Relação dos ácidos graxos de cadeia insaturada/cadeia saturada da gordura do leite	57
8 - Porcentagem dos ácidos graxos com número ímpar de carbono	59

LISTA DE TABELAS

Tabelas	Página
1 - Fórmula e composição em nutrientes do concentrado e do volumoso	31
2 - Composição química dos ingredientes das rações	32
3 - Perfil dos ácidos graxos das fontes de lipídeos utilizadas nas rações	32
4 - Exigência de MS (g/vaca/dia); ELL (Mcal/vaca/dia); Consumo de matéria seca (g/vaca/dia), Proteína Bruta, Extrato etéreo, do volumoso e concentrado (g/vaca/dia); Produção de leite, produção de leite corrigida a 3,5%, peso inicial, peso final e variação no peso, nos diferentes tratamentos	42
5 - Produção de leite, Porcentagens de gordura e proteína; Produções de gordura e proteína, Sólidos totais e desengordurados, Acidez (°D), Densidade e crioscopia (° H) do leite nos diferentes tratamentos.	46
6 - Perfil dos ácidos graxos total presentes na gordura do leite nos diferentes tratamentos	50

RESUMO

PINTO, Sandra Maria. **Produção e composição química do leite de vacas holandesas no início da lactação alimentadas com diferentes fontes de lipídeos.** Lavras: UFLA, 1997. 74p. (Dissertação - Mestrado em Zootecnia)[1]

Com o objetivo de avaliar a influência de 4 diferentes fontes de lipídeos na produção, composição química e no perfil dos ácidos graxos da gordura do leite, utilizou-se 12 vacas multíparas da raça holandesa, no início da lactação, num esquema em changeover com 3 quadrados latinos 4x4, sendo que cada parcela experimental foi constituída de um animal. O experimento teve duração de 64 dias, sendo que cada animal permaneceu em cada tratamento durante 16 dias, fazendo-se a pesagem do leite durante todo o período experimental e nos três últimos dias de cada período, coletadas amostras do leite e analisado o teor de gordura, proteína, acidez, sólidos totais e desengordurados e perfil dos ácidos graxos da gordura do leite. As rações isoproteicas utilizadas diferiram entre si pela fonte de lipídeos, sendo o tratamento controle com 3% de extrato etéreo e os outros tratamentos com 7%. Os tratamentos foram os seguintes: CON = Farelo de soja (controle); MAG = CON + 4% de Magnapac® (sais de ácidos graxos); DEG = CON + 4% óleo degomado e FSI = Farelo de soja integral. Foi fornecido 1 Kg de concentrado para cada 2,2 litros de leite produzidos. Houve uma diminuição ($P<0,05$) no consumo de matéria seca quando se forneceu Farelo de soja integral (13,76 kg/dia), sendo que não houve diferença significativa para essa variável nos outros tratamentos: CON, MAG e DEG (15,2kg/dia;

[1] Orientador: Luiz Ronaldo de Abreu. Membros da Banca: Júlio César Teixeira. Joel Augusto Muniz. Leovegildo Lopes de Matos

15,5kg/dia e 15,4kg/dia) respectivamente. O Magnapac® (MAG) foi o tratamento que apresentou melhores respostas em relação a produção de leite (21,1kg/dia), produção de leite corrigida (22,5kg/dia) e porcentagem de gordura (3,87%), em relação aos outros tratamentos [(CON=20,73kg/dia; 20,79kg/dia;3,52%); (DEG=20,12kg/dia; 20,27kg/dia; 3,53%); (FSI=19,76kg/dia; 20,62kg/dia; 3,76%)]. Observa-se porém que em todas as fontes de lipídeos houve uma tendência de diminuição na porcentagem de proteína do leite (CON=3,40%;MAG=3,26%;DEG=3,32%;FSI=3,27%), contudo quando se verifica a produção de proteína, para o tratamento com adição de 4% de Magnapac® (MAG), houve um aumento devido ao maior aumento na produção de leite. Quanto ao perfil dos ácidos graxos da gordura do leite, a relação cadeia curta/cadeia longa foi estatisticamente maior para o tratamento controle (0,395) em relação aos outros tratamentos (MAG=0,308; DEG=0,307 e FSI=0,292). Quando se observa a relação ácidos graxos de cadeia insaturada/cadeia saturada, esta foi maior em todos os tratamentos com adição de lipídeos (CON=0,5052; MAG=0,533; DEG= 0,592 e FSI= 0,609) havendo um aumento na concentração dos ácidos graxos insaturados na gordura do leite. As demais características fisico-química do leite não foram afetadas pelos tratamentos. Com exceção do Farelo de Soja Integral (FSI) todas as dietas foram bem aceita pelos animais. Recomenda-se o uso de lipídeos em rações, principalmente na forma protegida, para vacas no início da lactação a fim de repor energia e aumentar a produção de leite e gordura. Quanto ao uso de farelo de soja integral (FSI) para vacas leiteiras são necessários mais estudos.

ABSTRACT

MILK YIELD AND COMPOSITION OF EARLY LACTATION HOLSTEIN COWS IED DIFFERENT LIPIDS SOURCES

With the objective to evaluate the influence of 4 different sources of lipids upon milk yield, milk composition and the profile of fatty acids of milk fat, twelve multiparous Holstein dairy cows were randomly assigned at calving in a 4x4 Latin square designed experiment, in a 16-day period for each treatment, resulting in a 64-day experiment. Lipids from salts of fatty acids -Magnapac ® (MAG), soybean oil (DEG) and whole soybean meal (FSI), were supplemented to cows in the first stage of lactation, as well as a control treatment, with no lipids added (CON). Throughout the experimental period milk was weighted daily; on the last three days of each period, samples of milk was collected to be analyzed for fat content, protein, acidity, crioscopy, density, total solids, solids not fat, and the profile of fatty acids of the milk fat. The roughage (chopped Elephant grass, *Pennisetum purpureum*, Schum.) was fed "*ad libitum*". The concentrate contained ground corn, soybean meal, mineral and vitamin premix , and either: 0% added lipid (CON), 4 % added lipid from salts of fat acid (MAG), 4% added lipid from soybean oil (DEG) and whole soybean meal at 4% added lipid (FSI). Diets were equivalent in CP. Each cow was fed 1 kg of the concentrate for each 2.2 liter of milk. There was a decrease (P<0,05) in

dry matter intake for the treatment 4 - FSI (13,76kg/day), compared to the other treatments (CON=15,27kg/day; MAG=15,56kg/day and DEG = 15,43kg/day). The Magnapac® (MAG) showed the best response for milk yield (21,10 kg/day) and milk yield at 3,5% (22,50 kg/day) and for milk fat content.(3,87%) compared to the other treatments [(CON=20,73kg/day; 20,79kg/day;3,52%); (DEG=20,12kg/day; 20,27kg/day; 3,53%); (FSI=19,76kg/day; 20,62kg/day; 3,76%)]. It can be observed that in all lipid sources, there was a trend to produce milk with decreased protein content. (CON= 3,40%; MAG=3,26%; DEG=3,32%; FSI=3,27%), however, it can be verified that the higher production of protein in MAG (Magnapac®) was due to its higher milk yield. The profile of fatty acids the ratio short/long chain was statistically higher in the milk from cows control treatment (0,395) compared to the other (MAG=0,308; DEG=0,307 e FSI=0,292). On the other hand, the ratio unsaturated/saturated chain was higher for all aditional lipids sources (CON=0,5052; MAG=0,533; DEG= 0,592 e FSI= 0,609), with a consequent increase in the concentrations of the unsaturated fatty acids. Other physical and chemical characteristics of the milk were not altered by the treatments. With the exception of ration (FSI) all diets were well accepted by the animals. Therefore, it is recommended the use of lipids in rations, especially on the protected form, for early lactation dairy cows, in order to replace energy and increase milk yield and fat content. In relation to the FSI for dairy cows, more studies are still necessary.

1 INTRODUÇÃO

O leite é, incontestavelmente um alimento de alto valor nutritivo e consumido em todas as partes do mundo, tanto em sua forma líquida como na forma dos seus mais diversos derivados. A baixa produção de leite no Brasil e a demanda cada vez maior desse alimento fazem com que se busquem novas alternativas para o aumento da oferta desse produto de suma importância na alimentação humana. Aliado a isso, sua qualidade tem sido objeto de grande atenção dos diversos segmentos da produção, industrialização e comercialização leiteira. Essa qualidade visa não só os aspectos higiênicos, mas também suas características físico-químicas, o que irá influenciar marcadamente na qualidade nutricional e industrial desse produto.

A qualidade higiênica do leite tem há muito tempo recebido atenção dos pesquisadores; entretanto a preocupação com a qualidade físico-química é mais recente. É sabido que diversos fatores afetam a composição química do leite, dentre eles destacam-se: a raça, o animal, o período de lactação, a ordem de parição, fatores climáticos, alimentação, dentre outros. A alimentação tem recebido ultimamente uma especial atenção, pois é o fator no qual podemos interferir mais facilmente para obter resultados a curto prazo.

O pagamento do leite pelas indústrias até há pouco tempo, levava em consideração somente o volume recebido e sua concentração em gordura. Entretanto, recentemente a mudança dessa prática tem sido observada por alguns estabelecimentos, que já consideram o extrato seco desengordurado em geral e a proteína em particular, importantes fatores no sistema

de pagamento de leite. Acredita-se que no futuro próximo, essa prática se torne rotineira no setor laticinista brasileiro. Mais recentemente, o estudo das frações que compõem a gordura e proteína do leite têm recebido atenção particular, devido ao fato desses influenciarem diretamente o seu valor nutritivo e rendimento industrial. Com referência à gordura do leite, sua composição em ácidos graxos tem se constituído em um importante objeto de pesquisa, devido aos seus aspectos nutricionais e interferência na reologia dos produtos onde a gordura participa de sua composição. Além disso, a presença na gordura de considerável quantidade de ácidos graxos de cadeia curta é um fator importante pois os mesmos contribuem para o aroma dos produtos lácteos. Como nos tempos atuais existe uma tendência no aumento da demanda de produtos com baixo teor de gordura, se torna interessante a descoberta de maneiras para elevar o teor desses ácidos graxos e consequentemente o aroma associado à gordura do leite e com isso, obter produtos lácteos com baixo teor de gordura, resguardando seu aroma. Desse modo, o desenvolvimento de novas estratégias para manipular a composição química do leite através da alimentação é um fator que deve ser considerado nas pesquisas em nutrição de vacas leiteiras.

Face ao exposto esse trabalho teve como objetivos:

❶ Avaliar diferentes fontes de lipídeos na dieta de vacas no início da lactacão e seu efeito sobre a produção e composição química do leite;

❷ Avaliar a concentração e produção de gordura e proteína desse leite;

❸ Identificar as diferenças nos perfis de ácidos graxos na gordura do leite nos diferentes tratamentos;

❹ Observar o efeito da inclusão de fontes de lipídeos nas principais características físico-química do leite (Densidade,acidez, crioscopia, sólidos totais e desengordurados).

2 REFERENCIAL TEÓRICO

2.1 Considerações iniciais

A queda de produção de leite pode ser observada em estações onde a oferta de pastos é baixa, sendo um problema de difícil solução para técnicos e nutricionistas, que além da não disponibilidade de volumoso de boa qualidade, ainda encontram limitações quanto à capacidade de ingestão de matéria seca e consequentemente, de energia pelos animais. Esta demanda energética tem sido suprida por altos níveis de concentrado na dieta; entretanto Baldwin, Smith e Taylor (1980) já relatavam problemas associados à utilização de altos níveis de concentrados para vacas no início da lactação, com diminuição do teor de gordura do leite, redução da digestibilidade da fibra dietética, redução drástica do consumo de matéria seca e acidose, sempre que o nível de concentrado da dieta ultrapassa os 55-60%. Kesler e Spahr (1964), foram alguns dos primeiros pesquisadores a relacionar os problemas associados com o fornecimento de altas quantidades de concentrados, principalmente contendo amido, para vacas no início da lactação. Mais recentemente, Palmquist e Weiss (1994) relatam que dentre os principais problemas, podem-se destacar: redução do teor de gordura do leite, redução da digestibilidade da fração fibrosa da dieta, deposição de gordura corporal, timpanismo, laminite, problemas hepáticos e queda na persistência de produção de leite.

2.2 Suplementação com Lipídeos para vacas no início da lactação

Uma das maneiras de resolver os problemas anteriormente descritos é a suplementação com lipídeos, principalmente para vacas no início da lactação, quando o balanço energético é negativo, devido à curva de consumo de matéria seca não acompanhar a das exigências de produção de leite (ou seja, sempre abaixo da necessidade do animal), fazendo com que as vacas mobilizem as reservas energéticas corporais podendo emagrecer a ponto de prejudicar inclusive seu desempenho reprodutivo (Palmquist e Weiss, 1994).

Sabe-se que os lipídeos possuem alta eficiência metabólica, por serem extremamente ricos em energia (9,4 Kcal/g), havendo uma maior eficiência energética resultante de menor produção de calor pelo animal ao ingerir dietas com altos teores de extrato etéreo, possibilitando também a diminuição do consumo de grãos, favorecendo assim um balanço entre as frações dos carboidratos estruturais e não estruturais, aumentando o teor de energia digestível (Aseltine, 1988).

Ferguson, Torralba e Schbeuder (1988) mostraram que a persistência de lactação pode ser aumentada com adição de lipídeos no início da lactação, assim, um interesse do uso de gorduras em dietas de vacas leiteiras surgiu nos últimos anos, devido ao aumento do potencial genético para produção de leite, com um consequente aumento das exigências de energia digestível dos animais. Além disso, os ácidos graxos de cadeia longa derivados da dieta são incorporados diretamente na gordura do leite com uma maior eficiência, diminuindo a mobilização e síntese *de novo* destes ácidos graxos, havendo também uma menor perda de peso em animais no início da lactação e aumento na eficiência reprodutiva quando lipídeos são adicionados às dietas para gado leiteiro. Porém, Church (1993) ressalva que a inclusão de gordura na dieta de ruminantes como

forma de permitir um alto consumo de energia nem sempre é um método eficaz, uma vez que altos níveis podem reduzir a digestão da matéria seca no rúmen provocando uma menor disponibilidade de energia, causando distúrbios na fermentação ruminal aumentando as perdas de energia pelas fezes. A adição desse suplemento nas suas mais diversas formas não protegida, provocam decréscimo na digestibilidade da fração fibrosa da dieta e alterações profundas no metabolismo ruminal, pois inibe a atividade microbiana no rumen se usada em quantidades elevadas (Palmquist, 1989). Uma película de gordura pode recobrir as partículas de alimento, criando uma barreira física e dificultando a ação dos microrganismos, resultando em uma menor proporção de acetato/propionato (produto final da degradação da celulose) no conteúdo ruminal. Em função disso, Jenkins e Jenny (1989), mostram que o nível de gordura necessário para alterar significativamente a fermentação ruminal parece situar-se entre 40 a 70 g/Kg da dieta. Czerkawsky, Blaxter e Wainman (1966) citam que níveis maiores que 7% interferem negativamente na fermentação ruminal e Palmquist e Jenkins (1980) afirmam que pode haver problemas no metabolismo ruminal dos carboidratos estruturais quando os níveis dietéticos de lipídeos forem maiores que 6% na MS. A proporção molar de acetato:propionato também é alterada em favor do propionato quando lipídeos são ingeridos pelos ruminantes (Chalupa et al., 1986).

Ainda, Czerkawsky et al. (1975) relatam que a adição de gordura aumenta o volume de líquido no ecossistema ruminal, levando a diluições na concentração de catabólitos da fermentação microbiana, podendo ser observada a redução da concentração ruminal de amônia. Ikwuegbu e Sutton (1982) estudaram culturas puras de bactérias e mostraram que os organismos gram-positivos (celulolíticos e metanogênicos) e a maioria das espécie de protozoários são inibidos por altas concentrações de ácidos graxos. Macleod e Buchanan-Smith (1972) verificaram

que 3% de sebo hidrogenado e/ou 3% de óleo de soja reduzem a digestibilidade da fibra bruta da dieta de ovinos. Em trabalho realizado por Rosado (1991), a adição de óleo de milho causou uma redução na digestibilidade da celulose, tanto "in vitro" como "in vivo".

Palmquist (1989) postulou que os efeitos negativos da gordura sobre a fermentação ruminal são devidos não somente a uma adsorção dos ácidos graxos às partículas dos alimentos, mas também sobre as bactérias ou alternativamente, a um efeito tóxico específico sobre as bactérias celulolíticas, que até o presente momento não se encontra elucidado. Altas concentrações de ácidos graxos de cadeia média e de cadeia insaturada exercem efeito marcante na ecologia e metabolismo do rúmen. Esses autores concluem que os efeitos dos ácidos graxos na digestão ruminal são os principais fatores a limitar a quantidade de lipídeos a ser adicionada em dietas para ruminantes.

O valor energético dos lipídeos é influenciado principalmente por sua digestibilidade, a qual é influenciada pelo seu grau de saturação e a quantidade consumida. A maioria dos lipídeos tem uma digestibilidade aparente em torno de 80% quando são incluídas em concentrações menores que 5% da MS do alimento, sendo que os lipídeos insaturados são digeridos com menor eficiência do que os saturados (Palmquist e Weiss, 1994). A níveis de ingestão maiores que 5% da MS a digestibilidade aparente da gordura reduz, provavelmente devido a capacidade limitada da solubilização no intestino. Jenkins (1993) cita que a influência negativa dos lipídeos sobre os microorganismos ruminais é dependente do grau de insaturação, da presença de grupos carboxílicos livres, da capacidade em formar sais insolúveis, da propriedade de associação com superfícies alimentares ou microbianas e da quantidade ingerida por dia. Weisbjerg et al. citados por Pantoja, Firkins e Eastridge (1995) demonstraram maior digestibilidade de ácidos graxos em vacas alimentadas com uma fonte de gordura saturada rica em ácido palmítico do que uma fonte

de gordura rica em ácido esteárico. Estes autores salientam que fontes de gordura rica em ácido palmítico normalmente apresenta maior teor de insaturação que as fontes ricas em ácido esteárico.

Diversos autores citam que se a gordura a ser fornecida deve ser saturada e não deve ultrapassar 8% da dieta. Wu, Huber e Chan (1994), encontraram que suplementações com gordura a 9,1% da MS da dieta parece ser excessiva para vacas que produziam 30 a 40 Kg de leite/dia. Palmquist e Weiss (1994), sugerem que a eficiência energética máxima para produção de leite é conseguida quando cerca de 15 a 20% da energia metabolizável dietética for oferecida na forma de lipídeos (aproximadamente 8% da dieta, em peso).

Segundo Palmquist (1989), as gorduras dividem-se em 3 categorias: a) óleos e gorduras livres (óleo vegetal, sebo); b) óleos em sementes inteiras (algodão, soja); c) Lipídeos protegidos: produtos especiais, que incluem gorduras granulares feitas para minimizar a interferência na fermentação ruminal (Ex: complexo ácido graxo-cálcio).

