

MÁRCIA MARIA CÂNDIDO DA SILVA

**SUPLEMENTAÇÃO DE LIPÍDIOS EM DIETAS PARA CABRAS
LEITEIRAS**

Tese apresentada à Universidade Federal de Viçosa, como parte das exigências do Programa de Pós-Graduação em Zootecnia, para obtenção do título de *Doctor Scientiae*.

VIÇOSA
MINAS GERAIS – BRASIL
2005

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

T

S586s
2005

Silva, Márcia Maria Cândido da, 1971-
Suplementação de lipídios em dietas para cabras
leiteiras / Márcia Maria Cândido da Silva. – Viçosa :
UFV, 2005.
xix, 108f. : il. ; 29cm.

Inclui apêndice.

Orientador: Marcelo Teixeira Rodrigues.
Tese (doutorado) - Universidade Federal de
Viçosa.

Inclui bibliografia.

1. Caprino - Nutrição. 2. Lipídios na nutrição animal.
3. Rúmen - Fermentação. 4. Leite de cabra - Produção.
5. Leite de cabra - Composição. 6. Leite de cabra -
Ácidos graxos. I. Universidade Federal de Viçosa.

II.Título.

CDD 22.ed. 636.390852

MÁRCIA MARIA CÂNDIDO DA SILVA

**SUPLEMENTAÇÃO DE LIPÍDIOS EM DIETAS PARA CABRAS
LEITEIRAS**

Tese apresentada à Universidade Federal de Viçosa, como parte das exigências do Programa de Pós-Graduação em Zootecnia, para obtenção do título de *Doctor Scientiae*.

Aprovada em 16 de setembro de 2005

Prof. Marco Túlio Coelho Silva
(Conselheiro)

Prof^a. Maria Ignez Leão
(Conselheira)

Prof. Augusto César de Queiroz

Prof^a. Luciana Navajas Rennó

Prof. Marcelo Teixeira Rodrigues
(Orientador)

“Viver e não ter a vergonha de ser feliz...
Cantar.....A beleza de ser um eterno aprendiz...”

Gonzaguinha

Aos meus pais, Cândido e Socorro, pelo exemplo de vida, compreensão e amor...
Aos meus irmãos, Carlos, Gilson e Marcos, às minhas cunhadas, Linda, Kátia e Eliane,
e aos meus sobrinhos, Kamila, Mário e Maria Eduarda, pelos laços de amor que nos
unem para sempre.....

Ao meu bem, Sebastião Moura, pelo amor, companheirismo e pela dedicação.
À família Moura, por me acolher tão carinhosamente, e, em especial, aos bebês, Felipe e
Lucca, presentes de Deus para nos lembrar que a vida é a mais bonita das
celebrações.....

Dedico

AGRADECIMENTO

A Deus, por todas as escolhas que me permite fazer. Honra e Glória a Ti Senhor...

À Universidade Federal de Viçosa, ao Programa de Pós-Graduação em Zootecnia da Universidade Federal de Viçosa e ao Setor de Caprinocultura, por permitirem a execução deste projeto.

Ao Conselho Nacional de Pesquisa Científica – CNPq, pela concessão da bolsa de estudos.

Ao professor Marcelo Teixeira Rodrigues, pela orientação, amizade e confiança a mim dispensadas, e, também por todos os “puxões” de orelha que, com certeza, só contribuíram para o meu enriquecimento profissional e pessoal. Obrigada de coração.

Ao professor Marco Túlio Coelho Silva, por todos os ensinamentos, as sugestões e o treinamento na cromatografia.

À dupla, professora Maria Ignez Leão e seu fiel escudeiro Joélcio, não apenas pela grandiosidade do trabalho que conduziram, mas pelos maravilhosos momentos compartilhados durante e fora do experimento. Agradeço também a Mirinha por liberar o Joélcio em horários não muito convencionais....

Ao professor Augusto César de Queiroz, pelas sugestões, pelos conselhos e, principalmente, pela amizade.

À professora Luciana Navajas Rennó, pela disponibilidade em participar da avaliação deste trabalho e pela valiosa contribuição.

Aos professores do Departamento de Zootecnia: Sebastião Campos Valadares Filho, Luiz Fernando T. Albino, Horacio Santiago Rostagno, Rogério Lana, José Carlos Pereira, Mário Fonseca Paulino, Ricardo Frederico Euclides, Odilon Gomes Pereira, Robledo de Almeida Torres, Dilermando, José Antônio Obeid, Aloísio Soares

Ferreira, Giovanni e Domicio do Nascimento Júnior, pelos ensinamentos e por tornarem tão agradável a convivência no departamento.

Aos funcionários do Departamento de Zootecnia: Venâncio, “tia” Márcia, Rosana, Mário, Edson, Adilson, Iraci, Sr. Jorge, Natanael (Pum), Zezé, Marcelo e Cleone, pelo auxílio e agradável convívio.

À Celeste. Faltam palavras para agradecer, pois, sempre educada, com um belo sorriso e toda a tranqüilidade que lhe é inerente, resolve todos os nossos problemas.

Aos funcionários do Setor de Caprinocultura: Sr. Zé Maria, Zé Maria (Corujinha), Sr. Madruga, João, Sr. Paulo, Sr. Manoel, Geraldinho, Celso, Cláudio (Caiu), Vilmar, Lindinho, Zé Carlos e às veterinárias Eunice e Karine, pela valiosa contribuição durante a fase de campo dos experimentos.

Aos funcionários da Fábrica de Ração, Mauro Godoi e Sebastião, pela grande colaboração.

Aos funcionários do Laboratório de Nutrição Animal: Monteiro, Fernando, Vera, Wellington, Valdir e Mário, pela grande colaboração e, por todos os momentos agradáveis durante a longa temporada de análises.

À Aparecida, popular “Supimpa”, pelo seu bom humor, nos lembrando sempre que, apesar das dificuldades, o importante na vida é ser feliz.

Às minhas “irmãs”, Renata e Carla, por tudo que vivenciamos ao longo desta jornada, pelas agradáveis noites geladas do capril, além, é claro, do laço de amizade que nos uniu para sempre.... “Amigo é coisa pra se guardar do lado esquerdo do peito, mesmo que o tempo e a distância digam não....”

À minha outra irmãzinha, Amélia, que sempre me socorreu nas horas mais difíceis sem nunca pedir nada em troca. Exemplo de humildade, dedicação, gentileza e amizade.

À amiga Patrícia Barcellos, pela amizade e parceria nos estudos, e pelas caronas, também.

Ao amigo Marco Aurélio Bomfim e à amiga Daniela Campos, pelos bons momentos compartilhados durante a realização dos seus projetos.

Aos estagiários: Rogério, Hugo, Saulo, Simone, Sueli e Timótheo, Rachel, Henrique, Fabrício, João Paulo, Márcio, Fabiana, Emanuela e Marina, pela amizade,

disponibilidade e pela grande contribuição, sem a qual a realização deste trabalho seria impossível. Obrigada sempre....

A Lindenberg, pela amizade e inestimável contribuição nas análises estatísticas.

Ao casal Lincoln e Elenice, pela colaboração, pelo incentivo e pela amizade. Adoro vocês.

Ao amigo Robson Vêras, à Polliana e ao Guilherme (Gui), pela amizade sincera, pela colaboração e por todos os momentos compartilhados.

Aos amigos: Vinícios (“irmão”), Kênia, Dorismar, Eduardo Eifert (Gaúcho), Nadja, Fernanda e Mário Chizzotti, Gelson, Antônio Faciola, Mariana e Nicola, Fred, Mariana (Candinha), Anselmo, Fernanda (Cantina), Acyr e Fernanda, Eduardo Kling e Kamila, Pedro Veiga, Karla Magalhães, Polyana Albino, Marco Antônio Bomfim e Zezi, Jailson (Ratinho), Cláudio Mistura, Juliana, Mauro, Adriano (Foquinha), Karina Zorzi, Luana, Rodolpho Torres (Rodolphinho), Renius e Fernanda, Jane, Leidi, Leandro, Anderson (Gaúcho), Cláudio Prosperi, André Luigi (*in memoriam*), Ana Livia, Talita, Mônica Paixão, Darcilene, Maykel (Acreano), Douglas, Jeferson (Passarinho), Nominando, André, Josué, Carlos Elizio (Casé), Maíra, Alfredo, Luciano Melo, Clara, Felipe Morbi, Vanildo, Emili, Ronan, Valéria Viana e Dalton, pela amizade compartilhada ao longo do curso.

Às minhas companheiras de república: Danusa, Ednéia, Daniele, Raquel, Luciane, Ângela e Hérica, pela atenção e amizade, pelos conselhos, por todos os momentos compartilhados e pelo aprendizado, que nos fortalece e agradece, em todos os sentidos.

Às amizades conquistadas em Viçosa: Amélia Carla, Ana Paula, Gisele, Fabiano, Beno, Rodinei, Jandira, D. Sebastiana, Patrícia, Leninha, Baiano, Rosinéia e Lucinéia, por tornarem a convivência em Viçosa bem mais agradável.

Às meninas da RBZ, Flávia e Débora, pelas sugestões e pela amizade.

À todos que direta ou indiretamente contribuíram para a realização deste trabalho.

Muito Obrigada!!!

BIOGRAFIA

MÁRCIA MARIA CÂNDIDO DA SILVA, filha de José Cândido da Silva e Maria do Socorro da Silva, nasceu em Recife, estado de Pernambuco, aos 16 de outubro de 1971. Ainda criança, mudou-se para a cidade de Guarabira, no estado da Paraíba, onde fixou suas raízes.

Ingressou no curso de Agronomia da Universidade Federal da Paraíba, em Areia-PB, em 1991, formando-se em 1996. No mesmo ano, ingressou no curso de Zootecnia como portadora de diploma, concluindo seus estudos em 1999. Ainda em 1999, iniciou o curso de mestrado na mesma universidade, defendendo sua dissertação, intitulada, *Padrão de fermentação de silagens elaboradas com o estrato herbáceo da Caatinga Paraibana*, aos 16 de março de 2001, aprovada com distinção.

Realizou, durante o período de 96 a 97, curso de especialização *Latu Sensu* em Caprinocultura pela Universidade Federal da Paraíba, em Bananeiras–PB.

Em 1996, foi credenciada pela ARCO e ABCC para desenvolver trabalhos junto à APACCO – Associação Paraibana de Criadores de Caprinos e Ovinos, onde atuou como Inspetora de Registro Genealógico de Caprinos e Ovinos deslanados.

Em 2001, ingressou no Programa de Pós-Graduação em Zootecnia, na Universidade Federal de Viçosa, submetendo-se à defesa de tese aos 16 de setembro de 2005.

CONTEÚDO

	Página
LISTA DE TABELAS	x
LISTA DE FIGURAS	xv
RESUMO.....	xvi
ABSTRACT.....	xviii
Introdução Geral	1
Literatura Citada.....	4
Efeito da suplementação de lipídios sobre os parâmetros digestivos de cabras leiteiras.....	5
RESUMO.....	5
ABSTRACT.....	6
Introdução.....	7
Material e Métodos.....	8
Resultados e Discussão.....	18
Conclusões.....	28
Literatura Citada.....	29
Efeito da suplementação de lipídios em dietas para cabras lactantes sobre o consumo e a eficiência de utilização dos nutrientes.....	33
RESUMO.....	33
ABSTRACT.....	34
Introdução.....	35
Material e Métodos.....	37
Resultados e Discussão.....	46
Conclusões.....	58

Literatura Citada.....	59
Efeito da suplementação de lipídios em dietas de cabras sobre o perfil de ácidos graxos do leite.....	63
RESUMO.....	63
ABSTRACT.....	64
Introdução.....	65
Material e Métodos.....	67
Resultados e Discussão.....	73
Conclusões.....	80
Literatura Citada.....	81
Apêndice.....	84
Apêndice A.....	85
Apêndice B.....	95
Apêndice C.....	105

LISTA DE TABELAS

CAPÍTULO 1

1	Proporções, expressas na matéria seca, dos ingredientes nas dietas experimentais.....	9
	Composição bromatológica dos ingredientes e suplementos.....	10
3	Composição bromatológica das dietas experimentais.....	11
4	Consumo de matéria seca e de nutrientes por cabras leiteiras submetidas a dietas com diferentes formas de suplementação lipídica.....	18
5	Coeficientes das digestibilidades total, ruminal e intestinal da matéria seca e de nutrientes em cabras leiteiras submetidas a dietas com diferentes formas de suplementação lipídica.....	19
6	Quantidades de matéria seca e lipídios presentes no rúmen de cabras submetidas a diferentes formas de suplementação lipídica.....	21
7	Parâmetros ruminais de cabras submetidas a dietas com diferentes formas de suplementação lipídica.....	22
8	Produção e eficiência de produção de proteína microbiana em cabras leiteiras submetidas a diferentes formas de suplementação de lipídios.....	26
9	Consumo, excreções, balanço e retenção de nitrogênio por cabras leiteiras submetidas a dietas com diferentes suplementos lipídicos.....	27

CAPÍTULO 2

1	Proporções, expressas na base da matéria seca, dos ingredientes nas dietas experimentais.....	38
2	Composição bromatológica dos ingredientes e suplementos.....	39
3	Composição bromatológica das dietas experimentais.....	40
4	Efeito da suplementação lipídica sobre o consumo de matéria seca e de nutrientes por cabras em lactação.....	46
5	Efeito da suplementação lipídica sobre os coeficientes de digestibilidade da matéria seca e de nutrientes de cabras em lactação.....	49
6	Efeito da suplementação lipídica sobre o comportamento ingestivo de cabras lactantes.....	52
7	Efeito da suplementação lipídica sobre a produção e composição do leite de cabras.....	53
8	Efeito da suplementação lipídica sobre o consumo e a eficiência de utilização da energia em cabras lactantes.....	55
9	Efeito da suplementação lipídica sobre o balanço dos compostos nitrogenados em cabras lactantes.....	56
10	Consumo médio diário de matéria seca e energia, produção e eficiência de produção de leite em cabras em duas fases da lactação.....	57

CAPÍTULO 3

1	Proporções, expressas na matéria seca, dos ingredientes nas dietas experimentais.....	68
2	Composição bromatológica dos ingredientes e suplementos.....	69
3	Composição bromatológica das dietas experimentais.....	70
4	Composição em ácidos graxos dos suplementos lipídicos utilizados nas dietas.....	70
5	Efeito da suplementação lipídica sobre o perfil de ácidos graxos do leite de cabras.....	74
6	Efeito da suplementação lipídica sobre as razões e os índices entre os ácidos graxos do leite de cabras.....	78

APÊNDICE A

1A	Período (P), quadrado (Q), animal (A), tratamento (T) e valores referentes ao peso vivo (PV) e ao consumo de matéria seca em g/dia (CMS), em percentual do peso vivo (CMSPV) e em g/kg de unidade de tamanho metabólico (CMSUTM).....	85
2A	Período (P), quadrado (Q), animal (A), tratamento (T) e valores referentes, em g.dia ⁻¹ , aos consumos de fibra em detergente neutro em g/dia (CFDN), carboidratos não-fibrosos (CCNF), extrato etéreo (CEE) e nutrientes digestíveis totais (CNDT) e ao consumo de energia líquida (CEL), em Mcal.dia ⁻¹	86
3A	Período (P), quadrado (Q), animal (A), tratamento (T) e valores referentes, em percentual, à digestibilidade da matéria seca (DMS), da matéria orgânica (DMO), da fibra em detergente neutro (DFDN), da proteína bruta (DPB), do extrato etéreo (DEE), dos carboidratos totais (DCHOT) e dos carboidratos não-fibrosos (DCNF).....	87
4A	Período (P), quadrado (Q), animal (A), tratamento (T) e valores referentes, em percentual, à digestibilidade ruminal (em relação ao total digerido) da matéria seca (DMS), da matéria orgânica (DMO), da fibra em detergente neutro (DFDN), da proteína bruta (DPB), do extrato etéreo (DEE), dos carboidratos totais (DCHOT) e dos carboidratos não-fibrosos (DCNF).....	88
5A	Período (P), quadrado (Q), animal (A), tratamento (T) e valores referentes à matéria seca ruminal (MSR) e extrato etéreo ruminal (EER), em gramas e à taxa de passagem de sólidos (k _p).....	89
6A	Período (P), quadrado (Q), animal (A), tratamento (T) e valores referentes ao pH nos tempos de coleta após alimentação da manhã (0, 2, 4, 8 e 16 horas).....	90
7A	Período (P), quadrado (Q), animal (A), tratamento (T) e valores referentes a amônia ruminal (NH ₃) nos tempos de coleta após alimentação da manhã (0, 2, 4, 8 e 16 horas).....	91
8A	Período (P), quadrado (Q), animal (A), tratamento (T) e valores referentes aos percentuais de nitrogênio na matéria seca bacteriana (NT) e de N-RNA bacteriano (N-RNA) e à razão N-RNA/NT (NT/N-RNA).....	92
9A	Período (P), quadrado (Q), animal (A), tratamento (T) e valores referentes, em g/dia, ao fluxo de proteína bruta microbiana (FPMic) e à eficiência de síntese microbiana, em g de nitrogênio por kg de matéria orgânica degradada no rúmen (PMicMODR), em g de nitrogênio por kg de carboidratos totais degradados no rúmen (PMicCHOTDR) e em g de nitrogênio por kg de NDT consumido.....	93
10A	Período (P), quadrado (Q), animal (A), tratamento (T) e valores referentes, em g.d ⁻¹ , ao consumo de nitrogênio (CN), ao nitrogênio excretado nas fezes (NF) e na urina (NU), ao balanço de N (BN), ao nitrogênio endógeno basal (NEB) e ao nitrogênio retido (NR).....	94

APÊNDICE B

1B	Animal (A), tratamento (T), fase da lactação (F) e valores referentes ao peso vivo (PV), ao consumo de matéria seca, em g/dia (CMS), em percentual do peso vivo (CMSPV) e em g/kg de unidade de tamanho metabólico (CMSUTM).....	95
2B	Animal (A), tratamento (T), fase da lactação (F) e valores referentes ao consumo de fibra em detergente neutro, em g/dia (CFDN), em percentual do peso vivo (CFDNPV), em g/kg de unidade de tamanho metabólico (CFDNUTM) e aos consumos, em g/dia, de carboidratos não-fibrosos (CCNF) e extrato etéreo (CEE).....	96
3B	Animal (A), tratamento (T) e valores referentes, em percentual, à digestibilidade da matéria seca (DMS), da matéria orgânica (DMO), da fibra em detergente neutro (DFDN), da proteína bruta (DPB), do extrato etéreo (DEE), dos carboidratos totais (DCHOT) e dos carboidratos não-fibrosos (DCNF).....	97
4B	Animal (A), tratamento (T) e valores referentes ao tempo gasto, em minutos.d ⁻¹ , com alimentação (TAL), ruminação (TRU), mastigação total (TMT) e ócio (TO) e ao tempo de permanência dos animais, em minutos.d ⁻¹ , em pé (TP) ou deitados (TD).....	98
5B	Animal (A), tratamento (T) e valores referentes à eficiência de alimentação, em min./kg MS, min./kg FDN, min./(g MS/kg ^{0,75}) e (min./(g FDN/kg ^{0,75})).....	99
6B	Animal (A), tratamento (T) e valores referentes à eficiência de ruminação, em min./kg MS, min./kg FDN, (min./(g MS/kg ^{0,75}) e (min./(g FDN/kg ^{0,75}))...)	100
7B	Animal (A), tratamento (T), fase da lactação (F) e valores referentes, em g.d ⁻¹ , à produção de leite (PL) e aos percentuais de gordura (G), proteína (P) e lactose (L).....	101
8B	Animal (A), tratamento (T), fase da lactação (F) e valores referentes, em g.d ⁻¹ , à produção de gordura (PG), de proteína (PP) e de lactose (PL).....	102
9B	Animal (A), tratamento (T), fase da lactação (F) e valores referentes ao consumos de nutrientes digestíveis totais (CNDT), em g/dia, e de energia líquida de lactação (CEL _L), em Mcal/kg, e às eficiências bruta (k _l) e líquida (k _{m+p}) de utilização da energia metabolizável.....	103
10B	Animal (A), tratamento (T) e valores, em g.d ⁻¹ , referentes ao consumo de nitrogênio (CN), ao nitrogênio excretado nas fezes (NF), na urina (NU) e no leite (NL), ao balanço de N (BN), ao nitrogênio endógeno basal (NEB) e ao nitrogênio retido (NR).....	104

APÊNDICE C

1C	Animal (A), tratamento (T) e valores referentes, em percentual, ao perfil de ácidos graxos saturados caprótico (C6:0), caprílico (C8:0), cáprico (C10:0), láurico (C12:0), mirístico (C14:0), pentadecanóico (C15:0), palmítico (C16), heptadecanóico (C17:0), esterárico (C18:0) e araquídico (C20:0).....	105
2C	Animal (A), tratamento (T) e valores referentes, em percentual, ao perfil de ácidos graxos monoinsaturados miristoléico (C14:1), palmitoléico (C16:1), <i>cis</i> -10-heptadecanóico (C17:1), oléico + isômero (C18:1) e <i>cis</i> -11-eicosanóico (C20:1).....	106
3C	Animal (A), tratamento (T) e valores referentes, em percentual, ao perfil de ácidos graxos poliinsaturados, linoléico (C18:2n6c), linoeláidico (C18:2n6t), linolênico (C18:3), araquidônico (C20:4).....	107
4C	Animal (A), tratamento (T) e razões entre o perfil dos ácidos graxos saturados/insaturados (Sat/Insat), poliinsaturados/saturados (Poli/Sat), ômega-6 e ômega-3 (n-6/n-3) e o índice de aterogenicidade (IA).....	108

LISTA DE FIGURAS

CAPÍTULO 1

1	Equipamentos e materiais utilizados na coleta de omaso.....	13
2	Quantidades de extrato etéreo (g.d ⁻¹) ingeridas, presentes no rúmen e no omaso, e excretadas por cabras leiteiras submetidas a diferentes formas de suplementação lipídica na dieta.....	23
3	Efeito do período de coleta sobre o pH e a amônia ruminal.....	25

RESUMO

SILVA, Márcia Maria Cândido da, D.S. Universidade Federal de Viçosa, setembro de 2005. **Suplementação de lipídios em dietas para cabras leiteiras.** Orientador: Marcelo Teixeira Rodrigues. Conselheiros: Marco Túlio Coelho Silva e Maria Ignez Leão.

Dois experimentos foram conduzidos com o objetivo de avaliar os efeitos de três diferentes formas de suplementação lipídica na dieta de cabras leiteiras. Foram utilizados óleo de soja (OS), sais de cálcio de ácidos graxos de cadeia longa (Ca-Agcl) e grão de soja (GS) e os resultados comparados a uma dieta controle (C), isenta de suplementos lipídicos. No primeiro trabalho, foram utilizadas oito cabras não-lactantes, fistuladas no rúmen, distribuídas em delineamento experimental em quadrado latino 4 x 4 duplicado, para avaliação dos efeitos da suplementação lipídica sobre o consumo, as digestibilidades total, ruminal e intestinal, os parâmetros ruminais, a produção e eficiência de produção de proteína microbiana e o balanço de compostos nitrogenados. As dietas foram formuladas de modo que os suplementos contribuíssem com 4,5% de extrato etéreo (EE) adicional ao valor existente na dieta controle. A suplementação lipídica aumentou o consumo e os coeficientes de digestibilidade total e ruminal do EE. Maior tempo de retenção de partículas sólidas foi obtido quando se utilizou o grão de soja como suplemento. Os suplementos não afetaram o pH, a síntese e a eficiência de proteína microbiana, mas reduziram a concentração de amônia no rúmen. Foram ajustadas equações de regressão cúbica e quádrupla para os efeitos de pH e amônia, respectivamente, em função das horas após a alimentação. O balanço dos compostos nitrogenados não foi afetado pela adição de lipídios às dietas. No segundo experimento, foram utilizadas 24 cabras em lactação, alocadas em delineamento inteiramente casualizado, com quatro tratamentos e seis repetições. Os tratamentos foram planejados da mesma forma que o primeiro, para avaliação dos efeitos das diferentes formas de suplementação lipídica sobre o consumo, a digestibilidade, o comportamento alimentar,

o balanço de compostos nitrogenados e a produção de leite. Os dados experimentais foram obtidos no período de 51 a 138 dias de produção, permitindo-se que os dados fossem avaliados em duas fases da lactação: até 100 dias (fase 1) e após 100 dias (fase 2). Considerando-se todo o período experimental, os suplementos OS e GS promoveram reduções nos consumos de matéria seca (MS) e de EE em relação à dieta controle, mas o consumo de fibra em detergente neutro (FDN) só foi reduzido pela suplementação com OS. O coeficiente de digestibilidade da MS não foi afetado pela suplementação lipídica. Todos os suplementos lipídicos promoveram reduções nos coeficientes de digestibilidade da matéria orgânica (MO), da proteína bruta (PB) e dos carboidratos totais (CHOT). Reduções nos coeficientes de digestibilidade da FDN e dos carboidratos não-fibrosos (CNF) foram observadas nos tratamentos com OS e GS, respectivamente. Os suplementos lipídicos não afetaram o comportamento ingestivo dos animais. O GS reduziu as produções de leite, gordura e proteína. A produção de lactose foi reduzida com o uso dos três suplementos. Os suplementos não influenciaram as concentrações dos constituintes no leite. A suplementação com OS e GS promoveu reduções nos consumos de nutrientes digestíveis totais (NDT) e de energia líquida de lactação (EL_L), melhorou as eficiências líquidas de utilização da energia metabolizável para produção de leite, entretanto, a eficiência bruta não foi afetada pela suplementação. O balanço de nitrogênio não foi influenciado pela suplementação. Os consumos de MS, NDT e EL, bem como a produção de leite, foram reduzidos se comparadas a fase 1 e a fase posterior da lactação, embora as eficiências de utilização (bruta e líquida) não tenham sido afetadas. Para a avaliação do perfil de ácidos graxos do leite, foram coletadas amostras no 30º dia do período experimental. As formas de suplementação lipídica reduziram a concentração de ácidos graxos de cadeia curta e média no leite e aumentaram a presença de ácidos graxos mono e poliinsaturados, em magnitudes diferenciadas. Considerando-se as razões e os índices recomendados por nutricionistas como indicativos dos riscos de doenças cardiovasculares, os resultados mais satisfatórios, para todas as variáveis estudadas, foram obtidos com a inclusão do óleo de soja e dos sais de cálcio de ácidos graxos.

ABSTRACT

SILVA, Márcia Maria Cândido da, D.S. Universidade Federal de Viçosa, September, 2005. **Lipid supplementation to dairy goat diets.** Major professor: Marcelo Teixeira Rodrigues. Committee members: Marco Túlio Coelho Silva and Maria Ignez Leão.

Two experiments were conducted to evaluate the effect of three different ways of lipid supplementation on diets for dairy goats, by using soybean oil (SO), calcium salts of long chain fatty acids (Ca-LCFA), and whole soybean (WS), and the results compared to a control diet (C) with no oil supplement added to it. For the first experiment eight fistulated non-lactating goats were assigned to a duplicated 4 x 4 latin square design to evaluate the effect on intake, total e partial digestibility, ruminal parameters, microbial protein production and efficiency, and nitrogen balance. Supplements contributed with 4.5% of ether extract (EE) and the control diet of 2.5% EE. Adding fat to diet lead to higher intake and higher total ruminal digestibility of lipids. Higher retention time for solid particles was observed as whole soybean was used as supplement. No alteration on both rumen pH and microbial protein synthesis and efficiency, but rumen ammonia concentration was reduced. Cubic and higher order regression equations were adjusted for describing values of pH and ammonia levels over time after feeding. Nitrogen balance was not affected by lipid supplementation to diets. For the second experiment 24 dairy goats were assigned to a randomized experiment design with four treatments and six repeats. Treatments were planned in the same fashion as the first one cited and variables measured were intake, digestibility, feeding behavior, nitrogen balance and milk production. Data were collected from day 51 to 138 of lactation, and then analyzed by using two phases that is, from day 51 to 100 and from day 101 to 138 of lactation period. Considering the whole experimental period both supplements soybean oil and whole soybean promoted reduction on dry

matter intake and ether extract as compared to the control diet, although fiber intake was only reduced by soybean oil supplementation. Digestion coefficient of dry matter was not affected by adding fat to diets but organic matter, crude protein and total carbohydrate digestion coefficients were reduced. Reduction on Fiber and non fiber carbohydrate digestibility occurred by adding soybean oil and whole soybean, respectively. Feeding behavior was not altered by addition of fats to rations. Milk, fat and protein yield were reduced by adding whole soybean. Lactose yield was reduced by lipids supplementation. Intake of both TDN and Net energy were reduced by using soybean oil and whole soybean as fat supplements. Because the magnitude of reduction in milk production was higher than that observed for intake of energy it was observed higher net efficiency of use of metabolizable energy intake for those diets as compared to both control diet and the addition of Ca-LCFA. Intake of dry matter, energy and milk yield were higher for the first phase of study as comparing lactation periods. Samples of milk collected at day 30 of experiment were used to analyze fatty acids profile. Oil supplementation reduced concentration of short and medium chain fatty acids in milk and increased percentage of both mono and polyunsaturated long chain fatty acids in variable magnitudes. Using ratios and indices recommended by nutritionists as parameters to indicate risks for cardiac disorders, it was concluded that more satisfactory results were found by the inclusion of either soybean oil or Ca-LCFA.