Nos diversos trabalhos pesquisados encontram-se várias fontes de lipídeos que estão sendo utilizados na alimentação de animais, principalmente vacas no início da lactação, dentre elas pode-se citar: óleo de canola, óleo de semente de girassol, óleo de soja, semente de algodão, semente de soja, soja integral, complexo ácido graxo-cálcio (Megalac®, Magnapac®), sebo, sebo hidrogenado, sebo saponificado (sebo + Ca), etc.

O que deve ser observado é que os alimentos convencionais decrescem a digestibilidade à nível de rúmen quando os lipídeos alcançam valores acima de 5 a 6% da dieta, por esta razão deve-se usar lipídeos inertes nas dietas para vacas no início da lactação. Vale ressaltar que em relação a níveis de produção com suplementação lipídica, as vacas de maior mérito genético podem apresentar melhores respostas quando comparadas com animais de menor produção (Malafaia, 1995).

2.3 Influência da suplementação com lipídeos na produção e composição química do leite de vacas leiteiras no início da lactação

É de conhecimento geral que dentre os vários fatores que afetam a produção e a composição química do leite, a alimentação do gado leiteiro se apresenta como uma das mais importantes, sendo que o conteúdo total de gordura e proteínas são objetivos frequentemente buscados. A necessidade da qualidade de nutrientes para produção de leite é bastante conhecida, porém a formulação ótima de dietas para suprir estes nutrientes de forma corretamente balanceada ainda não é muito bem definida, sendo que formulações específicas para maximizar a produção de gordura e proteína no leite tem recebido igualmente a mesma atenção (Elliott et al., 1995). Normalmente a suplementação com gordura em rações de vacas leiteiras visa aumentar a produção leiteira, porém a absorção de energia pode limitar a produção de ambos, gordura e proteína do leite, especialmente durante o início da lactação, antes da vaca atingir o pico de consumo de matéria seca. É sabido que o uso de gorduras suplementares tem aumentado a produção e a porcentagem de gordura do leite, mas, frequentemente, tem diminuído a porcentagem de proteína em 0,1 a 0,15 unidades percentuais (Palmquist e Jenkins, 1980). O mecanismo desse decréscimo não está ainda bem elucidado. Algumas teorias baseiam-se no fato de que, quando há substituição dos carboidratos disponíveis no rumen pelo lipídeo, esse terá efeito tóxico sobre os microrganismos do rumen, causando redução no crescimento microbiano, e efeito sobre o transporte de aminoácidos na glândula mamária. Os ácidos graxos podem direta ou indiretamente alterar o transporte de aminoácidos na glândula mamária; assim, o conteúdo de proteína do leite pode diminuir por causa da deficiência de um ou mais aminoácidos e/ou, quando um aminoácido não está presente num sítio de síntese protéica. Por isso a capacidade de uma célula mamária produzir uma determinada quantidade de proteína do leite pode ser subutilizada

devido à ausência de um único aminoácido, acarretando consequentemente uma depressão na concentração protéica do leite. DePeters e Cant (1992), Wu, Huber e Chan (1994) e Harrison, Kincaid e McNamara (1995) sustentam esta teoria, afirmando que dietas ricas em lipídeos diminuem as concentrações de aminoácidos no fluxo de plasma e sangue por volume de leite produzido na glândula mamária.

Fatores alimentares que afetam o teor de gordura, tem sido estudados intensivamente sob o ponto de vista de se evitar a redução de rendimento ou produtividade, e simultaneamente pagamentos reduzidos de leite aos produtores. A fermentação ruminal gera os precursores necessários para síntese de uma parte da gordura do leite, portanto certas características da dieta que alteram a fermentação ruminal, podem por sua vez, afetar o teor de gordura do leite. O tipo de gordura fornecida é um fator a ser considerado, pois a resposta em função da porcentagem de gordura do leite é variável. Gorduras dietéticas saturadas tendem a aumentar a porcentagem de gordura do leite, enquanto quantidades semelhantes de gorduras dietéticas insaturadas causam até 1% de decréscimo nesses teores. As gorduras insaturadas são mais tóxicas aos microrganismos do rúmen e acredita-se que as saturadas sejam inertes nesse ambiente, devido ao seu alto ponto de fusão e consequentemente baixa solubilidade no fluído ruminal, porém este fornecimento não deve ultrapassar de 8% da dieta (Campos, 1994).

Em trabalho realizado por Stelle, Noble e Moore (1971a) com vacas no início da lactação, observaram um decréscimo na porcentagem de proteína do leite quando substituíram o farelo de soja por farelo de soja integral ocorrendo o mesmo quando esta substituição foi feita por óleo de soja degomado. Portanto esses autores observaram que a média diária de produção de leite foi aumentada de 18 para 21 litros com a substituição do farelo de soja por farelo de soja integral e de 18 para 23 litros de leite por dia no tratamento com óleo de soja degomado. Observaram

também um aumento na produção de gordura do leite na dieta com farelo de soja integral, provocando um decréscimo desta quando adicionaram óleo de soja degomado. Ruegsegger e Schultz (1985), compararam o efeito da inclusão em quantidades similares de óleo de soja em 2 formas diferentes, uma como óleo livre e a outra como farelo de soja integral. Essa última forma preveniu a queda na porcentagem de gordura o que não ocorreu com o óleo livre. Segundo Kung e Huber (1983), o aquecimento da soja além de inativar os inibidores de tripsina, aumenta a quantidade de proteína bypass (proteína protegida) no rúmen. Tice, Eastridge e Firkins (1994), mostraram uma diminuição no consumo de matéria seca e na digestibilidade, quando forneceram soja crua para vacas no início da lactação, enquanto a soja tostada diminuiu o consumo de matéria seca sem afetar a digestibilidade. Mostraram ainda que a inclusão de 8% de óleo de soja diminuiu o consumo de matéria seca em comparação com a dieta isocalórica sem gordura, diminuindo também a porcentagem de gordura do leite quando comparado com a soja moída e farelo de soja integral. Elliott, Drackley e Weigel (1996), utilizaram entre outras fontes, dois tipos diferentes de gordura protegida (Sais de ácidos graxos de cadeia longa e ácidos graxos de óleo de palma hidrogenado destilado), não observaram aumentos na produção de leite, havendo uma diminuição na porcentagem de proteína do leite nos dois tipos de fonte de lipídeos quando comparada com a dieta controle (sem adição de lipídeos), porém observaram um aumento considerável na porcentagem de gordura do leite em ambos os tratamentos, com um aumento mais significativo para o tratamento com ácidos graxos de óleo de palma hidrogenado destilado. Kim et al. (1993), utilizaram soja extrusada e sais de ácidos graxos para vacas no início da lactação e observaram um aumento na produção de leite para ambas as fontes de lipídeos, porém a porcentagem de gordura somente foi maior quando se adicionou gordura protegida (sais de ácidos graxos), sendo que para o tratamento com soja extrusada a porcentagem de gordura

diminuiu em relação à dieta controle. Nos dois tratamentos houve uma tendência de diminuição na porcentagem de proteína, não ocorrendo o mesmo para a produção desta.

Schauff et al. (1992), utilizaram soja crua e em combinação com 2,5% e 4,0% de sebo, verificando que houve uma diminuição no consumo de matéria seca em ambos os tratamentos, sendo que a produção de leite não foi alterada, havendo um aumento na porcentagem de gordura e uma diminuição na porcentagem de proteína. Já Grummer, Luck e Barmore (1993), utilizaram soja tostada com diferentes níveis de sebo, mostrando que quanto mais se aumentava os níveis de sebo nas rações contendo soja tostada, a produção de leite também aumentava, observaram também que em todos os níveis de sebo utilizado (0%, 1%, 2% e 3%) não houve influência nas porcentagens de gordura, havendo um pequeno decréscimo na porcentagem de proteína do leite quando os níveis de utilização de sebo foram de 2 e 3%. Peixoto et al. (1994), mostraram não haver diferenças na produção de leite e porcentagem de proteína comparando dietas com e sem aditivo (sais de ácidos graxos), havendo, portanto um aumento na porcentagem de gordura do leite quando utilizou o aditivo na dieta, mostrando também ter ocorrido um aumento no consumo de matéria seca total nas dietas com aditivo.

Baer (1991), mostra que a composição dos ácidos graxos da gordura do leite pode ser influenciada por diversos fatores incluindo a alimentação, mostrando que é possível produzir gordura do leite com menor teor de ácidos graxos saturados e alto de ácidos graxos insaturados, podendo trazer benefícios para o consumidor, fornecendo uma opção destes ácidos graxos em produtos lácteos.

Num estudo com infusões abomasais de óleo de canola e ácidos graxos de girassol alto em ácido oleico, LaCount et al. (1994) verificaram que os teores de ácidos graxos saturados na gordura do leite diminuíram e os teores de ácidos graxos insaturados aumentaram à medida que

essa infusão aumentou, porém estas mudanças reverteram-se quando a quantidade de ácido graxo infudido diminuiu. Os autores verificaram também que o aumento da concentração de C18:1 no leite foram atribuídos principalmente ao aumento do suprimento exógeno de C18:1.

Grummer e Socha (1989) citam que as proporções de ácidos graxos sintetizados *de novo* diminui linearmente com dietas suplementadas com gordura e que as modificações dos ácidos graxos do leite de C16 e C18 com dietas suplementadas com gordura dependem dos níveis destes nas dietas.

Lu (1993), estudando a influência da suplementação com gordura animal na composição do leite de veados alpinos no início da lactação, concluiu que a adição de gordura animal, aumenta o conteúdo da gordura do leite e diminuiu a concentração de ácidos graxos de cadeia média e curta que são considerados responsáveis pelos problemas de flavor no leite de veados leiteiros. Houve um aumento de 23% no conteúdo de gordura do leite e as concentrações de ácido capróico, caprílico e cáprico diminuíram cerca de 32 a 45%, sendo que a produção de leite corrigida a 4% não foi afetada pelo suplemento. Tice, Eastridge e Firkins (1994) mostraram um aumento dos ácidos graxos insaturados e uma diminuição dos ácidos graxos saturados quando adicionaram lipídeos através da suplementação com soja crua e tostada. A mesma resposta foi observada por Kim et al. (1993) que utilizaram soja extrusada e sais de ácidos graxos de cadeia longa, mostrando ainda uma diminuição nos ácidos graxos de cadeia curta quando adicionaram lipídeos nas rações, tanto sob a forma de soja extrusada quando sob a forma protegida (sais de ácidos graxos de cadeia longa). Stelle, Noble e Moore (1971b) mostraram um maior aumento nos ácidos graxos insaturados quando adicionaram 8% de óleo de soja do que quando adicionaram soja crua numa dieta controle (sem lipídeo), verificaram ainda que o aumento total dos ácidos graxos no leite ocorreu quando adicionaram óleo de soja.

Abreu, Palmquist e Lindsay (1997) desenvolveram um estudo com suplementação de ácidos graxos de cadeias ramificadas para vacas leiteiras com o objetivo de aumentar os níveis de ácidos graxos de cadeias ramificadas de importância de "flavors" na gordura do leite. Estes autores observaram que outros ácidos graxos que não estavam incluídos no suplemento também foram aumentados por este tratamento, mostrando que era possível modificar o teor de ácidos graxos com flavor na gordura do leite. Afirmam ainda que os métodos que aumentam os níveis de propionato e/ou valerato no sangue fornecido a glândula mamária elevam as concentrações de ácidos graxos de cadeia ramificada e de cadeia ímpar, muitos dos quais exibem características potentes de flavor.

Portanto, é possível modificar a composição química do leite através da dieta como também modificar os tipos de ácidos graxos presentes na gordura do leite, tornando-o mais saudável ao consumidor e melhorando a qualidade dos produtos lácteos, em termos de aroma e sabor, sem diminuir a porcentagem de gordura desse leite.

2.4 Metabolismo dos lipídeos em ruminantes

2.4.1 Aspectos gerais

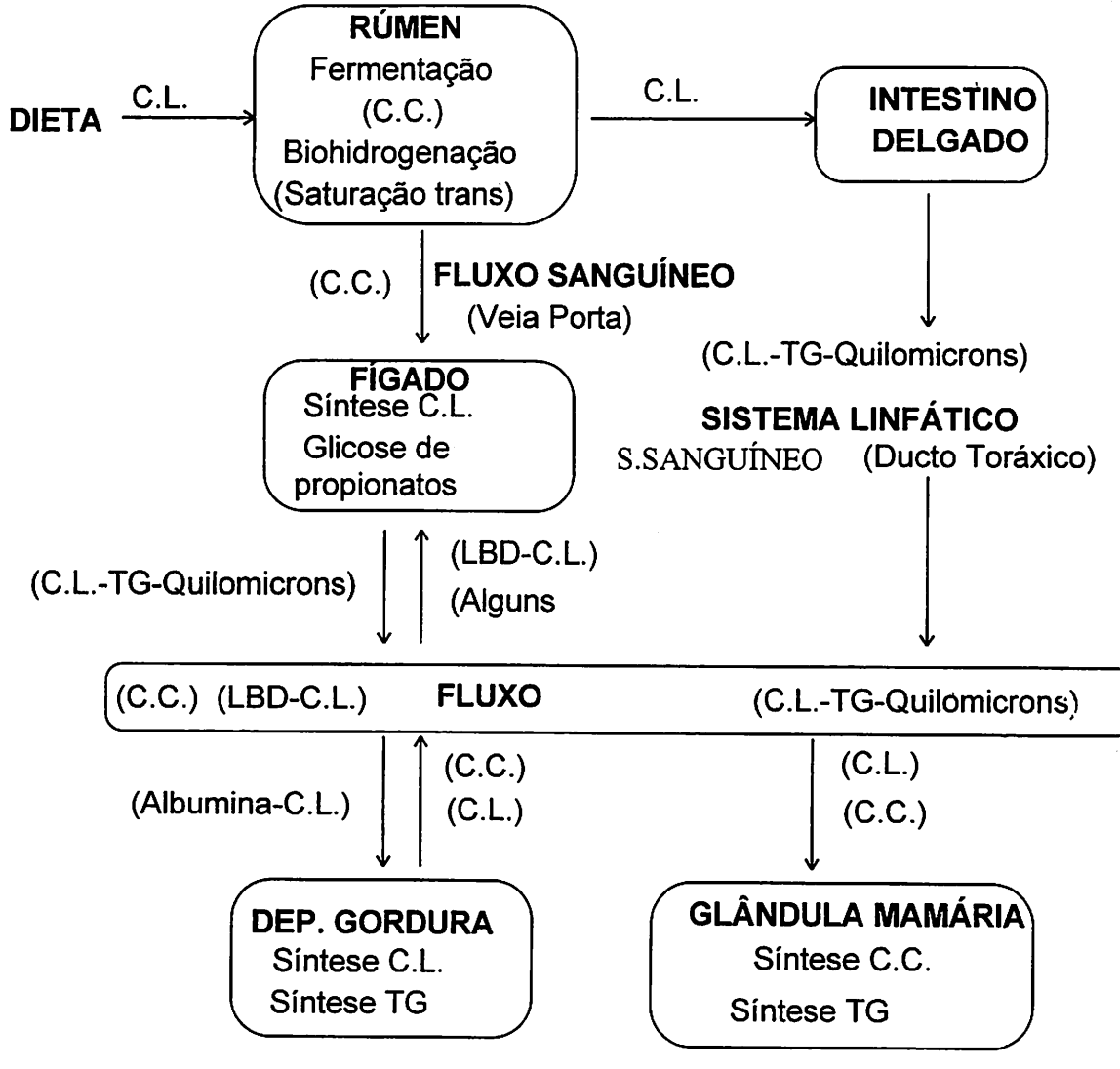
A oxidação microbina do alimento no rúmen não é completa, pois o oxigênio não está disponível como receptor final de elétrons, sendo os ácidos graxos voláteis, metano, dióxido de carbono, amônia e material celular, os produtos finais formados. Os ácidos graxos voláteis são utilizados pelos ruminantes como principal fonte de energia e os microrganismos como importantes fontes de aminoácidos para síntese protéica; ao contrário, a amônia, metano e calor

representam consideráveis perdas de nitrogênio e energia pelo animal (Russel, 1988).

As proporções relativas dos principais ácidos graxos voláteis formados no rúmen de animais recebendo principalmente forragens estão entre 60-70% de acetato, 18-22% de propionato, 13-16% de butirato, 2-4% de valerato e traços de formato. Os ácidos graxos de cadeia ramificada estão também presentes, mas em pequenas concentrações (Church, 1993).

Os principais microrganismos celulolíticos do rúmen são: *Ruminococcus flavefciens, Ruminococcus albus, Butyrivibrio fibrisolvens e Fibrobacter succionogenes* (Hungate, 1966) Esses microrganismos possuem requerimentos nutricionais por ácidos graxos de cadeia ramificada e ácido pentanóico (valérico) ou são estimulados pelos mesmos (Byers, 1989). Se não forem fornecidos esses ácidos através da alimentação, eles são formados pela deaminação e descarboxilação de aminoácidos como lisina, leucina, isoleucina, prolina e arginina (Abreu, 1993)

A Figura 1 mostra o fluxo geral dos ácidos graxos e seu metabolismo nos ruminantes.



C.L. = Cadeia longa; C.C. = Cadeia curta; TG = Triaciglicerol; LBD = Lipoproteína de baixa densidade

FONTE: Abreu, 1993.

FIGURA 1. Fluxo geral dos ácidos graxos e seu metabolismo nos ruminantes.

2.4.2 Metabolismo dos lipídeos no rúmen

Os lipídeos, imediatamente após a ingestão são submetidos à ação dos microrganismos do rúmen (Figura 1). Primeiramente, ocorre uma hidrólise das ligações ésteres, via enzimas bacterianas de natureza extracelular, as quais possuem atividade lipolítica, galactolipolítica e fosfolipolítica (Jenkins, 1993). *Anaerovibrio lypolitica*, parece ser o principal microrganismo envolvido no processo hidrolítico dos lipídeos (Hungate, 1966). Quanto aos fungos e protozoários, a capacidade destes de hidrolisar lipídeos ainda é duvidosa e os dados de literatura são conflitantes.

Logo após a hidrólise, os ácidos graxos insaturados sofrem um processo bioquímico de saturação o que reduz sua maior reatividade, mantendo com mais eficiência a integridade das membranas lipoprotéicas, sendo este processo denominado de biohidrogenação (Jenkins, 1993). O passo inicial na biohidrogenação do ácido linoléico é a atuação de uma isomerase que converte a dupla ligação cis 12 em trans 11; logo após, mediante a ação de redutases específicas, ocorrerá a hidrogenação das ligações cis 9 e trans 11, resultando em ácido esteárico, esse processo não é 100% eficiente, o que leva ao aparecimento de ácidos graxos com duplas ligações trans na gordura do leite de ruminantes (Van Soest, 1982).