Introdução Geral

Dietas de ruminantes, normalmente, contêm baixas proporções de lipídios, visto que as gorduras constituem pequena porção (1 a 4%) da matéria seca na maioria dos alimentos. Geralmente, suplementos lipídicos são utilizados com o objetivo de aumentar a concentração energética das dietas de cabras e vacas em lactação, substituindo parte dos carboidratos não-fibrosos (Van Soest, 1994). Além disso, a utilização mais intensiva de lipídios nas rações pode contribuir para maior deposição de gordura nas carcaças ou aumento na produção de gordura do leite.

Especialistas das áreas de nutrição e saúde, têm apontado o fator qualitativo dos componentes gordurosos e, sob este aspecto, algumas considerações devem ser feitas sobre o leite de cabra.

O leite de cabra, além da importância nutricional como fonte de ácidos graxos essenciais, possui propriedades terapêuticas, relacionadas à diminuição dos níveis plasmáticos de colesterol e triglicerídeos (López-Aliaga et al., 2005) e elevada digestibilidade em relação ao leite de vaca (Alferez et al., 2001). Entre os fatores determinantes dessa maior digestibilidade, destacam-se as maiores proporções de glóbulos de gordura de menor diâmetro e de ácidos graxos de cadeia média (Chilliard, 1997).

Os ácidos graxos presentes no leite podem ter origem endógena, seja pela mobilização dos tecidos de reserva ou seja pela síntese “*de novo*” na glândula mamária. Os ácidos graxos de cadeia curta e média (C4-C14) são provenientes quase que exclusivamente da síntese “*de novo*” na glândula mamária, enquanto os de cadeia longa (>16 C) originam-se principalmente nos lipídios circulantes e o ácido palmítico (C16) pode ser resultante de ambas as fontes (Neville & Picciano, 1997).

A adição de suplementos lipídicos visando aumentar o conteúdo de ácidos graxos insaturados no leite de cabra pode melhorar suas propriedades funcionais (Sanz Sampelayo et al., 2002). No entanto, a suplementação nem sempre proporciona os efeitos desejados, em decorrência da saturação dos ácidos graxos promovida no rúmen, evidenciada quando do fornecimento de óleos vegetais ricos em ácidos graxos poliinsaturados.

Embora não utilizem lipídios presentes nos alimentos como fonte de energia, os microrganismos ruminais são responsáveis pela lipólise (liberação de ácidos graxos a partir dos lipídeos esterificados dietéticos) e pela biohidrogenação das gorduras (adição de hidrogênio à molécula) no compartimento ruminal, uma vez que ácidos graxos insaturados são considerados tóxicos a esses microrganismos.

A presença de ácidos graxos insaturados no rúmen em níveis acima da capacidade de saturação dos microrganismos pode resultar em efeitos adversos sobre a fermentação da fibra (com diminuição da relação acetato:propionato), reduzindo o aproveitamento de outras fontes de energia, a síntese de proteína microbiana e a digestão de proteínas (Jenkins, 1993). Todos esses fatores estão associados à redução no consumo animal e, por isso, recomenda-se limite de inclusão de lipídios de até 5% da matéria seca em dietas para ruminantes (Palmquist & Jenkins, 1980).

Os mecanismos de inibição da fermentação ruminal ainda não foram totalmente elucidados, mas as teorias mais aceitas envolvem o efeito da cobertura das partículas de alimentos pelas gorduras, dificultando o acesso dos microrganismos e de suas enzimas, além de efeitos citotóxicos diretos (alteração na membrana celular) e modificações na população microbiana pela redução no número de protozoários (Jenkins, 1993).

Considerando-se que os lipídios dietéticos são alterados pelo metabolismo microbiano no rúmen (Bauman & Griinardi, 2003), o perfil de ácidos graxos do leite em ruminantes não reflete a composição original do alimento.

Estratégias têm sido utilizadas no intuito de se reduzir as alterações nos lipídios insaturados dietéticos no ambiente ruminal, de forma que possam ser incorporados diretamente no leite e que a suplementação contribua para o efeito desejado.

Tem sido sugerido o uso de gorduras inertes ao ambiente ruminal, também conhecidas como gorduras protegidas, por possuírem lipídios envoltos em uma matriz protéica tratada com formaldeído. A adição dos sais de cálcio de ácidos graxos de cadeia longa tem sido a forma de proteção mais amplamente estudada e utilizada, principalmente nas formulações recomendadas para rebanhos leiteiros. Estes sais (ou

sabões) são obtidos pela complexação de íons de cálcio com ácidos graxos de cadeia longa (insaturados e saturados), cujo princípio se baseia em fazê-los passar pelo ambiente ruminal e se dissociarem nas condições ácidas do abomaso, tornando-os disponíveis para digestão e absorção.

As sementes oleaginosas também têm sido utilizadas como forma de suplementação lipídica. Considerando-se que a liberação do óleo com o uso de sementes oleaginosas ocorre de forma lenta, sua presença no ambiente ruminal não causaria transtornos à microbiota, mas promoveria completa hidrogenação dos seus ácidos graxos, motivo pelo qual alguns autores têm considerado essas sementes suplementos parcialmente protegidos.

Várias pesquisas têm sido desenvolvidas com lipídios (protegidos ou não) em dietas de vacas lactantes, mas, em caprinos, os estudos ainda são incipientes. Chilliard et al. (2003) sugeriram que o metabolismo mamário dessa espécie é diferenciado e, portanto, as respostas à suplementação lipídica podem ser distintas daquelas apresentadas por bovinos. Esses autores fizeram um paralelo entre os eventos que podem ocorrer em resposta à suplementação lipídica em vacas e cabras no mesmo estágio de lactação. Cabras e vacas apresentam resultados semelhantes em produção e composição do leite conforme o estágio de lactação, mas, em produção de leite e composição de proteínas e lipídios, as respostas a suplementos lipídicos diferem entre estas espécies. O conteúdo de gordura do leite aumentou com a suplementação na maioria dos estudos com cabras, o que não ocorre em vacas. No entanto, a resposta na composição dos principais ácidos graxos é semelhante em cabras e vacas recebendo gorduras, independentemente do grau de proteção à hidrogenação ruminal.

Neste estudo, foram realizados dois experimentos com o objetivo de verificar a viabilidade da inclusão dos lipídios, em diferentes formas de proteção à hidrogenação ruminal, na dieta de cabras leiteiras. No primeiro experimento, foram utilizadas oito cabras não-gestantes e não-lactantes, fistuladas no rúmen, distribuídas em quadrado latino 4 x 4, com duas repetições e, no segundo, 24 cabras em lactação, distribuídas em delineamento inteiramente casualizado. Avaliaram-se os consumos e as digestibilidades da matéria seca e dos nutrientes, as estimativas dos parâmetros ruminais (pH e amônia ruminal), a produção e eficiência de produção da proteína microbiana, a cinética de trânsito das partículas sólidas, o comportamento ingestivo, a medição da partição da energia e da proteína metabolizáveis e as alterações no perfil de ácidos graxos do leite.

Literatura Citada

- ALFÉREZ, M.J.M.; BARRIONUEVO, M.; ALIAGA, T.L. et al. Digestive utilization of goat and cow milk fat in malabsorption syndrome. **Journal of Dairy Research**, n.68, p.451-461, 2001.
- BAUMAN, D.E.; GRINARI, J.M. Regulation and nutritional manipulation of milk fat: low-fat milk syndrome. **Livestock Production Science**, v.70, p.15-29, 2001.
- CHILLIARD, Y. Caractéristiques biochimiques des lipides du lait de chèvre. Comparaison avec les laits de vache et humain. **Actes du colloque: Le lait de chèvre, un atout pour la santé**. INRA Editions, n.81, p.51-64, 1997.
- CHILLIARD, Y.; FERLAY, A.; ROUEL, J. et al. A review of nutritional and physiological factors affecting goat milk lipid synthesis and lipolysis. **Journal of Dairy Science**, v.86, n.5, p.1751-1770, 2003.
- JENKINS, T.C. Lipid metabolism in the rumen. **Journal of Dairy Science**, v.76, p.3851-3863, 1993
- LÓPEZ-ALIAGA, I.; ALFÉREZ, M.J.M.; NESTARES, P.B. et al. Goat milk feeding causes an increase in biliary secretion of cholesterol and a decrease in plasma cholesterol levels in rats. **Journal of Dairy Science**, v.88, n.3, p.1024-1030, 2005.
- NEVILLE, M.C.; PICCIANO, M.F. Regulation of milk lipid secretion and composition. **Annual Review of Nutrition**, v.17, p.159-184, 1997.
- PALMQUIST, D.L.; JENKINS, T.C. Fat in lactation rations: review. **Journal of Dairy Science**, v.63, n.1, p.1, 1980.
- SANZ SAMPELAYO, M.R.; PÉREZ, L.; MARTÍN ALONSO, J.J. et al. Effects of concentrates with different contents of protected fat rich in PUFAs on the performance lactating granadina goats. Part II. Milk production and composition. **Small Ruminant Research**, v.43, p.141-148, 2002.
- VAN SOEST, P.J. **Nutritional ecology of the ruminant**. 2. ed. Ithaca: Comstock, 1994, 476p.

Os capítulos a seguir foram editorados com base nos critérios da Revista Brasileira de Zootecnia, publicada pela Sociedade Brasileira de Zootecnia.

Efeito da suplementação de lipídios sobre os parâmetros digestivos de cabras leiteiras

RESUMO – Avaliou-se o efeito da inclusão de óleo de soja (OS), sais de cálcio de ácidos graxos de cadeia longa (Ca-Agcl) e grão de soja (GS) na dieta sobre o consumo, as digestibilidades total, ruminal e intestinal, os parâmetros ruminais, a produção e eficiência de produção de proteína microbiana e o balanço de compostos nitrogenados em cabras leiteiras. Foram utilizadas oito cabras não-gestantes e não-lactantes, fistuladas no rúmen, distribuídas em delineamento experimental em quadrado latino 4 x 4, com duas repetições. Os tratamentos consistiram de quatro dietas, sendo uma controle (C), isenta de lipídio suplementar, e as demais, adicionadas de um dos suplementos testados, contribuindo com 4,5% de extrato etéreo (EE) suplementar (6,5% na dieta total). A suplementação lipídica aumentou o consumo e os coeficientes das digestibilidades total e ruminal do EE. Maior tempo de retenção de partículas sólidas foi obtido com o uso de grão de soja como suplemento. Os tratamentos não influenciaram o pH, a síntese e a eficiência de proteína microbiana, mas reduziram a concentração de amônia no rúmen. Foram ajustadas equações de regressão cúbica e quádrupla para os efeitos de pH e amônia, respectivamente, em função das horas após a alimentação. O balanço dos compostos nitrogenados não foi influenciado pela adição de lipídios às dietas.

Palavras-chave: caprinos, fermentação ruminal, grão de soja, óleo de soja, sais de cálcio de ácidos graxos de cadeia longa

Effect of lipid supplementation on digestive parameters in dairy goats

ABSTRACT – The effect of different lipid supplements on intake, total and partial digestibility of nutrients, ruminal fermentation pattern and microbial synthesis in dairy goats was evaluated by the addition of either soybean oil (SO), calcium salts of long-chain fatty acids (Ca-Lcfa) or whole soybean grain (SG). Eight goats non-pregnant and non-lactating with fistulae in rumen were used and assigned to a duplicated 4 x 4 latin square design. Lipid supplement was not added to a control diet, containing 2.0% of ether extract, whereas an addition of 4.5% of ether extract was present to the other three diets for comparing the effect of lipid supplementation. Fat supplements increased intake and both total and ruminal digestibility of EE. Higher rumen retention time for solid particles was obtained as whole soybean was used as source of lipid. Supplements did not affect rumen pH, the microbial synthesis and efficiency of microbial protein, but reduced the concentration of ruminal ammonia. Cubic and higher order regression equations were adjusted for evaluating both pH and ammonia pattern on a time basis after feeding. Nitrogen balance was not affected by the addition of lipids to diets.

Key words: goats, ruminal fermentation, whole soybean, soybean oil, calcium salt of long-chain fatty acids

Introdução

A inclusão de lipídios em níveis acima de 5% da matéria seca em rações para animais em lactação está relacionada a alterações nos padrões de fermentação ruminal (Cenkvari et al., 2005). Os principais mecanismos envolvidos neste processo incluem o recobrimento físico da fibra, os efeitos tensoativos sobre as membranas microbianas e a diminuição na disponibilidade de cátions pela formação de sabões, que pode influenciar o pH ruminal, limitando o crescimento microbiano (Byers & Schelling, 1988).

Como meio adaptativo à sobrevivência das espécies microbianas, após a hidrólise dos triglicerídeos, algumas bactérias ruminais promovem a hidrogenação dos ácidos graxos livres, em um processo diretamente relacionado ao grau de insaturação dos ácidos graxos, e ao nível e à frequência de alimentação.

Óleos vegetais, ricos em ácidos graxos insaturados, podem acarretar efeitos negativos no ambiente ruminal, incluindo a diminuição da digestibilidade das frações fibrosas da dieta. A soja grão pode ser considerada fonte de gordura parcialmente protegida, visto que as gotículas de lipídios em sementes oleaginosas se encontram protegidas em uma matriz protéica que lhes confere proteção natural.

Suplementos lipídicos denominados “gorduras inertes” têm sido desenvolvidos com o intuito de aumentar a concentração energética das dietas, com mínima interferência na fermentação ruminal. Os métodos de proteção de gordura incluem a encapsulação por proteína tratada com formaldeído (McAllan et al., 1983), a hidrogenação das gorduras e a produção de sabões de cálcio (Jenkins & Palmquist, 1982). Os sabões de cálcio são degradados no rúmen em pequena proporção e, após hidrólise no abomaso, seus ácidos graxos podem ser absorvidos, reduzindo os efeitos negativos sobre a fermentação ruminal (Gonzalez et al., 1998).

Na maioria dos experimentos envolvendo suplementação lipídica para ruminantes, são utilizados bovinos como modelo animal, tornando escassas as informações sobre os efeitos dos lipídios sobre as características de fermentação ruminal em caprinos (Teh et al., 1994; Lana et al., 2005). Segundo Van Soest (1994) e Chilliard et al. (2003), os caprinos possuem comportamento alimentar e metabolismo diferenciados em relação a outras espécies de ruminantes e, portanto, podem apresentar respostas distintas ao fornecimento de lipídios.

Neste estudo, objetivou-se avaliar a influência do fornecimento de lipídios na dieta sobre o consumo, as digestibilidades total e parcial dos nutrientes, os parâmetros

ruminais (pH e amônia), a taxa de passagem de sólidos, o fluxo de nutrientes para o omaso, a eficiência de síntese microbiana e o balanço dos compostos nitrogenados de cabras leiteiras.

Material e Métodos

Este experimento foi conduzido no Setor de Caprinocultura do Departamento de Zootecnia do Centro de Ciências Agrárias da Universidade Federal de Viçosa, no período de junho a setembro de 2004.

Foram utilizadas oito cabras da raça Alpina, múltíparas, não-gestantes e não-lactantes, fistuladas no rúmen, com peso vivo de $48,66 \pm 8,60$ kg, mantidas em baias individuais (3 m²) e piso ripado.

Os animais foram dispostos em delineamento experimental em quadrado latino 4 x 4, com duas repetições. Foram avaliados quatro tratamentos, que consistiram de uma dieta controle (C), isenta de lipídio suplementar, e três dietas-teste, cada uma contendo uma forma de suplementação lipídica, selecionada de acordo com o grau de proteção à hidrogenação ruminal: óleo de soja (OS), não-prottegida; sais de cálcio de ácidos graxos de cadeia longa (Ca-Agcl = Megalac[®]-E¹), protegida; e grão de soja (GS), parcialmente protegida.

As dietas foram compostas de feno de capim-tifton 85 (*Cynodon spp.*) como volumoso e mistura concentrada, à base de fubá de milho (*Zea mays* L.) e farelo de soja (*Glycine max* L.), complementada com mistura mineral e balanceada para atender às exigências nutricionais de cabras leiteiras em lactação.

Na dieta GS, o grão de soja consistiu na principal fonte protéica e substituiu totalmente o farelo de soja. Procedeu-se à pesagem diária, para ajuste da quantidade fornecida, conforme o consumo voluntário dos animais, em razão da dificuldade de incorporação do grão de soja na forma inteira aos demais ingredientes do concentrado. As demais dietas foram preparadas incluindo-se os suplementos óleo e Ca-Agcl à mistura concentrada.

A proporção dos ingredientes nas dietas e a composição dos alimentos e das dietas encontram-se nas Tabelas 1, 2 e 3, respectivamente. As dietas utilizadas foram formuladas de modo que a razão energia metabolizável fermentável/proteína bruta (EMF/PB) e o nível do extrato etéreo no suplemento fossem mantidos constantes.

¹ Megalac[®]-E (Church & Dwight, Co.)

Tabela 1 – Proporções, expressas na matéria seca, dos ingredientes nas dietas experimentais

Ingrediente	Dieta			
	Controle	Óleo de soja	Ca-Agcl ¹	Grão de soja
	-----% MS-----			
Feno de capim-tifton 85	40,84	40,84	40,84	40,84
Fubá de milho	37,15	34,05	33,69	35,04
Farelo de soja	20,31	18,95	18,80	-
Grão de soja	-	-	-	22,42
Óleo de soja	-	4,50	-	-
Megalac-E [®]	-	-	5,05	-
Calcário	0,37	0,37	0,37	0,37
Fosfato bicálcico	0,73	0,73	0,73	0,73
Mistura mineral ²	0,59	0,59	0,59	0,59

¹Sais de cálcio de ácidos graxos de cadeia longa

²Mistura mineral: 0,32% de sulfato ferroso; 0,48% de sulfato de cobre; 0,71% de sulfato de manganês; 2,67% de sulfato de zinco; 0,02% de sulfato de cobalto; 0,0125% de iodato de potássio; 0,006% de selenito de sódio; 95,78% de cloreto de sódio.

Tabela 2 – Composição bromatológica dos ingredientes e suplementos

Item	Ingrediente					
	Feno capim-tifton 85	Fubá de milho	Farelo de soja	Grão de soja	Óleo de soja	Megalac [®] -E
	Composição					
MS (g.kg ⁻¹)	826,00	879,80	875,50	842,40	1000,00	950,00
MO (g.kg ⁻¹)	946,90	987,20	944,50	940,30	1000,00	
PB (g.kg ⁻¹)	123,20	84,00	480,20	392,20		
EE (g.kg ⁻¹)	10,40	34,00	25,90	209,10	999,00	895,00
CHOT (g.kg ⁻¹)	813,30	869,20	438,40	339,00		
CNF (g.kg ⁻¹)	97,30	715,50	300,40	179,90		
FDN (g.kg ⁻¹)	818,80	174,60	195,40	288,50		
FDNc (g.kg ⁻¹)	794,30	162,10	171,70	253,70		
FDNcp(g.kg ⁻¹)	716,00	153,70	138,00	159,10		
FDA (g.kg ⁻¹)	421,60	58,90	160,40	113,00		
FDAi (g.kg ⁻¹)	146,10	38,60	25,20	24,90		
NIDN (g.kg ⁻¹ NT)	635,40	99,60	70,00	241,30		
NIDA (g.kg ⁻¹ NT)	200,10	42,30	26,00	128,60		
LDA (g.kg ⁻¹)	57,90	2,30	3,20	22,90		
FDAi:LDA	2,50	16,78	7,87	1,09		
Cinzas (g.kg ⁻¹)	53,10	12,8	55,5	59,70		105,00
Ca (g.kg ⁻¹)	3,20	0,80	2,90	3,50		
P (g.kg ⁻¹)	2,30	7,10	2,10	5,60		
	Valor estimado de energia					
NDT (%)	51,95	87,14	82,23	98,95	185,97	173,18
EM (Mcal.kg ⁻¹)	1,88	3,36	3,70	4,34	7,70	7,24
EMF (Mcal.kg ⁻¹)	1,54	3,02	3,37	3,22	0,00	0,00
EL (Mcal.kg ⁻¹)	1,12	2,16	2,40	2,96	6,16	5,79

MS = matéria seca; MO = matéria orgânica; PB = proteína bruta; EE = extrato etéreo; CHOT = carboidratos totais; CNF = carboidratos não-fibrosos; FDN = fibra em detergente neutro; FDNc = FDN corrigida para cinzas; FDNcp = FDN corrigida para cinzas e proteína; FDA = fibra em detergente ácido; FDAi = FDA indigerível; NT = nitrogênio total; NIDN = nitrogênio insolúvel em detergente neutro; NIDA = nitrogênio insolúvel em detergente ácido; LDA = lignina em detergente ácido; Ca = cálcio; P = fósforo; NDT = nutrientes digestíveis totais; EM = energia metabolizável; EMF = energia metabolizável fermentável; EL = energia líquida

Tabela 3 – Composição bromatológica das dietas experimentais

Item	Dieta			
	Controle	Óleo de soja	Ca-Agcl ¹	Grão de soja
	Composição			
MS (g.kg ⁻¹)	858,70	864,60	862,30	851,20
MO (g.kg ⁻¹)	945,30	946,50	941,40	943,50
PB (g.kg ⁻¹)	179,00	169,90	168,90	167,70
EE (g.kg ⁻¹)	22,10	65,70	65,10	63,00
EE supl. (g.kg ⁻¹)	0,00	44,60	44,60	46,90
CHOT (g.kg ⁻¹)	744,10	711,20	707,40	712,80
CNF (g.kg ⁻¹)	36,65	34,03	33,72	33,08
FDN (g.kg ⁻¹)	436,10	428,00	427,10	457,40
FDNf (g.kg ⁻¹)	331,50	331,50	331,50	331,50
FDA (g.kg ⁻¹)	226,60	226,60	222,20	218,20
FDAi (g.kg ⁻¹)	79,10	77,60	77,40	78,80
NIDN (g.kg ⁻¹ NT)	310,70	306,70	306,20	348,50
NIDA (g.kg ⁻¹ NT)	102,70	101,10	100,90	125,40
LDA (g.kg ⁻¹)	25,10	25,0	25,0	29,60
FDAi:LDA	3,15	3,10	3,10	2,66
Cinzas (g.kg ⁻¹)	54,70	53,50	58,60	56,50
Ca (g.kg ⁻¹)	5,50	5,50	5,50	5,70
P (g.kg ⁻¹)	4,70	4,50	4,40	5,40
	Valor estimado de energia			
NDT (g.kg ⁻¹)	702,90	746,80	746,50	739,40
EMF (Mcal.kg ⁻¹)	2,44	2,30	2,28	2,41
EL (Mcal.kg ⁻¹) ³	1,75	1,92	1,92	1,88
EMF:PB	0,14	0,14	0,14	0,14

¹Sais de cálcio de ácidos graxos de cadeia longa

MS = matéria seca; MO = matéria orgânica; PB = proteína bruta; EE = extrato etéreo; EE supl.= extrato etéreo suplementar; CHOT = carboidratos totais; CNF = carboidratos não-fibrosos; FDN = fibra em detergente neutro; FDNf = FDN proveniente da forragem; FDA = fibra em detergente ácido; FDAi = FDA indigerível; NIDN = nitrogênio insolúvel em detergente neutro; NIDA = nitrogênio insolúvel em detergente ácido; NT= nitrogênio total; LDA = lignina em detergente ácido; Ca = cálcio; P = fósforo; NDT = nutrientes digestíveis totais EMF = energia metabolizável fermentável; EL = energia líquida

Cada período experimental compreendeu 28 dias, sendo 17 para adaptação às dietas, ao manejo e ao ajuste do consumo voluntário e 11 para a coleta de dados. Optou-se por um período mais longo de adaptação, para garantir a eliminação de possíveis efeitos residuais da fonte lipídica entre os períodos.

As dietas e a água foram fornecidas *ad libitum*, permitindo-se 10% de sobras, por meio do cálculo da diferença entre a quantidade oferecida e as sobras. Entretanto, para alguns animais alocados no tratamento com grão de soja, que, por seleção, tenderam a rejeitá-lo, o ajuste foi mais rigoroso, permitindo-se apenas 5% de sobras em relação ao total oferecido. Elaboraram-se amostras compostas das sobras por animal e por período, que foram congeladas para posteriores análises. As dietas foram fornecidas duas vezes ao dia, às 8h30 e 16h30.

Durante os quatro primeiros dias do período de coleta, ou seja, do 18º ao 21º dia, foram obtidos os dados para determinação da digestibilidade aparente pela técnica *in vivo*, com coleta parcial de fezes e urina. As fezes foram retiradas diretamente da ampola retal em intervalos de 26 horas, originando uma amostra composta do período, por animal.

A excreção fecal, o fluxo de nutrientes para o omaso e a taxa de passagem de sólidos foram determinados utilizando-se como indicador a fibra em detergente ácido indigerível (FDAi) conforme técnica descrita por Cochran et al. (1986). No entanto, efetuou-se a incubação ruminal em sacos tipo Ankon[®], confeccionados com dimensões 5 x 5 cm em TNT-100 (tecido-não-tecido), por 144 horas, em vez de se utilizar a digestibilidade *in vitro*, sugerida no protocolo original. A excreção fecal foi estimada como:

$$\text{Excreção fecal} = \frac{\text{Indicador consumido (g.dia}^{-1}\text{)}}{\text{Concentração indicador MS fecal (g.gMS}^{-1}\text{)}}$$

Para a quantificação do fluxo omasal, alíquotas de aproximadamente 150 mL de digesta do omaso foram obtidas simultaneamente à coleta das amostras de fezes, utilizando-se um conjunto de dispositivos, composto de um kitassato, um tubo coletor e uma bomba de vácuo (Figura 1).

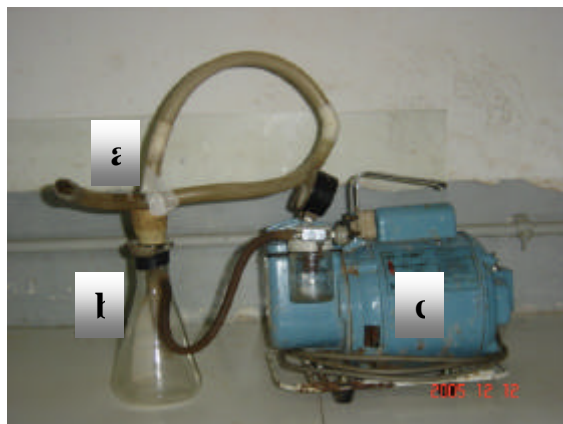


Figura 1 – Equipamentos e materiais utilizados na coleta de omaso: a) tubo coletor; b) kitassato; c) bomba de vácuo

A coleta de digesta omasal foi feita de acordo com o seguinte procedimento: através da fístula ruminal, introduzia-se o tubo coletor no orifício retículo-omasal, onde

era mantido seguro com a mão durante o período da coleta. A digesta entrava no tubo coletor e era succionada até o kitassato, conectado a uma bomba de vácuo. Imediatamente após as coletas, as amostras foram armazenadas em recipientes plásticos e, posteriormente, constituíram amostras compostas por período e por animal, na base da matéria seca.

O fluxo de matéria seca foi calculado conforme a equação:

$$\text{Fluxo} = \frac{\text{CDI} \times 100}{[\text{IND}_{\text{om}}]}, \text{ em que: CDI é o consumo diário do indicador e } [\text{IND}_{\text{om}}], \text{ a}$$

concentração do indicador na digesta omasal.

Os coeficientes das digestibilidades ruminal ($\text{CDR}_{(n)}$) e intestinal ($\text{CDI}_{(n)}$) foram calculados considerando-se a concentração dos nutrientes e do indicador interno de indigestibilidade no alimento consumido e na digesta omasal, por meio das expressões:

$$\text{CDR}_{(n)} = 100 - 100 \times \left(\frac{\% \text{ Indicador dieta}}{\% \text{ Indicador digesta omasal}} \right) \times \left(\frac{\% \text{ Nutriente digesta omasal}}{\% \text{ Nutriente alimento}} \right)$$

$$\text{CDI}_{(n)} = 100 - \text{CDR}_{(n)}$$

A taxa de passagem (k_p) foi estimada pela técnica da evacuação ruminal, de acordo com a metodologia descrita por Robinson et al. (1987). Para minimizar os efeitos da alimentação, foram feitas três coletas de conteúdo ruminal: a primeira às 22h30, a segunda às 13h30 e a terceira às 04h30 dos dias 4, 5 e 6 do período de coleta, respectivamente.

Depois de removido, o conteúdo ruminal foi separado, com o auxílio de tela de polietileno (50 x 50 cm) e baldes plásticos, em frações sólida e líquida, que foram pesadas individualmente e amostradas (400 g) proporcionalmente. A fração líquida, seguida da fração sólida, foi retornada ao rúmen. As amostras foram levadas à estufa de ventilação forçada (60°C) e, depois de processadas em moinho Willey com peneira de malha de 1 mm, foram compostas em igual base seca por cabra, em cada período, para que se procedessem às análises laboratoriais. A partir destes dados, foi calculada a massa ruminal dos nutrientes.

A taxa de passagem (k_p) foi estimada pelo quociente entre o fluxo omasal diário do indicador e a massa ruminal (Faichney, 1993):

$$k_p = \frac{\text{Fluxo diário do indicador (g.d}^{-1}\text{)}}{\text{Massa ruminal (g)}}$$

A concentração de amônia (N-NH₃) e a medida do pH no rúmen foram obtidas nos tempos 0, 2, 4, 8 e 16 horas após a alimentação da manhã. O pH foi determinado diretamente no rúmen do animal utilizando-se potenciômetro digital portátil (PH-1400; Instru Therm). O eletrodo (EPC-30) foi cuidadosamente lavado com água destilada antes da medição em cada animal e a aferição do equipamento foi realizada entre os tempos de coleta. Para a análise dos teores de amônia, amostras de fluido ruminal, coletadas nos mesmos horários da medição do pH, foram filtradas em quatro camadas de gaze e acidificadas com ácido sulfúrico 50%, na proporção de 0,4 mL de ácido:20 mL de fluido. As amostras foram congeladas e sua determinação foi realizada segundo a técnica proposta por Chaney & Marbach (1962).

No décimo dia do período de coleta, foram retirados 1.000 mL de líquido da digesta ruminal antes da alimentação e 1.000 mL seis horas após a alimentação, para isolamento de bactérias ruminais, conforme descrito por Cecava et al. (1990). A estimativa da produção de nitrogênio bacteriano foi feita de acordo com a técnica das bases purinas (Zinn & Owens, 1986) no *pellet* bacteriano e na digesta omasal.

A eficiência de síntese microbiana foi calculada a partir dos carboidratos e da matéria orgânica degradados no rúmen, estimados pela diferença entre o consumo de carboidratos ou matéria orgânica e o fluxo omasal destas frações.

O balanço dos compostos nitrogenados foram determinados em amostras *spot* de urina, obtidas por micção espontânea no 20º dia do período experimental, aproximadamente quatro horas após o fornecimento da alimentação da manhã. O volume urinário diário foi estimado utilizando-se a creatinina como indicador, por meio do quociente entre a quantidade de creatinina excretada diariamente e sua concentração na amostra *spot*.

$$\text{Volume urinário (L)} = \frac{26,05 \times \text{PV (kg)}}{\text{Concentração creatinina na amostra spot (mg.L}^{-1}\text{)}}$$

O valor de 26,05 utilizado na equação refere-se à quantidade diária de creatinina (mg.kg⁻¹), determinada em cabras por Fonseca (2004). A quantificação da creatinina da

amostra *spot* foi realizada por meio de análise colorimétrica com picrato e acidificante (Labtest[®]).

No cálculo do balanço de nitrogênio, consideraram-se as quantidades de nitrogênio (g.dia⁻¹) consumidas e excretadas nas fezes e na urina:

$$BN \text{ (g.d}^{-1}\text{)} = N_{\text{consumido}} - N_{\text{fezes}} - N_{\text{urina}}$$

A partir desses valores, procedeu-se ao cálculo para quantificação do nitrogênio retido (NRet), descontando-se do BN o valor estimado (AFRC, 1993) da exigência para nitrogênio endógeno basal (NEB), que considera o N endógeno tecidual e as perdas dérmicas de N como 0,35 e 0,018 do peso metabólico, respectivamente.

$$NEB \text{ (g.d}^{-1}\text{)} = (0,35 + 0,018) \times PV^{0,75}$$

Assim, o valor de NRet foi expresso como:

$$NRet \text{ (g.d}^{-1}\text{)} = (N_{\text{consumido}} - N_{\text{fezes}} - N_{\text{urina}}) - NEB$$

Os alimentos, as sobras, as fezes e as digestas ruminal e omasal foram analisados quanto aos teores de matéria seca (MS), nitrogênio total (NT), extrato etéreo (EE) e cinzas, utilizando-se as técnicas descritas por Silva & Queiroz (2002), e de fibra em detergente neutro (FDN) e fibra em detergente ácido (FDA), segundo Van Soest et al. (1991). Nos alimentos, procedeu-se também às análises de nitrogênio insolúvel em detergente neutro (NIDN) e nitrogênio insolúvel em detergente ácido (NIDA), de acordo com técnicas descritas por Licitra et al. (1996), e de lignina em ácido sulfúrico (LDA), conforme descrito por Pereira & Rossi Jr. (1995).

Os carboidratos totais (CHOT) e os não-fibrosos (CNF) foram obtidos a partir das equações propostas por Sniffen et al. (1992) e Van Soest et al. (1991), respectivamente:

$$CHOT = 100 - (\%PB + \%EE + \%Cinzas)$$

$$CNF = 100 - (\%PB + \%EE + \%Cinzas + \%FDN_{cp}),$$

Os valores de energia dos ingredientes das dietas foram estimados pelas equações propostas pelo NRC (2001), considerando-se a classe do alimento descrita como volumoso, concentrado, produtos de origem animal, ácido graxo ou triglicerídeo. No

cálculo do NDT, considerou-se o nível de alimentação (L) de 1 x (nível de manutenção), sendo estimado pela equação:

$$\text{NDT} = (\text{PB}_D + \text{CNF}_D + \text{FDN}_D + \text{AG}_D \times 2,25) - 7, \text{ em que:}$$

$$\text{PB}_D = \text{PB} \times \text{Exp}[-1,2 \times \text{PIDA}/\text{PB}] \text{ - Para volumosos;}$$

$$\text{PB}_D = [1 - (0,4 \times \text{PIDA}/\text{PB})] \times \text{PB} \text{ - Para concentrados;}$$

$$\text{CNF}_D = 0,98 \times \text{CNF};$$

$\text{FDN}_D = 0,75 \times (\text{FDN}_{\text{cp}} - \text{LDA}) \times [1 - (\text{LDA}/\text{FDN}_{\text{cp}})^{0,667}]$; 0,75 = constante de proporcionalidade

$$\text{AG}_D = \text{EE} - 1; \text{ e } 7, \text{ refere-se ao NDT metabólico fecal,}$$

em que: PB_D , refere-se à PB verdadeiramente digestível; CNF_D , aos carboidratos não-fibrosos verdadeiramente digestíveis; FDN_D , à FDN verdadeiramente digestível; AG_D , aos ácidos graxos verdadeiramente digestíveis; e LDA, à lignina em detergente ácido.

Para o cálculo do valor em NDT dos sais de cálcio de ácidos graxos de cadeia longa (Megalac[®]-E) e dos demais suplementos lipídicos, foram utilizadas equações específicas do NRC (2001), considerando-se a presença ou ausência de glicerol.

$$\text{NDT} = (\text{EE} \times 0,1) + [(\text{ácido graxo digestível}) \times (\text{EE} \times 0,9) \times 2,25]$$

$$\text{NDT} = (\text{EE} \times \text{DVAG}) \times 2,25$$

Os valores de NDT foram convertidos em energia digestível (ED) e energia metabolizável (EM) utilizando-se as equações sugeridas pelo NRC (2001):

$$\text{ED (Mcal/kg)} = 0,04409 \times \text{NDT} (\%)$$

$$\text{EM (Mcal/kg)} = 1,01 \times \text{ED (Mcal/kg)} - 0,45;$$

A conversão do NDT em energia líquida foi feita pela equação de Moe et al. (1972), que corresponde a energia líquida ao nível de manutenção:

$$\text{EL}_m (\text{Mcal/kg}) = 0,0266 \times \text{NDT} (\%) - 0,12$$

Para o cálculo da energia metabolizável fermentável (EMF), foi deduzido da EM o valor de 1,4 (MJ.kg⁻¹) ou 0,3346 (Mcal.kg⁻¹), de acordo com o AFRC (1993). A estimativa da EMF é necessária, pois os lipídios não são fontes de energia para os microrganismos. Portanto, para os suplementos lipídicos óleo e Ca-Agcl, o valor de EMF foi considerado zero. Para o cálculo da EMF do grão de soja, o NDT foi estimado considerando-se o grão com 0% de EE.

Para a quantificação do valor de energia das dietas, foram utilizados os valores da digestibilidade aparente obtidos no experimento, aplicando-se a equação:

$$\text{NDT (\%)} = \text{dCNF} + \text{dPB} + (\text{dEE} \times 2,25) + \text{dFDN}$$

em que “d” representa a digestibilidade aparente dos diferentes componentes. A conversão dos valores de NDT em energia digestível (ED), energia metabolizável (EM) e energia líquida (EL) foi realizada pelos mesmos procedimentos supracitados.

Os dados obtidos foram analisados por meio do programa computacional Statistical Analysis System (SAS, 1999), utilizando-se o procedimento GLM e o teste Student-Neuman-Keuls (SNK), a 5% de probabilidade, para comparação das médias.

Os dados referentes aos valores de pH e às concentrações de amônia no líquido ruminal foram analisados conforme a teoria de medidas repetidas no tempo, pelo procedimento MIXED do SAS (1999). Quando a ANOVA foi significativa para tempo, foram ajustadas equações de regressão utilizando-se o PROC REG (SAS, 1999).

Resultados e Discussão

Os dados referentes ao consumo voluntário de matéria seca, nutrientes e energia das dietas encontram-se na Tabela 4.

Tabela 4 – Consumo de matéria seca e de nutrientes por cabras leiteiras submetidas a dietas com diferentes formas de suplementação lipídica

Item	Dieta				Pr>F	CV ² (%)
	Controle	Óleo de soja	Ca-Agcl ¹	Grão de soja		
CMS (kg.d ⁻¹) ³	0,90	0,73	0,87	0,77	ns	27,61
CMS (%PV)	1,84	1,53	1,79	1,59	ns	23,40
CMS (g.(kgPV ^{0,75}) ⁻¹)	48,46	40,14	47,21	41,61	ns	24,46
CFDN (kg.d ⁻¹) ⁴	0,36	0,29	0,34	0,33	ns	28,79
CCNF (kg.d ⁻¹) ⁵	0,36	0,27	0,32	0,28	ns	25,13
CEE (g.d ⁻¹) ⁶	20,77 ^b	53,10 ^a	64,08 ^a	53,05 ^a	**	37,24
	Consumo de energia					
CNDT (kg.d ⁻¹) ⁷	0,68	0,59	0,65	0,59	ns	27,61
CEL (Mcal.d ⁻¹) ⁸	1,67	1,43	1,55	1,42	ns	28,93

Médias na linha seguidas de letras distintas diferem a 5% de probabilidade pelo teste SNK.

¹Sais de cálcio de ácidos graxos de cadeia longa; ²Coefficiente de variação; ³Consumo de matéria seca; ⁴Consumo de fibra em detergente neutro; ⁵Consumo de carboidratos não-fibrosos; ⁶Consumo de extrato etéreo; ⁷Consumo de nutrientes digestíveis totais; ⁸Consumo de energia líquida.

ns = não-significativo; **P<0,01.

Os suplementos lipídicos não afetaram os consumos de matéria seca, fibra, carboidratos não-fibrosos, nutrientes digestíveis totais e energia líquida, mas aumentaram o consumo de extrato etéreo (Tabela 4).

Os valores para consumo de matéria seca e nutrientes foram muito inferiores aos obtidos no experimento conduzido com cabras em lactação (Capítulo 2º desta tese), porém, o comportamento de ingestão foi semelhante. De acordo com Mertens (1987), o consumo de matéria seca está relacionado ao atendimento das exigências energéticas dos animais.

A suplementação lipídica proporcionou consumos de extrato etéreo superiores aos da dieta controle (Tabela 4), o que era esperado pois as dietas foram formuladas com contribuição do EE suplementar de 4,5%. No entanto, o comportamento dos animais alterou a concentração planejada e, considerando-se que a dieta controle contribuiu com 2% do EE consumido, as contribuições dos suplementos foram de 5,3; 5,4 e 4,9%, para as dietas com óleo de soja, Ca-Agcl e grão de soja, respectivamente. Verificou-se que, em termos percentuais, o consumo de EE pelos animais no tratamento com grão de soja foi menor, embora não tenha diferido daquele verificado nas dietas com óleo de soja e Ca-Agcl, como observado também em cabras em lactação.

O consumo de NDT (kg.d^{-1}) e de EL (Mcal.d^{-1}) não foram alterados pela suplementação. Entretanto, apesar de as diferenças não terem sido significativas, em virtude do alto coeficiente de variação, observaram-se menores magnitudes de consumo de energia líquida nas dietas com óleo e grão de soja como suplementos, semelhante aos resultados encontrados com cabras lactantes (Capítulo 2º desta tese).

Os animais utilizados neste experimento estavam em condições de manutenção, o que pode ter contribuído para as limitadas respostas nas variáveis estudadas, em razão das baixas exigências nutricionais, associadas às concentrações energéticas das dietas.

Os resultados obtidos para digestibilidade podem ser vistos na Tabela 5.

Tabela 5 – Coeficientes das digestibilidades total, ruminal e intestinal da matéria seca e de nutrientes em cabras leiteiras submetidas a dietas com diferentes formas de suplementação lipídica

Item	Dieta				Pr>F	CV ² (%)
	Controle	Óleo de soja	Ca-Agcl ¹	Grão de soja		
Digestibilidade total (%)						
MS ³	70,53	68,49	62,87	62,88	ns	10,31
MO ⁴	72,34	68,61	63,61	65,43	ns	10,32
PB ⁵	74,22	71,97	67,48	64,01	ns	10,47
FDN ⁶	55,49	50,02	48,87	52,66	ns	21,32
CHOT ⁷	71,98	68,14	63,11	63,79	ns	11,21
CNF ⁸	92,96	91,98	85,17	86,23	ns	8,02
EE ⁹	68,57 ^c	87,39 ^a	85,43 ^a	80,55 ^b	***	4,13
Digestibilidade ruminal (%) em relação ao total digerido						
MS ³	89,47	91,54	89,96	91,04	ns	3,56
MO ⁴	90,85	92,36	90,83	92,16	ns	3,18
PB ⁵	83,76	88,84	86,55	88,43	ns	5,20
FDN ⁶	93,14	93,64	92,85	94,06	ns	2,73
CHOT ⁷	93,13	94,17	93,15	93,43	ns	2,43
CNF ⁸	94,21	95,82	94,68	94,06	ns	2,67
EE ⁹	71,72 ^b	86,94 ^a	83,02 ^a	87,66 ^a	*	11,82
Digestibilidade intestinal (%) em relação ao total digerido						
MS ³	10,53	8,45	10,04	8,95	ns	33,95
MO ⁴	9,14	7,64	9,17	7,84	ns	34,51
PB ⁵	16,24	11,15	13,45	11,57	ns	34,49
FDN ⁶	6,86	6,36	7,14	5,94	ns	38,78
CHOT ⁷	6,87	5,83	6,85	6,56	ns	34,83
CNF ⁸	5,78	4,18	5,31	5,94	ns	47,58
EE ⁹	28,28 ^a	13,06 ^b	16,98 ^b	12,34 ^b	*	55,11

Médias na linha seguidas de letras distintas diferem a 5% de probabilidade pelo teste SNK.

¹Sais de cálcio de ácidos graxos de cadeia longa; ²Coeficiente de variação; ³Matéria seca; ⁴Matéria orgânica; ⁵Proteína bruta; ⁶Fibra em detergente neutro; ⁷Carboidratos totais; ⁸Carboidratos não-fibrosos; ⁹Extrato etéreo; ns = não-significativo; *P<0,05; *** P<0,001.

Da mesma forma que o consumo, apenas os coeficientes das digestibilidades total, ruminal e intestinal do extrato etéreo foram influenciados pelos suplementos (Tabela 5), observando-se menor valor para a dieta controle, exceto para a digestibilidade intestinal.

Um dos principais efeitos da inclusão de lipídios em dietas para ruminantes é a interferência na fermentação ruminal, que provoca reduções na digestibilidade dos nutrientes, especialmente da fibra. As dietas foram elaboradas para se manter a mesma razão EMF/PB e mesmo nível de fibra FDN, alterando apenas o teor de EE. Portanto, as condições de ambiente ruminal foram mantidas constantes, não se observando redução na digestibilidade ruminal da fibra, nem mesmo quando o suplemento utilizado foi o óleo de soja.

Os lipídios fornecidos eram constituídos de grande quantidade de ácidos graxos insaturados (Capítulo 3º desta tese), que contribuem para o aumento no coeficiente de absorção, em razão da formação de monoglicerídios no intestino, que atuam como agente emulsificante, facilitando a formação de micelas, o que justifica os maiores coeficientes de digestibilidade total do EE obtidos neste experimento. A menor digestibilidade total do EE para a dieta com grão de soja sugere a ocorrência de maior saturação dos ácidos graxos, que reduz os coeficientes de absorção e, conseqüentemente, a digestibilidade.

A digestibilidade ruminal do EE, em relação ao total digerido, foi superior nos tratamentos contendo lipídios suplementares (Tabela 5). Embora não tenham sido observadas variações significativas de digestibilidade ruminal entre os suplementos, algumas considerações são necessárias.

Normalmente, a digestibilidade ruminal do EE tende a ser negativa, em razão da síntese lipídica (*síntese de novo*) microbiana a partir dos produtos da fermentação dos carboidratos.

Waldo et al. (1972) propuseram que o desaparecimento dos nutrientes presentes no rúmen ocorre por digestão e passagem. Segundo Jenkins (1993), o desaparecimento de ácidos graxos no rúmen, tanto por absorção pelo epitélio como por catabolismo a AGVs ou CO₂, é mínimo, o que resulta em desaparecimento por passagem de praticamente todo o *pool* de gorduras presente.

As quantidades de matéria seca e extrato etéreo existentes no rúmen, obtidas pela técnica de evacuação ruminal, são apresentadas na Tabela 6.

Tabela 6 – Quantidades de matéria seca e lipídios presentes no rúmen de cabras submetidas a diferentes formas de suplementação lipídica

Item	Dieta				Pr>F	CV ² (%)
	Controle	Óleo de soja	Ca-Agcl ¹	Grão de soja		
MSR ³ (g)	437,29	394,27	437,90	498,53	ns	20,91
EER ⁴ (g)	15,27 ^b	15,86 ^b	32,59 ^a	31,13 ^a	**	42,02

Médias na linha seguidas de letras distintas diferem a 5% de probabilidade pelo teste SNK.

¹Sais de cálcio de ácidos graxos de cadeia longa; ²Coefficiente de variação; ³Matéria seca ruminal; ⁴Extrato etéreo ruminal.

ns = não-significativo; **P<0,01.

O óleo de soja promoveu menor concentração de EE no rúmen (4% da MS ruminal), em comparação aos Ca-Agcl (7,4%) e ao grão de soja (6,2%) (Tabela 6), o que sugere diferentes taxas de desaparecimento dos materiais, decorrentes das variações no tempo de permanência do EE no rúmen.

É possível que o óleo de soja tenha desaparecido do rúmen mais rapidamente via fase líquida e que, a natureza das outras fontes (Ca-Agcl e grão de soja) tenha contribuído para o maior tempo de permanência, refletindo na natureza do lipídio disponível no intestino para absorção.

As quantidades de extrato etéreo consumidas, presentes no rúmen e no omaso e excretadas nas fezes, são representadas na Figura 2. Em todos os tratamentos, o extrato etéreo consumido foi completamente recuperado no omaso, com taxas de recuperação de 174 e 115% nos animais submetidos às dietas controle e Ca-Agcl, respectivamente. De acordo com a análise estatística, a taxa de recuperação no omaso diferiu apenas no tratamento controle (P<0,01; CV=32%). Os tratamentos OS e GS apresentaram taxas de recuperação no omaso em torno de 102,63 e 96,19%, respectivamente.

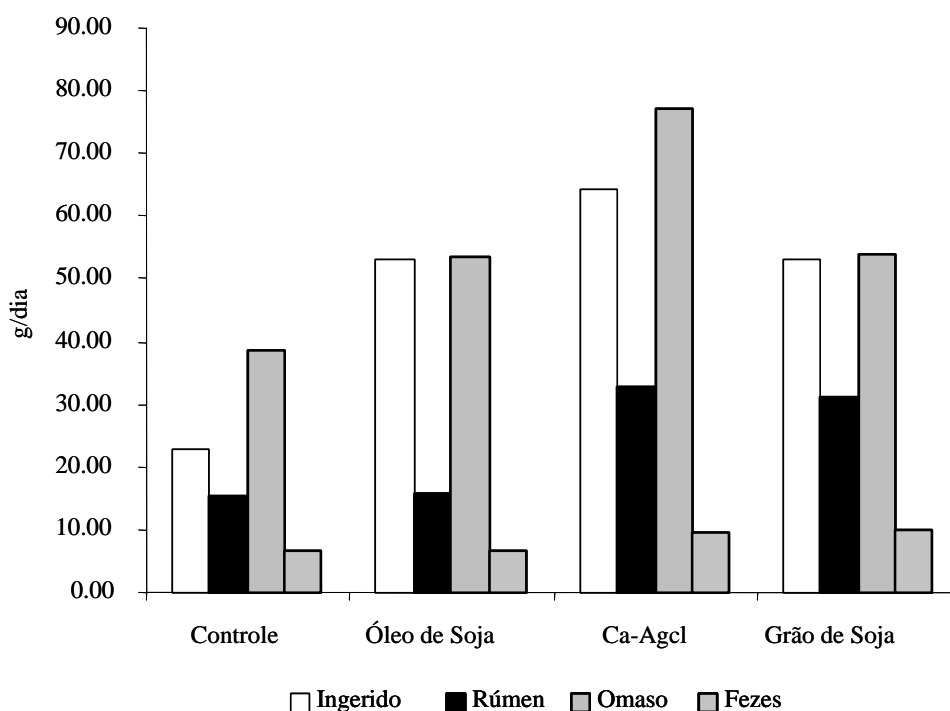


Figura 2 – Quantidades de extrato etéreo ($\text{g}\cdot\text{d}^{-1}$) ingeridas, presentes no rúmen e no omaso e excretadas por cabras leiteiras submetidas a diferentes formas de suplementação lipídica na dieta

De acordo com a Figura 2 e a Tabela 6, as quantidades de extrato etéreo no rúmen foram diferenciadas, com valores de 75,9; 29,8; 50,8 e 58,6%, em relação ao consumido, para as dietas controle, OS, Ca-Agcl e GS, respectivamente, reforçando a necessidade de se determinar as taxas de passagem de líquidos quando da adição de lipídios às dietas, para que o desaparecimento ruminal possa ser corretamente mensurado.

Consta na Tabela 7 o resumo da avaliação do padrão de fermentação ruminal.

Tabela 7 – Parâmetros ruminiais de cabras submetidas a dietas com diferentes formas de suplementação lipídica

Item	Dieta				Pr>F	CV ² (%)
	Controle	Óleo de soja	Ca-Agcl ¹	Grão de soja		
pH	6,32	6,37	6,28	6,38	ns	3,72
N-NH ₃ ($\text{mg}\cdot\text{dL}^{-1}$) ³	37,79 ^a	26,66 ^b	31,06 ^b	29,26 ^b	***	25,38
k _p (h^{-1}) ⁴	0,015 ^a	0,013 ^{ab}	0,014 ^a	0,011 ^b	**	14,40

Médias na linha seguidas de letras distintas diferem a 5% de probabilidade pelo teste SNK.

¹Sais de cálcio de ácidos graxos de cadeia longa; ²Coeficiente de variação; ³N-amoniaco; ⁴Taxa de passagem.

ns = não-significativo; **P<0,01; ***P<0,001.

A suplementação lipídica não influenciou o pH ruminal, mas reduziu a concentração de amônia ruminal e, quando o suplemento foi o grão de soja, diminuiu a taxa de passagem (Tabela 7).

Os valores de pH obtidos neste trabalho foram similares aos observados por Teh et al. (1994), ao trabalharem com a adição de gorduras inertes em dietas de cabras no início da lactação. A média (6,33), por sua vez, foi semelhante à encontrada por Branco (2005), de 6,27, com nível de 35% de participação da fibra em detergente neutro proveniente da forragem.

Os valores de N-NH₃ em todos os tratamentos foram superiores a 5 mg.dL⁻¹, mínimo recomendado para manutenção das funções normais do rúmen (Satter & Slyter, 1974).

Leng (1990) sugere, para regiões tropicais, níveis de concentração de amônia mais elevados, propondo valores de 10 e 20 mg.dL⁻¹ para maximização da digestão ruminal da matéria seca e do consumo, respectivamente. Mehrez et al. (1977), ao calcularem o desaparecimento da MS utilizando sacos de náilon, concluíram que são necessários 23,5 mg.dL⁻¹ para ocorrer máxima taxa de fermentação ruminal.

De acordo com Doreau & Ferlay (1995), a redução na concentração de amônia no rúmen é uma das principais características da defaunação ruminal. Essa redução tem sido observada por alguns autores em estudos envolvendo suplementação lipídica (Ikwuegbu & Sutton, 1982; Nguyen et al., 2003; Eifert et al., 2005), entretanto, os resultados que demonstram a influência dos lipídios na degradação protéica não são consistentes na literatura (Nagajara et al., 1997), encontrando-se, no entanto, relatos sobre a considerável redução no número de protozoários no ambiente ruminal de animais alimentados com dietas ricas em lipídios (Ueda et al., 2003).

Não foram observados efeitos da interação tratamento x tempo de coleta sobre o pH e a concentração de amônia ruminal, mas o fator tempo foi significativo tanto para pH (P<0,001) quanto para concentração de amônia ruminal (P<0,001). Constam na Figura 3 as médias e as equações de regressão ajustadas para o efeito dos tempos de coletas sobre o pH e a amônia ruminal.

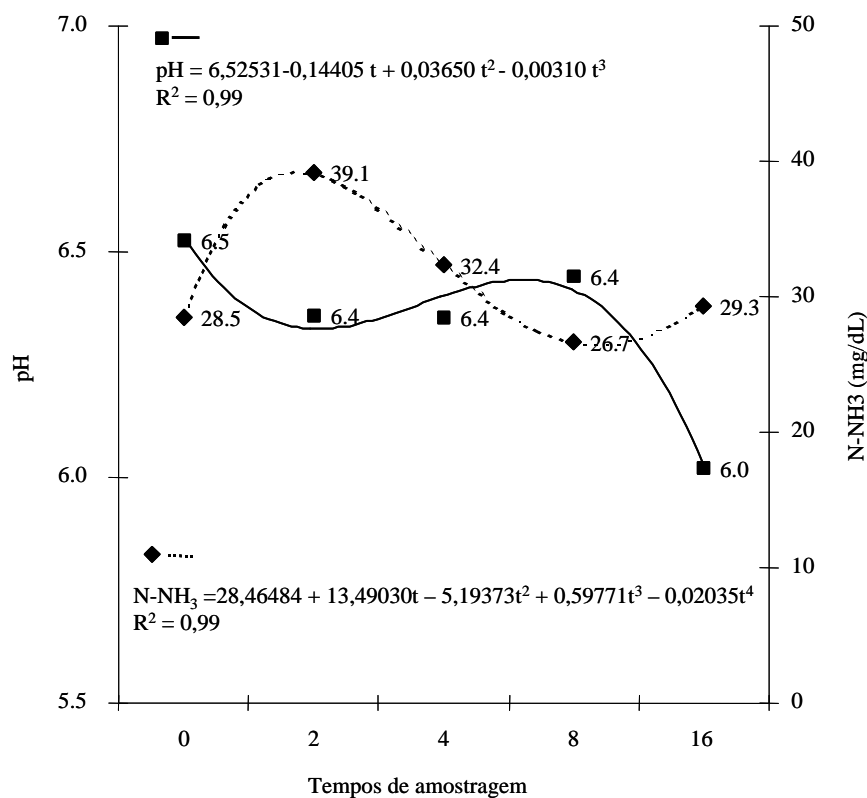


Figura 3 – Efeito do período de coleta sobre o pH e a amônia ruminal

Equações cúbicas e quádruplas foram ajustadas para pH e amônia, respectivamente, de acordo com o tempo de coleta (Figura 3).