2.4.3 Metabolismo de ácidos graxos voláteis na parede do rúmen, fígado e tecido adiposo

Devido a sua grande superfície e adequado suprimento sanguíneo, a parede do rúmen é bem adaptada para absorção tanto dos ácidos graxos voláteis, como de outros compostos solúveis

em água, como a amônia e lactato, os quais são extensivamente absorvidos no rúmen. Cerca de 75 a 80% do total de ácidos graxos voláteis produzidos são absorvidos nesse ambiente (Christie, 1981)

Os ácidos graxos de cadeia longa passam para o intestino onde são incorporados em lipoproteínas na parede intestinal e secretados no sistema linfático como quilomicron. Em contraste, a maioria dos ácidos graxos voláteis absorvidos do rúmen são transportados pela veia porta; somente pequena quantidade ocorre no sistema linfático (Merchen, 1979).

Alguns ácidos graxos são metabolizados durante sua passagem pelo rúmen. O butirato é o mais metabolizado, sendo que 70 a 90% desse é convertido em ß-hidroxibutirato (BHB) via ß-hidroxi-ß-metilbutiril-CoA e acetoacetato. Igualmente, parece que uma proporção de propionato não passa pelo epitélio do rúmen sem sofrer modificações, mas é metabolizado pela fixação de CO_2 e consequente formação de succinato, o que leva à formação de lactato. Em contraste, pouco ou nenhum metabolismo de acetato ocorre no epitélio do rúmen. (Christie, 1981; Church, 1993).

A maioria do propionato (80-90%) que chega ao fígado de ruminantes é metabolizado a succinato através do ciclo de Krebs, para posterior formação da glicose. O propionato que não sofre metabolismo hepático, ou aquele produzido em outros tecidos, pode servir como "primer" no processo de síntese de ácidos graxos ou para produção de metilmalonil. Isso se torna evidente pela ocorrência nos tecidos e leite de ruminantes de considerável quantidade de ácidos graxos de cadeia com número ímpar de carbono e de cadeia ramificada (Church, 1993).

O tecido adiposo possui capacidade de sintetizar ácidos graxos cerca de três vezes mais que o fígado. Gorduras localizadas no tecido adiposo de ruminantes ocorrem quase que exclusivamente na forma de triacilglicerol, com predominância de C_{16} e C_{18}. Em contraste com os não ruminantes, o tecido adiposo de ruminantes possui pouco $C_{18:1}$ ou $C_{18:2}$ (Christie, 1981).

2.4.4. Metabolismo dos lipídeos no intestino delgado

Ao contrário dos ácidos graxos voláteis, os ácidos graxos de cadeia longa não são absorvidos à nível ruminal, passando consequentemente para o intestino. Os lipídeos que chegam ao intestino delgado dos ruminantes são marcadamente diferentes e em maior concentração em relação aos lipídeos dietético (Byers e Schelling, 1989), devido à síntese e modificação microbiana que ocorre no rúmen (Doreau e Ferlay, 1994). À nível de abomaso, os ácidos graxos são protonados nesse meio ácido e possivelmente, as formas insolúveis associadas a íons metálicos serão dissociadas. Devida à restrita ação tamponante realizada pela secreção pancreática a qual possui baixa concentração de bicarbonato, a digesta que passa pelo abomaso mantém-se bastante ácida e essa característica permanece por toda metade anterior do Intestino delgado (Byers e Schelling, 1989).

A digestão dos lipídeos no intestino delgado ocorre em um meio bifásico, onde os ácidos graxos adsorvidos às partículas insolúveis são transferidos para uma fase de micelas. Esta transferência ocorre gradualmente, à medida que a digesta passa pelo intestino delgado; aproximadamente 5% no duodeno, 20% no jejuno superior, 25% no jejuno médio e terminal e 50% no íleo. Mediante a ação da lipase pancreática e do sistema colipase, os triacilgliceróis são convertidos a um "pool" de ácidos graxos e 2-monoacilgliceróis. Os ácidos graxos absorvidos pelas células intestinais serão reesterificados, armazenados nos enterócitos como mono, di ou triacilgliceróis, colesterol e fosfolipídeos que serão incorporados aos quilomicrons e então transportados pelo sistema linfático até os tecidos periféricos (Bauchart, 1993).

À medida que a concentração de lipídeos na ração aumenta de 1 para 8% na MS a digestibilidade verdadeira parece diminuir. Isto pode ser explicado por um limite biológico de

secreção de sais biliares, bem como das enzimas pancreáticas (Palmquist, 1991). A digestibilidade verdadeira pós-ruminal dos lipídeos de origem bacteriana e dietética segundo Sniffen et al. (1992) é de 95,0 e 100,0%, assumido pelo sistema Cornell (CNCPS). Van Soest (1982) relata que a digestibilidade verdadeira pós-ruminal dos lipídeos é aproximadamente 100%.

2.4.5 Metabolismo dos lipídeos no intestino grosso

A quantidade de ácidos graxos que passa pelo íleo terminal pode não ser igual àquela fecal. A energia fermentável no ceco faz com que ocorra uma síntese de lipídeos microbianos nesta porção intestinal, e, esta tem sido a explicação para fluxos fecais de ácidos graxos maiores do que os fluxos ileais, especialmente quando a digestibilidade da matéria orgânica cecal for significativa (Doreau e Ferlay, 1994). Em função da suplementação lipídica, Palmquist e Beaulieu (1993) afirmam que uma possível alteração da fermentação ruminal pode alterar a partição da digestão, fazendo com que a digestão cecal tenha maior significado .

2.4.6 Síntese da gordura na glândula mamária

2.4.6.1 Ácidos graxos de cadeia curta, ramificada e de cadeia com número ímpar de carbonos.

Praticamente, não existe síntese de ácidos graxos a partir da glicose na glândula mamária de ruminantes, sendo que o animal utiliza metabólitos simples para a síntese, como acetato e ß-hidoxi-butirato (BHB). Tal síntese ocorre dentro dos lóbulo-alvéolos da glândula. Em ambos os

casos, acetato e BHB, o alongamento da cadeia continua até que o palmitato é liberado do processo de síntese pelo componente aciltioesterase (tioesterase I) (Bauman e Davis, 1974).

Todos os ácidos graxos de cadeia curta (C_4 a C_{10}) e metade dos de cadeia média (C_{12} a C_{17}) da gordura do leite são sintetizados nas células epiteliais da glândula mamária a partir do acetato e BHB. A outra metade dos ácidos graxos de cadeia média e quase a totalidade dos de cadeia longa (C_{18} e mais longos) são derivados do plasma sanguíneos que por sua vez tem origem na dieta ou são mobilizados dos tecidos armazenadores de gordura (Lin e Kumar, 1971).

A síntese dos ácidos graxos em mamíferos ocorre por alongamento da cadeia iniciada pelo grupo acetil do acetil-CoA por sucessivas condensações com o grupo malonil do malonil-CoA. Além do acetato (formador do acetil-CoA), o BHB o qual é originado do butirato produzido no rúmen, contribui significativamente para a formação de ácidos graxos no tecido mamário de ruminantes, através da formação de butiril-CoA, que por sua vez age como unidade "primer" de 4 carbonos (Palmquist et al., 1969).

A presença de grandes quantidades de ácidos graxos de cadeia ramificada e de cadeia com número ímpar de carbono no leite dos ruminantes, mostra que esses ácidos graxos são os mais característicos desse leite e podem ser sintetizados na glândula mamária ou originados do sangue como produto de lipídeos das bactérias do rúmen (Abreu, 1993).

A biosíntese dos ácidos graxos de cadeia ramificada é feita pelo uso de metilmalonil-CoA, que é o produto da carboxilação do propionil-CoA no lugar de uma ou mais moléculas do malonil-CoA. Já os ácidos graxos de cadeia com número ímpar de carbono são sintetizados quando propionil-CoA age como aceptor do malonil-CoA sendo a cadeia alongada por subsequentes condensações com malonil-CoA.

Uma outra característica importante do leite de ruminantes é sua considerável quantidade

de ácidos graxos de cadeia curta, C_4 e C_6 que juntos representam de 4,9 a 6,8% respectivamente, do total de ácidos graxos (Christie, 1981). Além disso existe significante quantidade de ácidos graxos com 8 a 12 carbonos na cadeia.

2.4.6.2 Biossíntese de glicerídeos na glândula mamária

Cerca de 97 a 98% da gordura do leite é composto por triacilglicerol, 0,5% ou menos de diacilgliceróis e cerca de 1% de fosfolipídeos (Schmidt, 1971). Os triacilgliceróis são formados dentro do epitélio secretor do tecido mamário a partir de precursores que são sintetizados de novo ou absorvidos do plasma circulante ou de ambos (Kinsella, 1971). As principais frações do sangue que contribuem com ácidos graxos para a formação da gordura são os quilomicron circulante e lipoproteínas de baixa densidade, porém pequenas quantidades de ácidos graxos não esterificados do plasma sanguíneo são também utilizado.

Os triacilgliceróis do leite de ruminantes contém cerca de 20 a 30 mol% de ácidos graxos de cadeia curta e média. A glândula mamária de ruminantes tem grande capacidade de esterificar butiril-CoA e hexanoil-CoA na posição sn-3 do glicerol, levando à formação de triacilgliceróis ricos nesses ácidos graxos de cadeia curta. Isso pode refletir no acoplamento direto da síntese desses ésteres com formação de triacilgliceróis o que não acontece em não ruminantes (Kinsella, 1971).

2.5 Importância dos lipídeos no leite e produtos lácteos

Os lipídeos do leite dos ruminantes são caracterizados pela presença de elevadas concentrações de ácidos graxos de cadeia curta (C_4 - C_{12}), muito dos quais pertencem a categoria de cadeias ramificadas e com número ímpar de carbono. Estes ácidos graxos são compostos que conferem aroma a muitos produtos lácteos, especialmente em queijos, onde contribuem significativamente para o "flavor" desse produto. Conferem também grande parte do aroma distinto fornecido pela gordura do leite nos produtos lácteos e em alimentos onde a gordura do leite é usada como ingrediente funcional.

O "flavor" de um alimento pode ser definido como uma resposta integrada envolvendo os componentes que contribuem para a sensação de aroma e sabor. A cor e a textura podem também modificar a avaliação subjetiva de um flavor particular; algumas pessoas consideram o odor ou aroma como o mais importante fator individual que contribui para o "flavor" característico da maioria dos alimentos. Segundo Baldwin, Cloninger e Lindsay (1973), a gordura do leite contém substancial quantidades de ácidos graxos de cadeia curta (AGCC) que por serem voláteis, estão entre os mais importantes grupos de compostos que contribuem para o aroma e sabor ("flavor") de produtos lácteos, especialmente o queijo. Devido ao potente aroma dos ácidos graxos de cadeia ramificada (Brennand, Ha e Lindsay, 1989), existe interesse considerável na manipulação de suas concentrações na gordura do leite.

Phillips et al. (1995), verificaram a influência da gordura nas propriedades sensoriais, viscosidade e cor em leite com baixo teor de gordura, mostrando que a adição de gordura no leite afeta sua cor e viscosidade e que quanto mais aumenta o conteúdo de gordura a viscosidade é elevada na mesma proporção. Alterações no conteúdo de gordura do leite influenciaram os

atributos sensoriais do leite, como aroma e sabor.

Atualmente tem-se desenvolvido práticas para diminuir a gordura de produtos lácteos, e estas práticas resultam em diminuição do flavor desses produtos sendo este efeito atribuído a baixas concentrações de ácidos graxos voláteis livres, especialmente em queijos. Diversos estudos tem sido desenvolvidos com o intuito de aumentar a concentração de ácidos graxos aromáticos em produtos lácteos de baixo teor de gordura.

2.5.1 Ácidos graxos presentes na gordura do leite

A gordura do leite possui altas concentrações de ácidos graxos saturados (Quadro 1), sendo que a principal fração lipídica do leite bovino é constituída por triacilgliceróis (98%) e portanto tem sido extensivamente investigada com relação aos tipos e quantidades de ácidos graxos presentes e em relação à distribuição estereoespecífica no esqueleto de glicerol. Gresti et al. (1993) afirmam que os triacilgliceróis do leite bovino contém 13 ácidos graxos saturados principais, de cadeia curta (C4:0 a C10:0), de cadeia média (C12:0) e cadeia longa (C14:0 a C18:0) e ácidos graxos de cadeia longa e insaturada (C14:1, C16:1, C18:1 e C18:2). Estes ácidos graxos constituem cerca de 95% do total dos ácidos graxos do leite, sendo que os 5% restantes, consistem de ácidos graxos de cadeia com número ímpar de carbono.

No quadro 1 encontram-se a distribuição dos ácidos graxos presentes na gordura do leite e a quantidade de cada um em gramas por cada 100 g de gordura, sendo uma média obtida de 50 laticínios em 10 regiões dos Estados Unidos nos meses de Fevereiro, Maio, Agosto e Novembro de 1993.

QUADRO 1. Composição média do perfil dos ácidos graxos da gordura do leite de 50 laticínios dos Estados Unidos.

Ácido graxo	(g/100 g)
C4:0	3,32
C6:0	2,34
C8:0	1,19
C10:0	2,81
C12:0	3,39
C14:0	11,41
C14:1	2,63
C16:0	29,53
C16:1	3,38
C18:0	9,84
C18:1	27,39
C18:2	2,78

Fonte: Palmquist e Beaulieu, (1993)

Observa-se que a gordura do leite é composta em sua maioria por ácidos graxos de cadeia saturada (63,83%), os quais tem sido associados à presença de colesterol e com consequentes prejuízos à saúde humana.

2.5.2. Ácidos graxos e colesterol

O colesterol sanguíneo aparece como o principal fator de risco coronário em quase todos os estudos epidemiológicos. Na grande maioria dos casos, a hipercolesterolemia é de origem

exógena, bastando reduzir a ingestão de colesterol (para um máximo de 300 mg/dia) e a substituição, na dieta de gorduras saturadas por insaturadas, para normalizar o nível sanguíneo desse composto. Os óleos naturais que são benéficos na redução do colesterol plasmático incluem o de amendoim, algodão, milho e açafrão, ao passo que a manteiga e outros óleos de origem animal e também o óleo de coco elevam a taxa do mesmo por possuírem maior quantidade de ácidos graxos saturados.

A crescente reação negativa de consumidores ao leite e produtos lácteos com relação à concentração de ácidos graxos de cadeia saturada, associada à presença de colesterol, é um aspecto de importância no que se refere aos lipídeos do leite, porém as idéias sobre a importância dos óleos e gorduras na alimentação humana sofreram uma contínua mudança durante os últimos cinquenta anos. Keyes, Anderson e Grande (1957) afirmam que os ácidos graxos saturados elevam os níveis de colesterol no sangue, enquanto que os poliinsaturados têm um efeito oposto. Shorland citado por Hartman (1993), durante o Congresso Internacional sobre Gorduras, mostrou uma exceção com relação aos ácidos graxos saturados, informando que o ácido esteárico cujo ponto de fusão é o mais alto dentre os ácidos saturados comuns, não está associado ao colesterol, pois quando ingerido ele é transformado e passa a ácido oléico que possui uma dupla ligação e não participa da produção de colesterol no organismo humano. Com os ácidos palmítico, mirístico e láurico porém, isto não ocorre e o consumo destes deve ser restrito. Supõe-se também que os ácidos caprílico e o capróico, com 8 e 10 carbonos reduzem o colesterol no sangue (Hartman, 1993).

Sabe-se que os níveis de lipoproteínas no sangue [Lipoproteína de Alta Densidade (HDL), Lipoproteína de Baixa Densidade (LDL) e Lipoproteína de densidade muito baixa (VLDL)] estão altamente relacionados com a taxa de colesterol. O HDL funciona como um varredor das

moléculas de colesterol se transformando em LDL e VLDL para posteriormente serem eliminados pelo fígado. Porém, quando o nível de LDL e VLDL são altos mostra que o nível de colesterol no sangue é mais alto do que os indicados pelos exames, pois o organismo não consegue eliminar todo LDL e VLDL para o fígado fazendo com que o sangue fique saturado destas moléculas (Hunk e Funk, 1992). Como já descrito anteriormente, o tipo de ácido graxo influencia este processo. Brousseau et al. (1993), estudando a substituição de ácidos graxos saturados por ácidos graxos mono ou poliinsaturados em dietas de macacos (*Macaca fascicularis*), verificaram uma redução significativa do colesterol total no plasma sanguíneo, mostrando que dietas altas em ácidos graxos poliinsaturados decresceram as concentrações de VLDL+LDL, com consequentes diminuições das concentrações de colesterol. Entretanto o oposto acontecia quando a dieta era rica em ácidos graxos saturados. Quando adicionaram ácidos graxos monoinsaturados, a concentração total de colesterol no plasma foi reduzida em oito animais, sendo que somente dois não tiveram alterações, resultando em um decréscimo de 17% em média em relação a dieta com ácidos graxos saturados. Já com dietas poliinsaturadas verificaram uma diminuição de 30% no nível total de colesterol no sangue em relação a dieta com saturados. Resultados semelhantes foram encontrados por Hunt e Funk (1992), num estudo com macacos (*Macaca fascicularis*) encontrando ainda que o total de LDL foi maior para o grupo de macacos que receberam dietas saturadas em comparação com o grupo que recebeu insaturadas. Mazier e Jones (1997), confirmaram estes resultados, em um estudo com seres humanos, mostrando ainda que o nível de colesterol foi menor com dietas poliinsaturadas do que monoinsaturadas e que as concentrações de HDL foram maiores quando se forneceu dietas insaturadas.

3 MATERIAL E MÉTODOS

3.1 Localização

O experimento foi realizado na Fazenda Palmital de propriedade da Fundação de Apoio ao Ensino Pesquisa e Extensão (FAEPE), localizada no município de Ijaci, no sul do Estado de Minas Gerais a 14 Km de Lavras que possui em média, 818 m de altitude, tendo como coordenadas geográficas 21° 14' 30" de latitude sul e 45° de longitude oeste do meridiano de Greenwich, (Brasil, 1960). O clima da região é do tipo Cwa, subtropical úmido, com verões quentes e chuvosos, apresentando as estações chuvosa e seca bem definidas.

3.2 Animais e Instalações

Foram utilizadas 12 vacas holandesas, variedade preta e branca, PO e PC, multíparas, recém-paridas, com peso médio em torno de 500 Kg e produção de leite média em torno de 20 Kg/dia (em 2 ordenhas). Cada animal entrou no experimento no início da lactação permanecendo até atingir o pico (64 dias). Os animais foram mantidos em confinamento total, em baias individuais e livre acesso ao volumoso, à água e sal mineral, sendo pesados no início e final de cada período.

3.3 Tratamentos

Os tratamentos utilizados foram os seguintes:

- CON: Concentrado à base de Farelo de Soja (Controle)
- MAG: Concentrado com 4% de Magnapac® (ácidos graxos de óleo de palma complexados com sais de Ca)
- DEG: Concentrado com 4% de óleo degomado
- FSI: Concentrado à base de Farelo de Soja Integral

3.3.1 Volumoso

O volumoso utilizado foi o capim elefante (*Pennisetum purpureum*, Schum) picado no cocho, fornecido duas vezes ao dia "*ad libitum*". Os animais recebiam em média cerca de 45 Kg/animal/dia. Medindo-se no final o consumo individual de cada animal. A composição química do capim utilizado se encontra na tabela 1.