Branco (2005) verificou valores mais baixos de pH, no período de 16 a 22 horas após a alimentação da manhã, em cabras que receberam diferentes níveis de FDNf (fibra em detergente neutro proveniente da forragem). A autora atribui esses resultados à menor taxa de ruminação, que acarretou menor tamponamento ruminal e, conseqüentemente, diminuição do pH.

Constatou-se declínio acentuado nos tempos de amostragem correspondentes a 8 e 16 horas após a alimentação da manhã (Figura 3), sugerindo que, se o padrão nictemeral tivesse sido acompanhado, provavelmente teriam sido verificados resultados semelhantes aos obtidos por Branco (2005).

A curva de pH apresentou padrão inverso ao da concentração de amônia, o que também foi verificado por Lana et al. (2005), em cabras que receberam óleo de soja e extrato de própolis na dieta. A curva obtida para a concentração de amônia ruminal revela maior concentração no rúmen duas horas após a alimentação, como também foi

verificado por Branco (2005), em cabras, e por Khorasani et al. (1992), em vacas recebendo óleo de canola na dieta.

Verificou-se que a suplementação com grão de soja promoveu redução da taxa de passagem de sólidos (Tabela 7).

O grão de soja integral contém em média 18% de fibra, presente, em grande parte, na casca. A taxa de degradação da fibra é lenta (em torno de $3,3\%.h^{-1}$), se comparada à de carboidratos de fácil degradação, encontrados em alimentos concentrados. O elevado conteúdo de hemicelulose e as características estruturais da parede celular de sementes oleaginosas, em que a epiderme apresenta células emparelhadas (Escalona et al., 1999; Grenet & Barry, 1987, citados por Rebollar & Blas, 2002), contribuem para esse aumento no tempo de permanência, reduzindo a digestibilidade e o valor energético da dieta. Portanto, sugere-se que características peculiares de sementes oleaginosas devam ser consideradas quando do fornecimento na forma integral.

Chalupa et al. (1986) relataram a existência de associação entre consumo de matéria seca, taxa de passagem e matéria seca presente no rúmen. Os autores verificaram que a suplementação com ácidos graxos de cadeia longa aumentou o conteúdo de matéria seca ruminal e atribuíram este resultado ao maior consumo de óleos, que, no entanto, não alterou a taxa de passagem.

De acordo com a análise dos dados deste experimento, a matéria seca ruminal (Tabela 6) correspondeu a 48, 54, 50 e 64% da matéria seca consumida (Tabela 1) nos tratamentos controle, óleo de soja, Ca-Agcl e grão de soja, respectivamente. Os menores valores referem-se aos tratamentos com mais rápida taxa de passagem de sólidos (Tabela 7) e o maior valor, ao tratamento com grão de soja, que apresentou maior tempo de retenção no rúmen (Tabela 7). Estes resultados diferem, porém, das observações reportadas por Chalupa et al. (1986).

Na Tabela 8 são apresentados os valores de produção e eficiência de produção de proteína microbiana.

Tabela 8 – Produção e eficiência de produção de proteína microbiana em cabras leiteiras submetidas a diferentes formas de suplementação de lipídios

Item	Dieta				Pr>F	CV ² (%)
	Controle	Óleo de soja	Ca-Agcl ¹	Grão de soja		
Produção de compostos nitrogenados microbianos						
N-Total Bact ³ (g.kg ⁻¹)	84,57 ^a	67,35 ^b	70,47 ^b	71,29 ^b	***	7,83
N-RNA ⁴ (g.kg ⁻¹)	14,14	12,42	13,05	12,68	ns	9,03
N-RNA/N-Total	0,167	0,185	0,184	0,179	ns	7,85
Fluxo de Nmic ⁵ (g.d ⁻¹)	8,13	5,76	5,74	6,07	ns	50,28
Eficiência de produção da proteína microbiana						
Pmic ⁶ (g.kgMODR ⁻¹)	92,16	90,82	94,35	82,97	ns	42,66
Pmic (g.kgCHOTDR ⁻¹)	115,80	114,86	119,38	113,54	ns	44,57
Pmic (g.kgNDT ⁻¹)	80,40	68,49	69,93	67,92	ns	44,45

Médias na linha seguidas de letras distintas diferem a 5% de probabilidade pelo teste SNK.

¹Sais de cálcio de ácidos graxos de cadeia longa; ²Coefficiente de variação; ³Nitrogênio total bacteriano; ⁴Nitrogênio no ácido ribonucléico; ⁵Fluxo de nitrogênio microbiano para o omaso; ⁶Proteína microbiana; MODR = Matéria orgânica degradada no rúmen; CHOTDR = carboidratos totais degradados no rúmen; NDT = Nutrientes digestíveis totais.

ns = não-significativo; ***P<0,001.

A adição de lipídios às dietas reduziu a concentração de N-Total bacteriano, embora as demais variáveis não tenham sido afetadas pelos suplementos (Tabela 8).

As reduções na concentração de N-Total bacteriano foram similares àquelas ocorridas na concentração de amônia ruminal (Tabela 7).

A proteína microbiana é composta de aminoácidos e ácidos nucleicos (Ørskov,1982). De acordo com Coelho da Silva & Leão (1979), aproximadamente 20% do nitrogênio total microbiano está na forma de ácidos nucleicos.

Os suplementos não afetaram a razão N-RNA/N-Total, que apresentou valor médio de 17,87%, corroborando os resultados encontrados por Clark et al. (1992) e Valadares Filho (1995), que, em trabalhos de revisão, relataram magnitudes de 13,7 e 17,6%, respectivamente. Valores médios de 24%, superiores aos encontrados neste experimento, foram reportados por Leão (2002) e Rennó (2003), ao avaliarem diferentes níveis de PB na dieta de novilhos. Chen & Gomes (1992) sugeriram razão média de 11,6% (N-RNA/N-Total x100) para se proceder à estimativa da produção de nitrogênio microbiano pela excreção urinária de derivados de purinas.

Verificou-se alto coeficiente de variação dos dados de fluxo de N microbiano, o que contribuiu para que diferenças entre tratamentos não fossem observadas. Entretanto, os tratamentos com suplementação apresentaram valores absolutos menores que a dieta controle.

Os lipídios podem influenciar diretamente a síntese de proteína microbiana, pela substituição de fontes de energia fermentável para os microrganismos, ou indiretamente,

por promover a defaunação, evitando o chamado “ciclo fútil” e, conseqüentemente, aumentando a produção de proteína de origem bacteriana (Dewhurst et al., 2000).

A eficiência microbiana é definida como a proporção do substrato energético fixado em células (Van Soest, 1994) e tem sido expressa em função do NDT (NRC, 1996), da matéria orgânica degradada no rúmen – MODR (ARC, 1984) e dos carboidratos totais degradados no rúmen – CTDR (CNCPS, Russel et al., 1992).

Os suplementos lipídicos não influenciaram a eficiência de produção de proteína microbiana em nenhuma das formas de expressão (Tabela 8), apresentando 90,1 e 71,7 gPmic.kg⁻¹, em função da matéria orgânica degradada no rúmen (MODR) e dos nutrientes digestíveis totais (NDT), respectivamente, que são inferiores aos níveis de 200 gPmic.kgMODR⁻¹ e 130 gPmic.kgNDT⁻¹ recomendados pelo ARC (1984) e NRC (1996), respectivamente.

Considerando-se as três diferentes formas de expressão da eficiência microbiana (Tabela 8), ressalta-se que as quantidades de lipídios presentes nas rações são utilizadas para o cálculo de NDT e MODR, o que não ocorre com o valor de CHOTDR. Conseqüentemente, a contribuição adicional dos ácidos graxos, por não representar fonte de energia disponível para crescimento dos microrganismos, pode levar a subestimativa da eficiência de produção de proteína microbiana. Portanto, expressar a eficiência utilizando-se os valores de carboidratos totais degradados no rúmen (CHOTDR) parece ser o procedimento mais coerente.

Na Tabela 9 são apresentados os valores para cálculo do balanço dos compostos nitrogenados.

Tabela 9 – Consumo, excreções, balanço e retenção de nitrogênio por cabras leiteiras submetidas a dietas com diferentes suplementos lipídicos

Item	Dieta				Pr>F	CV ² (%)
	Controle	Óleo de soja	Ca-Agcl ¹	Grão de soja		
N consumido (g.d ⁻¹)	26,65	20,64	24,42	21,11	ns	27,86
N fezes (g.d ⁻¹)	7,05	5,70	8,36	6,89	ns	38,19
N urina (g.d ⁻¹)	15,10	11,78	14,74	13,65	ns	39,38
Balanço N (g.d ⁻¹) ³	4,50	3,16	1,32	0,56	ns	172,99
NEB (g.d ⁻¹) ⁴	6,83	6,75	6,71	6,74	ns	4,82
N retido (g.d ⁻¹) ⁵	-2,33	-3,60	-5,39	-6,18	ns	-93,64

Médias na linha seguidas de letras distintas diferem a 5% de probabilidade pelo teste SNK.

¹Sais de cálcio de ácidos graxos de cadeia longa; ²Coefficiente de variação;

³Balanço de N = Nconsumido – (Nfezes + Nurina);

⁴NEB = Nitrogênio endógeno basal (AFRC, 1993);

⁵N retido = Balanço – NEB.

ns = não-significativo.

Os suplementos lipídicos não afetaram o consumo, as excreções urinárias e fecais, bem como o balanço e a retenção de N pelos animais (Tabela 9). Exceto para excreção urinária, comportamento semelhante foi verificado também em cabras lactantes, conforme descrito no Capítulo 2º desta tese.

As excreções urinárias representaram 57, 57, 60 e 65%, respectivamente, do nitrogênio consumido nos tratamentos controle, óleo, Ca-Agcl e grão de soja, respectivamente, e são superiores aos obtidos com cabras lactantes (Capítulo 2º desta tese), cujo valor médio foi de 44% de excreção urinária em relação ao consumo, revelando que dietas com 17% de proteína, fornecidas tanto para cabras lactantes como para cabras em manutenção, promovem grandes desperdícios de nitrogênio via excreção urinária. No entanto, apesar da alta excreção urinária, as exigências de nitrogênio foram supridas, pois os valores de N retido mantiveram-se próximos de zero.

Conclusões

A suplementação lipídica aumentou as digestibilidades total e ruminal do extrato etéreo.

A utilização do grão de soja como forma de suplementação de lipídios contribuiu para o aumento no tempo de retenção das partículas sólidas no trato gastrointestinal.

Os suplementos não afetaram o pH e a síntese e eficiência de proteína microbiana, mas reduziram a concentração de amônia no rúmen.

A suplementação de lipídios em dietas de cabras não implica alteração no balanço dos compostos nitrogenados.

Literatura Citada

- AGRICULTURAL AND FOOD RESEARCH COUNCIL. AFRC. **Energy and Protein Requirements of Ruminants**. Wallingford, UK: CAB international, 1993, 159p.
- AGRICULTURAL RESEARCH COUNCIL. ARC. Report of the protein group of the Agricultural Research Council Working party, on the nutrient requirement of ruminants. London: Commonwealth Agricultural Bureaux, 1984, 45p.
- BRANCO, R.H. **Avaliação da qualidade da fibra sobre a cinética ruminal, consumo e eficiência de utilização de nutrientes em cabras leiteiras**. Viçosa: Universidade Federal de Viçosa, 2005. 151p. Tese (Doutorado em Zootecnia) – Universidade Federal de Viçosa. 2005.
- BYERS, F.M.; SCHELLING, G.T. Los lípidos en la nutrición de los rumiantes. In: CHURCH, D.C. (Ed). **El rumiante: Fisiología digestiva y nutrición**. Zaragoza: Acribia, 1988, p.339-356.
- CECAVA, M.J.; MERCHEN, N.R.; GAY. L.C. et al. Composition of ruminal bacteria harvested from steers as influenced by dietary energy level, feeding frequency, and isolation techniques. **Journal of Dairy Science**, v.73, p.2480-2488, 1990.
- CENKVÀRI, É.; FEKETE, S.; FEBLE, H. et al. Investigation on the effects of Ca-soaps of oil linseed on rumen fermentation in sheep on milk composition of goats. **Journal of Animal Physiology and Animal Nutrition**, v.89, p.172-178, 2005.
- CHALUPA, W.; VECCHIARELLI, B.; ELSER, A.E. et al. Ruminal fermentation in vivo as influenced by long-chain fatty acids. **Journal of Dairy Science**, v.69, p.1293-1301, 1986.
- CHANEY, A.L.; MARBACH, E.P. Modified reagents for determination of urea and ammonia. **Clinical Chemistry**, v.8, p.130-132, 1962.
- CHEN, X.B.; GOMES, M.J. **Estimation of microbial protein supply to sheep and cattle based on urinary excretion of purine derivatives - an overview of technical details**. INTERNATIONAL FEED RESEARCH UNIT. Aberdeen, UK: Rowett Research Institute, 1992. 21p. (Occasional Publication)
- CHILLIARD, Y.; FERLAY, A.; ROUEL, J. et al. A review of nutritional and physiological factors affecting goat milk lipid synthesis and lipolysis. **Journal of Dairy Science**, v. 86, p.1751-1770, 2003.
- CLARK, J.H.; KLUSMEYER.; T.H., CAMERON, M.A. Microbial protein synthesis and flows of nitrogen fractions to the duodenum of dairy cows. **Journal of Dairy Science**, v.75, n.8, p.2304-2323, 1992.
- COCHRAN, R.C.; ADAMS, D.C.; WALLACE, J.D. et al. Predicting digestibility of different diets with internal markers: evaluation of four potential markers. **Journal of Animal Science**, v.63, p.1476-1483, 1986.
- COELHO DA SILVA, J.F.; LEÃO, M.I. **Fundamentos de Nutrição de Ruminantes**. Piracicaba: Livroceres, 1979, 380p.
- DEWHURST, R.J.; DAVIES, D.R.; MERRY, R.J. Microbial protein supply from the rumen. **Animal Feed Science and Technology**, v.85, p.1-21, 2000.
- DOREAU, M.; FERLAY, A. Effect of dietary lipids on the ruminal metabolism in the rumen: a review. **Livestock Production Science**, v.43, p.97-110, 1995.

- EIFERT, E.C.; LANA, R.P.; LEÃO, M.I. et al. Efeito da combinação de óleo de soja e monensina na dieta sobre o consumo de matéria seca e a digestão de vacas lactantes. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.34, n.1, p.297-308, 2005.
- FAICHNEY, G.F. Digesta flow. In: FORBES, J.M.; FRANCE, J. (Eds) **Quantitative aspects of ruminant digestion and metabolism**. London: CABI international, 1993, p.53-85.
- FONSECA, C.E.M. **Proteína bruta em dietas de cabras em lactação**. Viçosa: Universidade Federal de Viçosa, 2004. 108p. Tese (Doutorado em Zootecnia) – Universidade Federal de Viçosa. 2004.
- GONZALEZ, M.F.; BAS, M.F.; LUQUE, L.V. Effect of the supplementation of hydrogenated fat (GHP) and a calcium salt of fatty acids, derived from fish oil, on *in vitro* digestibility of cell wall and volatile fatty acids production. **Nutrition Abstract Reviews**, v.69, p.797, 1998.
- IKWUEGBU, O.A.; SUTTON, J.D. The effect of varying the amount of linseed oil supplementation on rumen metabolism in sheep. **British Journal of Nutrition**, v.48, p.365-375, 1982.
- JENKINS, T.C. Lipid metabolism in the rumen. **Journal of Dairy Science**, v.76, p.3851-3863, 1993.
- JENKINS, T.C.; PALMQUIST, D.L. Effect of added fat and calcium on *In vitro* formation of insoluble fatty acid soap and cell wall digestibility. **Journal of Animal Science**, v.55, p.957-963, 1982.
- KHORASANI, G.R.; BOER, G.; ROBINSON, P.H. et al. Effect of canola fat on ruminal and total tract digestion, plasma hormones, and metabolites in lactating dairy cows. **Journal of Dairy Science**, v.75, p.492-501, 1992.
- LANA, R.P.; CAMARDELLI, M.M.L.; QUEIROZ, A.C. et al. Óleo de soja e própolis na alimentação de cabras leiteiras. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.34, n.2, p.650-658, 2005.
- LEÃO, M. I. **Metodologias de coletas de digestas omasal e abomasal em novilhos submetidos a três níveis de ingestão: Consumo, digestibilidade e produção microbiana**. Belo Horizonte: Universidade Federal de Minas Gerais, 2002, 57p. Tese (Doutorado em Ciência Animal) – Universidade Federal de Minas Gerais. 2002.
- LENG, R.A. Factors affecting the utilization of “poor-quality” forages by ruminants particularly under tropical conditions. **Nutrition Research Reviews**, v.3, n.3, p.277-303, 1990.
- LICITRA, G.; HERNANDEZ, T.M.; VAN SOEST, P.J. Standardization of procedures for nitrogen fractionation of ruminants feeds. **Animal Feed Science and Technology**, v.57, p.347-358, 1996.
- McALLAN, A.B.; KNIGHT, R.; SUTTON, J.D. The effect of free and protected oils on the digestion of dietary carbohydrates between the mouth and duodenum of sheep. **British Journal of Nutrition**, v.49, p.433-440, 1983
- MEHREZ, A.Z.; ORSKOV, E.R.; McDONALD, I. Rate of rumen fermentation in relation to ammonia concentration. **British Journal of Nutrition**, v.38, p.437- 443, 1977.
- MERTENS, D.R. Predicting intake and digestibility using mathematical models of ruminal function. **Journal of Animal Science**, v.64, p.1548-1558, 1987.

- MOE, P.W.; FLATT, W.P.; TYRREL, H.F. Net energy value of feeds for lactation. **Journal Dairy Science**, v.55, p.945, 1972.
- NAGAJARA, T.G.; NEWBOLD, C.J.; VAN NEVEL, C.J. et al. Manipulation of ruminal fermentation. In: HOBSON & STEWART (Eds.). **The rumen microbial ecosystem**. 2. ed. Great Britain: Blackie Academic & Professional, 1997, p.523-632
- NATIONAL RESEARCH COUNCIL. NRC. Nutrient Requirements of Beef Cattle. 7 Washington: National Academic Press, 1996, 242p.
- NATIONAL RESEARCH COUNCIL. NRC. Nutrient Requirements of Dairy Cattle. 7 Washington: National Academic Press, 2001, 387p.
- NGUYEN, T.H.N.; NGUYEN, V.H.; NGUYEN, T.N. et al. Effect of drenching with cooking oil on performance of local yellow cattle fed rice straw and cassava foliage. **Livestock Research for Rural Development**, v.15, n.7, 2003. Disponível em: <http://www.cipav.org.co/lrrd/lrrd15/7/nhan157.htm>
- ØRSKOV, E.R. **Protein nutrition in ruminants**. London: Academic Press. 1982. 160p.
- PEREIRA, J.R.A.; ROSSI JR., P. **Manual prático de avaliação de alimentos**. Piracicaba: FEALQ, 1995. 25p.
- REBOLLAR, P.G.; BLAS, C. Digestión de la soja integral en rumiantes. Disponível em: http://www.ussoymeal.org/ruminant_s.pdf. Acessado em outubro de 2002.
- RENNÓ, L.N. **Consumo, digestibilidade total e parcial, produção microbiana, parâmetros ruminais e excreções de uréia e creatinina em novilhos alimentados com dietas contendo quatro níveis de uréia e dois níveis de proteína**. Viçosa: Universidade Federal de Viçosa, 2003. 152p. Tese (Doutorado em Zootecnia) – Universidade Federal de Viçosa. 2003.
- ROBINSON, P.H.; TAMMINGA, S.; VAN VUUREN, A.M. Influence of declining level of feed intake and varying the proportion of starch in the concentrate on rumen ingesta quantity, composition and kinetics of ingesta turnover in dairy cows. **Livestock Production Science**, v.17, p.37-62, 1987.
- RUSSELL, J.B.; O'CONNOR, J.D.; FOX, D.G. et al. A net carbohydrate and protein system for evaluating cattle diets: I. Ruminal fermentation. **Journal of Animal Science**, v.70, n.11, p.3551-3561, 1992.
- STATISTICAL ANALYSIS SYSTEM. SAS. User's Guide: Statistics. Version 8.0. NC: SAS INSTITUTE, 1999.
- SATTER, L.D.; SLYTER, L.L. Effect of ammonia concentration on rumen microbial protein production in vitro. **British Journal Nutrition**, v.32, n.2, p.199-208, 1974.
- SILVA, D.J.; QUEIROZ, A.C. **Análise de Alimentos**. Métodos químicos e biológicos. Viçosa: UFV, 2002, 235p.
- SNIFFEN, C.J.; O'CONNOR, J.D.; VAN SOEST, P.J. A net carbohydrate and protein system for evaluating cattle diets: II. Carbohydrate and protein availability. **Journal of Animal Science**, v.70, p.3562-3577. 1992.
- TEH, T.H.; TRUNG, L.T.; JIA, Z.H. et al. Varying amounts of rumen-inert fat for high producing goats in early lactation. **Journal of Dairy Science**, v.77, p.253-258, 1994.

- UEDA, K.; FERLAY, A.; CHABROT, J. et al. Effect of linseed oil supplementation on ruminal digestion in dairy cows fed diets with different forage:concentrate rations. **Jornal of Dairy Science**, v.86, p.3999-4007, 2003.
- VALADARES FILHO, S.C. Nutrição de bovinos de corte: Problemas e perspectivas. In: REUNIÃO ANUAL DA SOCIEDADE BRASILEIRA DE ZOOTECNIA, 32, 1995, Brasília. **Anais...** Brasília: Sociedade Brasileira de Zootecnia, 1995. p.156-161.
- VAN SOEST, P.J. **Nutritional ecology of the ruminant**. 2. ed. Ithaca: Comstock, 1994. 476p.
- VAN SOEST, P.J.; ROBERTSON, J.B.; LEWIS, B.A. Methods of dietary fiber, neutral detergent fiber, and nonstarch polysaccharides in relation to animal nutrition. **Journal of Animal Science**, v.74, p.3583-3597, 1991.
- WALDO, D.R.; SMITH, L.W.; COX, E.L. Model of cellulose disappearance from the rumen. **Journal of Dairy Science**, v.55, p.125-129, 1972.
- ZINN, R.A.; OWENS, F.N. A rapid procedure for purine measurement and its use for estimating net ruminal protein synthesis. **Canadian Journal of Animal Science**, v.66, p.157-166, 1986.

Efeito da suplementação de lipídios em dietas para cabras lactantes sobre o consumo e a eficiência de utilização dos nutrientes

RESUMO – O efeito de diferentes formas de suplementação lipídica sobre o consumo, a digestibilidade, o comportamento alimentar, o balanço de compostos nitrogenados e a produção de leite em cabras lactantes foi testado com a inclusão de óleo de soja (OS), sais de cálcio de ácidos graxos de cadeia longa (Ca-Agcl) e grão de soja (GS) na dieta. Foram utilizadas 24 cabras lactantes, alocadas em delineamento inteiramente casualizado, com quatro tratamentos (dietas) e seis repetições. Os tratamentos consistiram de uma dieta controle (C), isenta de lipídio suplementar, e de três dietas-teste, adicionadas de um dos suplementos testados, contribuindo com 4,5% de extrato etéreo (EE) suplementar (6,5% na dieta total). O consumo voluntário e a produção de leite foram monitorados diariamente no período de 51 a 138 dias de produção, permitindo-se que os dados fossem avaliados em duas fases: até 100 dias (fase 1) e após 100 dias de lactação (fase 2). Os consumos de matéria seca (MS), de fibra em detergente neutro (FDN) e de nutrientes digestíveis totais e energia líquida (NDT e EL) foram reduzidos com a suplementação com OS e GS. Os suplementos reduziram os coeficientes de digestibilidade da matéria orgânica (MO), da proteína bruta (PB) e dos carboidratos totais (CHOT). O tratamento OS reduziu a digestibilidade da FDN e o GS, a digestibilidade dos carboidratos não-fibrosos (CNF). Não houve influência dos suplementos sobre o comportamento ingestivo dos animais. O tratamento GS diminuiu as produções de leite e dos constituintes do leite (gordura e proteína). Os suplementos reduziram a produção de lactose, mas não influenciaram os teores dos constituintes do leite. Não foram observadas diferenças entre as eficiências de uso da energia metabolizável consumida para produção de leite (k_l) obtidas nos tratamentos com adição de lipídios em relação à dieta controle. No entanto, valores mais elevados de k_l foram obtidos com a suplementação com óleo de soja e Ca-Agcl. O balanço e a retenção de nitrogênio não foram afetados pela suplementação. O consumo de matéria seca e energia e a produção de leite foram superiores durante a fase 1 do experimento, no entanto, os valores de k_l não diferiram entre as fases.

Palavras-chave: caprinos, grão de soja, leite, óleo de soja, sais de cálcio de ácidos graxos de cadeia longa

Effect of lipid supplementation to dairy goat diets on intake and efficiency of nutrient utilization

ABSTRACT – The effect of different types of fat supplements on intake, digestibility, feeding behavior, nitrogen balance and milk yield of lactating goats was evaluated. Twenty-four goats in lactation were assigned in a completely randomized design with four treatments and six repetitions. Fat supplements tested were soybean oil (SO), salts of calcium of long-chain fatty acids (Ca-LCFA) and whole soybean grain (SG). A fourth treatment was used by including a control diet with no fat supplement added. Fat sources contributed with an addition of 4.5% of ether extract to diets. Voluntary intake and milk yield were measured between day 51 to 138 of lactation and data analyzed considering two phases of the lactation that is, day 51 to day 100 as phase 1 and the second phase considered by using the remaining period. Intake of dry matter (DMI), of neutral detergent fiber (NDFI), and of total digestible nutrients and net energy (TDNI, NEI) were reduced as soybean oil and whole soybean were used and compared to both control diet and Ca-LCFA. Inclusion of fat supplements reduced digestion coefficients of organic matter (OM), crude protein (CP) and total carbohydrates (TC). Soybean oil contributed to reduce NDF digestibility whereas whole soybean reduced the digestibility of Non fiber carbohydrate (NFC). No influence of fat sources was observed on feed behavior of animals. Milk, fat and protein produced decreased as whole soybean was used whereas lactose yield reduced by the addition of fat supplements. No variation was observed among treatments as milk components were compared. No differences were observed as comparing efficiency of utilization of metabolizable energy consumed for milk production (kl) obtained as comparing fat supplements with control diet. Besides, higher kl values were observed as comparing soybean oil to Ca-LCFA. Nitrogen balance and retention of nitrogen were not affected by oil supplements. NEI, DMI and milk yield were higher during phase 1, although no difference was observed as comparing values of kl between the two phases.

Key words: goats, whole soybean grain, milk, soybean oil, Ca salts of long chain fatty acids

Introdução

A produção de leite é um processo metabólico altamente dependente de energia. No início da lactação, ocorrem simultaneamente redução da capacidade de ingestão de matéria seca e elevação das exigências energéticas, em razão da maior produção. Assim, os animais, por meio da homeorresia (Bauman, 2000), mobilizam suas reservas corporais para atender esta condição fisiológica.

Os lipídios são considerados fontes energéticas com alta concentração de energia prontamente disponível, pois são constituídos de grande proporção de ácidos graxos, os quais possuem 2,25 vezes mais energia que os carboidratos. Suplementos lipídicos têm sido usados em dietas para animais lactantes com os objetivos de aumentar a produção de leite e reduzir a mobilização corpórea.

Os lipídios dietéticos são encontrados, principalmente, na forma esterificada como galactolipídios (em forragens) e triglicerídeos (em grãos oleaginosos). À exceção dos grãos, a maioria dos alimentos utilizados no arração de ruminantes contém baixas proporções de lipídios, com valores que variam de 1 a 4% da matéria seca (Van Soest, 1994). Palmquist & Jenkins (1980) sugeriram que a inclusão dos lipídios em dietas para ruminantes seja limitada em até 5% da matéria seca total, visto que os microrganismos não possuem mecanismos fisiológicos para digerir os lipídios tão eficientemente como o fazem para os carboidratos e as proteínas.

Essa ineficiência microbiana para utilização dos lipídios como fonte de crescimento desencadeia uma série de alterações no ambiente ruminal. Um dos principais efeitos deletérios da inclusão de elevadas concentrações de lipídios é a redução na digestão ruminal da fibra (Ikwuerkbu & Sutton, 1982; Wettstein et al., 2000). Desse modo, as quantidades e as proporções de ácidos graxos voláteis produzidos no rúmen podem ser negativamente alteradas, especialmente a relação acetato:propionato (Chalupa et al., 1986; Doreau et al., 1990), promovendo a diminuição das produções de leite e de gordura do leite. Essas respostas, no entanto, não devem ser generalizadas, pois estão intimamente relacionadas à forma de inclusão dos lipídios nas dietas, ao grau de insaturação e ao comprimento da cadeia.

A digestão ruminal dos lipídios inclui sucessivamente a hidrólise e a hidrogenação, que acontecem rapidamente, afetando a maior parte dos lipídios ingeridos. Ácidos graxos esterificados, sobretudo os triglicerídeos, são rapidamente hidrolisados para a forma livre pelos microrganismos lipolíticos no rúmen. Após a

hidrólise, os ácidos graxos insaturados são hidrogenados pelos microrganismos ruminais, de modo que o grau de hidrogenação depende da insaturação dos ácidos graxos e do nível e da frequência de alimentação. As estimativas para hidrogenação de ácidos graxos poliinsaturados variam de 60 a 90% (NRC, 2001). Contudo, em algumas circunstâncias relacionadas à forma de inclusão na dieta e à espécie animal, a hidrogenação pode ocorrer de forma incompleta.

Óleos vegetais, ricos em ácidos graxos insaturados, podem acarretar efeitos negativos e limitantes no ambiente ruminal, incluindo a diminuição da digestibilidade das frações fibrosas da dieta. Além disso, a intensa biohidrogenação dos ácidos graxos insaturados no ambiente ruminal promoveria maior proporção de ácidos graxos saturados no abomaso e no intestino e, estes, uma vez que são menos digestíveis, diminuiriam o aporte energético para o animal.

Para minimizar estes efeitos, tem-se sugerido o uso de gorduras inertes ao ambiente ruminal. Nos primeiros trabalhos com lipídios inertes, foi utilizada matriz protéica tratada com formaldeído. Posteriormente, o uso de gordura animal também foi proposto, como alternativa para aumentar a concentração energética das dietas, sem afetar a fermentação ruminal, apresentando, no entanto, maior grau de saturação, que implica menor absorção intestinal. Atualmente, o termo gordura inerte foi substituído por gordura protegida e, neste grupo, encontram-se os sais de cálcio de ácidos graxos, que têm sido mais amplamente estudados e utilizados em rebanhos leiteiros. Esses sais (ou sabões) são obtidos pela reação de íons de cálcio com ácidos graxos de cadeia longa (insaturados e saturados), cujo princípio baseia-se na passagem deste complexo pelo rúmen e na sua dissociação nas condições ácidas do abomaso, tornando-os disponíveis para digestão e absorção.

Nesse contexto, é necessária a busca por fontes lipídicas que possam ser facilmente manipuladas visando ao melhor aporte energético para o animal, sem comprometer o ambiente ruminal.

O Brasil é o segundo maior produtor mundial de soja (em torno de 50 milhões de toneladas de grãos) e, de acordo com Moreira (1999), a maioria dos cultivares de soja apresenta de 15 a 25% de lipídios. No aspecto da nutrição de ruminantes, a soja grão pode ser considerada suplemento lipídico parcialmente protegido da hidrogenação ruminal, visto que as gotículas de lipídios em sementes oleaginosas se encontram inseridas em uma matriz protéica, conferindo-lhes proteção natural.

Apesar dos possíveis efeitos deletérios dos lipídios no ambiente ruminal, sua adição na dieta pode contribuir para melhores respostas na produção de leite e para alteração dos teores dos constituintes lácteos. O efeito do suplemento lipídico na produção de leite pode ser influenciado por vários fatores, incluindo a dieta basal, o estágio de lactação, o balanço energético, a composição e a quantidade do suplemento lipídico (NRC, 2001).

Várias pesquisas têm sido desenvolvidas com lipídios (protegidos ou não) em dietas de vacas lactantes, mas, em caprinos, os estudos ainda são incipientes. Chilliard et al. (2003) sugeriram que o metabolismo mamário dessa espécie é diferenciado e, portanto, as respostas à suplementação lipídica podem ser distintas daquelas apresentadas por bovinos.

Desta forma, objetivou-se avaliar a adição de lipídios, em diferentes formas de proteção à hidrogenação ruminal, e verificar sua influência sobre o consumo, a digestibilidade dos nutrientes, o comportamento alimentar, o balanço dos compostos nitrogenados e as possíveis alterações na resposta animal, avaliadas pela produção de leite e de seus constituintes.

Material e Métodos

Este experimento foi conduzido no Setor de Caprinocultura do Departamento de Zootecnia da Universidade Federal de Viçosa, no período de 08 de maio a 24 de agosto de 2004.

Foram utilizadas 24 cabras lactantes com $56,6 \pm 5,7$ kg, 28 dias em produção e produção de leite de $2,6 \text{ kg}\cdot\text{dia}^{-1}$. Os animais foram confinados em baias individuais (3 m^2) com piso ripado, adaptadas para coleta total de fezes e urina.

O delineamento experimental utilizado foi o inteiramente casualizado, em um total de quatro tratamentos (dietas) e seis repetições. Os tratamentos consistiram de uma dieta controle (C), isenta de lipídio suplementar e de três dietas-teste, com diferentes suplementos lipídicos, selecionados de acordo com o grau de proteção à hidrogenação ruminal: óleo de soja (OS), não-protegido; sais de cálcio de ácidos graxos de cadeia longa (Ca-Agcl = Megalac[®]-E²), protegido; e grão de soja (GS), parcialmente protegido.

As dietas foram compostas de feno de capim-tifton 85 (*Cynodon spp.*) como volumoso e mistura concentrada, à base de fubá de milho (*Zea mays* L.) e farelo de soja

² Megalac[®]-E (Church & Dwight, Co.)

(*Glycine max* L.), complementada com mistura mineral e balanceada para atender às exigências nutricionais de cabras leiteiras em lactação.

Na dieta GS, o grão de soja consistiu na principal fonte protéica e substituiu totalmente o farelo de soja. Procedeu-se à pesagem diária, para ajuste da quantidade fornecida, conforme o consumo voluntário dos animais, em razão da dificuldade de incorporação do grão de soja na forma inteira aos demais ingredientes do concentrado. As demais dietas foram preparadas incluindo-se os suplementos óleo e Ca-Agcl à mistura concentrada.

A proporção dos ingredientes nas dietas e a composição dos alimentos e das dietas encontram-se nas Tabelas 1, 2 e 3, respectivamente. As dietas utilizadas foram formuladas de modo que a razão energia metabolizável fermentável/proteína bruta (EMF/PB) e o nível do extrato etéreo no suplemento fossem mantidos constantes.

Tabela 1 – Proporções, expressas na matéria seca, dos ingredientes nas dietas experimentais

Ingrediente	Dieta			
	Controle	Óleo de soja	Ca-Agcl ¹	Grão de soja
	-----% MS-----			
Feno de capim-tifton 85	40,84	40,84	40,84	40,84
Fubá de milho	37,15	34,05	33,69	35,04
Farelo de soja	20,31	18,95	18,80	-
Grão de soja	-	-	-	22,42
Óleo de soja	-	4,50	-	-
Megalac-E [®]	-	-	5,05	-
Calcário	0,37	0,37	0,37	0,37
Fosfato bicálcico	0,73	0,73	0,73	0,73
Mistura mineral ²	0,59	0,59	0,59	0,59

¹Sais de cálcio de ácidos graxos de cadeia longa.

²Mistura mineral: 0,32% de sulfato ferroso; 0,48% de sulfato de cobre; 0,71% de sulfato de manganês; 2,67% de sulfato de zinco; 0,02% de sulfato de cobalto; 0,0125% de iodato de potássio; 0,006% de selenito de sódio; 95,78% de cloreto de sódio.

Tabela 2 – Composição bromatológica dos ingredientes e suplementos

Item	Ingrediente					
	Feno capim-tifton 85	Fubá de milho	Farelo de soja	Grão de soja	Óleo de soja	Megalac®-E
	Composição					
MS (g.kg ⁻¹)	826,00	879,80	875,50	842,40	1000,00	950,00
MO (g.kg ⁻¹)	946,90	987,20	944,50	940,30	1000,00	
PB (g.kg ⁻¹)	123,20	84,00	480,20	392,20		
EE (g.kg ⁻¹)	10,40	34,00	25,90	209,10	999,00	895,00
CHOT (g.kg ⁻¹)	813,30	869,20	438,40	339,00		
CNF (g.kg ⁻¹)	97,30	715,50	300,40	179,90		
FDN (g.kg ⁻¹)	818,80	174,60	195,40	288,50		
FDNc (g.kg ⁻¹)	794,30	162,10	171,70	253,70		
FDNcp(g.kg ⁻¹)	716,00	153,70	138,00	159,10		
FDA (g.kg ⁻¹)	421,60	58,90	160,40	113,00		
FDAi (g.kg ⁻¹)	146,10	38,60	25,20	24,90		
NIDN (g.kg ⁻¹ NT)	635,40	99,60	70,00	241,30		
NIDA (g.kg ⁻¹ NT)	200,10	42,30	26,00	128,60		
LDA (g.kg ⁻¹)	57,90	2,30	3,20	22,90		
FDAi:LDA	2,50	16,78	7,87	1,09		
Cinzas (g.kg ⁻¹)	53,10	12,8	55,5	59,70		105,00
Ca (g.kg ⁻¹)	3,20	0,80	2,90	3,50		
P (g.kg ⁻¹)	2,30	7,10	2,10	5,60		
	Valor estimado de energia					
NDT (%)	51,95	81,20	77,27	90,67	158,82	150,18
EM (Mcal.kg ⁻¹)	1,92	3,10	3,45	3,95	7,70	7,24
EMF (Mcal.kg ⁻¹)	1,59	2,76	3,12	2,72	0,00	0,00
EL (Mcal.kg ⁻¹)	1,15	1,98	2,22	2,68	5,32	5,02

MS = matéria seca; MO = matéria orgânica; PB = proteína bruta; EE = extrato etéreo; CHOT = carboidratos totais; CNF = carboidratos não-fibrosos; FDN = fibra em detergente neutro; FDNc = FDN corrigida para cinzas; FDNcp = FDN corrigida para cinzas e proteína; FDA = fibra em detergente ácido; FDAi = FDA indigerível; NT = nitrogênio total; NIDN = nitrogênio insolúvel em detergente neutro; NIDA = nitrogênio insolúvel em detergente ácido; LDA = lignina em detergente ácido; Ca = cálcio; P = fósforo; NDT = nutrientes digestíveis totais; EM = energia metabolizável; EMF = energia metabolizável fermentável; EL = energia líquida.

Tabela 3 – Composição bromatológica das dietas experimentais

Item	Dieta			
	Controle	Óleo de soja	Ca-Agcl ¹	Grão de soja
	Composição			
MS (g.kg ⁻¹)	858,70	864,60	862,30	851,20
MO (g.kg ⁻¹)	945,30	946,50	941,40	943,50
PB (g.kg ⁻¹)	179,00	169,90	168,90	167,70
EE (g.kg ⁻¹)	22,10	65,70	65,10	63,00
EE supl. (g.kg ⁻¹)	0,00	44,60	44,60	46,90
CHOT (g.kg ⁻¹)	744,10	711,20	707,40	712,80
CNF (g.kg ⁻¹)	36,65	34,03	33,72	33,08
FDN (g.kg ⁻¹)	436,10	428,00	427,10	457,40
FDNf (g.kg ⁻¹)	331,50	331,50	331,50	331,50
FDA (g.kg ⁻¹)	226,60	226,60	222,20	218,20
FDAi (g.kg ⁻¹)	79,10	77,60	77,40	78,80
NIDN (g.kg ⁻¹ NT)	310,70	306,70	306,20	348,50
NIDA (g.kg ⁻¹ NT)	102,70	101,10	100,90	125,40
LDA (g.kg ⁻¹)	25,10	25,0	25,0	29,60
FDAi:LDA	3,15	3,10	3,10	2,66
Cinzas (g.kg ⁻¹)	54,70	53,50	58,60	56,50
Ca (g.kg ⁻¹)	5,50	5,50	5,50	5,70
P (g.kg ⁻¹)	4,70	4,50	4,40	5,40
	Valor estimado de energia			
NDT (g.kg ⁻¹)	670,80	706,60	705,80	700,00
EMF (Mcal.kg ⁻¹)	2,31	2,18	2,17	2,23
EL (Mcal.kg ⁻¹) ³	1,66	1,80	1,80	1,76
EMF:PB	0,13	0,13	0,13	0,13

¹Sais de cálcio de ácidos graxos de cadeia longa.

MS = matéria seca; MO = matéria orgânica; PB = proteína bruta; EE = extrato etéreo; EE supl. = extrato etéreo suplementar; CHOT = carboidratos totais; CNF = carboidratos não-fibrosos; FDN = fibra em detergente neutro; FDNf = FDN proveniente da forragem; FDA = fibra em detergente ácido; FDAi = FDA indigerível; NIDN = nitrogênio insolúvel em detergente neutro; NIDA = nitrogênio insolúvel em detergente ácido; NT = nitrogênio total; LDA = lignina em detergente ácido; Ca = cálcio; P = fósforo; NDT = nutrientes digestíveis totais; EMF = energia metabolizável fermentável; EL = energia líquida.

O período experimental compreendeu uma fase pré-experimental (23 dias) e uma fase de coleta de dados (86 dias). Na fase pré-experimental, todos os animais foram alimentados com a dieta controle, com o objetivo de adaptá-los à dieta, às instalações e ao manejo.

Para a avaliação do consumo e da produção de leite, procedeu-se à coleta de dados por 86 dias, divididos em duas fases de 43 dias (de 51 a 94 e de 95 a 138 dias em lactação).

As dietas e a água foram fornecidas *ad libitum*, permitindo-se 10% de sobras, por meio do cálculo da diferença entre a quantidade oferecida e as sobras. Entretanto, para alguns animais alocados no tratamento com grão de soja, que, por seleção, tenderam a

rejeitá-lo, o ajuste foi mais rigoroso, permitindo-se apenas 5% de sobras em relação ao total oferecido. Elaboraram-se amostras compostas de sobras por animal referentes a 28 dias experimentais, que foram congeladas para posteriores análises. As dietas foram fornecidas duas vezes ao dia, às 8h30 e 16h30.

Os dados de consumo de matéria seca foram comparados aos valores estimados pelo AFRC (1993), utilizando-se as médias de pesos e de produções de leite obtidas no experimento, por tratamento, de acordo com a seguinte equação:

$$\text{CMS (kg.d}^{-1}\text{)} = 0,062 \times \text{PV}^{0,75} + 0,305 \times \text{Produção de leite}$$

Os animais foram pesados no início e final do período experimental e a intervalos de 21 dias. As cabras foram ordenhadas manualmente às 6 e 15h, efetuando-se o controle leiteiro individual no momento da ordenha, mediante a pesagem do leite.

Quinzenalmente, o leite era amostrado proporcionalmente às coletas da tarde e da manhã do dia seguinte, acondicionado em tubos próprios contendo conservante Bronopol[®] (2-bromo-2-nitropropano-1,3-diol) e encaminhado ao Laboratório de Qualidade do Leite da Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária (EMBRAPA Gado de Leite), para determinação dos teores de proteína bruta, lactose e gordura em equipamento Bentley Combi 2003³.

Para estimativa dos coeficientes de digestibilidade aparente da matéria seca e dos nutrientes e determinação do balanço de nitrogênio, utilizou-se o método de coleta total de fezes e urina durante cinco dias consecutivos em cada unidade experimental. Nesse período, amostras das sobras foram obtidas diariamente, constituindo uma composta ao final do quinto dia. Os animais foram pesados no primeiro e no último dia da semana da coleta. A urina foi coletada em recipientes plásticos contendo 20 mL de solução de H₂SO₄ 40% (v/v). Fezes e urina, depois de coletadas e pesadas, foram amostradas em alíquotas de 10% e congeladas para posteriores análises laboratoriais.

No cálculo do balanço de nitrogênio, consideraram-se as quantidades de nitrogênio (g.dia⁻¹) consumidas e excretadas nas fezes, na urina e no leite, conforme expresso a seguir:

³Bentley Instruments Inc.

$$BN \text{ (g.d}^{-1}\text{)} = N_{\text{consumido}} - N_{\text{fezes}} - N_{\text{urina}} - N_{\text{leite}}$$

O conteúdo de nitrogênio do leite foi obtido dividindo-se o valor de PB do leite, obtido durante a semana em que se fez o estudo da digestibilidade, pelo fator de conversão 6,38 (McDonald, 1993).

A partir destes valores, procedeu-se ao cálculo para quantificação do nitrogênio retido (NRet), descontando-se do BN o valor estimado da exigência para nitrogênio endógeno basal (NEB), de acordo com o AFRC (1993), que considera o N endógeno tecidual e as perdas dérmicas de N como 0,35 e 0,018 do peso metabólico, respectivamente.

$$NEB \text{ (g.d}^{-1}\text{)} = (0,35 + 0,018) \times PV^{0,75}$$

Assim, o valor de NRet foi expresso como:

$$NRet \text{ (g.d}^{-1}\text{)} = (N_{\text{consumido}} - N_{\text{fezes}} - N_{\text{urina}} - N_{\text{leite}}) - NEB$$

O comportamento ingestivo foi determinado mediante observação individual, durante 24 horas ininterruptas, com registros instantâneos a cada 10 minutos do comportamento observado, considerado como alimentando, ruminando ou em ócio.

Os alimentos, as sobras e as fezes foram analisados quanto aos teores de matéria seca (MS), nitrogênio total (NT), extrato etéreo (EE) e cinzas, utilizando-se as técnicas descritas por Silva & Queiroz (2002), e de fibra em detergente neutro (FDN) e fibra em detergente ácido (FDA), segundo Van Soest et al. (1991). Nos alimentos, procedeu-se também às análises de nitrogênio insolúvel em detergente neutro (NIDN) e nitrogênio insolúvel em detergente ácido (NIDA), de acordo com técnicas descritas por Licitra et al. (1996), e de lignina em ácido sulfúrico (LDA), conforme descrito por Pereira & Rossi Jr. (1995). Nas amostras de urina, foram determinados os percentuais de NT.

Os carboidratos totais (CHOT) e os não-fibrosos (CNF) foram obtidos a partir das equações propostas por Sniffen et al. (1992) e Van Soest et al. (1991), respectivamente:

$$CHOT = 100 - (\%PB + \%EE + \%Cinzas)$$

$$CNF = 100 - (\%PB + \%EE + \%CINZAS + \%FDN_{cp})$$

Os valores de energia dos ingredientes das dietas foram estimados pelas equações propostas pelo NRC (2001), considerando-se a classe do alimento como volumoso, concentrado, produtos de origem animal, ácido graxo ou triglicerídeo e o nível de alimentação (L), sendo estimado pela equação:

$$\text{NDT} = (\text{PB}_D + \text{CNF}_D + \text{FDN}_D + \text{AG}_D \times 2,25) - 7, \text{ em que:}$$

$$\text{PB}_D = \text{PB} \times \text{Exp}[-1,2 \times \text{PIDA}/\text{PB}] \text{ - Para volumosos;}$$

$$\text{PB}_D = [1 - (0,4 \times \text{PIDA}/\text{PB})] \times \text{PB} \text{ - Para concentrados;}$$

$$\text{CNF}_D = 0,98 \times \text{CNF};$$

$\text{FDN}_D = 0,75 \times (\text{FDN}_{\text{cp}} - \text{LDA}) \times [1 - (\text{LDA}/\text{FDN}_{\text{cp}})^{0,667}]$; 0,75 = constante de proporcionalidade

$$\text{AG}_D = \text{EE} - 1; \text{ e } 7, \text{ refere-se à fração metabólica presente nas fezes,}$$

em que: PB_D , refere-se à PB verdadeiramente digestível; CNF_D , aos carboidratos não-fibrosos verdadeiramente digestíveis; FDN_D , à FDN verdadeiramente digestível; AG_D , aos ácidos graxos verdadeiramente digestíveis; e LDA, à lignina em detergente ácido.

Para o cálculo do valor em NDT dos sais de cálcio de ácidos graxos de cadeia longa (Megalac[®]-E) e dos demais suplementos lipídicos, foram utilizadas equações específicas do NRC (2001), considerando-se a presença ou ausência de glicerol.

$$\text{NDT} = (\text{EE} \times 0,1) + [(\text{ácido graxo digestível}) \times (\text{EE} \times 0,9) \times 2,25]$$

$$\text{NDT} = (\text{EE} \times \text{DVAG}) \times 2,25$$

O nível de alimentação (L) de 2,10, considerado no cálculo do NDT, foi estimado durante o período pré-experimental, conforme a fórmula a seguir:

$$L = \frac{\text{Exigência total de energia líquida}}{\text{Energia líquida de manutenção}}$$

em que: Energia líquida total = exigência de energia líquida de manutenção + energia bruta do leite

A exigência de energia líquida para manutenção foi calculada pelas equações de predição para caprinos, de acordo com o AFRC (1993), considerando-se um acréscimo de 10%, para gasto energético com atividades físicas em ambiente de confinamento.

$$EM_{\text{jejum}}(\text{MJ.d}^{-1}) = 0,315 \times PV^{0,75}$$

A exigência de energia líquida para produção de leite foi calculada a partir da estimativa do valor energético do leite (VEL) e da produção de leite do período pré-experimental, de acordo com o AFRC (1993):

$$VEL(\text{MJ/kg}) = (0,0384 \times G) + (0,0233 \times PB) + (0,0199 \times L) - 0,108, \text{ em que:}$$

G, PB e L = percentual de gordura, proteína e lactose do leite, respectivamente.

Os valores de NDT foram convertidos em energia digestível (ED) e energia metabolizável (EM) utilizando-se as equações sugeridas pelo NRC (2001):

$$ED(\text{Mcal/kg}) = 0,04409 \times \text{NDT}(\%)$$

$$EM(\text{Mcal/kg}) = 1,01 \times ED(\text{Mcal/kg}) - 0,45;$$

Para a conversão do NDT em energia líquida, adotou-se a equação de Moe et al. (1972), que corresponde a energia líquida ao nível de manutenção:

$$EL_m(\text{Mcal/kg}) = 0,0266 \times \text{NDT}(\%) - 0,12$$

O resultado foi reduzido em 4,4% para o nível de alimentação, calculado (2,1 x) como proposto por Moe & Tyrrell (1977), que sugerem redução de 4% na digestibilidade por múltiplo do nível de manutenção.

Para o cálculo da energia metabolizável fermentável (EMF), foram deduzidos da EM o valor de 1,4 (MJ.kg⁻¹) ou 0,3346 (Mcal.kg⁻¹), como descrito pelo AFRC (1993).

O cálculo da estimativa da EMF é necessário, pois os lipídios não são fontes de energia para os microrganismos. Assim, para os suplementos lipídicos óleo e Megalac-E[®], o valor de EMF foi considerado zero, enquanto para o grão de soja, o valor de NDT foi calculado como se o grão tivesse 0% de EE.

Para a quantificação do valor de energia das dietas, foram utilizados os valores da digestibilidade aparente obtidos no experimento, aplicando-se a equação:

$$\text{NDT (\%)} = \text{dCNF} + \text{dPB} + (\text{dEE} \times 2,25) + \text{dFDN}$$

em que “d” representa a digestibilidade aparente dos diferentes componentes. A conversão dos valores de NDT em energia digestível (ED), energia metabolizável (EM) e energia líquida (EL) foi realizada pelos mesmos procedimentos supracitados.

A estimativa da eficiência líquida de utilização da energia metabolizável para a produção de leite (k_l) foi feita calculando-se a razão entre o valor de energia do leite produzido e o consumo de energia metabolizável total subtraído do consumo de energia para a manutenção:

$$k_l = \left(\frac{\text{VEL}}{\text{CEM}_p - m} \right)$$

em que: VEL é a energia do leite e CEM_{p-m} , o consumo total de EM (CEM_p) menos o consumo de energia metabolizável necessário para manutenção (CEM_m).

A estimativa da eficiência bruta de utilização da energia metabolizável para a produção de leite (k_{m+p}) foi feita calculando-se a razão entre a exigência líquida para a produção de leite e o consumo de energia metabolizável total (CEM_p), segundo Luo et al. (2004).

$$k_{m+p} = \left(\frac{\text{CEM}_m + \text{VEL}}{\text{CEM}_p} \right)$$

Os dados obtidos foram analisados pelo procedimento GLM do programa computacional Statistical Analysis System (SAS, 1999), aplicando-se o teste Student-Newman-Keuls (SNK) a de 5% de probabilidade, para comparação das médias.

Resultados e Discussão

Os dados referentes ao consumo voluntário de matéria seca e nutrientes encontram-se na Tabela 4.

Tabela 4 – Efeito da suplementação lipídica sobre o consumo de matéria seca e de nutrientes por cabras em lactação

Item	Dieta				Pr>F	CV ² (%)
	Controle	Óleo de soja	Ca-Agcl ¹	Grão de soja		
CMS (kg.d ⁻¹) ³	1,81 ^a	1,54 ^b	1,80 ^a	1,48 ^b	**	13,90
CMS (%PV)	3,41 ^a	2,57 ^b	3,26 ^a	2,56 ^b	***	17,39
CMS (g.(kgPC ^{0,75}) ⁻¹)	92,01 ^a	71,43 ^b	88,58 ^a	70,65 ^b	***	15,88
CFDN (g.d ⁻¹) ⁴	708,66 ^a	587,04 ^b	701,57 ^a	649,78 ^{ab}	*	14,85
CFDN (%PV)	1,37 ^a	0,98 ^b	1,27 ^a	1,13 ^{ab}	**	18,12
CFDN (g.(kgPV ^{0,75}) ⁻¹)	36,06 ^a	27,26 ^b	34,58 ^a	31,02 ^{ab}	**	16,71
CCNF (g.d ⁻¹) ⁵	739,61 ^a	586,10 ^{cb}	661,08 ^{ab}	509,56 ^c	***	14,32
CEE (g.d ⁻¹) ⁶	41,69 ^c	110,85 ^b	129,30 ^a	103,81 ^b	***	12,62

Médias na linha seguidas de letras distintas diferem a 5% de probabilidade pelo teste SNK.

¹Sais de cálcio de ácidos graxos de cadeia longa; ²Coefficiente de variação; ³Consumo de matéria seca; ⁴Consumo de fibra em detergente neutro; ⁵Consumo de carboidratos não-fibrosos; ⁶Consumo de extrato etéreo; PV = peso vivo
*P<0,05; **P<0,01; ***P<0,001.

Os suplementos lipídicos afetaram significativamente o consumo de todos os nutrientes estudados. Os tratamentos OS e GS resultaram em reduções de 14,9 e 18,2%, respectivamente, no consumo de MS dos animais (kg.d⁻¹), enquanto o tratamento Ca-Agcl não promoveu variação no consumo de matéria seca, o que pode ser atribuído à palatabilidade dessas rações, visto que, durante o experimento, verificou-se rejeição ao grão de soja por alguns animais.

Outra possível explicação para a redução do consumo no tratamento com óleo de soja está relacionada à teoria de regulação do consumo, proposta por Nicholson & Omer (1983), que sugeriram que aumento da secreção de colecistoquinina (CCK), decorrente da presença de ácidos graxos insaturados (AGI) na digesta, pode inibir a motilidade do rúmen e retículo, reduzindo o consumo de alimentos.

A adição de sais de cálcio não afetou o consumo de MS em relação ao tratamento controle. Os dados da literatura não são conclusivos quanto aos efeitos do fornecimento de Ca-Agcl no consumo de nutrientes. Allen (2000) desenvolveu equações envolvendo 24 estudos sobre o fornecimento de Ca-Agcl e sugeriu que a adição de 1% de Ca-Agcl reduz em 2,5% o consumo de matéria seca. Outros autores (Schneider et al., 1988;

Palmquist, 1991; Perez Alba et al., 1997) não encontraram efeito da suplementação com Ca-Agcl no consumo de matéria seca de vacas e ovinos.

Reddy et al. (2003) não observaram efeito da inclusão de gordura inerte (Megalac[®]) sobre o consumo de MS por ovinos, mas mencionaram a ocorrência de redução numérica nos valores quando houve a incorporação do Megalac[®] em 15% da matéria seca da dieta.

Embora a proporção em ácidos graxos insaturados na formulação do Ca-Agcl comercial usado neste experimento (Megalac[®]-E) seja mais elevada que nas formulações mais antigas, a participação em ácidos graxos saturados nesse suplemento é relativamente elevada, se comparada à do óleo de soja (Capítulo 3º desta tese). Portanto, provavelmente o mecanismo de regulação fisiológica seja o mais racional para justificar os mais altos consumos da dieta com Ca-Agcl em comparação aos outros suplementos.