3.3.2 Concentrado

As diferentes rações concentradas, contendo as diferentes fontes de lipídeos, foram balanceadas segundo as exigências estabelecidas pela National Research Council - NRC (1989), utilizando como ingredientes o milho grão na forma de fubá, farelo de soja, farinha de carne e ossos, calcário e suplementação vitamínica e mineral (Tabela 1). A dieta controle constituiu de 3% de extrato etéreo, sendo os outros tratamentos formulados para uma concentração de 7% de

extrato etéreo. Todas as rações foram calculadas para conterem 23% PB. Esses concentrados foram fornecidos duas vezes ao dia, em cochos individuais na hora da ordenha, numa proporção de 1 Kg 2,2 Kg de leite produzido. As formulações dos concentrado e composição destes e do volumoso fornecidos aos animais encontram-se na Tabela 1. A composição química dos ingredientes das rações encontram-se na Tabela 2 e o perfil dos ácidos graxos das fontes de lipídeos utilizadas no experimento Tabela 3.

3.3.2.1 Fontes de lipídeos utilizadas nas rações experimentais

3.3.2.1.1 Magnapac®

O Magnapac é um produto de alto valor energético, produzido pela NOREL S.A, importado pela M.Cassab, sendo considerado fonte de gordura protegida da ação dos microorganismos do rúmen e altamente digestível no intestino delgado, esta "proteção" é feita complexando os ácidos graxos obtidos do óleo de palma com sais de cálcio.

Segundo o fabricante, este produto possui uma digestibilidade em torno de 85%, é indicado para vacas de 4000 a 5000 litros de leite/lactação, sendo recomendado de 300 a 500g/cabeça/dia nos primeiros 100 dias de lactação.

3.3.2.1.2. Óleo de soja degomado

Óleo obtido pelo processo clássico de extração dos grãos de soja e degomagem em sistema industrial, não passando pelo processo de refinação, utilizado na alimentação de animais na formulação de rações em geral. O produto utilizado neste experimento é fabricado e pela CARGILL.

3.3.2.1.3 Farelo de soja integral

É um ingrediente de alto valor energético e protéico para a nutrição animal, sendo obtido a partir da inativação dos grãos integrais de soja que são submetidos à altas temperaturas. Após esse processo, os grãos são moídos e obtém-se o farelo. O aquecimento dos grãos de soja propicia um considerável aumento no teor de proteína "by pass", tornando-o um alimento valioso para a dieta de animais de alta produção. O produto pode ser adquirido na forma de farelo em sacos de 50 kg e à granel, farelado ou peletizado. O Farelo de Soja Integral utilizado neste experimento é Fabricado pela CARGILL.

TABELA 1. Fórmula e composição em nutrientes do concentrado e do volumoso (%)

Ingredientes e Nutrientes	CON	MAG	DEG	FSI	Volumoso
Ingredientes (%)[1]					
Milho moído	57,5	50,80	50,60	63,00	
Farelo de Soja	30,50	34,00	34,00	-	
Farelo de Soja Integral	-	-	-	22,20	
Farinha de Carne e ossos	5,00	5,00	5,00	6,50	
Uréia	0,50	0,50	0,50	2,00	
Sal Comum	0,70	0,70	0,70	0,70	
Calcário calcítico	1,30	0,50	1,00	1,00	
Fosfato bicálcico	1,00	1,00	1,30	1,10	
Premix mineral[2]	0,30	0,30	0,30	0,30	
Premix vitamínico	0,30	0,30	0,30	0,30	
Bicarbonato de sódio	0,80	0,80	0,80	0,80	
Óxido de Magnésio	0,60	0,60	0,60	0,60	
Enxofre	0,10	0,10	0,10	0,10	
Cloreto de Potássio	1,40	1,40	1,40	1,40	
Magnapac®	-	4,00	-	-	
Óleo de Soja degomado	-	-	4,00	-	
Total	100	100	100	100	
Nutrientes					
Matéria Seca, %	87,48	87,78	84,60	88,17	23,57
ELL (MCal/Kg)[3]	1,84	1,97	2,00	1,87	1,23
Proteína Bruta, % MS	23,56	23,06	23,46	22,83	1,65
Extrato etéreo, % MS	3,15	6,95	6,94	7,59	0,74
FDN[4], % MS	17,00	16,24	16,20	17,30	67,24
Cálcio, % MS	1,53	1,61	1,5	1,58	0,13
Fósforo, % MS	0,84	0,85	0,85	0,88	0,06

1 - Valores representados com base na matéria natural

2 - Premix mineral - Minerpac - 50g de Zn, 30g de Mn, 36,5g de Fe, 2,5g de Co, 2,16g de I, 23,0g de Cu, 0,34 g de Se

3 - Energia Líquida da Lactação (Calculada com base no NRC, 1989)

4 - Fibra em detergente neutro

TABELA 2. Composição química dos ingredientes das rações:

	MS (%)	ELL (MCal/Kg)	PB (%MS)	EE (%MS)	FDN (%MS)	Ca (%MS)	P (%MS)	Min. (%MS)
Milho	85,89	2,03	8,04	3,14	17,83	0,046	0,279	1,36
Farelo de Soja	86,92	1,94	52,88	2,49	15,84	0,368	0,828	7,14
F. Soja Integral	89,16	2,18	49,35	21,87	16,82	0,280	0,66	5,16
F.Carne e ossos	91,78	1,62	46,30	11,79	36,02	13,18	8,63	32,16
Magnapac®	95,00	4,91	0	88,0	0	9,47	0	11,58
Óleo degomado	100,0	5,84	0	98,0	0	0	0	0

TABELA 3. Perfil dos ácidos graxos (%) das fontes de lipídeos utilizadas nas rações:

Tipo	**Magnapac®**	**F.S Integral**	**Ó. degom.**	**Milho**
C12:0	2,31	1,27	1,28	0,17
C13:0	1,89	1,12	1,11	0,30
C14:0	3,10	1,76	1,60	0,12
C15:0	0,99	2,31	2,40	0,16
C16:0	48,98	17,11	18,80	14,54
C16:1	-	0,26	0,23	0,06
C18:0	0,04	0,25	0,20	0,11
C18:1	34,62	23,84	22,5	31,3
C18:2	8,03	47,64	45,5	52,43
C18:3	0,05	4,44	6,38	0,81
TOTAL	**100**	**100**	**100**	**100**
Saturados	57,3	23,82	25,39	15,4
Insaturados	42,7	76,18	74,61	84,6

3.4 Manejo dos animais e períodos experimentais

Antes de iniciar o experimento foi realizado a vermifugação dos animais, o controle de endo e ectoparasitas, curativos e medidas preventivas de controle à mastite, etc, sendo todos os animais observados durante todo o período experimental, segundo orientação veterinária.

Os animais foram pesados no início e no final de cada tratamento. Sendo as pesagens executadas pela manhã, antes do fornecimento da nova alimentação.

Iniciou-se o tratamento com cada animal logo após o parto sendo que para cada tratamento o animal permaneceu 16 dias. Como cada animal recebeu 4 tratamentos, o experimento teve uma duração de 64 dias.

3.5 Delineamento experimental e análises estatísticas

O experimento foi composto de 12 vacas multíparas no início da lactação, com produção média de 20 Kg de leite/dia, sendo que o esquema adotado foi em Changeover com 3 quadrados latinos 4x4, cada quadrado latino diferenciando a produção e a ordem de lactação, e cada parcela experimental foi constituída de um animal (Quadro 2), recebendo todos os tratamentos, comparando 4 dietas isoproteicas, com variação nos tipos de gordura suplementada, visto que a produção e/ou os dados de composição físico-química do leite (individuais) e perfil dos ácidos graxos da gordura do leite foram variáveis respostas do experimento.

QUADRO 2 Esquema de distribuição dos animais e dos tratamentos dentro dos quadrados latinos

Q.Latino	Períodos	Animais			
		1	2	3	4
I	1	I	II	III	IV
	2	II	I	IV	III
	3	III	IV	I	II
	4	IV	III	II	I
		5	6	7	8
II	1	I	II	III	IV
	2	IV	III	II	I
	3	II	I	IV	III
	4	III	IV	I	II
		9	10	11	12
III	1	I	II	III	IV
	2	III	IV	I	II
	3	IV	III	II	I
	4	II	I	IV	III

Os dados foram analisados pelo pacote estatístico SAS (Statistical Analysis System), através da Análise de Variância e teste F, comparando-se os tratamentos pelo teste de tukey ($p < 0,05$).

3.6 Pesagem do leite e análises químicas

Foram feitas semanalmente na própria fazenda as pesagens individuais do leite (resultados de 2 ordenhas) para avaliação do efeito das dietas na produção. Nos últimos 3 dias de cada período foram coletadas as amostras, para serem

analisadas no Laboratório de Laticínios do Departamento de Ciência dos Alimentos da Universidade Federal de Lavras. Em seguida realizou-se o cálculo para a produção de leite corrigida para 3,5% , de acordo com a seguinte fórmula, descrita por Overton et al (1996):

$$PLC_{3,5\%} = \{0,4324 \times PL + 16,216 \times G\ (Kg)\}$$

onde:

$PLC_{(3,5\%)}$ = Produção de leite corrigida para 3,5% de gordura
PL = Produção de leite em Kg/dia
PG = Produção de gordura em Kg/dia

3.6.1 Análises químicas

3.6.1.1. Análise dos Alimentos:

Matéria Seca (MS): As análises de matéria seca foram determinadas pelo método direto em estufa a 105°C, segundo A.O.A.C (1975)

Extrato Etéreo (EE): Foi determinado pelo método de Gerber no aparelho Soxhlet, segundo A.O.A.C (1975)

Proteína bruta (PB): Estimou-se o teor de proteína dos alimentos pela porcentagem de N no método de micro Kjeldahl, segundo A.O.A.C (1975)

Fibra em Detergente Neutro (FDN): Foi determinado pelo método de Goering e Van Soest, 1970.

Cálcio (Ca): Utilizou-se o método de permanganotometria, segundo A.O.A.C (1975)

Fósforo (P): Determinado pelo desvio da luz polarizada em espectometria a 450 nμ, Segundo A.O.A.C (1975)

3.6.1.2 Análise do leite

Análise de gordura: Os teores de gordura das amostras de leite foram determinados pelo método butirométrico de Gerber descrito por Brasil, 1981.

Análise de proteína: As determinações do nitrogênio total foram feitas a partir do método Micro Kjeldahl, descrito pela A.O.A.C. (1991). E a proteína total foi obtida a partir da multiplicação dos valores médios de porcentagem de nitrogênio total pelo fator 6,35.

Acidez titulável: A acidez das amostras do leite foram medidas utilizando-se o método de titulação da acidez com hidróxido de sódio N/9 (solução Dornic), em presença de Fenolftaleína, como descrito por Brasil (1981).

Índice Crioscópico: O índice crioscópico (°H) foi obtido Através do aparelho de Hortvert, decrito por Brasil (1981).

Densidade: A densidade das amostras foi determinada pela leitura direta em um termolactodensímetro, segundo Quevenne, corrigindo-se o efeito da temperatura, segundo o método descrito na seção das Normas Analíticas do Instituto Adolfo Lutz (1985).

Sólidos totais e Desengordurados: Os teores de sólidos totais e desengordurado

foram obtidos através da fórmula de Fleishmann, descrita por Brasil (1981).

3.6.1.2.1 Análise do perfil dos ácidos graxos da gordura do leite

a. Extração da gordura

A gordura do leite foi extraída pela técnica do detergente-BDI descrita por Abreu (1993), como mostrado abaixo:

a.1 Preparação do reagente BDI:

Dissolve-se 30 g de Triton-X-100 e 70 g de tetrafosfato de sódio em água destilada completando o volume para 1 litro.

a.2 Extração:

Pipeta-se 35 ml de leite em balão volumétrico de 100 ml, juntamente com 10 ml de BDI. Após completa homogeneização a mistura é aquecida em banho-Maria fervente por 5 minutos, após o qual procede-se nova homogeneização, seguida de um novo aquecimento por um período adicional de 10 minutos. A mistura é então novamente homogeneizada e centrifugada (centrífuga de Gerber) por 1 minuto. Para completa separação da gordura na parte superior do balão, adiciona-se álcool metílico:água (1:1) até que a camada de gordura fique na parte média do gargalho do balão. A mistura então é colocada em um banho-Maria a 70°C por 5 minutos, após os quais coleta-se a gordura com uma pipeta de Pasteur. Essa gordura é então transferida para pequenos frascos de vidro e devidamente identificadas. Quando a análise de ácidos graxos não

ocorrer no mesmo dia, essas amostras podem ser congeladas a - 20°C.

b. Análise do perfil dos ácidos graxos

O perfil de ácidos graxos da gordura do leite foi determinado pelo método cromatográfico descrito por Luddy, Barford e Riemenschneider (1960), modificado por Abreu (1993), como descrito abaixo.

b.1.Obtenção dos ésteres metílicos dos ácidos graxos

Coloca-se em um tubo de ensaio de tampa rosqueada 0,2 g de gordura previamente extraída do leite, juntamente com 2 ml de uma solução aquosa de hidróxido de sódio (1N e 1,0 ml de uma solução de ácido nonanóico (3.000 ppm) em éter, como padrão interno. Tritura-se esta mistura utilizando-se um homogeneizador tipo Polytron por 1 minuto e posteriormente aquece em banho-Maria fervente por mais ou menos 1 hora (até desaparecerem todas gotículas de gorduras). Após resfriamento em água corrente, adiciona-se ao sabão formado, 0,5 ml d ácido sulfúrico 5,5 N. Para completa hidrogenação aquece-se novamente em banho-Maria fervente por 10 minutos, em seguida resfria-se e adiciona-se 10 ml de uma solução hexano:éter (1:1), seguido de completa homogeneização. O sobrenadante então, é transferido para um tubo menor e o solvente evaporado em um fluxo de nitrogênio. Aos ácidos graxos é adicionado 1 ml de BF_3 (Trifluoreto de boro) em metanol (14%) e aquecido em banho-Maria fervente por 15 minutos para completa metilação. Após resfriamento, adiciona-se 5 ml de pentano aos ésteres metílicos, seguido de homogeneização e três lavagens com 10 ml de uma solução metanol:água (13%). Após cada lavagem segue-se uma centrifugação (centrífuga de Gerber) tendo a parte inferior

descartada. Os ésteres metílicos, após esse processo, serão utilizados na análise cromatográfica.

b.2 Análise por cromatografia em fase gasosa:

Para a separação e quantificação dos ésteres metílicos, utilizou-se um cromatógrafo à gás, modelo Varian 3.400 equipado com detector de chama (FID), acoplado a um integrador Intralab 4290, trabalhando nas seguintes condições: A temperatura do injetor e do detector foram mantidas a 220°C; a temperatura da coluna, foi programada em um gradiente de 150 a 200°C, com elevação constante de ß = 2°C/min; o gás de arraste utilizado foi o nitrogênio, com um fluxo de 30ml/min, atenuação $32x10^{-11}$; o fluxo do hidrogênio foi de 30ml/min e do oxigênio foi de 350ml/min. Os componentes dos ésteres metílicos dos ácidos graxos foram separados em uma coluna (empacotada) de 2 metros, DEGS a 18% em Chromosorb 80/100 mesh. Para determinação dos ácidos graxos, foi injetado 1 µl da solução dos ésteres metílicos.

4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

4.1 Desempenho produtivo

4.1.1 Consumo de matéria seca, proteína bruta e extrato etéreo

Na formulação de dietas, a ingestão de matéria seca é um critério importante a ser considerado, especialmente para vacas leiteiras de alta produção, no início da lactação (NRC, 1989). Nesta fase, a demanda de nutrientes é elevada e o consumo de matéria seca (MS) baixo, pois o pico de produção de leite de uma vaca ocorre entre quatro e oito semanas pós-parto, enquanto que o pico de consumo de matéria seca geralmente ocorre entre duas a seis semanas mais tarde. Isto leva a um balanço negativo de energia no início da lactação, fazendo com que o animal mobilize reservas corporais para suprir esta deficiência de energia resultando em perda de peso (Ahrar e Schingoethe, 1979; Clarck e Davis, 1980).

Várias tentativas para aumentar o consumo de energia através de suplementação com gordura não protegida têm tido resultados negativos, por causa dos distúrbios que estas gorduras trazem ao rúmen, os quais prejudicam a fermentação ruminal, diminuindo o apetite (Macleod, Yu e Schaeffer, 1977). Sabidamente, o efeito dos lipídeos sobre o consumo, depende do tipo, quantidade e maneira de adicioná-los às dietas.

Verifica-se na tabela 4 que o consumo de matéria seca foi reduzido 10% em relação ao tratamento controle (CON) quando se incluiu o farelo de soja integral (FSI) no concentrado ($P<0,05$). Trabalhos conduzidos por Barbano e Sherbon (1980) mostram que o aumento do nível de gordura na matéria seca de 3 para 8%, com utilização de lipídeo poli-insaturado, não afetam o consumo de matéria seca. Entretanto, ao adicionar 4,3% de óleo de soja em ração para vacas leiteiras, Clapperton e Steele (1983) observaram uma redução de 8%, no consumo de matéria seca.

TABELA 4: Exigência de MS (g/vaca/dia); ELL (MCal/vaca/dia); Consumo de matéria seca, ELL (Mcal/vaca/dia); Proteína Bruta, Extrato etéreo (g/vaca/dia), do volumoso e concentrado, Produção de leite (kg/vaca/dia), produção de leite corrigida a 3,5% (kg/vaca/dia), peso inicial (kg), peso final (kg) e variação no peso, nos diferentes tratamentos.