As estimativas de consumo de MS apresentadas pelo AFRC (1993), que utiliza o peso e a produção de leite como variáveis, têm sido referenciadas como bom indicador desse comportamento animal. Com a utilização dessa fórmula para estimativa do consumo nos tratamentos controle, OS, Ca-Agcl e GS, respectivamente, obtêm-se valores de 1,90; 1,88; 1,84 e 1,76 kg.d⁻¹. Os valores de consumo observados neste experimento (Tabela 4), no entanto, representaram 95, 82, 98 e 84% do consumo estimado. Desse modo, verifica-se que as dietas controle e com Ca-Agcl foram eficientes em manter o consumo quando comparados seus valores aos estimados pelo AFRC (1993).

Os tratamentos contendo óleo e grãos de soja apresentaram valores de consumo de fibra semelhantes, no entanto, apenas a dieta contendo óleo de soja diferiu da dieta controle, apresentando redução de 17%, o que reforça a suposição de que a palatabilidade da ração tenha sido fator determinante neste comportamento.

No caso de suplementação com grão de soja, deve-se salientar que sua maior concentração de fibra contribuiu para a ausência de diferenças em relação à dieta controle. A adição de Ca-Agcl não afetou o consumo de fibra pelos animais.

A concentração de FDN das rações (38 a 44%), em relação à das dietas estabelecidas (42-46%), está dentro de uma variação biológica de 5 a 10%, que indica uma precisão adequada para experimentos desta natureza.

As dietas foram calculadas de modo que a fibra não fosse fator limitante ao consumo. É possível que a redução no consumo de fibra com a adição do óleo de soja seja reflexo do consumo de matéria seca. Os consumos médios de fibra nas rações

contendo óleo e grão (1,05% do peso do animal) foram inferiores aos encontrados por Carvalho (2002) e Branco (2005), que não verificaram efeitos de repleção ruminal com consumos médios de fibra de 1,53 e 1,24% do peso do animal, respectivamente.

Os suplementos lipídicos reduziram o consumo de CNF (g.d^{-1}), o que era esperado visto que este componente dietético foi substituído pelo extrato etéreo suplementar. No entanto, os valores da concentração dos carboidratos não-fibrosos entre os tratamentos (34 a 40%) mantiveram-se próximos da faixa recomendada por Hall (1999), que sugere níveis máximos de 35 e 45% de CNF nas dietas para se evitar distúrbios metabólicos como a acidose ruminal.

O consumo de EE (g.d^{-1}) foi maior nas rações contendo Ca-Agcl. Valores inferiores foram observados nos tratamentos contendo óleo e grãos de soja, que, por sua vez, foram superiores ao verificado na dieta controle, que não recebeu qualquer suplementação de lipídios.

De modo geral, a redução no consumo caracterizou a resposta dos animais aos alimentos disponíveis, sugerindo que a presença do óleo e do grão de soja na dieta reduz o consumo por cabras em lactação.

Este efeito hipofágico, decorrente da adição de óleo nas formas livre ou em grão, pode estar associado a alguns fatores envolvidos na regulação do consumo por ruminantes. De acordo com Allen (2000), os mecanismos pelos quais a suplementação lipídica reduz o consumo, embora não estejam bem elucidados, envolvem efeitos na fermentação ruminal, na motilidade intestinal, na palatabilidade das dietas, na liberação de hormônios intestinais e na oxidação da gordura no fígado.

Outras considerações podem ser sugeridas com base nos valores da Tabela 4. Tendo-se em vista os menores consumos de MS e EE nas rações com óleo e grão de soja, é provável que tenha ocorrido algum efeito deletério sobre a fermentação ruminal, pois o óleo de soja apresenta maior proporção em ácidos graxos insaturados. Chelikàni et al. (2004) afirmam que, quando ruminantes são alimentados com grandes quantidades de gorduras insaturadas, o consumo de alimentos é reduzido, e consideram os mesmos efeitos hipofágicos citados por Allen (2000).

Na Tabela 5 são apresentados os coeficientes de digestibilidade aparente da MS e dos nutrientes, de acordo com as formas de suplementação.

Tabela 5 – Efeito da suplementação lipídica sobre os coeficientes de digestibilidade da matéria seca e de nutrientes de cabras em lactação

Item	Dieta			Pr>F	CV ² (%)	
	Controle	Óleo de soja	Ca-Agcl ¹ Grão de soja			
	-----%-----					
MS ²	77,25	73,90	74,03	73,01	ns	3,56
MO ³	78,97 ^a	73,61 ^b	74,17 ^b	74,11 ^b	*	3,67
PB ⁴	84,21 ^a	77,44 ^b	78,44 ^b	77,18 ^b	***	2,61
FDN ⁵	68,08 ^a	61,02 ^b	62,92 ^{ab}	67,23 ^a	**	5,27
CHOT ⁶	78,92 ^a	72,73 ^b	73,17 ^b	71,79 ^b	**	4,19
CNF ⁷	79,64 ^a	73,49 ^{ab}	71,99 ^{ab}	59,68 ^b	*	14,09
EE ⁸	77,87 ^b	91,31 ^a	91,16 ^a	89,63 ^a	***	1,79

Médias na linha seguidas de letras distintas diferem a 5% de probabilidade pelo teste SNK.

¹Sais de cálcio de ácidos graxos de cadeia longa; ²Coefficiente de variação; ³Matéria seca; ⁴Matéria orgânica;

⁵Proteína bruta; ⁶Fibra em detergente neutro; ⁷Carboidratos totais; ⁸Carboidratos não-fibrosos; ⁹Extrato etéreo.

ns = não-significativo; *P<0,05; **P<0,01; ***P<0,001.

A suplementação lipídica não alterou a digestibilidade da matéria seca (média de 74,55%), mas influenciou os coeficientes dos nutrientes (Tabela 5).

Os coeficientes de digestibilidade da matéria orgânica foram reduzidos pela suplementação lipídica (Tabela 5). O coeficiente de digestibilidade da proteína bruta na dieta controle (84,21%) foi maior que o dos tratamentos com suplementação lipídica (77,69%), enquanto o da FDN foi menor na dieta contendo óleo de soja. Comportamento semelhante ao da proteína bruta foi observado para a digestibilidade dos CHOT, que foi reduzida com a adição de lipídios, com média de 78,9% para controle e de 72,6% para os demais tratamentos. A digestibilidade dos CNF foi reduzida apenas no tratamento com grão de soja, não se observando diferença entre a dieta controle e aquelas com suplementação, ao passo que os coeficientes de digestibilidade do EE nos tratamentos com suplementação foram mais altos que na dieta controle.

De acordo com Jenkins & Jenny (1989), a adição de suplementos lipídicos diminui ou tem efeito mínimo sobre a digestibilidade da matéria seca, apresentando raros efeitos de aumento. Bateman II & Jenkins (1998) não constataram efeitos da inclusão de até 8% de óleo de soja sobre a digestibilidade aparente de MS, MO, N e FDN e sugeriram que grandes quantidades de lipídios não protegidos podem ser adicionadas a dietas, pois não provocam efeitos na digestibilidade.

A redução na digestibilidade aparente da MO sugere a ocorrência de alterações no ambiente ruminal pela suplementação lipídica, como relatado por Enjalbert et al. (1994), que observaram redução nas digestibilidades da MO com a utilização de diferentes formas de ácidos graxos poliinsaturados na dieta de ovinos.

Enjalbert et al. (1994) afirmaram que, independentemente da forma de suplementação lipídica, os ácidos graxos parecem não influenciar a digestibilidade aparente da proteína bruta. No entanto, os resultados obtidos neste trabalho corroboram os encontrados por outros autores que utilizaram semente de canola (Sharma et al., 1986), óleo de palma (Sklan et al., 1990), óleo de linhaça (Ikwuegbu & Sutton, 1982), caroço de algodão e óleo de soja em estudos *in vitro* (Villaça et al., 1999) e verificaram decréscimos na digestibilidade da proteína.

Possivelmente, a inclusão de óleo aumentou o escape da proteína dietética, promovendo maior participação de nitrogênio no material fecal e reduzindo o coeficiente de digestibilidade aparente da proteína. Em experimento realizado com cabras fistuladas (Capítulo 1º desta tese), foram observadas reduções na concentração de amônia ruminal, que podem estar associadas à redução da atividade proteolítica dos protozoários pelo fato de os óleos serem agentes defaunadores.

Os valores mais altos de digestibilidade da fibra com a utilização do grão de soja, em comparação ao óleo de soja, podem ser decorrentes da presença da fibra na semente, considerada de mais fácil digestão que a fibra das forrageiras. É possível também que a lenta liberação de óleo na digesta ruminal quando da adição do grão de soja à ração tenha contribuído para reduzir o impacto sobre os microrganismos que atuam na degradação dos componentes fibrosos.

Relacionando os dados de consumo de FDN e EE (Tabela 4) das dietas com OS E GS, verifica-se que a dieta com grão proporcionou menor consumo de EE e maior consumo de fibra, o que resultou em maior razão entre FDN/EE para a dieta com grão (6,5) e menor para o óleo (5,4). Assim, a maior digestibilidade da fibra na dieta com grão de soja pode ter sido ocasionada pela menor quantidade de óleo na digesta ruminal por unidade de fibra, associada à teoria de proteção parcial descrita por Van Soest (1994). De acordo com Jenkins (1993), os lipídios que normalmente inibem a fermentação e digestão causam menos efeitos quando o conteúdo de feno na dieta é alto.

Menor taxa de passagem de sólidos com o uso de grão de soja foi observada no experimento com cabras não-lactantes (Capítulo 1º desta tese), o que colabora para justificar a maior digestibilidade da fibra com o uso desta forma de suplementação.

A suplementação com óleo na forma de Ca-Agcl proporcionou proteção semelhante na digestibilidade da fibra. Neste caso específico, é possível que o perfil de ácidos graxos no produto comercial, com maior participação de componentes saturados

(Capítulo 3º desta tese) considerados menos tóxicos aos microrganismos fibrolíticos tenha contribuído para a não-alteração da digestibilidade da fibra.

O nível de inclusão de EE nas dietas foi em torno de 4,5%, próximo do limite máximo de inclusão de lipídios em dietas para ruminantes. No entanto, apesar do elevado consumo (Tabela 4), os valores de digestibilidade do EE indicam que os caprinos digeriram eficientemente este componente nutricional. Outro aspecto a ser considerado refere-se à grande quantidade de ácidos graxos insaturados, resultante da suplementação, justificando os elevados coeficientes de digestibilidade do EE.

Ressalta-se o cuidado necessário na quantificação da gordura nas fezes, em razão da possibilidade de extração incompleta dos lipídios com o uso de éter de petróleo, podendo, desta forma, ocorrer superestimativa da digestibilidade do EE. Lana et al. (2005) também observaram aumento na digestibilidade aparente do EE em cabras sob suplementação com óleo de soja e extrato de própolis.

A digestibilidade dos carboidratos totais foi afetada pela suplementação lipídica, refletindo as alterações na digestibilidade da fração fibrosa, como no caso do óleo de soja, ou da fração de carboidratos não-fibrosos, observada com a adição de grão de soja à dieta. É possível que o maior tempo necessário para a redução das partículas do grão de soja tenha reflexo sobre a ação de microrganismos, com redução na digestibilidade dos CNF, afetando o sincronismo entre as fontes de energia e proteína.

Os resultados referentes ao comportamento alimentar das cabras lactantes, de acordo com as formas de suplementação lipídica, encontram-se na Tabela 6.

Tabela 6 – Efeito da suplementação lipídica sobre o comportamento ingestivo de cabras lactantes

Item	Dieta				Pr>F	CV ² (%)
	Controle	Óleo de soja	Ca-Agcl ¹	Grão de soja		
Atividade (min.d ⁻¹)						
Alimentação	372,00	290,00	372,00	456,00	ns	26,08
Ruminação	312,00	330,00	372,00	300,00	ns	25,48
Mastigação	684,00	620,00	744,00	756,00	ns	16,82
Em ócio	756,00	820,00	696,00	684,00	ns	15,78
Em pé	804,00	750,00	756,00	732,00	ns	17,41
Deitada	636,00	690,00	684,00	708,00	ns	19,46
Eficiência de alimentação						
min.(kg MS) ⁻¹	226,57	210,09	216,60	330,48	ns	30,44
min.(kg FDN) ⁻¹	565,10	536,60	554,70	740,30	ns	29,95
min.(g MS.(kg ^{0,75}) ⁻¹)	4,46	4,58	4,59	6,86	ns	29,15
min.(g FDN (kg ^{0,75}) ⁻¹)	11,13	11,71	11,78	15,36	ns	28,90
Eficiência de ruminação						
min.(kg MS) ⁻¹	196,64	235,04	215,49	211,12	ns	30,09
min.(kg FDN) ⁻¹	493,60	599,30	550,70	475,20	ns	32,35
min.(g MS.(kg ^{0,75}) ⁻¹)	3,90	5,23	4,56	4,41	ns	32,10
min.(g FDN (kg ^{0,75}) ⁻¹)	9,81	13,35	11,68	9,92	ns	34,71

¹Sais de cálcio de ácidos graxos de cadeia longa; ²Coefficiente de variação.
ns = não-significativo

As formas de suplementação lipídica não influenciaram o comportamento alimentar das cabras, como observado por Benson et al. (2001), que, ao infundirem ácidos graxos de cadeia longa no abomaso de vacas, também não observaram alteração no comportamento alimentar dos animais.

O tempo despendido em alimentação não foi alterado pela forma de suplementação. Branco (2005) constatou aumento no tempo gasto em alimentação em estudo envolvendo cabras leiteiras submetidas a nível mais alto de FDN. Neste experimento, as dietas foram calculadas de modo que o nível de FDN proveniente da forragem fosse mantido constante em 33%, pois, segundo Branco (2005), esse valor não permitiria efeito de repleção ruminal sobre o consumo e, provavelmente, a ingestão de alimentos seria regulada por mecanismos fisiológicos. Ressalta-se que os animais que receberam grão de soja na dieta apresentaram, numericamente, maior tempo em alimentação (456 min.d⁻¹), o que pode ser reflexo da palatabilidade ou da seleção do grão.

Os altos coeficientes de variação para esses dados (Tabela 6) podem ter contribuído para a ausência de diferenças estatísticas. Recomenda-se que o número de

animais nos tratamentos seja de maior magnitude, a fim de reduzir as variações encontradas.

Os valores médios observados para os tempos gastos diariamente com alimentação (6,2 h) e com ruminação (5,4 h) foram mais altos e mais baixos, respectivamente, que aqueles citados por Church (1988), de 4,2 e 7,4 h para as atividades de alimentação e ruminação em caprinos.

As repostas em produção e composição do leite são apresentadas na Tabela 7.

Tabela 7 – Efeito da suplementação lipídica sobre a produção e composição do leite de cabras

Item	Dieta				Pr>F	CV ² (%)
	Controle	Óleo de soja	Ca-Agcl ¹	Grão de soja		
Produção						
Leite (kg.d ⁻¹)	2,24 ^a	1,77 ^{ab}	1,85 ^{ab}	1,52 ^b	*	25,66
Gordura (g.d ⁻¹)	90,74 ^a	74,89 ^{ab}	76,45 ^{ab}	57,06 ^b	**	27,57
Proteína (g.d ⁻¹)	70,78 ^a	59,33 ^{ab}	61,39 ^{ab}	50,70 ^b	*	23,25
Lactose (g.d ⁻¹)	98,70 ^a	74,54 ^b	78,81 ^b	64,13 ^b	**	27,02
Composição						
Gordura (%)	4,04	4,11	4,13	3,65	ns	14,75
Proteína (%)	3,17	3,41	3,35	3,38	ns	8,14
Lactose (%)	4,38	4,20	4,26	4,15	ns	7,42

Médias na linha seguidas de letras distintas diferem a 5% de probabilidade pelo teste SNK.

¹Sais de cálcio de ácidos graxos de cadeia longa; ²Coefficiente de variação.

ns = não significativo; *P<0,05; **P<0,01.

Foram registradas diferenças significativas na produção de leite entre os tratamentos (Tabela 7). O teste de média não acusou diferenças entre as fontes de suplementação, mas a adição de grão de soja à ração contribuiu para a redução na produção de leite em relação ao tratamento controle, de forma semelhante ao observado para as produções de gordura e proteína. O uso dos suplementos promoveu redução na produção de lactose, porém não alterou a concentração dos constituintes lácteos.

Carvalho (2002) avaliando níveis de fibra em dietas de cabras leiteiras do mesmo rebanho, encontrou concentração de gordura de 3,25% em animais com maior potencial para produção de leite (3,91 kg). Os menores níveis de produção das cabras podem ter contribuído para o maior valor percentual da gordura em relação aos obtidos em pesquisa anterior.

De acordo com o NRC (2001), a influência da suplementação lipídica na porcentagem de gordura do leite é variável e depende de sua composição e da quantidade fornecida. De forma geral, as gorduras encapsuladas, como os Ca-Agcl e as

gorduras saturadas, aumentam ou não têm efeito sobre a concentração de gordura do leite (Sutton, 1989). À medida que a quantidade de ácidos graxos insaturados (livres ou esterificados) aumenta, é maior a probabilidade de diminuir a porcentagem de gordura do leite, caso exista biohidrogenação parcial da gordura. Outro aspecto a ser considerado é que, existindo intensa biohidrogenação, o perfil de ácidos graxos terá maior participação de ácidos saturados, o que poderá reduzir sua disponibilidade no intestino. Estas suposições poderiam ser elucidadas caso análises de perfil de ácidos graxos no rúmen tivessem sido feitas neste experimento

A captura de alguns ácidos graxos pré-formados (CLA *trans*-10 *cis*-12 e CLA *trans*-8 *cis*-10) também pode inibir a síntese da gordura do leite, por reduzir a atividade e/ou expressão de genes que codificam importantes enzimas envolvidas na captura, síntese e dessaturação dos ácidos graxos na glândula mamária (Bauman & Griinari, 2001). No entanto, em cabras, Chilliard et al. (2003) sugerem que a maior taxa de passagem da digesta nesta espécie pode diminuir os efeitos dos suplementos lipídicos sobre os fatores ruminais que reduziriam a lipogênese na glândula mamária, sendo esperado, portanto, aumento dos teores de gordura com a suplementação lipídica.

Apesar dessas observações, outros resultados mostram que os efeitos da suplementação lipídica no desempenho de cabras ainda não estão elucidados. Cenkvari et al. (2005), em estudo com caprinos, testaram a suplementação com Ca-Agcl de óleo de linhaça e verificaram que o conteúdo de gordura foi reduzido em algumas semanas ao longo do experimento.

A produção de lactose ($\text{kg}\cdot\text{d}^{-1}$) reduziu quando houve suplementação lipídica. É possível que a substituição de carboidratos não-fibrosos por lipídios a 4,5% possa ter contribuído para reduzir a produção de propionato, importante precursor gliconeogênico, contribuindo para menor disponibilidade de lactose na glândula mamária.

Constam na Tabela 8 os valores referentes ao consumo de energia e às eficiências bruta e líquida de utilização da energia para produção de leite.

Tabela 8 – Efeito da suplementação lipídica sobre o consumo e a eficiência de utilização da energia em cabras lactantes

Item	Dieta				Pr>F	CV ² (%)
	Controle	Óleo de soja	Ca-Agcl ¹	Grão de soja		
Consumo de energia						
NDT (kg.d ⁻¹) ³	1,88 ^a	1,57 ^b	1,85 ^a	1,46 ^b	***	12,59
EL _{2,1X} (Mcal.d ⁻¹) ⁴	3,28 ^a	2,81 ^b	3,30 ^a	2,64 ^b	***	12,04
Eficiência de utilização da energia						
k _l ⁵	0,54 ^{ab}	0,62 ^a	0,48 ^b	0,53 ^{ab}	*	19,98
k _{m+p} ⁶	0,64	0,68	0,62	0,65	ns	7,91

Médias na linha seguidas de letras distintas diferem a 5% de probabilidade pelo teste SNK.

¹Sais de cálcio de ácidos graxos de cadeia longa; ²Coefficiente de variação; ³Nutrientes digestíveis totais; ⁴Energia líquida de lactação; ⁵Eficiência líquida de utilização da energia metabolizável; ⁶Eficiência bruta da utilização da energia metabolizável.

ns = não-significativo; *P<0,05; ***P<0,001.

Menores consumos de energia foram observados com a adição de óleo e de grão de soja, sendo numericamente inferior para o grão de soja. Os resultados apresentam o mesmo comportamento observado para o consumo de matéria seca, o que confirma a inexistência de qualquer limitação física decorrente da presença de fibra.

Na avaliação da magnitude das respostas em produção de leite utilizando-se a medida de eficiências bruta de utilização da energia metabolizável consumida, não foram observadas diferenças entre tratamentos.

Os dados foram também analisados considerando-se a estimativa da eficiência líquida, recomendada por Baldwin & Smith (1983) por ser mais informativa que a eficiência bruta, por não incluir os gastos com manutenção. Utilizando-se esta medida, valores superiores para k_l foram obtidos para o tratamento com óleo de soja em relação ao com sais de cálcio de ácidos graxos. A comparação entre os outros tratamentos não apontou diferenças significativas.

É possível que os maiores valores encontrados para a eficiência de uso da energia das rações contendo óleo de soja tenha sido reflexo do potencial de resposta para a produção de leite pelas cabras, considerado mediano para rebanhos leiteiros o que provavelmente tenha contribuído para uma ineficiência no uso da energia. Sabe-se que a produção de leite é dependente da quantidade total de energia consumida (Hussain et al., 1996). Os animais alimentados com as dietas controle ou com adição de sais de cálcio de ácidos graxos apresentaram maior consumo, sem redução nos valores de digestibilidade das rações. Entretanto, não tiveram resposta correspondente na produção de leite, o que, teoricamente, seria esperado, face a maior disponibilidade de

energia. Sugere-se, portanto, que estudos semelhantes sejam avaliados utilizando-se animais de maior potencial para a produção de leite.

Na Tabela 9 é apresentado o balanço dos compostos nitrogenados de cabras submetidas a dietas com diferentes formas de suplementação lipídica.

Tabela 9 – Efeito da suplementação lipídica no balanço dos compostos nitrogenados em cabras lactantes

Item	Dieta				Pr>F	CV ² (%)
	Controle	Óleo de soja	Ca-Agcl ¹	Grão de soja		
N consumido (g.d ⁻¹)	51,59	41,18	44,30	41,34	ns	14,49
N fezes (g.d ⁻¹)	8,43	9,36	9,59	9,45	ns	21,52
N urina (g.d ⁻¹)	24,67 ^a	16,52 ^b	18,20 ^b	19,54 ^b	*	18,69
N leite (g.d ⁻¹)	8,53	8,08	6,85	7,33	ns	35,57
Balanço N (g.d ⁻¹) ³	9,96	7,23	9,66	5,01	ns	46,84
NEB (g.d ⁻¹) ⁴	7,16	7,99	7,67	7,70	ns	9,60
N retido (g.d ⁻¹) ⁵	2,80	-0,76	1,99	-2,69	ns	1279,9

Médias na linha seguidas de letras distintas diferem a 5% de probabilidade pelo teste SNK.

ns = não-significativo; *P<0,05

¹Sais de cálcio de ácidos graxos de cadeia longa; ²Coefficiente de variação.

³Balanço de N = Nconsumido – (Nfezes + Nurina + Nleite);

⁴NEB = Nitrogênio Endógeno Basal (AFRC, 1993);

⁵ N retido = Balanço – NEB.

A suplementação lipídica não influenciou o consumo de nitrogênio e sua excreção nas fezes e no leite, mas reduziu a excreção urinária de nitrogênio pelos animais. O balanço e a retenção de N não foram influenciados pelos suplementos lipídicos (Tabela 9).

Considerando-se os resultados apresentados no Capítulo 1º desta tese, verifica-se que os animais do tratamento controle apresentaram níveis mais elevados de N-NH₃, o que pode ter contribuído para os altos valores encontrados de excreção de N via urina. Desse modo, a adição de lipídios pode contribuir para minimizar perdas de N.

Avaliando a excreção urinária como proporção da quantidade de nitrogênio consumida, verificam-se valores de 48, 47, 40 e 41%, para os tratamentos controle, com grão de soja, óleo e Ca-Agcl, respectivamente. As altas excreções de nitrogênio observadas sugerem que a concentração de 17% de proteína utilizada neste experimento pode ter sido excessiva, gerando gastos metabólicos desnecessários.

O nitrogênio endógeno basal (NEB) representa a exigência de nitrogênio para manter as atividades metabólicas basais, como a renovação celular. De acordo com Riis (1983), a taxa de deposição de proteína aumenta até determinado nível com maior fornecimento de energia, proteína e outros nutrientes. Os mais altos consumos de

energia foram observados com as dietas controle e Ca-Agcl. Assim, os maiores valores observados com essas dietas sugerem a possibilidade de haver maior aproveitamento dos nutrientes para deposição e renovação das proteínas teciduais, justificada pela análise da retenção de nitrogênio pelos animais, que seria a quantidade de N líquido disponível para ganho. Apesar de não diferirem estatisticamente e possuírem coeficiente de variação extremamente alto, as dietas controle e com Ca-Agcl apresentaram valores positivos, revelando melhor eficiência de utilização do nitrogênio

Algumas das variáveis estudadas foram avaliadas em relação à fase experimental, cujos dados são reportados na Tabela 10.

Tabela 10 – Consumo médio diário de matéria seca e energia, produção e eficiência de produção de leite em cabras em duas fases da lactação

Item	Período		Pr>F	CV ¹ (%)
	Fase 1	Fase 2		
CMS (kg.d ⁻¹)	1,77 a	1,54 b	**	13,90
CNDT (kg.d ⁻¹)	1,80 a	1,57 b	**	12,52
CEL (Mcal.d ⁻¹)	3,21 a	2,79 b	***	12,04
PL (kg.d)	2,21 a	1,47 b	***	25,66
k _l ²	0,55	0,46	ns	32,53
k _{m+p} ³	0,64	0,62	ns	10,30

Médias na linha seguidas de letras distintas diferem a 5% de probabilidade, pelo teste SNK.

¹Coefficiente de variação; ²Eficiência líquida de utilização da energia metabolizável; ³Eficiência bruta da utilização da energia metabolizável

ns = não-significativo; **P<0,01; ***P<0,001

As cabras mantiveram o mesmo comportamento para as variáveis de consumo de matéria seca e energia e, como esperado, apresentaram maiores consumos na primeira fase experimental, ocorrendo redução na segunda fase do experimento, provavelmente em razão da menor exigência dos animais para produção de leite, visto que esta também foi reduzida.

Os valores de eficiência líquida de utilização da energia metabolizável não diferiram estatisticamente, provavelmente em decorrência do alto coeficiente de variação apresentado por essa variável. Entretanto, houve uma tendência para menores valores de eficiência líquida de uso da energia consumida para a segunda fase experimental, o que reflete a ineficiência de uso de rações com alta concentração de energia quando os animais apresentam menor potencial para a produção de leite. Os animais apresentaram redução percentual de 44% na produção de leite entre a primeira e segunda fase, e de apenas 13% nos consumos de matéria seca e energia, o que denota excesso de energia disponível para a produção.

Conclusões

A forma de suplementação lipídica influi na resposta de consumo de matéria seca e de nutrientes, com reflexos sobre a produção de leite e a eficiência de uso da energia disponível.

A adição de óleo e de grão de soja reduziu o consumo de matéria seca, o que não foi observado com a adição de sais de cálcio. A digestibilidade da fibra é reduzida com a adição de óleo na forma livre e a digestibilidade de CNF diminui com a adição de grão de soja, reduzindo, conseqüentemente, a quantidade de energia disponível aos animais.

Os Ca-Agcl são bons substitutos aos carboidratos fermentáveis quando o objetivo é elevar a concentração energética das dietas de cabras em lactação.