	Tratamentos				DMS
	CON	MAG	DEG	FSI	
Exigência (NRC)					
MS (g/vaça/dia)	16110,0	16470,0	15710,0	15900,0	
ELL (MCal/vaca/dia)	24,51	25,32	23,86	24,21	
Consumo de MS (g/vaca/dia)					
- Volumoso	7080,0a*	7050,0a	7480,0a	6780,0a	0,5115
- Concentrado	8190,0a	8510,0a	7950,0a	6980,0b	0,6223
Total	15270,0a	15560,0a	15430,0a	13760,0b	0,7784
Consumo de ELL (MCal/vaca/dia)					
- Volumoso	8,70	8,67	9,20	8,33	
- Concentrado	15,07	16,76	15,90	13,05	
Total	23,77	25,43	25,10	21,38	
Consumo de PB (g/vaca/dia)					
- Volumoso	116,82	116,32	123,42	111,87	
- Concentrado	1929,0	1962,0	1865,07	1593,53	
Total	2055,82	2078,32	1988,49	1705,40	
Consumo de EE (g/vaca/dia)					
- Volumoso	52,39	52,17	55,35	50,172	
- Concentrado	257,98	591,44	551,73	529,78	
Total	310,37	643,61	607,08	579,95	
Produção de leite (kg/vaca/dia)	20,73ab	21,10a	20,12bc	19,80c	0,6743
Produção de leite corrigida a 3,5%	20,79b	22,50a	20,27b	20,62b	0,8839
Variação no peso corporal					
Peso Inicial (kg)	566,08	558,33	552,00	556,08	
Peso Final (kg)	567,75	560,00	561,08	556,67	
Variação	1,67	1,67	9,08	0,583	

* Médias seguidas de letras diferentes não são iguais pelo teste de Tukey ($p<0,05$)

4.1.2 Produção de leite e produção de leite corrigida

Como se observa na tabela 4, a produção de leite e produção de leite corrigida a 3,5% foi maior no tratamento com Magnapac® (MAG). Quando se utilizou o farelo de soja integral (FSI) a produção de leite diminuiu, não ocorrendo o mesmo para produção de leite corrigida visto que para essa variável o tratamento com farelo de soja integral (FSI) foi estatisticamente igual aos tratamentos controle (CON) e ao adicionado de 4% de óleo de soja degomado (DEG). Verificando-se ainda na Tabela 4, pode-se observar que o consumo de matéria seca foi menor no tratamento com farelo de soja integral (FSI), justificando a menor produção de leite para esse tratamento. A porcentagem de gordura do leite foi alta nesse tratamento (FSI) (Tabela 5), o que levou a um aumento na produção de leite corrigida para 3,5%.

Peixoto (1991) trabalhando com sais de ácidos graxos, e Kim et al. (1993), testando grão de soja extrusado, e sais de cálcio de ácidos graxos de cadeia longa (Ca-LCFA - 4% da MS da dieta), encontraram valores 10% maiores para a produção de leite das vacas que receberam ração com gordura suplementar, sendo que o aumento na produção de leite foi similar em ambas as fontes de lipídeos. Christensen et al. (1994) encontraram aumentos na produção de leite, com ou sem correção para 4% de gordura, quando adicionaram lipídeos nas rações. Shauff et al. (1992) mostraram que a inclusão de gordura suplementar na dieta de vacas leiteiras não afeta a produção de leite com ou sem correção de gordura. Segundo Palmquist (1991), a produção de leite não é afetada pela inclusão de gordura na ração, principalmente quando esta não é protegida. Os dados obtidos neste trabalho (Tabela 4), deixam evidente que a produção de leite com e sem correção para o teor de gordura, é aumentada quando se suplementa a ração com sais complexados de ácidos graxos (MAG).

4.1.3 Variação no peso corporal

No início da lactação, onde há uma maior mobilização das reservas corporais devido à produção de leite, há uma tendência das vacas perderem peso, porém, segundo Chilliard (1993), dietas com gordura tendem a minimizar ou eliminar essas perdas, chegando, em alguns casos, a haver um aumento de peso corporal. No presente estudo pode-se verificar (Tabela 4) que o consumo de energia líquida da lactação foi maior no tratamento com óleo degomado (DEG), superando as exigências estabelecidas pelo NRC, fazendo com que as vacas apresentassem nesse tratamento o maior ganho de peso. Já o tratamento com menor consumo de energia líquida (FSI) apresentou um ganho de peso insignificante.

Resultados encontrados por Palmquist e Jenkins (1980), mostram uma redução na perda de peso das vacas em lactação alimentadas com rações ricas em gordura nas primeiras sete semanas pós-parto, podendo mesmo haver um pequeno ganho de peso. Mostraram ainda que o fornecimento de gordura além do período médio da lactação é desnecessário, pois a vaca já atingiu o pico de consumo de matéria seca. Entretanto, Block, Muller e Griel (1981) observaram uma perda de peso nas vacas alimentadas com uma dieta contendo 31% de soja-grão crua no concentrado, sendo o mesmo relatado por Mielke e Shingoethe (1981), quando adicionaram 14,3% de soja-grão crua em dietas isoprotéicas para vacas leiteiras no início da lactação. Esses autores atribuíram essa perda de peso, ao menor consumo de MS devido à adição de soja-grão. Todavia, vários trabalhos mostram que vacas em lactação alimentadas com soja-grão crua, apesar da tendência de perda de peso (Fernandes, 1994) ou de apresentarem ganhos de pesos menores (Shauff et al., 1992) apresentam boas condições de saúde. A mesma tendência foi observada neste trabalho em relação ao tratamento onde se adicionou farelo de soja integral.

Trabalhando com vacas no início da lactação, recebendo suplementação com ácidos graxos saponificados com sais de cálcio, Kent e Arambel (1988) não encontraram variações no peso dos animais em relação aos animais que receberam dietas sem esse suplemento. Peixoto, (1991) mostrou que animais recebendo ácidos graxos complexados com sais de cálcio, tiveram um ganho de peso médio diário de 56,7g, porém os animais que não receberam o aditivo na ração tiveram uma perda média diária de peso de 15,3g. Ferguson, Torralba e Schbeuder (1988) relatam não existir evidências claras da menor perda de peso quando lipídeos são adicionados à dieta no início da lactação, contudo a produção de leite pode ser aumentada e os animais podem recuperar as reservas perdidas num espaço de tempo mais curto.

4.2 Composição química do leite

4.2.1 Proteína e gordura do leite

Alguns resultados de pesquisa têm demonstrado que as rações com maior conteúdo de lipídeos levam, na maioria das vezes a aumentos na porcentagem de gordura e redução no teor de proteína do leite (Mattos e Palmquist, 1974; Palmquist e Jenkins, 1980). Dijk et al. (1983), alimentando vacas com soja-grão crua, observaram aumento significativo na porcentagem de gordura do leite, não ocorrendo o mesmo em relação aos teores de proteína.

A Tabela 5, mostra os resultados obtidos neste trabalho, para porcentagem e produção de proteína e gordura do leite nos diferentes tratamentos utilizados.

TABELA 5 Produção de leite (kg/vaca/dia), Porcentagens de gordura e proteína (%); Produções de gordura e proteína (kg/vaca/dia), Sólidos totais e desengordurados (Kg), Acidez (°D), Densidade e crioscopia (°H) do leite nos diferentes tratamentos.

	Tratamentos				DMS
	CON	MAG	DEG	FSI	
Prod. de leite (kg/vaca/dia)	20,73ab*	21,104a	20,12bc	19,80c	0,6743
Gordura do leite (%)	3,53c	3,88a	3,54c	3,77b	0,0827
Prod. Gordura (kg/vaca/dia)	0,73b	0,82a	0,71b	0,74b	0,0372
Proteína do leite (%)	3,40a	3,26c	3,32b	3,27c	0,0369
Prod. Proteína (kg/vaca/dia)	0,70a	0,69a	0,67b	0,64c	0,0228
Sólidos totais (%)	12,13b	12,48a	12,17b	12,50a	0,2673
S.Desengordurados (%)	8,63a	8,60a	8,63a	8,73a	0,2379
Acidez (°D)	15,33a	15,47a	15,47a	15,27a	1,9046
Densidade	1,03069a	1,03027a	1,03070a	1,03088a	0,9279
Crioscopia (°H)	-0,53775a	-0,53766a	-0,540083a	-0,5380a	-0,0074

* médias seguidas de mesma letra não diferem estatisticamente pelo teste de Tukey ($p < 0,5$)

Observa-se que a concentração de proteína foi menor em todos os tratamentos quando comparados com o controle (CON). Houve uma diminuição significativa para os tratamentos com gordura protegida (MAG) e farelo de soja integral (FSI) nas porcentagens de proteína, já no tratamento com 4% de óleo degomado (DEG) a porcentagem de proteína foi estatisticamente maior do que nesses dois, porém, foi ainda significativamente menor do que no tratamento controle (CON). Isso pode ser explicado pelo fato de que o tratamento com Magnapac® (MAG) apresentou uma maior produção de leite com consequente diluição da proteína do mesmo. Isso é confirmado pelos dados de produção de proteína que não foi alterado em relação ao tratamento controle. Estes resultados confirmam que a adição de gordura não protegida poderia diminuir a

produção de proteína, enquanto que a suplementação com gordura protegida não acarretaria em diferenças na produção desse componente do leite.

Grant e Weidner (1992) constataram um aumento no teor de gordura e diminuição na porcentagem de proteína do leite ao fornecerem soja-grão crua (11,6% na matéria seca) em dietas isocalóricas e isoproteicas, para vacas no início da lactação. Já Mohamed et al. (1988), analisando o fornecimento de farelo de soja, farelo de soja mais óleo de soja, soja grão crua e soja-grão tostada, constataram que a gordura do leite foi reduzida com a adição de óleo de soja e que o teor de proteína do leite diminuiu ao se acrescentar óleo de soja e soja-grão crua.

Sabe-se que concentração da gordura no leite pode variar em uma faixa de aproximadamente 3 unidades percentuais através da manipulação da dieta (Grummer, 1994). Verifica-se que a gordura do leite aumentou em média 10% quando se adicionou 4% de Magnapac® (MAG) em relação ao concentrado controle (CON), havendo também um aumento de 7% quando se adicionou farelo de soja integral (FSI) em substituição ao farelo de soja comum (CON). Observa-se que nestes tratamentos a ingestão de extrato etéreo foi maior comparado com o tratamento controle (Tabela 4). Entretanto, o tratamento com adição de 4% de óleo de soja degomado (DEG), embora a ingestão de extrato etéreo também ter sido maior que o tratamento controle, acarretou uma diminuição na porcentagem de gordura do leite em relação aos tratamentos com Magnapac® (MAG) e com Farelo de Soja Integral (FSI), todavia foi estatisticamente igual ao tratamento controle (CON), representando os tratamentos em que se obteve as menores porcentagens de gordura no leite. Isto pode ser explicado pelo fato de que o óleo de soja é fonte de ácidos graxos insaturados, tóxicos para os microrganismos do rúmen produtores de AGV (precursores da gordura) fazendo com que haja uma diminuição na produção de leite e porcentagem de gordura deste.

Observa-se que houve um aumento na porcentagem de gordura quando se forneceu Magnapac® (MAG) e farelo de soja integral (FSI) (Tabela 5). Observando a produção de gordura em todos os tratamentos, nota-se que somente o tratamento com Magnapac® (MAG) foi superior. O fato do tratamento com farelo de soja integral ter apresentado um aumento na porcentagem de gordura em relação ao tratamento controle e ao tratamento com 4% de óleo degomado, pode ser explicado pois neste tramento a produção de leite foi menor o que sabidamente faz com que a concentração de gordura fique maior, entretanto quando se verifica a quantidade de gordura produzida por este tratamento, nota-se que não diferiu do tratamento controle (CON).

Estes resultados confirmam os achados de diversos trabalhos (Ferguson, Torralba e Schbeuder, 1988; Kent e Arambel, 1988; Byers e Schelling, 1989; Grummer, Luck e Barmore, 1993;), nos quais a adição de sais de ácidos graxos aumentou a porcentagem de gordura do leite e a adição de diferentes fontes de lipídeos, inclusive protegido diminuiu a porcentagem de proteína do leite, sendo que a produção de gordura e proteína não seguiram o mesmo padrão.

4.2.2 Demais características físico-químicas do leite

Verifica-se, ainda na Tabela 5, que as demais características físico-químicas do leite, como Sólidos Totais, Acidez, densidade e crioscopia, não foram alteradas, em função dos diferentes tratamentos. Comparando com um leite padrão todas as características estão dentro das médias normais estabelecidas pela legislação (Brasil, 1981). Somente as concentrações de sólidos totais foram mais elevadas nos tratamentos com Magnapac® (MAG) e com farelo de soja integral (FSI), em função do maior teor de gordura nesses tratamentos. Isso indica que o leite de animais suplementados com fonte de lipídeo não têm as características alteradas, sendo portanto

considerado um leite normal para as indústrias de laticínios.

4.3 Perfil dos ácidos graxos da gordura do leite

4.3.1 Ácidos graxos totais

A quantidade de ácidos graxos provenientes da dieta transferida diretamente à gordura do leite é influenciada por 3 fatores principais: 1)biohidrogenação ruminal; 2)absorção (digestibilidade) 3)deposição em tecido adiposo (Grummer, 1994). Não é possível calcular a transferência de ácidos graxos individuais ou totais por causa da biohidrogenação, síntese ou degradação ruminal (Byers e Schelling, 1989). Todavia a quantidade de ácidos graxos C_{18} pode ser calculada. Os efeitos da gordura dietética sobre a composição da gordura do leite tem sido estudados mais do que qualquer outro fator. Grummer e Socha (1989), mostraram que proporções de ácidos graxos sintetizados de novo diminuíram linearmente à medida que a gordura dietética suplementar aumentou de 1 para 5% da matéria seca do alimento e que as mudanças nos ácidos graxos C_{16} e C_{18} do leite foram dependentes das relações C_{16} e C_{18} nas gorduras suplementadas.

O perfil dos ácidos graxos totais, obtidos pela cromatografia gasosa após purificação e metilação destes, se encontra na Tabela 6. Embora a gordura do leite contenha outros ácidos graxos, essa tabela apresenta somente aqueles cuja concentração está acima do limite mínimo de detecção do método e da coluna cromatográfica utilizados.

TABELA 6. Perfil dos ácidos graxos total presentes na gordura do leite nos diferentes tratamentos.

Ac. graxo	CON	MAG	DEG	FSI
C4	3,66	3,45	3,42	3,33
C6	2,35	2,29	2,11	2,25
C8	1,79	1,61	1,81	1,42
C10	2,9	2,11	2,39	2,36
C12	3,97	3,09	3,41	3,39
C13	0,53	0,5	0,52	0,51
C14	10,69	9,34	9,71	9,72
C14:1	2,32	1,53	1,88	1,66
C15	1,14	1	0,99	0,99
C16	29,85	31	27,8	27,44
C16:1	2,93	2,42	2,45	2,46
C17	0,8	1	0,8	0,81
C18	8,71	9,83	9,84	9,92
C18:1	26,36	28,41	30,02	30,42
C18:2	2	2,42	2,85	3,32
Saturados	66,39	65,22	62,80	62,14
Insaturados	33,61	34,78	37,20	37,86
Cadeia Curta	14,69	12,55	13,14	12,75
Cadeia longa	37,07	40,66	42,71	43,66
SOMA	**100**	**100**	**100**	**100**

Em geral, as médias obtidas para todos os ácidos pesquisados nesse trabalho se encontram dentro das faixas de variação aceitas por vários autores (Grummer e Socha, 1989; Baer, 1991; Abreu, 1993; Gresti et al., 1993). Para melhor compreensão, a apresentação desses ácidos graxos foi subdividida em grupos que possuem interesse especial.

4.3.2 Ácidos graxos de cadeia curta/ácidos graxos de cadeia longa

Os ácidos graxos de cadeia curta apresentam a característica de serem voláteis, contribuindo consequentemente com o aroma do leite, dos produtos lácteos e de outros produtos onde a gordura do leite entra como ingrediente na sua elaboração (Abreu, 1993).

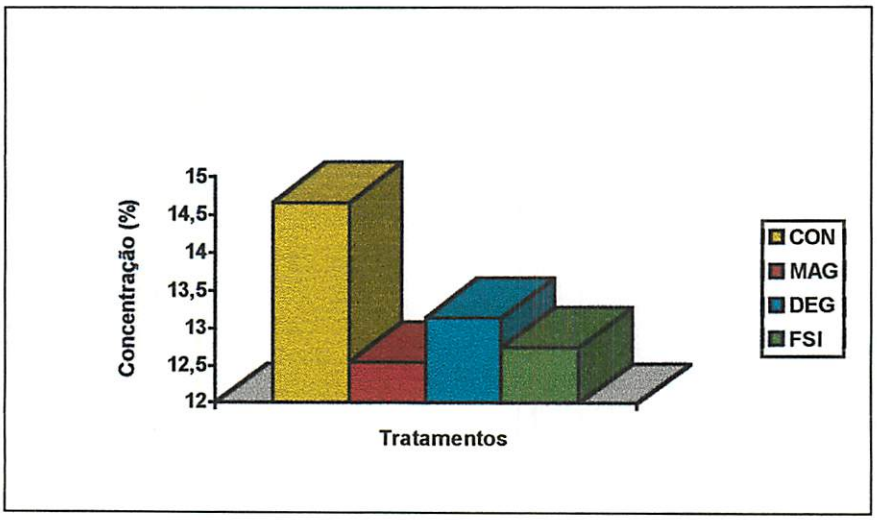


FIGURA 2. Porcentagem dos ácidos graxos de cadeia curta da gordura do leite

Comparando o tratamento controle (CON) com os demais, onde foi adicionado uma fonte de lipídeos, pode ser observado que a utilização dessas fontes ocasionaram a diminuição na concentração dos ácidos graxos de cadeia curta (Figura 2). Isto se deve ao fato dos ácidos graxos em questão possuírem naturalmente uma menor concentração em relação aos ácidos graxos de cadeias mais longas (Figura 3) e o processo de incorporação desses ácidos na gordura do leite se comportar de maneira distinta.

4.3.2 Ácidos graxos de cadeia curta/ácidos graxos de cadeia longa

Os ácidos graxos de cadeia curta apresentam a característica de serem voláteis, sendo consequentemente com o aroma do leite, dos produtos lácteos e de outros produtos que ocorrem do leite entra como ingrediente na sua elaboração (Ahrens, 1993).

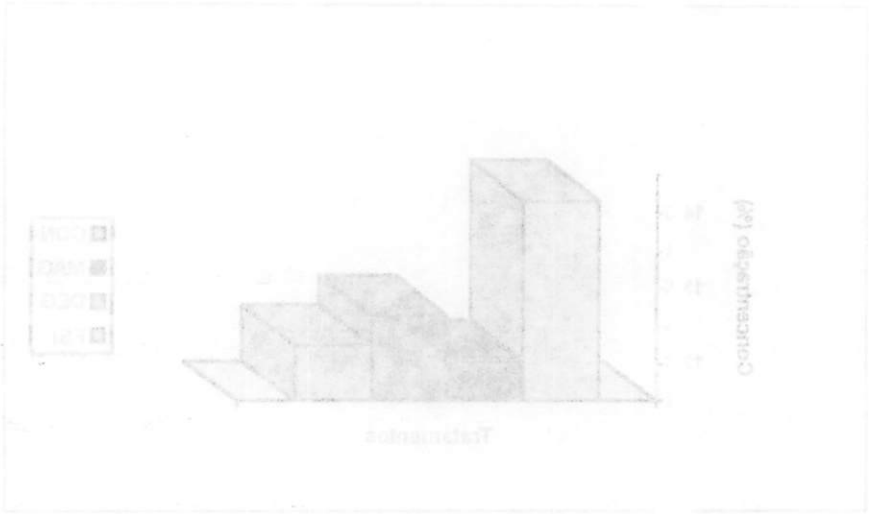


Fig. 4.2. Porcentagem de ácidos graxos de cadeia curta da gordura do leite

Comparando o tratamento controle (CON) com os demais, onde foi adicionado uma fonte lipídica, pode ser observado que a utilização dessas fontes ocasionaram a diminuição na concentração dos ácidos graxos de cadeia curta (Figura 2). Isto se deve ao fato dos ácidos graxos saturados possuírem maior concentração em relação aos ácidos graxos de cadeia mais longas (Figura 3) e o processo de incorporação desses ácidos na gordura do leite ocorrer de maneira distinta.