Literatura Citada

- AGRICULTURAL AND FOOD RESEARCH COUNCIL. AFRC. **Energy and Protein Requirements of Ruminants**. Wallingford, UK: CAB international, 1993, 159p.
- ALLEN, M.S. Effects of diet on short-term regulation of feed intake by lactating dairy cattle. **Journal Dairy Science**, v.83, p.1598-1624, 2000.
- BALDWIN, R.L.; SMITH, N.E. Adaptation of metabolism to various conditions: Milk production. In: RIIS, P. M (Ed). **Dynamic biochemistry of animal production**. New York: Elsevier, 1983, p.359-388.
- BATEMAN II, H.G.; JENKINS, T.C. Influence of soybean oil in high fiber diets fed to nonlactating cows on ruminal unsaturated fatty acids and nutrient digestibility. **Journal of Dairy Science**, v.81, p.2451-2458, 1998.
- BAUMAN, D.E. Regulation of nutrient partitioning during lactation: Homeostasis and homeorhesis revisited. In: CRONJÉ, P. B. (Ed.); BOOMKER, E. A. et al. (Ed. Associates). **Ruminant Physiology: digestion, metabolism, growth and reproduction**. Oxon: CABI Publishing, 2000, p.311-328.
- BAUMAN, D.E.; GRIINARI, J.M. Regulation and nutritional manipulation of milk fat: low-fat milk syndrome. **Livestock Production Science**, v.70, p.15-29, 2001.
- BENSON, J.A.; REYNOLDS, C.K.; HUMPHRIES, D.J. et al. Effects of abomasal infusion of long-chain fatty acids on intake, feeding behavior and milk production in dairy cows. **Journal of Dairy Science**, v.84, p.1182-1191, 2001.
- BOMFIM, M.A.D. **Carboidratos solúveis em detergente neutro em dietas de cabras leiteiras**. Viçosa: Universidade Federal de Viçosa, 2003. 119 p. Tese (Doutorado em Zootecnia) – Universidade Federal de Viçosa. 2003.
- BRANCO, R.H. **Avaliação da qualidade da fibra sobre a cinética ruminal, consumo e eficiência de utilização de nutrientes em cabras leiteiras**. Viçosa: Universidade Federal de Viçosa, 2005.151p.Tese (Doutorado em Zootecnia) – Universidade Federal de Viçosa. 2005.
- CARVALHO, S. **Desempenho e comportamento ingestivo de cabras em lactação alimentadas com dietas contendo diferentes níveis de fibra**. Viçosa: Universidade Federal de Viçosa. 2002, 118p. Tese (Doutorado em Zootecnia) – Universidade Federal de Viçosa, 2002.
- CENKVÀRI, É.; FEKETE, S.; FEBLE, H. et al. Investigation on the effects of Ca-soaps of oil linseed on rumen fermentation in sheep on milk composition of gotas. **Journal of Animal Physiology and Animal Nutrition**, v.89, p.172-178, 2005.
- CHALUPA, W.; VECCHIARELLI, B.; ELSER, A.E. et al. Ruminal fermentation in vivo as influenced by long-chain fatty acids. **Journal of Dairy Science**, v.69, p.1293-1301, 1986.
- CHELIKANI, P.K.; BELL, J.A.; KENNELLY, J.J. Effects of feeding or abomasal infusion of canola oil in Holstein cows. 1. Nutrient digestion and milk composition. **Journal of Dairy Research**, v.71, p.279-287, 2004.
- CHILLIARD, Y.; FERLAY, A.; ROUEL, J. et al. A review of nutritional and physiological factors affecting goat milk lipid synthesis and lipolysis. **Journal of Dairy Science**, v.86, p.1751-1770, 2003.

- CHURCH, D.C. **El rumiante: Fisiología digestiva y nutrición**. Zaragoza: Acribia, 1988. 641p.
- DOREAU, M.; CHILLIARD, Y.; BAUCHART, D. et al. Influence of different fat supplement on digestibility and ruminal digestion in cows. **Annales de Zootechnie**, v.40, p.19-30, 1990.
- ENJALBERT, F.; MONCOULON, R.; VERNAY, M. et al. Effects of different forms of polyunsaturated fatty acids on rumen fermentation and total nutrient digestibility of sheep fed prairie hay based diets. **Small Ruminant Research**, v.14, p.127-135, 1994.
- HALL, M.B. Management strategies against ruminal acidosis. In: ANNUAL FLORIDA RUMINANT NUTRITION SYMPOSIUM, 10, 1999, Gainesville. **Proceedings...** Gainesville: 1999, p.104-113.
- HUSSAIN, Q.; HAVREVOLL, Ø.; EIK, L.O. Effect of type of roughage on feed intake, milk yield and body condition of pregnant goats. **Small Ruminant Research**, v.22, p.131-139, 1996.
- IKWUEGBU, O.A.; SUTTON, J.D. The effect of varying the amount of linseed oil supplementation on rumen metabolism in sheep. **British Journal Nutrition**, v.48, p.365-375, 1982.
- JENKINS, T.C. Lipid metabolism in the rumen. **Journal of Dairy Science**, v.76, p.3851-3863, 1993
- JENKINS, T.C.; JENNY, B. F. Effect of hydrogenate fat on feed intake, nutrient digestion and lactation performance of dairy cows. **Journal of Dairy Science**, v.72, p.2316-2324, 1989.
- LANA, R.P.; CAMARDELLI, M.M.L.; QUEIROZ, A.C. et al. Óleo de soja e própolis na alimentação de cabras leiteiras. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.34, n.2, p.650-658, 2005.
- LICITRA, G.; HERNANDEZ, T.M.; VAN SOEST, P.J. Standardization of procedures for nitrogen fractionation of ruminants feeds. **Animal Feed Science and Technology**, v.57, p.347-358, 1996.
- LUO, J.; GOETSCH, A.L.; NS AHLAI, I.V. et al. Maintenance energy requirements of goats: predictions based on observations of heat and recovered energy. **Small Ruminant research**, v.53, p.221-230, 2004.
- McDONALD, P. Evaluation of foods (D) protein. In: McDONALD, P.; EDWARDS, R.; GREENHALGH, J.F.D. (Eds.). **Nutrition animal**. 4. ed. Zaragoza: Acríbia, 1993, p.29-57.
- MOE, P.W.; TYRRELL, H.F. Estimating metabolizable and net energy of feeds. IN: INTERNATIONAL SUMPOSIUM ON FEED COMPOSITION, ANIMAL NUTRIENT REQUERIMENTS AN COMPUTERIZATION OF DIETS. **Proceedings...** Logan, Utah, 1977, p.232.
- MOE, P.W.; FLATT, W.P.; TYRREL, H.F. Net energy value of feeds for lactation. **Journal Dairy Science**, v.55. p.945, 1972.
- MOREIRA, M.A. Programa de melhoramento genético da qualidade de óleo e proteína da soja desenvolvido na UFV. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE SOJA, 1999. Londrina. **Anais...** Londrina: EMBRAPA SOJA, 1999, p.99-104.

- NATIONAL RESEARCH COUNCIL. NRC. Nutrient Requirements of Dairy Cattle. 7ed. Washington: National Academic Press, 2001, 387p.
- NICHOLSON, T.; OMER, S.A. The inhibitory effect of intestinal infusions of unsaturated long-chain fatty acids on forestomach motility of sheep. **British Journal of Nutrition**, v.50, p.141-149, 1983
- PALMQUIST, D.L. Influence of source and amount of dietary fat on digestibility in lactating cows. **Journal of Dairy Science**, v.74, p.1354-1360,1991.
- PALMQUIST, D.L.; JENKINS, T.C. Fat in lactation rations: review. **Journal of Dairy Science**, v.63, n.1, p.1, 1980.
- PEREIRA, J.R.A.; ROSSI JR., P. **Manual prático de avaliação de alimentos**. Piracicaba: Fundação de Estudos Agrários Luiz de Queiroz, 1995. 25p.
- PEREZ ALBA, L.M.; DE SOUSA CAVALCANTI, S.; PEREZ HERNANDEZ, M. et al. Calcium soaps of olive fatty acids in the diets of Manchega dairy ewes: Effects on digestibility and production. **Journal Dairy Science**, v.80, p.3316-3324, 1997.
- REDDY, Y.R.; KRISHNA, N.; RAO, E.R. et al. Influence of dietary protected lipids on intake and digestibility of straw diets in Deccani sheep. **Animal Feed Science and Technology**, v.106, p.29-38, 2003
- RIIS, P.M. The pools of tissue constituents and products: proteins. In: RIIS, P. M (Ed). **Dynamic biochemistry of animal production**. New York: Elsevier, 1983, p.75-108.
- STATISTICAL ANALYSIS SYSTEM. SAS. User's Guide: Statistics. Version 8.0. NC: SAS INSTITUTE, 1999.
- SCHNEIDER, P.; SKLAN, D.; CHALUPA, P. et al. Feeding calcium salts of fatty acids to lactating cows. **Journal of Dairy Science**, v.71, p.2143-2150, 1988.
- SCHROEDER, G.F.; GAGLIOSTRO, G.A.; BARGO, F. et al. Effects of fat supplementation on milk production and composition by dairy cows on pasture: a review. **Livestock Production Science**, v.86, p.1-18, 2004
- SHARMA, H.R.; WHITE, B.; INGALLS, J.R. Utilization of whole rape (canola) seed and sunflower seeds as source of energy and protein in calf starter in sheep. **Animal Feed Science and Technology**, v.56, p.231-242, 1986.
- SILVA, D.J.; QUEIROZ, A.C. **Análise de Alimentos**. Métodos químicos e biológicos. Viçosa: UFV, 2002, 235 p.
- SKLAN, D.; NAGAR, L.; ARIELI, A. Effect of feeding different levels of fatty acids or calcium soaps of fatty acids on digestion and metabolizable energy in sheep. **Animal Production**, v.50, p.93-98, 1990.
- SNIFFEN, C.J.; O'CONNOR, J.D.; VAN SOEST, P.J. A net carbohydrate and protein system for evaluating cattle diets: II. Carbohydrate and protein availability. **Journal of Animal Science**, v.70, p.3562-3577. 1992.
- SUTTON, J.D. Altering milk composition by feeding. **Journal of Dairy Science**, v.72, p.2801-2814, 1989.
- VAN SOEST, P.J. **Nutritional ecology of the ruminant**. 2. ed. Ithaca: Comstock, 1994, 476p.

VAN SOEST, P.J.; ROBERTSON, J.B.; LEWIS, B.A. Methods of dietary fiber, neutral detergent fiber, and nonstarch polysaccharides in relation to animal nutrition. **Journal of Animal Science**, v.74, p.3583-3597, 1991.

VILLAÇA, M., EZEQUIEL, J.M.B., KRONKA, S.N. Efeito de sementes oleaginosas inteiras e óleo de soja sobre a digestibilidade *in vitro* e os padrões ruminais de bezerros holandeses. **Revista brasileira de zootecnia**, v.28, n.3, p.654-659, 1999.

Efeito da suplementação de lipídios em dietas de cabras sobre o perfil de ácidos graxos do leite

RESUMO – O efeito da manipulação nutricional visando à modificação do perfil de ácidos graxos no leite de cabra foi estudado com a inclusão de três diferentes suplementos lipídicos na dieta, selecionados conforme o grau de proteção à biohidrogenação ruminal: óleo de soja (OS), não-protégido; sais de cálcio de ácidos graxos de cadeia longa (Ca-Agcl), protegido; e grão de soja (GS), parcialmente protegido. Foram utilizadas 24 cabras em lactação, distribuídas em delineamento inteiramente casualizado, com quatro tratamentos e seis repetições. Os tratamentos consistiram de uma dieta controle (C), isenta de lipídio suplementar, e de três dietas-teste, adicionadas de um dos suplementos testados, contribuindo com 4,5% de extrato etéreo (EE) suplementar (6,5% na dieta total). Os dados experimentais foram obtidos 30 dias após o início da fase de coleta dos dados. As formas de suplementação lipídica promoveram redução na concentração de ácidos graxos de cadeias curta e média e aumentaram, em diferentes magnitudes, a concentração de ácidos graxos mono e poliinsaturados. Também foram avaliados índices utilizados por nutricionistas como parâmetros para indicar os riscos dietéticos da fração lipídica para doenças cardiovasculares. Para todas as variáveis estudadas, os resultados mais satisfatórios foram obtidos com a inclusão de óleo de soja na forma livre e de Ca-Agcl.

Palavras-chave: caprinos, óleos poliinsaturados, perfil de ácidos graxos

Effects of lipids supplementation to dairy goats diets on milk fatty acids profile

ABSTRACT –Fatty acids profile of milk from goats were compared as animals were fed diets differing by three lipid supplement types contributing with 4.5 % of oil and a control diet with 2.5% ether extract. Type of lipid supplement were chosen by the assumed degree of protection from biohydrogenation in rumen and were soybean oil (SO), whole soybean (WS) and Calcium salts of long chain fatty acids (Ca-LCFA) as non-protected, partially and protected, respectively. Twenty four goats were assigned to a randomized experiment design with 4 treatments and 6 repeats. Samples of milk were collected at day 30 of experiment and used to analyze fatty acids profile. Oil supplementation reduced concentration of short and medium chain fatty acids in milk and increased percentage of both mono and polyunsaturated long chain fatty acids in variable magnitudes. Using ratios and indices recommended by nutritionists as parameters to indicate risks for cardiac disorders, it was concluded that more satisfactory results were found by the inclusion of either soybean oil or Ca-LCFA.

Key words: goat, polyunsaturated oil, milk, fatty acid profile

Introdução

Atualmente, tem sido comum a preocupação sobre a relação entre o consumo de produtos lácteos e o aumento nos índices de doenças cardiovasculares na população humana (Elwood, 2005). Esse fato deve-se à associação entre o consumo de ácidos graxos saturados com o aumento da razão LDL (lipoproteína de baixa densidade): HDL (lipoproteína de alta densidade) e do colesterol plasmático (Kratz et al., 2002; Elwood, 2005). No entanto, estudos têm comprovado que não há evidências entre o consumo de leite e o aumento do risco de doenças cardiovasculares (Ness et al., 2001). Elwood (2005) menciona que essa hipótese pode estar relacionada ao efeito benéfico do consumo de leite sobre a pressão sanguínea.

De acordo com McCullough (2004), mundialmente, o leite de cabra é consumido por um número muito maior de pessoas que qualquer outro tipo de leite, provavelmente em razão da adaptabilidade da espécie caprina em regiões menos favoráveis para outros ruminantes (Morand-Fehr et al., 1983), da produção informal (Haenlein, 2004) e das propriedades nutricionais e terapêuticas (Dubeuf et al., 2004), entre outros fatores.

A fração lipídica do leite de cabra, além de consistir-se em importante fonte de ácidos graxos essenciais, possui propriedades terapêuticas relacionadas à diminuição dos níveis plasmáticos de colesterol e triglicerídeos (López-Aliaga et al., 2005) e à sua elevada digestibilidade em relação à do leite de vaca (Alferez et al., 2001). Entre os fatores determinantes desta alta digestibilidade, destacam-se as maiores proporções de glóbulos de gordura de menor diâmetro e de ácidos graxos de cadeia média (Chilliard, 1997).

A gordura é o componente mais variável no leite de ruminantes. Fatores genéticos, fisiológicos e/ou ambientais podem ser manipulados para alterar este componente, mas a nutrição parece ser a forma mais prática e mais amplamente utilizada. Portanto, a suplementação lipídica visando aumentar o conteúdo de ácidos graxos insaturados benéficos pode ser um adicional nas características no leite de cabra para que seja consumido como alimento funcional (Sanz Sampelayo et al., 2002).

A suplementação lipídica nem sempre proporciona os efeitos desejados no perfil de ácidos graxos do leite, em decorrência da saturação no ambiente ruminal, evidenciada quando do fornecimento de óleos vegetais ricos em poliinsaturados. O aumento dos ácidos graxos C18:2 e C18:3 no leite é mais difícil por requerer que os

ácidos graxos dietéticos sejam protegidos da biohidrogenação ruminal (Palmquist et al., 1993).

Aumentos significativos de ácidos graxos poliinsaturados foram obtidos com a adição de grão de soja tostado na dieta de vacas (Mielke & Schingoethe, 1981; Tice et al., 1994). Resultados semelhantes podem ser verificados com a inclusão grão de soja cru na dieta, pois seus ácidos graxos estão inseridos na matriz protéica do grão, conferindo-lhes proteção parcial (Van Soest, 1994). No entanto, Chilliard et al. (2003) afirmam que a liberação lenta do óleo com a inclusão de grão de soja cru permite sua completa biohidrogenação no ambiente ruminal, aumentando as proporções dos ácidos palmítico (C16:0) e oléico (C18:1) no leite e diminuindo os ácidos graxos poliinsaturados e o ácido linoléico conjugado, um intermediário estável da biohidrogenação.

Os sais de cálcio de ácidos graxos têm sido explorados comercialmente visando atender às demandas de suplementos lipídicos que associem suas características energéticas à capacidade de escapar dos mecanismos ruminais de biohidrogenação. Em sua formação, os óleos de soja e de palma e outras fontes lipídicas são hidrolisados e reagem com cálcio, formando sais com ponto de fusão mais elevado (Koftef & Corneliuss, 2004). Assim, os Ca-Agcl são insolúveis no pH normal do rúmen (Chalupa et al., 1984; Sukhija & Palmquist, 1990), sendo dissociados no ambiente ácido do abomaso e originando ácidos graxos livres e íons de cálcio (Schneider et al., 1988).

Considerando-se que a composição da gordura do leite pode ser alterada por meio de estratégias nutricionais e que a magnitude destas mudanças é influenciada por fatores relacionados ao grau de proteção dos suplementos lipídicos, objetivou-se avaliar a influência de três formas de suplementação lipídica na dieta sobre o perfil de ácidos graxos do leite de cabra.

Material e métodos

O experimento foi conduzido no Setor de Caprinocultura do Departamento de Zootecnia da Universidade Federal de Viçosa, no período de 08 de maio a 02 de julho de 2004.

Foram utilizadas 24 cabras lactantes com $56,6 \pm 5,7$ kg, 28 dias em produção e produção de leite de $2,6 \text{ kg.dia}^{-1}$. Os animais foram confinados em baias individuais (3 m^2) com piso ripado.

O delineamento experimental utilizado foi o inteiramente casualizado, com quatro tratamentos (dietas) e seis repetições. Os tratamentos consistiram de uma dieta controle (C), isenta de lipídio suplementar e de três dietas-teste, com diferentes suplementos lipídicos, selecionados de acordo com o grau de proteção à hidrogenação ruminal: óleo de soja (OS), não-protetido; sais de cálcio de ácidos graxos de cadeia longa (Ca-Agcl = Megalac[®]-E⁴), protetido; e grão de soja (GS), parcialmente protetido.

As dietas foram compostas de feno de capim-tifton 85 (*Cynodon spp.*) como volumoso e mistura concentrada, à base de fubá de milho (*Zea mays* L.) e farelo de soja (*Glycine max* L.), complementada com mistura mineral e balanceada para atender às exigências nutricionais de cabras leiteiras em lactação.

Na dieta GS, o grão de soja consistiu na principal fonte protéica e substituiu totalmente o farelo de soja. Procedeu-se à pesagem diária, para ajuste da quantidade fornecida, conforme o consumo voluntário dos animais, em razão da dificuldade de incorporação do grão de soja na forma inteira aos demais ingredientes do concentrado. As demais dietas foram preparadas incluindo-se os suplementos óleo e Ca-Agcl à mistura concentrada.

A proporção dos ingredientes nas dietas e a composição dos alimentos e das dietas e a composição de ácidos graxos dos suplementos encontram-se nas Tabelas 1, 2, 3 e 4, respectivamente. As dietas utilizadas foram formuladas de modo que a razão energia metabolizável fermentável/proteína bruta (EMF/PB) e o nível do extrato etéreo no suplemento fossem mantidos constantes.

⁴ Megalac[®]-E (Church & Dwight, Co.)

Tabela 1 – Proporções, expressas na matéria seca, dos ingredientes nas dietas experimentais

Ingrediente	Dieta			
	Controle	Óleo de soja	Ca-Agcl ¹	Grão de soja
	-----% MS-----			
Feno de capim-tifton 85	40,84	40,84	40,84	40,84
Fubá de milho	37,15	34,05	33,69	35,04
Farelo de soja	20,31	18,95	18,80	-
Grão de soja	-	-	-	22,42
Óleo de soja	-	4,50	-	-
Megalac-E [®]	-	-	5,05	-
Calcário	0,37	0,37	0,37	0,37
Fosfato bicálcico	0,73	0,73	0,73	0,73
Mistura mineral ²	0,59	0,59	0,59	0,59

¹Sais de cálcio de ácidos graxos de cadeia longa.

²Mistura mineral: 0,32% de sulfato ferroso; 0,48% de sulfato de cobre; 0,71% de sulfato de manganês; 2,67% de sulfato de zinco; 0,02% de sulfato de cobalto; 0,0125% de iodato de potássio; 0,006% de selenito de sódio; 95,78% de cloreto de sódio.

Tabela 2 – Composição bromotalógica dos ingredientes e suplementos

Item	Ingrediente					Megalac®-E
	Feno capim-tifton 85	Fubá de milho	Farelo de soja	Grão de soja	Óleo de soja	
	Composição					
MS (g.kg ⁻¹)	826,00	879,80	875,50	842,40	1000,00	950,00
MO (g.kg ⁻¹)	946,90	987,20	944,50	940,30	1000,00	
PB (g.kg ⁻¹)	123,20	84,00	480,20	392,20		
EE (g.kg ⁻¹)	10,40	34,00	25,90	209,10	999,00	895,00
CHOT (g.kg ⁻¹)	813,30	869,20	438,40	339,00		
CNF (g.kg ⁻¹)	97,30	715,50	300,40	179,90		
FDN (g.kg ⁻¹)	818,80	174,60	195,40	288,50		
FDNc (g.kg ⁻¹)	794,30	162,10	171,70	253,70		
FDNcp(g.kg ⁻¹)	716,00	153,70	138,00	159,10		
FDA (g.kg ⁻¹)	421,60	58,90	160,40	113,00		
FDAi (g.kg ⁻¹)	146,10	38,60	25,20	24,90		
NIDN (g.kg ⁻¹ NT)	635,40	99,60	70,00	241,30		
NIDA (g.kg ⁻¹ NT)	200,10	42,30	26,00	128,60		
LDA (g.kg ⁻¹)	57,90	2,30	3,20	22,90		
FDAi:LDA	2,50	16,78	7,87	1,09		
Cinzas (g.kg ⁻¹)	53,10	12,8	55,5	59,70		105,00
Ca (g.kg ⁻¹)	3,20	0,80	2,90	3,50		
P (g.kg ⁻¹)	2,30	7,10	2,10	5,60		
	Valor estimado de energia					
NDT (%)	51,95	81,20	77,27	90,67	158,82	150,18
EM (Mcal.kg ⁻¹)	1,92	3,10	3,45	3,95	7,70	7,24
EMF (Mcal.kg ⁻¹)	1,59	2,76	3,12	2,72	0,00	0,00
EL (Mcal.kg ⁻¹)	1,15	1,98	2,22	2,68	5,32	5,02

MS = matéria seca; MO = matéria orgânica; PB = proteína bruta; EE = extrato etéreo; CHOT = carboidratos totais; CNF = carboidratos não-fibrosos; FDN = fibra em detergente neutro; FDNc = FDN corrigida para cinzas; FDNcp = FDN corrigida para cinzas e proteína; FDA = fibra em detergente ácido; FDAi = FDA indigerível; NT = nitrogênio total; NIDN = nitrogênio insolúvel em detergente neutro; NIDA = nitrogênio insolúvel em detergente ácido; LDA = lignina em detergente ácido; Ca = cálcio; P = fósforo; NDT = nutrientes digestíveis totais; EM = energia metabolizável; EMF = energia metabolizável fermentável; EL = energia líquida

Tabela 3 – Composição bromatológica das dietas experimentais

Item	Dieta			
	Controle	Óleo de soja	Ca-Agcl ¹	Grão de soja
	Composição			
MS (g.kg ⁻¹)	858,70	864,60	862,30	851,20
MO (g.kg ⁻¹)	945,30	946,50	941,40	943,50
PB (g.kg ⁻¹)	179,00	169,90	168,90	167,70
EE (g.kg ⁻¹)	22,10	65,70	65,10	63,00
EE supl. (g.kg ⁻¹)	0,00	44,60	44,60	46,90
CHOT (g.kg ⁻¹)	744,10	711,20	707,40	712,80
CNF (g.kg ⁻¹)	36,65	34,03	33,72	33,08
FDN (g.kg ⁻¹)	436,10	428,00	427,10	457,40
FDNf (g.kg ⁻¹)	331,50	331,50	331,50	331,50
FDA (g.kg ⁻¹)	226,60	226,60	222,20	218,20
FDAi (g.kg ⁻¹)	79,10	77,60	77,40	78,80
NIDN (g.kg ⁻¹ NT)	310,70	306,70	306,20	348,50
NIDA (g.kg ⁻¹ NT)	102,70	101,10	100,90	125,40
LDA (g.kg ⁻¹)	25,10	25,0	25,0	29,60
FDAi:LDA	3,15	3,10	3,10	2,66
Cinzas (g.kg ⁻¹)	54,70	53,50	58,60	56,50
Ca (g.kg ⁻¹)	5,50	5,50	5,50	5,70
P (g.kg ⁻¹)	4,70	4,50	4,40	5,40
	Valor estimado de energia			
NDT (g.kg ⁻¹)	670,80	706,60	705,80	700,00
EMF (Mcal.kg ⁻¹)	2,31	2,18	2,17	2,23
EL (Mcal.kg ⁻¹) ³	1,66	1,80	1,80	1,76
EMF:PB	0,13	0,13	0,13	0,13

¹Sais de cálcio de ácidos graxos de cadeia longa.

MS = matéria seca; MO = matéria orgânica; PB = proteína bruta; EE = extrato etéreo; EE supl.= extrato etéreo suplementar; CHOT = carboidratos totais; CNF = carboidratos não-fibrosos; FDN = fibra em detergente neutro; FDNf = FDN proveniente da forragem; FDA = fibra em detergente ácido; FDAi = FDA indigerível; NIDN = nitrogênio insolúvel em detergente neutro; NIDA = nitrogênio insolúvel em detergente ácido; NT = nitrogênio total; LDA = lignina em detergente ácido; Ca = cálcio; P = fósforo; NDT = nutrientes digestíveis totais; EMF = energia metabolizável fermentável; EL = energia líquida.

Tabela 4 – Composição em ácidos graxos dos suplementos lipídicos utilizados nas dietas de cabras lactantes

Ácido graxo	Denominação	Óleo de soja	Megalac [®] -E
		-----%-----	
C16:0	Palmítico	9,53	16,79
C18:0	Estearico	3,18	4,69
C18:1	Oléico	22,59	20,45
C18:2	Linoléico	55,54	47,47
C18:3	Linolênico	7,31	4,05
Não identificados		1,85	6,55
Saturados/Insaturados		0,15	0,30

O período experimental compreendeu uma fase pré-experimental (23 dias) e uma de coleta de dados. Na fase pré-experimental, todos os animais foram alimentados com a dieta controle, com o objetivo de adaptá-los à dieta, às instalações e ao manejo.

Para determinação do perfil de ácidos graxos, amostras de leite compostas foram obtidas 30 dias após o início da fase experimental, proporcionalmente às coletas da tarde e da manhã do dia seguinte. O leite foi congelado imediatamente após a amostragem, efetuando-se, posteriormente, a extração da gordura, conforme metodologia descrita por Feng et al. (2004). Alíquotas de 30 mL foram centrifugadas a $17.800 \times g$ por 20 minutos a 4°C (HIMAC-CR21) formando um creme de leite na camada superior (*fat cake*), o qual foi retirado, ainda congelado, com auxílio de palhetas plásticas. Aproximadamente 1 g do *fat cake* foi transferido para tubos “*ependorfs*” de 1,5 mL, e centrifugado a $17.000 \times g$ por 20 minutos em temperatura ambiente (Force14 - Denver Instrument Company) para obtenção da fração lipídica que permaneceu na parte superior. Essa fração foi retirada e transferida, com auxílio de micropipetas, para um novo *ependorf* e armazenadas a -10°C até a etapa de preparação dos ésteres metílicos .

A preparação dos ésteres metílicos foi realizada por meio da modificação do método proposto por Hartman & Lago (1986). Alíquotas de 40 μL da gordura foram transferidas para tubos de ensaio com tampa rosqueada. Os lipídios foram hidrolisados com adição de 2,5 mL de solução de NaOH 0,5 N em metanol sob aquecimento a 70°C por 15 minutos, para completa saponificação da amostra e obtenção de ácidos graxos livres. Após resfriamento, foram adicionados 7,5 mL de reagente de esterificação (HCl 0,5 N em metanol), aquecendo-se a 70°C por 10 minutos para formação dos ésteres metílicos. Após resfriamento, acrescentaram-se 2 mL de solução de NaCl 20% e 2 mL de hexano (grau HPLC). O tubo foi agitado em *vortex* e aproximadamente 1 mL da fase superior contendo os ésteres metílicos foi coletado. Adicionou-se mais 1 mL de Hexano (grau HPLC), coletando-se novamente 1 mL da fase superior. Os ésteres metílicos foram acondicionados em vidros (cor âmbar) e estocados a -18°C , para a análise.

Na amostra do óleo de soja utilizado nas dietas, os ésteres metílicos foram preparados conforme procedimentos descritos a partir da saponificação. Considerando-se que o Megalac[®]-E é saponificado com cálcio apenas o processo de esterificação foi realizado para o Ca-Agcl.