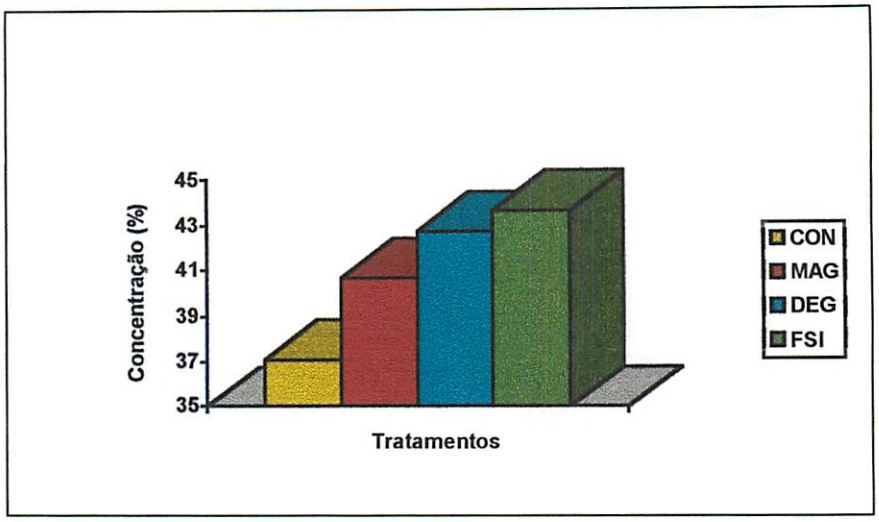
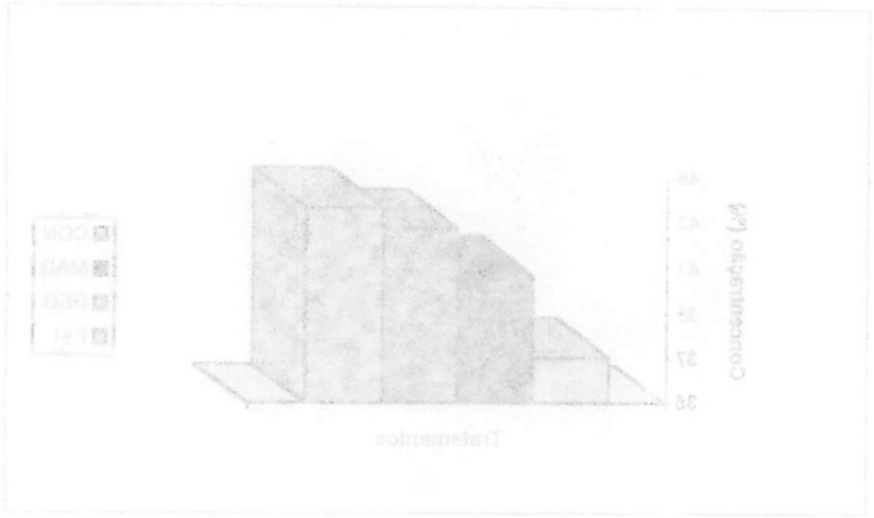


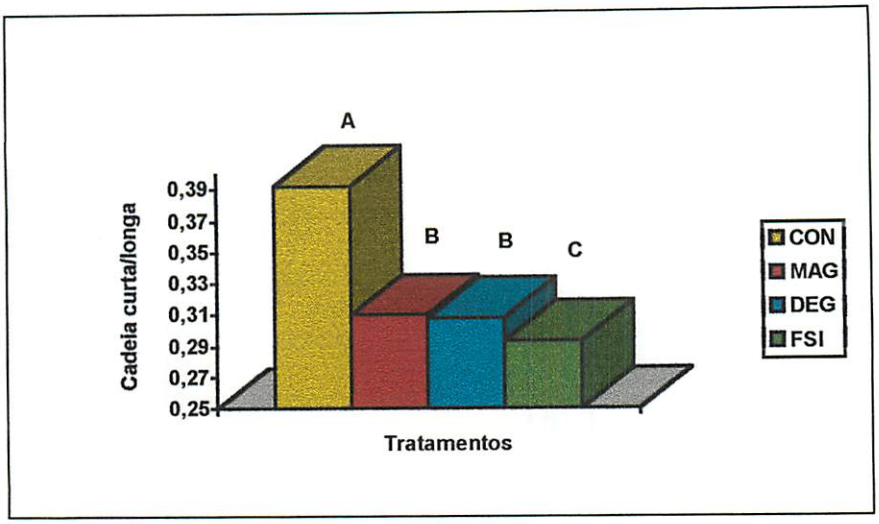
FIGURA 3. Porcentagem dos ácidos graxos de cadeia longa da gordura do leite

Segundo vários trabalhos (Church, 1993; Palmquist e Beaulieu, 1993) todos os ácidos graxos de cadeia curta são sintetizados pelas células epiteliais lactígenas da glândula mamária, enquanto metade dos de cadeias médias e a totalidade dos de cadeia longa são derivados da corrente sanguínea que irrigam essas células, sendo consequentemente derivados, ou da dieta ou de mobilização das reservas corporais do animal. Como foram adicionadas fontes de lipídeos, constituídos estes na sua vasta maioria de ácidos graxos de cadeias médias e longas (Tabela 3), tiveram uma influência marcante na elevação de suas concentrações na gordura do leite, com consequente diminuição na concentração dos ácidos graxos de cadeias curtas.



RA 3. Porcentagem dos ácidos graxos de cadeia longa da gordura do leite

Segundo vários trabalhos (Church, 1993; Palmquist e Beaulieu, 1993) todos os ácidos de cadeia curta são sintetizados pelas células epiteliais lactogenas da glândula mamária, enquanto metade dos de cadeias médias e a totalidade dos de cadeia longa são derivados da fração sanguínea que integra a essas células, sendo consequentemente derivados ou da dieta ou da mobilização das reservas corporais do animal. Como foram adicionadas fontes de lipídeos protegidos estes na sua vez a maioria de ácidos graxos de cadeias médias e longas (Tabela 3), tem uma influência marcante na elevação de suas concentrações na gordura do leite, com ainda diminuição na concentração dos ácidos graxos de cadeias curtas.

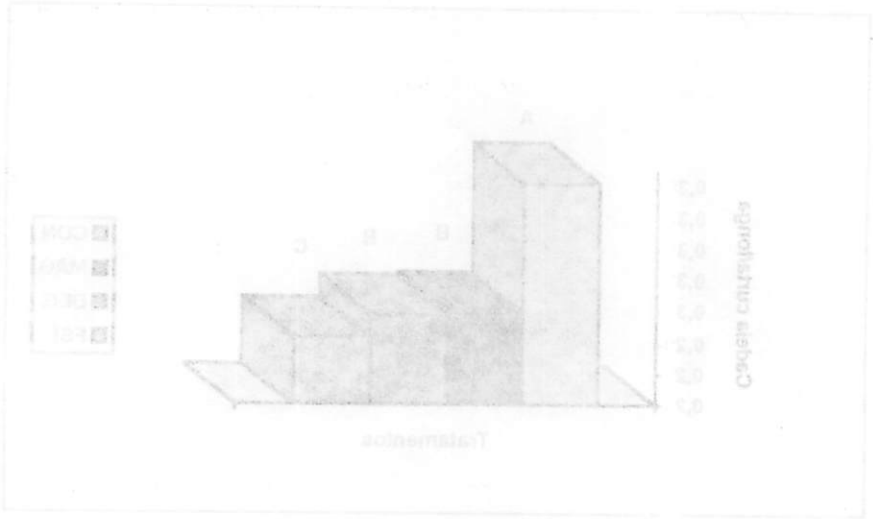


* Médias seguidas de mesma letra não diferem estatisticamente pelo teste de Tukey (P<0,05).

FIGURA 4. Relação dos ácidos graxos de cadeia curta/ácidos graxos de cadeia longa da gordura do leite

Este comportamento da relação ácidos graxos de cadeia curta/ cadeia longa (Figura 4), tem sido repetidamente encontrada em vários outros trabalhos (Ferguson, Torralba e Schbeuder, 1988; Kent e Arambel, 1988; Elliott et al., 1995; Abreu e Lindsay, 1996), onde foram utilizadas fontes diversas de lipídeos na formulação de ração para vacas leiteiras no início da lactação; sendo que todos os autores se basearam no comportamento da síntese lipídica anteriormente citado, para explicar esse fato.

Dois pontos importantes caracterizam esses ácidos graxos de cadeia curta. O primeiro é a sua importante contribuição para o aroma dos produtos que os contém e o segundo na diminuição do ponto de fusão dessa gordura. Face a isso, a manipulação da dieta de vacas leiteiras, no sentido de diminuir a concentração desses ácidos graxos (AG), no leite de consumo se torna particularmente importante. Para o leite de consumo, a contribuição destes ácidos graxos de cadeia curta (AGCC) não representa fator importante, sendo que a importância se reflete marcadamente nos produtos lácteos, principalmente queijos, onde esses ácidos contribuem



* Médias seguidas da mesma letra não diferem estatisticamente pelo teste de Tukey (P<0,05)

FIGURA 4. Relação dos ácidos graxos de cadeia curta/ácidos graxos de cadeia longa da gordura do leite

Este comportamento na relação ácidos graxos de cadeia curta/ cadeia longa (Figura 4), do repetidamente encontrado em vários outros trabalhos (Ferguson, Ian ella e Schbeder, Kent e Akambel, 1983; Fallon et al., 1995; Ahren e Lundsay, 1990), onde foram utilizadas diversas de lipídeos na formulação de ração para vacas leiteiras no início da lactação; sendo dos os autores se basearam no comportamento da síntese lipídica anteriormente citado, para ar esse fato.

Dois pontos importantes caracterizam esses ácidos graxos de cadeia curta. O primeiro é a portante contribuição para o aroma dos produtos que os contém e o segundo na diminuição nto de fusão dessa gordura. Face a isso, a manipulação da dieta de vacas leiteiras, no sentido minuir a concentração desses ácidos graxos (AG), no leite de consumo, se torna ularmente importante. Para o leite de consumo, a contribuição destes ácidos graxos de a curta (AGCC) não representa fator importante, sendo que a importância se refere mente aos produto lácteos, principalmente queijos, onde esses ácidos contribuem

decisivamente com seus aromas distintos, característicos de cada tipo desse importante derivado do leite (Abreu, 1993). Como esses ácidos somente contribuem para o aroma após sua liberação (hidrólise) do glicerol, onde estão esterificados, pela ação de lipases naturais do leite ou adicionadas, a menor concentração não compromete essa característica. Tal hidrólise é parcial, sendo mais afetada pela concentração das enzimas lipolíticas do que pela concentração do substrato; ou seja, todas as concentrações de ácidos graxos de cadeia curta encontradas nesse trabalho são suficientes para ultrapassar em muitas vezes as concentrações necessárias para saturar as lipases presentes na massa do queijo, caso esse leite fosse destinado a esse fim.

As lipases presentes em leite e produtos lácteos, na sua maioria tem preferência pela posição Sn-3 do glicerol, onde a maioria dos ácidos graxos de cadeia curta estão esterificados (Baldwin,Cloninger e Lindsay, 1973; Bauchart, Doreau e Kindler, 1987; Baer, 1991). Essa característica é especialmente importante no processo de conservação da manteiga, onde a hidrólise dos triacilglicerois, que preferencialmente acontece na posição Sn-3 do glicerol, causa uma rancificação, na maioria das vezes indesejável. Dessa forma, a diminuição na concentração de AGCC na gordura do leite contribui para uma maior vida de prateleira desse importante produto lácteo. Quanto ao ponto de fusão da gordura, é sabido que AGCC leva a uma diminuição considerável deste. Entretanto o grau de insaturação dos ácidos graxos exerce semelhante influência. Como a concentração dos ácidos graxos insaturados (AGI) é muito mais elevada que os de AGCC (Figura 5) a influência deste últimos é compensada pelo aumento na concentração dos insaturados, não exercendo consequentemente importância na propriedade reológica da gordura do leite.

Pode-se então deduzir, que a menor concentração de AGCC no leite é devido a uma menor síntese destes pelas células mamárias, em proporção a uma maior incorporação dos de

cadeia longa provenientes da dieta, uma vez que esse fato não acarreta prejuízos, quer seja no flavor, quer seja no ponto de fusão da gordura do leite, considerando as fontes de lipídeos utilizadas nesse trabalho.

4.3.3 Ácidos graxos de cadeia insaturada/saturada

As advertências médicas e a reação contrária crescente dos consumidores por produtos com altos teores de ácidos graxos saturados, têm aumentado a procura de alimentos com menor quantidade destes ácidos. A indústria leiteira tem em contrapartida acelerado o desenvolvimento de estratégias de produção para atender a este mercado. Diversas estratégias alimentares do gado leiteiro tem sido feitas no intuito de aumentar as concentrações de ácidos graxos insaturados na gordura do leite, porém práticas mais aplicáveis ainda não foram desenvolvidas.

Os resultados referentes aos ácidos graxos insaturados se encontram na Figura 5 e o de saturados na Figura 6.

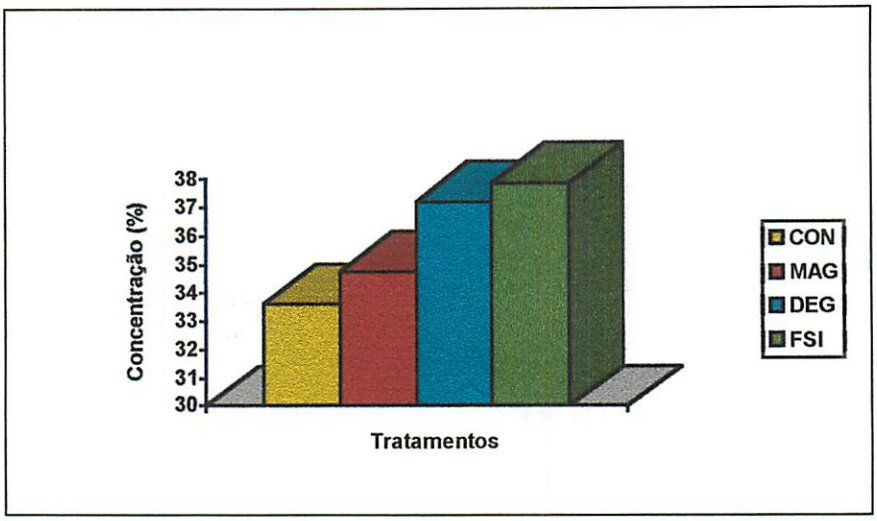


FIGURA 5. Porcentagem dos ácidos graxos de cadeia insaturada da gordura do leite

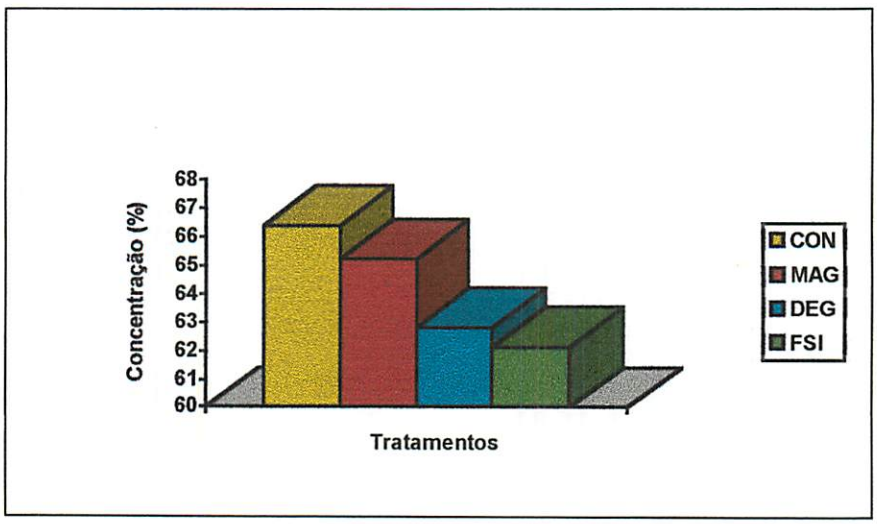
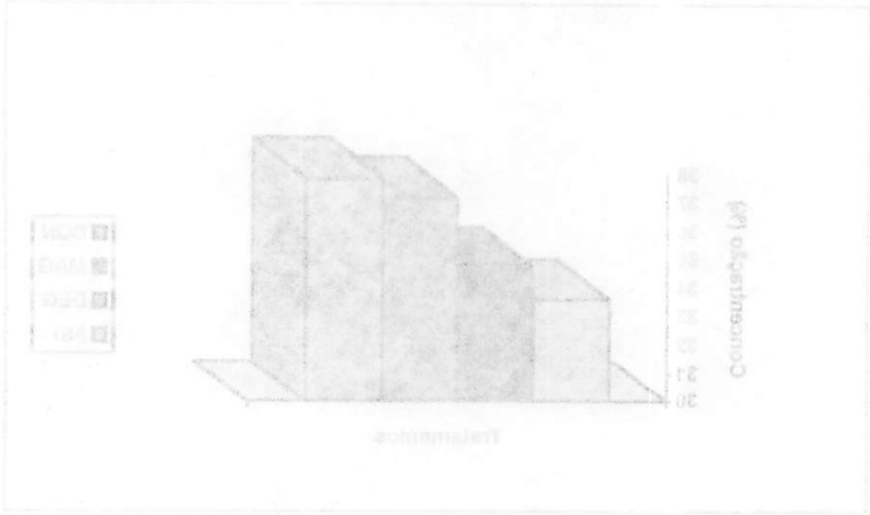
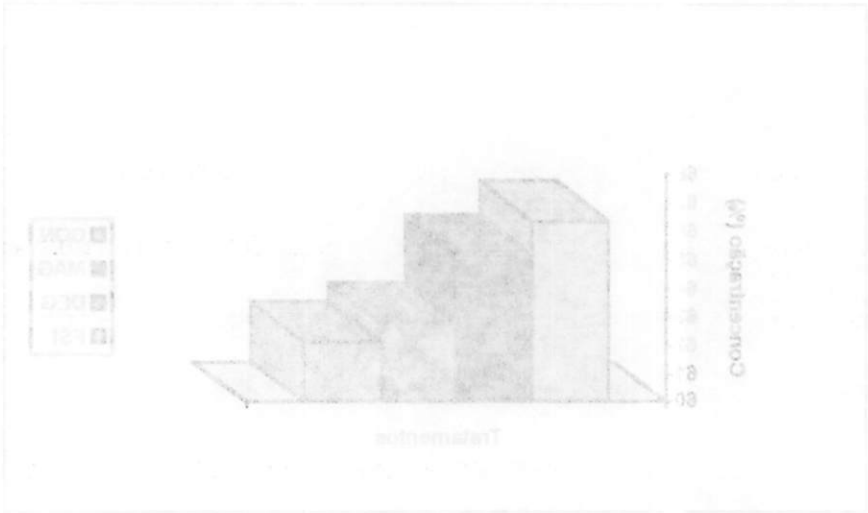


FIGURA 6. Porcentagem dos ácidos graxos de cadeia saturada da gordura do leite

Esses resultados indicam uma maior concentração dos ácidos graxos insaturados na gordura do leite de vacas alimentadas com ração adicionada de uma fonte de lipídeos; sendo essa



RA 5. Porcentagem dos ácidos graxos de cadeia insaturada da gordura do leite



RA 6. Porcentagem dos ácidos graxos de cadeia saturada da gordura do leite

Esses resultados indicam uma maior concentração dos ácidos graxos insaturados na gordura do leite de vacas alimentadas com ração adicionada de uma fonte de insaturados sendo

gordura consequentemente, mais desejável nutricionalmente.

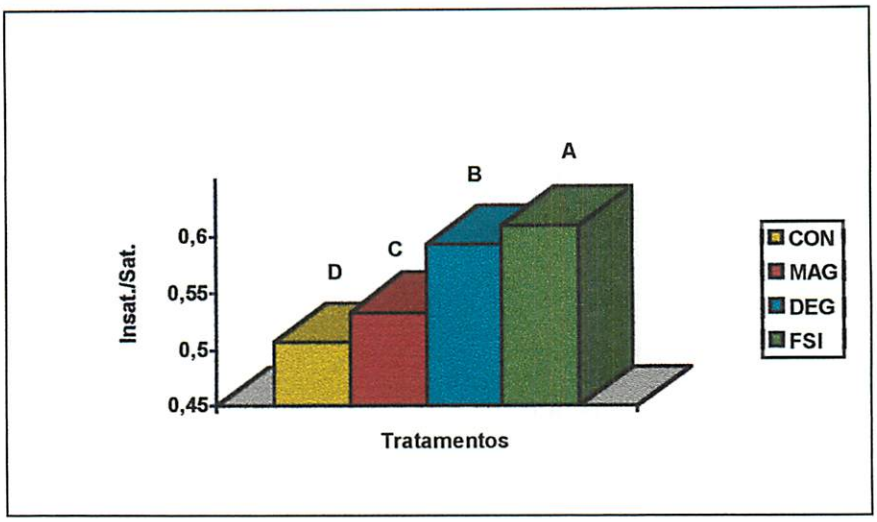
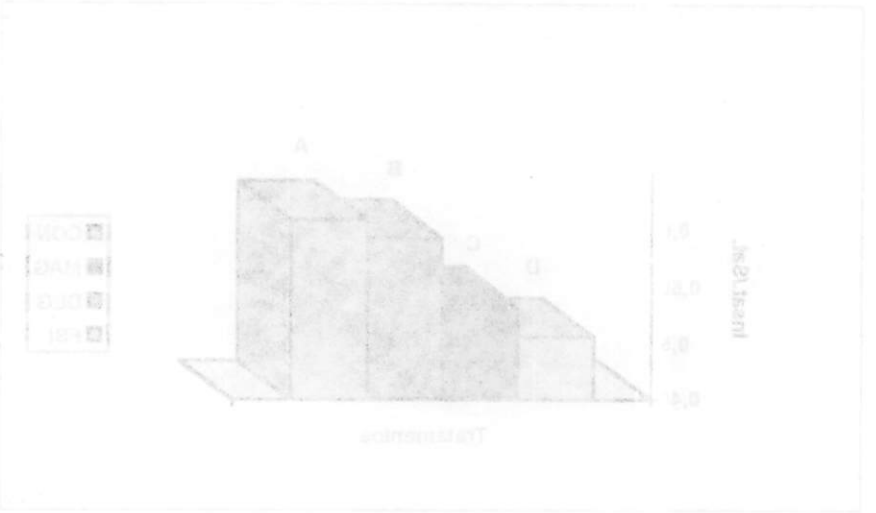


FIGURA 7. Relação dos ácidos graxos de cadeia insaturada/ cadeia saturada da gordura do leite

Observa-se que houve uma relação previsivelmente inversa entre a soma dos AG de cadeia insaturada em comparação aos saturados (Figura 7), ou seja, o aumento de um acarreta em uma diminuição proporcional do outro. Como normalmente o organismo dos ruminantes não dispõe de quantidades suficientes de AG de cadeia insaturada provenientes da dieta, pois estes são hidrogenados no rúmen, estes animais possuem eficiente mecanismos enzimáticos para dessaturação de AG, a fim de atender suas necessidades de AG mono- e poli-insaturados. Contudo, ao se fornecer lipídeos ricos em AG insaturados a ruminantes, boa parte destes escapam à hidrogenação ruminal (Byers e Schelling, 1989 e Elliott et al., 1993), são consequentemente absorvidos no intestino delgado e irão contribuir para a síntese da gordura do leite, elevando com isso seus teores no leite. Esse fato é particularmente marcante com relação aos AG de cadeia



longa ($C_{18:1}$ e $C_{18:2}$), pois os mesmos não são sintetizados na glândula mamária, mas são derivados da corrente sanguínea e incorporados na gordura do leite. Resultados semelhantes aos encontrados neste trabalho, relativo à concentração de AGCinsat. foram obtidos por Drackley e Elliott (1992) e LaCount et al. (1995). Os dois ácidos graxos insaturados de cadeia média ($C_{14:1}$ e $C_{16:1}$) tiveram seus teores diminuídos em relação ao tratamento controle. Isso se deve ao fato das fontes de lipídeos utilizadas não possuírem quantidades significativas desses ácidos, sendo sua concentração na gordura do leite diluída pela maior proporção dos de cadeia longa ($C_{18:0}$, $C_{18:1}$ e $C_{18:2}$). Esses resultados assemelham-se àqueles obtidos por Mattos e Palmquist (1974), Kim et al. (1993) e Palmquist e Beaulieu (1993).

A maior concentração do ácido palmítico ($C_{16:0}$) encontrada neste trabalho para a dieta adicionada de Magnapac®, em relação aos demais tratamentos, reflete a maior incorporação deste ácido na gordura do leite proveniente da dieta, uma vez que esta fonte de lipídeo protegido é rico neste ácido graxo (Tabela 3). Hermansen (1990) e Kim et al. (1993), trabalhando com este suplemento energético encontraram resultados similares. Os autores atribuíram este fato ao maior aporte deste ácido na glândula mamária, elevando consequentemente sua concentração na gordura do leite.

Como o Magnapac® é mais rico em ácido oléico (Tabela 3) em relação às demais fontes de lipídeos, era de se esperar uma maior concentração do mesmo na gordura do leite dos animais que receberam este tratamento (MAG). Entretanto isso não foi observado, provavelmente, em função de uma diluição desse ácido em relação aos demais, principalmente o palmítico. Todavia, este fato pode ser melhor compreendido, quando se observa a alta concentração do ácido linoléico ($C_{18:2}$) no óleo de soja, fonte de lipídeo nos tratamentos DEG e FSI. A nível de rúmen, esses ácidos são hidrogenados e consequentemente saturados. Porém, muito dessa saturação é parcial, o

que leva a um alto teor de ácido oléico (resultante da hidrogenação parcial do ácido linoléico) que chega no intestino delgado para ser absorvido. Esse processo foi utilizado por Larson e Schultz (1970) e Pantoja, Firkins e Eastridge (1995) para explicar uma elevada concentração de ácido oléico na gordura de leite de vacas alimentadas com dietas suplementadas com óleo de soja. Na realidade, grande parte desse ácido com 18 átomos de carbono resultante, possui uma dupla ligação Trans-11 (Abreu, 1993). A coluna cromatográfica utilizada neste trabalho não resolve isômero trans.

4.3.4 Ácidos graxos de cadeia com número ímpar de carbonos

A Figura 8 apresenta os dados referentes a porcentagem de ácidos graxos de cadeia com número ímpar de carbono.

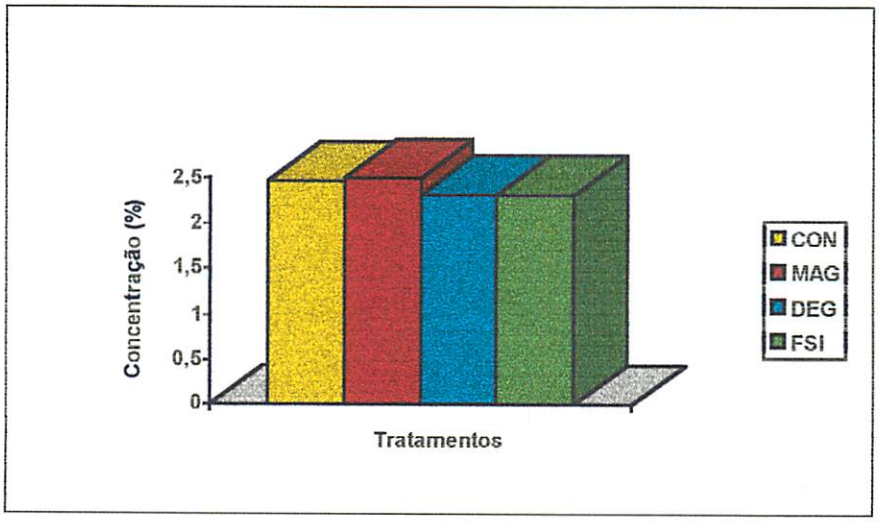


FIGURA 8. Porcentagem dos ácidos graxos com número ímpar de carbono.

Como se observa, não ocorreu diferença entre os tratamentos. É sabido que os ácidos graxos de cadeia com número ímpar de carbono são sintetizados na glândula mamária, sendo o propionato seu precursor. O propionato que não sofre metabolismo hepático, ou aquele produzido em outros tecidos, pode servir como "primer" no processo de síntese de ácidos graxos, pela incorporação de sucessivas unidades de dois carbonos fornecidos pelo malonil, levando consequentemente à formação de ácidos graxos com número ímpar de carbono (Christie, 1981).

Em suma, os dados mostram que a manipulação da dieta de vacas leiteiras pode modificar as concentrações dos ácidos graxos da gordura do leite, tornando-o um alimento mais saudável ao consumidor.

5 CONCLUSÕES

Com base nas condições experimentais e nos dados obtidos, pode-se concluir que:

➔ A produção de leite e produção de leite corrigida foram maiores para o tratamento onde se utilizou a gordura protegida (Magnapac®).

➔ A inclusão de óleo de soja não teve influência nessas observações enquanto a ração com farelo de soja integral promoveu um decréscimo na produção de leite quando ambos os tratamentos foram comparados com a dieta controle.

➔ A porcentagem de proteína do leite foi diminuída em todos os tratamentos comparado ao tratamento controle, sendo mais acentuada para as rações com Magnapac® e Farelo de Soja Integral.

➔ Pode-se modificar o perfil dos ácidos graxos da gordura do leite através de modificações na dieta das vacas leiteiras. Sendo que a adição dos lipídeos utilizados nesse experimento, diminuiu a porcentagem de ácidos graxos de cadeia curta, e eleva o teor de ácidos graxos insaturados do leite.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ABREU, L.R. **Factors affecting the biosynthesis of branched-chain fatty acids in milk fat.** Madison: University of Wisconsin, 1993, 163 p. (Doctorate thesis in Food Science)

ABREU, L.R.; LINDSAY, R.C. Influence of Monensin on the fatty acid composition of milk fat. **Journal of Dairy Science**, Champaign, 1996. (no prelo).

ABREU, L.R., PALMQUIST, D.L.; LINDSAY, R.C. Influence of feeding branched and n-chain fatty acids on volatile minor fatty acids of milk fat. **Journal of Dairy Science**, Champaign, 1997. (no prelo).

AHRAR, M.; SCHINGOETHE, D.J. Heat-treatment soybean meal as a protein supplement for lactating cows. **Journal of Dairy Science**, Champaign, v.62, n.6, p.932-940, June 1979.

ASELTINE, M.S. Pacific Northwest Nutrition Conference Papers Reviewed. **Feedstuffs**, Minnetonka, v.28, n.243, p.19, Apr. 1988.

ASSOCIATION OF OFFICIAL ANALYTICAL CHEMISTS. **Official methods of analysis of the Association of Official Analytical chemists**. 12 ed. Washington, 1975. 1094 p.

BAER, R.J. Alteration of the fatty acid content of milk fat. **Journal of Food Protection**, Ames, v.54, n.5, p.383-386, May 1991.

BALDWIN, R.L., CLONINGER, M.R.; LINDSAY, R.C. Flavor thresholds for fatty acids in buffered solutions. **Journal of Food Science**, Chicago, v.38, p.528-530, 1973.

BALDWIN, R.L.; SMITH, N.E.; TAYOR, J. Manipulating metabolic parameters to improve rate and milk secretion. **Journal of Animal Science**, Champaing, v.51, n.6, p.1416-1428, Dez. 1980.

BARBANO, D.M.; SHERBON, J.W. Polynsaturated protected lipid; effect on trigliceride molecular weight distribuition. **Journal of Dairy Science**, Champaign, v.63, n.5, p.731-740, May 1980.

BAUCHART, D. Lipid absorption and transport in ruminants. **Journal of Dairy Science**, Champaign, v.76, n.12, p.3864-3881, Dez. 1993.

BAUCHART, D.; DOREAU, M.; KINDLER, A. Effect of fat and lactose supplementation on digestion in dairy cows. 2-Long-chain fatty acids. **Journal of Dairy Science**, Champaign, v.70, n. 1, p.71-80. Jan. 1987.

BAUMAN, D.E.; DAVIS, C.L. Biosynthesis of milk fat. In: LARSON, B.L.; SMITH, V.R. **Lactation**: A comprehensive treatise. New York: Academic Press, 1974. p.31-75.

BLOCK, E.; MULLER, L.D.; GRIEL, J.R., L.C. Brown midibrid-3 corn silage and heat extruded soybean for early lactating dairy cows. **Journal of Dairy Science**, Champaign, v.64, n.9, p.1813-1825, Sept. 1981.

BRASIL. Ministério da Agricultura. **Conselho Regional Nacional de Geografia**. Rio de Janeiro: Seção de Topografia e Carta Geográfica, 1960. 316p.

BRASIL. Secretaria Nacional de Defesa Agropecuária. Laboratório Nacional de Referência Animal. **Métodos analíticos oficiais para controle de produtos de origem animal e seus ingredientes.** II. Métodos físicos e químicos. Brasília, 1981. p.ir.

BRENNAND, C.P., HA., J.K.; LINDSAY, R.C. Aroma properties and thresholds of some branched-chain and other minor volatile fatty acids occurring in milk fat and meat lipids. **Journal Sens Studies**, London, v.4, n.2, p.105, Feb. 1989.

BROUSSEAU, M.E., STUCCHI, A.F., VESPA, D.B., SCHAEFER, E.J.; NICOLOSI, R.J. A diet enriched in monounsaturated fats decreases low density lipoprotein concentrations in cynomolgus monkeys bu a different mechanism than does a diet enriched in polynsaturated fats. **Journal of Nutrition**, Bethesda, v.123, n.12, p.2049-2058, Dez. 1993.

BYERS, F.M.; SCHELLING, G.T. Lipids in ruminant nutrition. In: CHURCH, D.C. **The ruminant animal:** digestive physiology and nutrition. New Jersey: A Reston Book, 1989. p.298-312.

CAMPOS, V. Leite, composição depende de nutrição e de manejo. **Balde Branco**, São Paulo, n.352, p.20-24, fev. 1994.

CHALUPA, W.; VECCIARELLI, B., ELSER, A.E.; KRONFELD, D.S. Ruminal fermentation "in vitro" of long chain fatty acids. **Journal of Dairy Science**, Champaign, v. 69, n.5, p.1293-1301, May 1986.

CHILLIARD, Y. Dietary fat and adipose tissue metabolism in ruminants, pigs, and rodents: A Review. **Journal of Dairy Science**, Champaign, v.76, n.12, p.3897-3931, Dec. 1993.

CHRISTENSEN, R.A.; DRACKLEY, J.K.; LaCOUNT, D.W.; CLARK, J.H. Infusion of four long-chain fatty acid mixtures into the abomasum of lactating dairy cows. **Journal of Dairy Science**, Champaign, v.77, n.4, p.1052-1069, Apr. 1994.

CHRISTIE, W.W. **The effects of diet and other factors on the lipid composition of ruminant tissues and milk. In lipids metabolism in rumiant animals**. New York: Pergamon, 1981. 193 p.

CHURCH, C.D. Fermentación ruminal. In: ___ **El ruminante:** fisiologia digestiva y nutrición. Zaragoa: Acribia, 1993. Cap.8, p.159-189.

CLAPPERTON, J.L.; STELLE, W. Fat supplementation in animal production ruminants. **The Proceedings of the Nutrition Society**, Cambridge, v.42, n.2, p.343-350, 1983.

CLARCK, J.H.; DAVIS, C.L. Some aspecto of feeding high producing dairy cows. **Journal of Dairy Science**, Champaign, v.63, n.6, p.873-885, June 1980.

CZSERKAWSKY, J.W.; BLAXTER, K.L.; WAINMAN, F.W. The effect od functional groups other than carboxyl on the metabolism of C18 and C12 alkyl compounds by sheep. **The British Journal of Nutrition**, London, v. 20, n.1, p.495-502, Feb. 1966.

CZERKAWSKY, J.W.; CRISTIE, W.W.; BRECKENRIDGE, G.; HUNTER, M.L. Changes in the rumen metabolism of sheep givem increasing amounts of linseed oil in their diet. **The British Journal of Nutrition**, London, v.34, n.1 p.25-44, Mar. 1975.

DePETERS, E.J.; CANT, J.P. Nutritional factors influencing the nitrogen composition of bovine milk: a review. **Journal of Dairy Science**, Champaign, v.75, n.8, p.2043-2070, Aug. 1992.

DIJK, H.J. van; O'DELL, G.D.; PERRY, P.R.; GRIMES, L.W. Extruded versus raw groun soybeans for dairy cows in early lactation. **Journal of Dairy Science**, Champaign, v.66, n.12, p.2521-2525, Dez. 1983.

DOREAU, B.; FERLAY, A. Digestion and utilization of fatty acids by ruminants. **Animal Feed Science and Technology**, Amsterdan, v.45, n.3, p.379-396, Mar. 1994.

DRACKLEY, J.K.; ELLIOTT, J.P. Milk composition, ruminal characteristics, and nutrient utilization in dairy cows fed partially hydrogenated tallow. **Journal of Dairy Science**, Champaign, v.76, n. 1, p.183-196, Jan. 1992.

ELLIOTT, J.P., DRACKLEY, J.K., FAHEY, G.C.JR.; SHANKS, R.D. Utilization of supplemental fat by dairy cows fed diets varying in content of nonstructural carbohydrates. **Journal of Dairy Science**, Champaign, v.78, n.7, p.1512-1525, July 1995.

ELLIOTT, J.P., DRACKLEY, J.K.; WEIGEL, D.J. Digestibility and effects of hydrogenated palm fatty acid distillate in lactating dairy cows. **Journal of Dairy Science**, Champaign, v.79, n.6, p.1031-1039, June 1996.

ELLIOTT, J.P.; DRACKLEY, J.K.; SHAUFF, D.J.; JASTER, E.H. Diets containing high oil corn and tallow for dairy cows during early lactation. **Journal of Dairy Science**, Champaign, v.76, n.3, p.775-785, Mar. 1993.

FERGUSON, J.D.; TORRALBA, J.; SCHBEUDER, P.L.; Response of lactating cows in commercial dairies to calcium salts of long chain fatty acids. **Journal of Dairy Science**, Champaign, v.71, n.1, p.254, 1988. (Supplement).

FERNANDES, A.M. **Utilização da soja-grão crua, na alimentação de vacas leiteiras de alta produção**. Lavras: UFLA, 1994. 55p. (Dissertação-Mestrado em Nutrição Animal)

GOERING, H.K.; VAN SOEST, P.J. Forage fiber analysis. **Agricultural Research Service.** USDA: Washington, Handbook n.379, 1970.

GRANT, R.J.; WEIDNER, S.J. Effect of fat from whole soybeans of performance of dairy cows fed rations differing in fiber level and particle size. **Journal of Dairy Science**, Champaign, v.75, n.10, p.2742-2751, Oct. 1992.

GRESTI, J., BUGAUT, M., MANIONGUI, C.; BEZARD, J. Composition of molecular species of triacylglycerols in bovine milk fat. **Journal of Dairy Science**, Champaign, v.76, n.7, p.1850-1869, July 1993.

GRUMMER, R.R. Effects of feed on the composition of milk fat. **Journal of Dairy Science**, Champaign, v.74, n.5. p.1084-1088, May 1994.

GRUMMER, R.R.; LUCK, M.L.; BARMORE, J.A. Rumen fermentation and lactation performance of cows fed roasted soybean and tallow. **Journal of Dairy Science**, Champaign, v.76, n.9, p.2674-2681, Sept. 1993.

GRUMMER, R.R.; SOCHA, M.T. Milk fatty acid composition and plasma energy metabolite concentrations in lactating cows fed medium-chain triglyceride. **Journal of Dairy Science**, Champaign, v.72, n.8, p.1996-2001, Aug. 1989.

HARRISON, J.H.; KINCAID, R.L.; McNAMARA, J.P. Effect of fat from whole cottonseeds and calcium salts of long-chain fatty acids on performance of lactating dairy cows. **Journal of Dairy Science**, Champaign, v.78, n.1, p.181-193, Jan. 1995.

HARTMAN, L. A evolução de idéias sobre a função dos óleos e gorduras na alimentação humana. **Boletim SBCTA**, Campinas, v.27, n.1, p.55-58, jan. 1993.

HERMANSEN, J.E. Food intake, milk yield and live weight gain of dairy cows given increased amounts of calcium saponified fatty acids of palm oil. **Animal Production**, London, v.50, n.1, p.11-18, Feb. 1990.

HUNGATE, R.E. **The rumen and its microbes**. London: Academic Press, 1966. 533p.

HUNT, C.E.; FUNK, M.G. Dietary polynsaturated to saturated fatty acid ratio alters hepatic LDL transport in cynomolgus macaques fed low cholesterol diets. **Journal of Nutrition**, Bethesda, v.122, n.8, p.1960-1970, Aug. 1992.

IKWUEGBU, O.A.; SUTTON, J.D. The effect of varying the amount of linseed oil supplementation on rumen metabolism in sheep. **The British Journal of Nutrition**, London, v.48, n.2, p.365, Sept. 1982

JENKINS, T.C. Lipid metabolism in the rumen. **Journal of Dairy Science**, Chanmpaign, v.76, n.12, p.3851-3863, Dec. 1993.

JENKINS, T.C.; JENNY, B.F. Effect of hydrogenated fat on feed intake, nutrient digestion, and lactation performance of dairy cows. **Journal of Dairy Science**, Champaign, v.72, n.9, p.2316-2324, Sept. 1989.

KENT, B. A.; ARAMBEL, M.J. Effect of salts of long-chain fatty acids on dairy cows in early lactation. **Journal of Dairy Science**, Champaign, v.71, n.10, p.2412-2415, Oct. 1988.

KESLER, E.M.; SPAHR, S.L. Physiological effects of high level concentrate feeding. **Journal of Dairy Science**, Champaign, v.47, n.10, p.1122-1128, Oct. 1964.

KEYES, A.; ANDERSON, J.T.; GRANDE, F. Prediction of serum cholesterol responses of man to changes in fats in the diet. **Lancet**, London, v.273, n.7, p.959-966, July 1957.

KIM,Y.K.; SCHINCOETHE, D.J.; CASPER, D.P.; LUDENS, F.C. Supplemental dietary fat from extrudes soybeans and calcium soaps of fatty acids for lactating dairy cows. **Journal of Dairy Science**, Champaing, v.76, n.1, p.197-204, Jan. 1993.

KINSELLA, J.E. Position of endogenous radioactive fatty acids in mammary triglycerides. **Journal of Dairy Science**, Champaign, v.54, n.7, p.1014-1017, July 1971.

KUNG, L. A.; HUBER, J.T. Performance of high producing cows. **Journal of Dairy Science**, Champaing, v.63, n.8, p.1233, Aug. 1983.

LaCOUNT, D.W.; DRACKLEY, J.K., CICELA, T.M.; CLARK, J.H. High oil corn as silage or grain for dairy cows durint an entire lactation. **Journal of Dairy Science**, Champaign, v.78, n.8, p.1745-1754, Aug. 1995.

LaCOUNT, D.W., DRACKLEY, J.K., LAESCH, S.O.; CLARK, J.H. Secretion of oleic acid in milk fat in response to abomasal infusions of canola or high oleic sunflower fatty acids. **Journal of Dairy Science**, Champaign, v.77, n.5, p.1372-1385, May 1994.

LARSON, S.A.; SCHULTZ, L.H. Effect of soybeans compared to soybeans oil and meal in the ration of dairy cows. **Journal of Dairy Science**, Champaign, v.53, n.9, p.1233-1240, Sept. 1970.

LIN, C.Y.; KUMAR, S. Primer specifity of mamary fatty acid synthetase and the role of the soluble b-oxidative enzimes. **The Journal of Biological Chemistry**, Bethesda, v.246, n.17, p.3284, Apr. 1971.

LU, C.D. Implication of feeding isoenergetic diets containing animal fat on milk composition of Alpino Does during early lactation. **Journal of Dairy Science**, Champaign, v.76, n.4, p.1137-1147, Apr. 1993.

LUDDY, F.E., BARFORD, R.A.; RIEMENSCHNEIDER, R.W. Direct conversion of lipid components to their fatty acid methyl esters. **The Journal of the American Oil Chemists' Society**, Philadelphia, v.37, n.7, p.447-450, Sept. 1960.

MACLEOD, G.K.; BUCHANAN-SMITH, J.G. Digesibility of hydrogenaed tallow, saturated fatty acids and soybean oil supplemented diets by sheep. **Journal Animal Science**, Champaign, v.35, n.4, p.890-895, Oct. 1972.

MACLEOD, G.K.; YU, Y.; SCHAEFFER, L.R. Feeding value of protected animal tallow for high yielding dairy cows. **Journal of Dairy Science**, Champaign, v.60, n.5, p.726-738. May 1977.

MALAFAIA, P.A.M. **Consumo e digestão dos nutrientes, eficiência microbiana, produção e composição do leite em vacas alimentadas com rações contendo sebo bovino.** Viçosa: UFV, 1995. 95p. (Dissertação-Mestrado em Nutrição Animal).

MATTOS, W.; PALMQUIST, D.L. Increased polyunsaturated fatty acid yields in milk of cows fed protected fat. **Journal of Dairy Science**, Champaign, v.57, n.9, p.1050-1054, Sept. 1974.

MAZIER, P.M.J.; JONES, P.J.H. Diet fat saturation and feeding satate modulate rates of cholesterol synthesis in normolipidemic men. **Journal of Nutrition**, Bethesda, v.127, n.2, p.332-340, Feb. 1997.

MERCHEN, N.R. **Digestion, absorption and excretion in ruminants. in the ruminant animal, digestive physiology and nutrtion**. Englewood Cliffs: Prentice Hall, 1979. 172 p.

MIELKE , C.D.; SCHINGOETHE, D.J. Heat-treated soybeans form lactating cows. **Journal of Dairy Science**, Champaign, v.64, n.7, p.1579-1585, July 1981.

MOHAMED, O.E.; SATTER, L.D.; GRUMMER, R.R.; EHLE, F.R. Influence od dietary cottonseed and soybean on milk production and composition. **Journal of Dairy Science**, Champaign, v.71, n.10, p.2677-2688, Oct. 1988.

NATIONAL RESEARCH COUNCIL. **Nutrient requirements of dairy cattle**. 6. ed. rev. Washington:National Academy Press, 1989. 157p.

NORMAS ANALÍTICAS DO INSTITUTO ADOLPHO LUTZ. Métodos químicos e físicos para análise de alimentos. 3.ed. São Paulo, 1985. v.1, 533p.

OVERTON, T.R.; LaCOUNT, D.W.; CICELA, T.M.; CLARK, J.H. Evaluation of a ruminally protected methionine product for lactating dairy cows. **Journal of Dairy Science**, Champaign, v.79, n.4, p.631-638, Apr. 1996.

PALMQUIST, D.L. Suplementação de Lipídeos para vacas em lactação. In: SIMPÓSIO SOBRE NUTRIÇÃO DE RUMINANTES, 6, 1989, Piracicaba. **Anais...** Piracicaba: FEALQ, 1989. p.11-25.

PALMQUIST, D.L. Influence of source and amount of dietary fat on digestibility in lacting cows. **Journal of Dairy Science**, Champaign, v.74, n.4, p.1354-1360, Apr. 1991.

PALMQUIST, D.L.; BEAULIEU, D. ADSA Foundation Symposium: Milk fat synthesis and modification. feed and animal factors influencing milk fat composition. **Journal of Dairy Science**, Champaign, v.76, n.6, p.1753-1771, June 1993.

PALMQUIST, D.L.; DAVIS, C.L., BROWN, R.E.; SACHAN, D.S. Availability and metabolism of various substrates in ruminants. V. entry rate into the body and incorporation into milk fat of D(-)b-hidroxybutyrate. **Journal of Dairy Science**, Champaign, v.52, n.5, p.633-645, May 1969.

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

PALMQUIST, D.L.; WEISS, W.P. Blood and hydrolyzed feather meals as sources of undegradable protein in high fat diets for cows in early lactation. **Journal of Dairy Science**, Champaign, v.77, n.6, p.1630-1643, June. 1994.

PANTOJA, J., FIRKINS, J.L.; EASTRIDGE, M.L. Site of digestion and milk production by cows fed fats differing in saturation, esterification, and chain length. **Journal of Dairy Science**, Champaign , v.78, n.10, p.2247-2258, Oct. 1995.

PEIXOTO, F.A.M. **Utilização do complexo ácido graxo-cálcio na dieta de vacas em lactação.** Viçosa: UFV, 1991. 121p.(Dissertação-Mestrado em Nutrição Animal)

PEIXOTO, F.A.M.; SILVA, J.F.C.da; FILHO, S.de C.V.; CASTRO, A.C.G.; ROSADO, M. Utilização do complexo ácido graxo-cálcio na dieta de vacas em lactação, alimentadas com cana-de-açúcar. **Revista da Sociedade Brasileira de Zootecnia**, Viçosa, v.23, n.4, p.173-179, Feb. 1994.

PHILLIPS, L.G., MCGIFF, M.L., BARBANO, D.M.; LAWLESS, H.T. The influence of fat on the sensory properties, viscosity, and color of lowfat milk. **Journal of Dairy Science**, Champaign, v.78, n.6, p.1258, June 1995.

ROSADO, M. **Efeito do complexo ácido graxo-cálcio sobre a digestibilidade aparente, alguns parâmetros ruminais e taxa de passagem em vacas lactantes.** Viçosa: UFV, 1991. 95p. (Dissertação-Mestrado em Nutrição Animal).

RUEGSEGGER, G.J.; SCHULTZ, L.H. Response of high producting Dairy Cows in early lactation to the feeding of heat-treated whole soybeans. **Journal of Dairy Science**, Champaing, v.68, n.12, p.3272-3279, Dec. 1985.

RUSSEL, J.B. **Energy Yielding and consuming** reactions. Aberdeen: Elsevier, 1988, 185p.

SAS - Institute. **SAS User's guide:** statistics. 5.ed. Cary, 1995. 1290p.

SCHMIDT, G.H. **Biology of lactation**. San Francisco: Freeman and Company, 1971. 317p.

SHAUFF, D.J.; ELLIOTT, J.P.; CLARK, J.H.; DRACKLEY, J.K. Effects of feeding lactating dairy cows diets containing whole soybeans and tallow. **Journal of Dairy Science**, Champaign, v.75, n.7 , p.1923-1935, July 1992.

SNIFFEN, C.J.; O'CONNOR, D.J.; VAN SOEST, P.J., FOX, D.G.; RUSSEL, J.B. A net carbohydrate and portein system for evaluating cattle diets: Carbohydrate and protein availability. **Journal Animal Science**, Champaign, v.70, n.11, p.3562-3577, Nov. 1992.

STELLE, W., NOBLE, R.C.; MOORE, J.H. The effects of 2 methods of incorporating soybean oil into the diet on milk yield and composition in the cow. **Journal of Dairy Research**, Champaign, v.38, n.1, p.43-48, Jan. 1971a.

STELLE, W., NOBLE, R.C.; MOORE, J.H. The effects of dietary soybean oil on milk-fat composition in the cow. **Journal of Dairy Research**, Champaign, v.38, n.1, p.49-56, Jan. 1971b.

TICE, E.M.; EASTRIDGE, M.L.; FIRKINS, J.L. Raw soybeans and roasted soybeans of different particle sizes. 2. Fatty acid utilization by lactating cows. **Journal of Dairy Science**, Champaign, v.77, n.1, p.166-180, Jan. 1994.

VAN SOEST, P.J. **Nutritional ecology of the ruminant**. Ithaca: Corvallis O e B Books, 1982. 372p.

VAN SOEST, P.J.; MOORE, L.A. New chemical methods for analysis of forages for the prupose of prediting nutritive value. In: NATIONAL GRASSLAND CONGRESS, 9, São Paulo, 1996. **Proceedings...** São Paulo, 1996. p.783-789.

WU, Z., HUBER, J.T., CHAN, S.C. Effect of Source and Amount of Supplemental Fat on lactation and Digestion in Cows. **Journal of Dairy Science**, Champaign, v.77, n.6, p.1644-1651, June 1994.

APÊNDICE

APÊNDICE

Tabela Página

1A - Resumo da análise de variância do consumo de matéria seca do concentrado (CC), consumo de matéria seca do volumoso (CV) e consumo de matéria seca total (CT) em Kg/dia 73

2A - Resumo da análise de variância da Produção de leite e produção de leite (PL) e corrigida a 3,5% (PLC) em Kg/dia 73

3A - Resumo da análise de variância da Porcentagem gordura (%G) produção de gordura (PG), porcentagem de proteína (%P) e produção de proteína (PP) 73

4A - Resumo da análise de variância da Relação dos ácidos graxos de cadeia curta e ácidos graxos de cadeia longa (C/L) e relação dos ácidos graxos de cadeia insaturada e cadeia saturada (I/S) 74

5A - Resumo da análise de variância da porcentagem de Sólidos Totais (ST), Sólidos desengordurados (SD), Acidez em °D(A), Densidade (D) e crioscopia em °H(C) 74

TABELA 1A. Resumo da análise de variância do consumo de matéria seca do concentrado (CC), consumo de matéria seca do volumoso (CV) e consumo de matéria seca total (CT) em Kg/dia

FV	GL	Quadrados Médios		
		CC (Kg/dia)	CV (Kg/dia)	CT (Kg/dia)
Q	2	15,2369	7,9283	27,9057
V (Q)	9	0,3529	0,5458	0,9446
P (Q)	9	0,3288	0,2528	0,4724
T (Q)	3	5,2120	0,9821	8,4118
Q * T	6	0,8186	0,1332	0,5290
CV %		6,82	6,24	4,49

TABELA 2A. Resumo da análise de variância da Produção de leite (PL) e produção de leite corrigida a 3,5% (PLC) em Kg/dia

FV	GL	Quadrados Médios	
		PL (Kg/dia)	PLC (Kg/dia)
Q	2	91,5377	52,5529
V (Q)	9	0,9003	0,9858
P (Q)	9	0,5992	0,7788
T (Q)	3	4,2893	11,9325
Q * T	6	1,3867	6,8362
CV%		2,86	3,64

TABELA 3A. Resumo da análise de variância da Porcentagem de gordura (%G) produção de gordura (PG), porcentagem de proteína (%P) e produção de proteína (PP)

FV	GL	Quadrados Médios			
		%G	PG	%P	PP
Q	2	0,4812	0,0429	0,0093	0,0958
V (Q)	9	0,0138	0,0017	0,0005	0,0008
P (Q)	9	0,0091	0,0013	0,0011	0,0006
T (Q)	3	0,3549	0,0260	0,0407	0,0089
Q * T	6	0,4166	0,0211	0,0164	0,0023
CV%		1,95	4,29	0,96	2,90

TABELA 4A. Resumo da análise de variância da Relação dos ácidos graxos de cadeia curta e ácidos graxos de cadeia longa (C/L) e relação dos ácidos graxos de cadeia insaturada e cadeia saturada (I/S)

FV	GL	Quadrados Médios	
		C/L	I/S
Q	2	0,000027	0,000009
V (Q)	9	0,000091	0,000041
P (Q)	9	0,000095	0,000027
T (Q)	3	0,024051	0,028310
Q * T	6	0,000108	0,000038
CV%		2,93	1,17

TABELA 5A. Resumo da análise de variância da porcentagem de Sólidos Totais (ST), Sólidos desengordurados (SD), Acidez em °D (A), Densidade (D) e crioscopia em °H (C)

FV	GL	Quadrados Médios				
		ST (%)	SD (%)	A°D	D	C°H
Q	2	1,3616	0,5542	5,4628	7,7459	0,00052
V (Q)	9	0,1676	0,1680	5,5481	2,7324	0,00003
P (Q)	9	0,6177	0,0600	4,9459	1,0068	0,00006
T (Q)	3	0,4662	0,0395	0,1173	0,8066	0,00001
Q * T	6	0,5843	0,0457	1,7595	0,7411	0,00005
CV%		1,88	2,38	10,72	2,62	1,19