As análises dos ésteres metílicos dos ácidos graxos da gordura do leite foram realizadas no Laboratório de Nutrição Animal do Departamento de Zootecnia da UFV em cromatógrafo a gás modelo Finnigan-9001, equipado com detector de ionização de chama (FID). Para registro e análise dos cromatogramas, o aparelho foi acoplado a um microcomputador, utilizando-se o programa Labquest[®]. Os componentes dos ésteres metílicos foram separados em coluna capilar SPTM-2560 (100 m x 0,25 mm x 0,02 µm; Supelco, Inc., Bellefonte, PA).

Para a separação cromatográfica, 1 µL de amostra foi injetado com auxílio de seringa de 10 µL (Hamilton[®]) em sistema *Split* com razão 1:100. O gás hélio foi utilizado como carreador com velocidade linear programada para 20 cm/s e, como Make-up, com vazão regulada para 25,6 mL/min. A purga foi ajustada para vazão de 3,3 mL/min. As vazões do hidrogênio e ar sintético foram mantidas em 17,9 e 138 mL/min., respectivamente.

As temperaturas do injetor e do detector foram controladas para serem isotérmicas em 260°C. A temperatura inicial do forno foi de 100°C (mantida por 5 minutos), aumentando em 4°C por minuto até atingir 240°C, permanecendo nesta temperatura por mais 20 minutos, totalizando 60 minutos de análise.

O pico de cada ácido graxo foi identificado pela comparação com o tempo de retenção dos picos presentes no padrão de lipídios, composto por uma mistura de ácidos graxos (Supelco 37 – Component Fame Mix – nº catálogo: 47885-U). Para a integração da área dos picos, cada cromatograma foi integrado individualmente, por meio do através do Software Labquest[®], de modo que a área mínima para integração correspondeu ao valor de 0,1% da área total obtida no cromatograma.

A avaliação da influência dietética do leite de cabra na susceptibilidade de distúrbios cardiovasculares foi feita adotando-se alguns índices citados na literatura:

$$\text{Sat : Insat} = \frac{\text{Total de Saturados}}{\text{Total de Insaturados}}$$

$$\text{Poli : Sat} = \frac{\text{Total de Insaturados}}{\text{Total de Saturados}}$$

$$\text{IA} = \frac{\text{C12:0} + (4 \times \text{C14:0}) + \text{C16:0}}{\text{Total de Insaturados}}, \text{ em que IA} = \text{Índice de aterogenicidade}$$

$$n6 : n3 = \frac{\text{Ácido Linoléico e isômeros}}{\text{Ácido Linolênico}}$$

Os dados obtidos foram analisados pelo procedimento GLM do programa computacional Statistical Analysis System (SAS, 1999), aplicando-se o teste Student-Newman-Keuls (SNK) a de 5% de probabilidade, para comparação das médias.

Resultados e discussão

Os valores encontrados para as quantidades de ácidos graxos individuais, os totais de saturados e insaturados e a razão C18:1/C18:0 no leite das cabras submetidas a diferentes formas de suplementação lipídica encontram-se Tabela 5.

Tabela 5 – Efeito da suplementação lipídica sobre o perfil de ácidos graxos do leite de cabras

Ácidos Graxos	Denominação	Dieta				P	CV ² (%)
		Controle	Óleo de soja	Ca-Agcl ¹	Grão de soja		
-----%-----							
Saturados							
C6:0	Caprótico	0,62	0,52	0,44	0,53	ns	31,02
C8:0	Caprílico	1,43	1,09	0,89	1,17	ns	29,81
C10:0	Cáprico	7,30 ^a	4,55 ^b	3,99 ^b	5,46 ^b	**	25,55
C12:0	Láurico	4,20 ^a	2,15 ^b	2,03 ^b	2,88 ^b	***	23,01
C14:0	Mirístico	11,02 ^a	5,96 ^c	6,28 ^c	8,17 ^b	***	15,66
C15:0	Pentadecanóico	0,77 ^a	0,57 ^b	0,53 ^b	0,52 ^b	***	9,61
C16:0	Palmítico	27,57 ^a	19,82	22,39 ^b	23,03 ^b	***	8,49
C17:0	Heptadecanóico	0,76 ^a	0,46 ^b	0,50 ^b	0,47 ^b	***	5,94
C18:0	Estearico	10,69 ^b	16,22 ^a	15,77 ^a	16,60 ^a	**	16,04
C20:0	Araquídico	0,19 ^b	0,23 ^b	0,27 ^a	0,20 ^b	**	15,48
Monoinsaturados							
C14:1	Miristoléico	0,24	0,14	0,16	0,09	ns	75,76
C16:1	Palmitoléico	1,08 ^a	0,75 ^b	0,67 ^b	0,66 ^b	***	12,41
C17:1	<i>Cis-10-</i> Heptadecanóico	0,23	0,18	0,11	0,11	ns	49,77
C18:1n9c/t	Oléico e isômero	27,58 ^b	38,67 ^a	35,95 ^a	34,38 ^a	***	8,62
C20:1	<i>Cis-11-</i> Eicosanóico	0,38	0,33	0,38	0,32	ns	12,07
Polinsaturados							
C18:2n6t	Linoelaídico	0,15 ^c	0,39 ^b	0,51 ^a	0,14 ^c	***	16,86
C18:2n6c	Linoléico	2,62 ^b	2,93 ^{ab}	3,27 ^a	2,70 ^b	*	11,03
C18:3n3	Linolênico	0,59 ^b	1,43 ^a	1,77 ^a	0,42 ^b	***	39,80
C20:4n6	Araquidônico	0,19	0,16	0,13	0,19	ns	27,98
Totais							
Saturados		64,54 ^a	51,52 ^c	53,09 ^c	59,09 ^b	***	5,78
C6:0-C12:0		13,55 ^a	8,31 ^b	7,35 ^b	10,05 ^{ab}	**	24,92
Insaturados		33,07 ^c	44,98 ^a	42,97 ^{ab}	39,03 ^b	***	7,91
Monoinsaturados		29,51 ^b	40,06 ^a	37,28 ^a	35,57 ^a	***	8,54
Polinsaturados		3,56 ^b	4,91 ^a	5,69 ^a	3,45 ^b	***	14,17
C18:1/C18:0		2,57	2,34	2,12	2,14	ns	14,62

Médias na linha seguidas de letras distintas diferem a 5% de probabilidade pelo teste SNK.

¹Sais de cálcio de ácidos graxos de cadeia longa; ²Coefficiente de variação.

Ácidos graxos não quantificados: C4:0; C13:0; C21:0; C15:1 C20:2.

ns = não-significativo; * P<0,05; **P<0,01; ***P<0,001.

A adição de suplementos lipídicos alterou o perfil de ácidos graxos do leite de cabras (Tabela 5).

A suplementação lipídica, reduziu os ácidos graxos saturados de C10:0 a C17:0 em relação ao perfil obtido para o leite dos animais da dieta controle, o que parece ser uma resposta típica da suplementação lipídica como forma de manipulação do perfil de ácidos graxos no leite. A suplementação da dieta de caprinos com sementes de linhaça

tratadas com formaldeído ou óleo de girassol foi estudada por Bernard et al. (2005), que também observaram reduções nas concentrações de ácidos graxos saturados de C6:0 a C17:0. Reduções semelhantes foram observadas por Schmidely et al. (2005) com a incorporação de 20% de soja extrusada na dieta de caprinos (5,19% de extrato etéreo na MS da dieta).

O comportamento da alteração do perfil de ácidos graxos parece não ser influenciado pelo modelo animal utilizado. Santos et al. (2001) forneceram óleo e grão de soja integral moído para vacas em lactação e constataram redução nos ácidos graxos de cadeias curta e média (C4:0-C12:0), principalmente com a adição do óleo na forma livre.

A síntese dos ácidos graxos de cadeias curta e média ocorre na glândula mamária, por meio da atividade enzimática com a participação da acetil CoA carboxilase e da ácido graxo sintase, que, em ruminantes, utilizam o acetato como principal precursor lipogênico (Piperova et al., 2000; Clegg et al., 2001).

Uma das principais ações que os ácidos graxos insaturados podem promover na fermentação ruminal é a redução da digestibilidade da fibra, com conseqüente alteração nas proporções dos ácidos graxos voláteis, reduzindo a proporção de acetato e aumentando a de propionato. Essa condição reflete diretamente na produção de gordura do leite, no entanto, verificou-se, no Capítulo 2º desta tese que a produção de gordura láctea só foi afetada com a inclusão do grão de soja na dieta de cabras em lactação, sugerindo que a inibição da síntese de ácidos graxos de cadeia curta ocorreu não por falta de substrato, mas pela presença da maior quantidade de ácidos graxos monoinsaturados C18:0 e C18:1 (Tabela 5). Chilliard et al. (2003) caracterizaram três famílias de ácidos graxos e suas correlações (família C18; família C10 a C16 e família C4 a C8) e verificaram correlações negativas entre a família C18 (especialmente C18:0 e C18:1) e a família C10 a C16, ou seja, na presença de ácidos graxos de cadeia longa, ocorre inibição na síntese dos ácidos graxos de cadeia média, fato que foi caracterizado neste experimento.

Entre os suplementos lipídicos, as dietas contendo Ca-Agcl e grão de soja apresentaram maiores concentrações de ácido palmítico (C16:0). No caso do lipídio protegido, esse fato era esperado, visto que, na formulação do produto, há maior concentração deste ácido em comparação ao óleo de soja, perfazendo uma diferença chega a 76 % (Tabela 4). Portanto, a maior quantidade deste ácido no abomaso pode ser decorrente da composição lipídica. No caso do grão de soja, a menor concentração de

ácidos graxos da família C18 (54%) em relação aos outros suplementos (58%) pode ter determinado menor efeito negativo sobre a síntese de ácidos graxos de cadeias curta e média, embora estejam presentes em concentrações menores que no tratamento controle.

Tem sido proposta a utilização da relação C12:0:C10:0 (Mirístico:Cáprico) de aproximadamente 0,50 como indicador de autenticidade de produtos lácteos caprinos (Alonso et al., 1999). Neste experimento, esta relação foi mantida em todos os tratamentos, independentemente da forma de suplementação, confirmando a validade desta ferramenta na identidade do leite desta espécie.

A suplementação lipídica aumentou o teor do ácido graxo C18:0 (Tabela 5). Teores de ácido C18:0 (esteárico) decorrentes da suplementação lipídica têm sido observado tanto em vacas (Sol Morales et al., 2000; Santos et al., 2001) quanto em cabras (Mir et al., 1999; Bernard et al., 2005; Schmidely et al., 2005).

O ácido esteárico indica o grau de hidrogenação dos ácidos graxos poliinsaturados no rúmen. A etapa inicial para a biohidrogenação é uma reação de isomerização que converte a dupla ligação *cis*-12 no ácido graxo poliinsaturado para seu isômero *trans*-11. As etapas de redução subseqüentes originarão o ácido *trans*-vacínico (C18:1 *trans*-11). A extensão na qual o ácido C18:1 *trans* 11 é hidrogenado a C18:0 depende das condições do rúmen e a maior quantidade de ácido linoléico parece inibir irreversivelmente esta reação (Jenkins, 1993).

Além dos efeitos da biohidrogenação, os aumentos de C18:0 no leite quando os animais foram suplementados, podem também ter sido decorrentes da maior quantidade deste ácido graxo nos suplementos (Tabela 4) e a síntese microbiana “*de novo*” a partir de acetato e glicose (Jenkins, 1993).

Observou-se aumento no teor do ácido graxo C20:0 somente quando houve a inclusão de Ca-Agcl. Schmidely et al. (2005) observaram aumento no teor do ácido araquídico (C20:0) quando ofereceram aos animais dietas contendo soja extrusada, que foi mais eficaz na proteção dos ácidos graxos que a soja grão sem tratamento, como a utilizada neste experimento.

Quanto aos ácidos graxos monoinsaturados (Tabela 5), todas as formas de suplementação reduziram a concentração do ácido palmitoléico (C16:1) e aumentaram a concentração do ácido oléico (C18:1n9c), analisado junto com o seu isômero *trans* (C18:1n9t – linoelaídico).

Os ácidos graxos poliinsaturados também foram afetados pela suplementação (Tabela 5). Os efeitos foram diferenciados não só em relação à dieta controle, mas também entre as formas de suplementação. Maiores concentrações do ácido linolênico ou ômega-3 (C18:3n3) foram promovidas pelo óleo de soja e pelos Ca-Agcl. No entanto, o aumento na concentração do ácido linoléico ou ômega-6 (C18:2n6c) foi observado apenas quando da adição de Ca-Agcl.

O aumento das concentrações dos ácidos linoléico e linolênico com a adição de Ca-Agcl era esperado, pois estes ácidos graxos são produzidos para serem ruminalmente inertes. No entanto, o aumento nas proporções destes ácidos e do total de insaturados (Tabela 5) quando fornecido óleo de soja à dieta e a diminuição com a suplementação com grão de soja, não eram esperados. Possivelmente, a biohidrogenação foi menos eficiente quando houve a adição de óleo de soja em relação ao grão de soja. Resultados semelhantes foram observados por Chilliard et al. (2003), que atribuíram esses efeitos à maior capacidade dos óleos (linhaça e girassol) em alterar o metabolismo ruminal e interferir na biohidrogenação, aumentando a transferência de ácidos poliinsaturados para o leite. As concentrações utilizadas por esses autores foram de 3 a 4%, sendo menores que a utilizada neste experimento (4,5 %).

Ácidos graxos monoinsaturados ou poliinsaturados (C18:2) depositados no leite podem ter diferentes origens. Os ácidos graxos insaturados podem alterar a fermentação ruminal da fibra pela ação tóxica sobre a população de bactérias fibrolíticas e estas bactérias, por sua vez, estão envolvidas no processo de biohidrogenação dos ácidos graxos poliinsaturados (Palmquist & Jenkins, 1980). Se a hidrogenação for completa, o principal produto será o ácido esteárico (C18:0), mas, em dietas em que as concentrações de ácidos poliinsaturados são elevadas, a hidrogenação pode não ser completa, alterando o perfil de ácidos graxos disponíveis para absorção e incorporação no leite.

Os principais intermediários da biohidrogenação são os isômeros do ácido linoléico conjugado (CLA), principalmente o ácido rumênico (C18:2 *cis*-9, *trans*-11) e o *trans*-vacínico (C18:1 *trans*-11), que podem ser absorvidos e incorporados diretamente no leite. Entretanto, as proporções observadas no leite podem ser diferentes daquelas absorvidas, em decorrência da ação nos enterócitos e na glândula mamária da enzima estearil-CoA (Δ -9) desaturase, capaz de adicionar uma ligação dupla no carbono 9, aumentando a insaturação dos ácidos graxos (Chilliard, 1993; Chilliard et al., 2003).

Schmidely et al. (2005) propuseram que a atividade da enzima Δ^9 desaturase pode ser avaliada pela razão C18:1/C18:0. De acordo com os dados obtidos para esta razão (Tabela 5), pode-se inferir que a ação da Δ^9 desaturase foi similar em todos os tratamentos e que a incorporação dos ácidos graxos C18:1, C18:2n6c e seu isômero tiveram a mesma magnitude de alteração pela ação enzimática e, portanto, as diferenças nas concentrações no leite estão relacionadas às modificações no ambiente ruminal e ao grau de proteção dos suplementos.

Os ácidos graxos saturados têm sido relacionados a problemas cardiovasculares na população humana. Nesse contexto, vários índices ou razões são empregados para indicar maior ou menor influência dietética na susceptibilidade destes distúrbios. Na Tabela 6 são relacionados alguns destes índices sugeridos na literatura.

Tabela 6 – Efeito da suplementação lipídica sobre as razões e os índices de ácidos graxos do leite de cabras

Item	Dieta				P	CV ² (%)
	Controle	Óleo de soja	Ca-Agcl ¹	Grão de soja		
Sat:Insat ³	1,98 ^a	1,15 ^c	1,25 ^c	1,52 ^b	***	13,83
Poli:Sat ⁴	0,05 ^b	0,09 ^a	0,11 ^a	0,06 ^b	***	19,17
IA ⁵	2,33 ^a	1,03 ^c	1,17 ^{bc}	1,50 ^b	***	17,69
(n-6:n-3) ⁶	4,52 ^b	2,29 ^c	2,04 ^c	6,47 ^a	***	26,44

Médias na linha seguidas de letras distintas diferem a 5% de probabilidade pelo teste SNK.

¹Sais de cálcio de ácidos graxos de cadeia longa; ²Coefficiente de variação; ³Saturados:Insaturados;

⁴Polinsaturados:Saturados; ⁵Índice de aterogenicidade; ⁶C18:2n6:C18:3n3.

***P<0,001.

As alterações promovidas no perfil de ácidos graxos são refletidas no somatório dos ácidos graxos (Tabela 5) e nas razões entre eles (Tabela 6).

A suplementação lipídica nas formas de óleo de soja e Ca-Agcl melhorou as razões estudadas em comparação à dieta controle. No entanto, quando a fonte de lipídio foi o grão de soja, este suplemento promoveu piores respostas em relação aos demais suplementos e até mesmo à dieta controle, à exceção do índice de aterogenicidade (IA), em que a dieta contendo grão de soja apresentou resultado semelhante aos obtidos com o uso dos Ca-Agcl.

Apesar de diferirem na forma de cálculo, todos estes índices facilitam o planejamento nutricional de dietas que tenham a finalidade de reduzir os problemas de saúde humana relacionadas ao alto consumo de gorduras saturadas.

De acordo com Schmidely et al. (2005), a diminuição na razão saturados:insaturados pode ser favorável na redução dos níveis plasmáticos de colesterol.

Wood et al. (2003) relatam que tem sido recomendado que a razão poliinsaturados:saturados na dieta de humanos seja acima de 0,4. Apesar do aumento promovido nesta razão pela suplementação com óleo de soja e Ca-Agcl, esta relação não foi obtida.

Em substituição à razão poliinsaturados:saturados, Ulbricht & Southgate (1991), citados por Bobe et al. (2003), propuseram o índice de aterogenicidade (IA) como indicador do risco dietético para doenças cardiovasculares. Esse índice é a soma das proporções dos ácidos láurico (C_{12:0}), palmítico (C_{16:0}) e quatro vezes a proporção do ácido mirístico (C_{14:0}) divididos pelo total de insaturados. Com o uso deste índice, o melhor resultado foi obtido com o fornecimento de óleo de soja na forma livre e a semelhança entre os Ca-Agcl e o grão de soja pode ter resultado da maior concentração do ácido palmítico nesses suplementos (Tabela 5).

Recentemente, um novo enfoque tem sido preconizado pelos nutricionistas envolvendo o tipo de ácido graxo poliinsaturado (AGPI) e o balanço na dieta entre os ácido linolênico (C_{18:3}) e linoléico (C_{18:2}), considerados fatores anticarcinogênicos, hipocolesterolêmicos e de prevenção das doenças coronarianas. Valores para esta razão inferiores a quatro são considerados benéficos e, neste experimento, foram alcançados com a adição de óleo de soja e de Ca-Agcl.

De maneira geral, considerando-se apenas os efeitos dos suplementos lipídicos sobre o conteúdo de AGI, pode-se inferir que o grão de soja proporcionou resultados inferiores aos demais suplementos (Tabela 5). No entanto, não se deve ignorar que este tratamento determinou menores alterações no somatório dos teores dos ácidos graxos de cadeia média (C_{6:0} a C_{12:0}), considerados ingredientes funcionais no leite de cabra.

Em humanos, ácidos graxos de cadeias curta e média (C₆ a C₁₂) em relação aos de cadeia longa, possuem digestão mais rápida, em razão da ação mais eficaz das lipases sobre as ligações ésteres dos triglicerídeos (Jenness, 1980; Park, 1994), também associadas aos efeitos de diminuição nos níveis plasmáticos de colesterol observados quando ocorre consumo de leite de cabra (López-Aliaga et al., 2005). Considerando-se que parte das recomendações terapêuticas para a utilização do leite de cabra baseia-se nos teores destes ácidos graxos, sugere-se que sejam avaliados também os efeitos sobre o perfil de ácidos graxos de cadeias curta e média.

Conclusões

A adição de diferentes suplementos lipídicos em dietas de cabras em lactação, em nível de 4,5% da matéria seca, alterou significativamente o perfil de ácidos graxos no leite. As alterações promovidas pela adição de lipídios envolveram a redução nos ácidos graxos de cadeias curta e média e o aumento dos ácidos graxos de cadeia longa saturados e insaturados, resultando em melhores razões e índices indicativos para o uso do leite como alimento funcional. Os suplementos óleo de soja e sais de cálcio de ácidos graxos foram efetivos em promover as alterações desejáveis no leite caprino.

Literatura Citada

- AGRICULTURAL AND FOOD RESEARCH COUNCIL.AFRC. **Energy and Protein Requirements of Ruminants**. Wallingford, UK: CAB international, 1993, 159 p.
- ALFÉREZ, M.J.M.; BARRIONUEVO, M.; ALIAGA, T. L. et al. Digestive utilization of goat and cow milk fat in malabsorption syndrome. **Journal of Dairy Research**, n.68, p.451-461, 2001.
- ALONSO, L.; FONTECHA, J.; LOZADA, L. et al. Fatty acid composition of caprine milk: major, branched-chain and trans fatty acids. **Journal of Dairy Science**, v.82 n.5, p.878-884, 1999.
- BERNARD, L.; ROUEL, J.; LEROUX, C. et al. Mammary lipid metabolism and milk fatty acid secretion in alpine goats fed vegetable lipids. **Journal of Dairy Science**, v.88, p.1478-1489, 2005.
- BOBE, G.; HAMMOND, E.G.; LINDBERG, G.L. et al. Texture of butter from cows with different milk fatty acid compositions. **Journal of Dairy Science**, v.86, p.312-3127, 2003.
- CHALUPA, W.; RICKABAUGH, B.; KRONFELD, D.S. et al. Rumen fermentation in vitro as influenced by long chain fatty acids. **Journal of Dairy Science**, v.67, p.1439-1444, 1984.
- CHILLIARD, Y. Caractéristiques biochimiques des lipides du lait de chèvre. Comparaison avec les laits de vache et humain. **Actes du colloque: Le lait de chèvre, un atout pour la santé**. INRA Editions, n.81, p.51-64, 1997.
- CHILLIARD, Y. Dietary fat and adipose tissue metabolism in ruminants, pigs and rodents: a review. **Journal of Dairy Science**, v.76, p.3897-3931, 1993.
- CHILLIARD, Y.; FERLAY, A.; ROUEL, J. et al. A review of nutritional and physiological factors affecting goat milk lipid synthesis and lipolysis. **Journal of Dairy Science**, v.86, n.5, p.1751-1770, 2003.
- CLEGG, R.A.; BARBER, M.C.; POOLEY, L. et al. Milk fat synthesis and secretion: molecular and cellular aspects. **Livestock Production Science**, v.70, p.3-14, 2001.
- DUBEUF, J.P.; MORAND-FEHR, P.; RUBINO, R. Situation, changes and future of goat industry around the world. **Small Ruminant Research**, v.51, p.165-173, 2004.
- ELWOOD, P.C. Milk and cardiovascular disease: a review of the epidemiological evidence. **Australian Journal of Dairy Technology**, v.60, n.1, p.58-60, 2005.
- FENG, S.; LOCK, A.L.; GARNSWORTHY, P.C. Technical note: a rapid lipid separation method for determining fatty acid composition in milk. **Journal of Dairy Science**, v.87, p.3785-3788, 2004.
- HAENLEIN, G.F.W. Goat milk in human nutrition. **Small Ruminant Research**, v.51, p.155-163, 2004.
- HARTMAN, L.; LAGO, R.C.A. **Rapid preparation of fatty acid methyl esters**. London: Laboratory Practice, v.22, p.475-476, 1986.
- JENKINS, T.C. Lipid metabolism in the rumen. **Journal of Dairy Science**, v.76, p.3851-3863, 1993

- JENNESS, R. Composition and characteristics of goat milk: review. **Journal of Dairy Science**, v.63, p.1968-1979, 1980.
- KOFTEN, J.R.; CORNELLIUS, S.G. Responses of supplementary dry, rumen inerte fat sources in lactating dairy cows diets. Dec. 2004. disponível em: http://www.findarticles.com/p/articles/mi_qa4035/is_200412/ai_n9473360/pg4. Acessado em: abril de 2005
- KRATZ, M.; CULLEN, P.; WAHRBURG, U. The impact of dietary mono- and poly-unsaturated fatty acids on risk factors for atherosclerosis in humans. **European Journal of Lipid Science and Technology**, v.104, n.5, p.300-311, 2002.
- LÓPEZ-ALIAGA, I.; ALFÉREZ, M. J. M; NESTARES, P.B.R. et al. Goat milk feeding causes an increase in biliary secretion of cholesterol and a decrease in plasma cholesterol levels in rats. **Journal f Dairy Science**, v.88, n.3, p.1024-1030, 2005.
- McCULLOUGH, F.S.W. Nutritional interest of goat's milk- Present information and future prospects. **International symposium: The future of the sheep and goat dairy sectors**. Zaragoza, Spain, session 5, p.1-7, 2004.
- MIELKE, C.D.; SCHINGOETHE, D.J. Heat-treated soybeans for lactating cows. **Journal of Dairy Science**, v.64, p.1579-1585, 1981
- MIR, Z.; GOONEWARDENE, L.A.; OKINE, E. et al. Effect of feeding canola oil on constituents, conjugated linoleic acid (CLA) and long chain fatty acids in goat milks. **Small Ruminant Research**, v.33, p.137-143, 1999.
- MORAND-FEHR, P.; BOURBOUZE, A.; HOUÉROU, H.N. et al. the role of goats in the Mediterranean area. **Livestock Production Science**, v.10, p.569-587, 1983.
- NATIONAL RESEARCH COUNCIL. NRC. Nutrient Requirements of Dairy Cattle. 7ed. Washington: National Academic Press, 2001, 387p.
- NESS, A.R.; SMITH, G.D.; HART, C. Milk, coronary heart disease and mortality. **Journal of Epidemiology and Community Health**, v.55, n.6, p.379-382, 2001.
- PALMQUIST, D.L.; JENKINS, T.C. Fat in lactation rations: review. **Journal of Dairy Science**, v.63, n.1, p.1, 1980.
- PALMQUIST, D.L.; BEAULIEU, A.D.; BARBANO, D.M. Feed and animal factors influencing milk fat composition. **Journal of Dairy Science**, v.76, p.1753-1771, 1993.
- PARK, Y.W. Hypo-allergenic and therapeutic significance of goat milk. **Small Ruminant Research**, n.14, p.151-159, 1994.
- PIPEROVA, L.S.; TETER, B.B.; BRUCKENTAL, I. Mammary lipogenic enzyme activity, *trans* fatty acids and conjugated linoleic acids are altered in lactating dairy cows fed a milk fat depressing diet. **Journal of Nutrition**, v.130, n.12, p.2568-2574, 2000.
- SANTOS, F.L.; SILVA, M.T.C.; LANA, R.P. et al. Efeito da suplementação de lipídios na ração sobre a produção de ácidos graxos linoléico conjugado (CLA) e a composição da gordura do leite de vaca. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.30, n.6, p.1931-1938, 2001.
- SANZ SAMPELAYO, M.R.; PÉREZ, L.; MARTÍN ALONSO, J.J. et al. Effects of concentrates with different contents of protected fat rich in PUFAs on the

- performance lactating granadina goats. Part II. Milk production and composition. **Small Ruminant Research**, v.43, p.141-148, 2002.
- STATISTICAL ANALYSIS SYSTEM. SAS. User's Guide: Statistics. Version 8.0. NC: SAS INSTITUTE, 1999.
- SCHMIDELY, P.; MORAND-FEHR, P.; SAUVANT, D. Influence of extruded soybeans with or without bicarbonate on milk performance and fatty acid composition of goat milk. **Journal of Dairy Science**, v.88, p.757-765, 2005.
- SCHNEIDER, P.; SKLAN, D.; CHALUPA, P. et al. Feeding calcium salts of fatty acids to lactating cows. **Journal of Dairy Science**, v.71, p.2143-2150, 1988.
- SOL MORALES, M.; PALMQUIST, D.L.; WEISS, W.P. Milk fat composition of holstein and Jersey cows with control or depleted copper status and fed whole soybeans or tallow. **Journal of Dairy Science**, v.83, p.2112-2119, 2000.
- SUKHIJA, P.S.; PALMQUIST, D.L. Dissociation of calcium soaps of long-chain fatty-acids in rumen fluid. **Journal of Dairy Science**, v.73, p.1784-1787, 1990.
- 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. **J. Dairy Science**, v.77, p.166-180, 1994.
- VAN SOEST, P.J. **Nutritional ecology of the ruminant**. 2. ed. Ithaca: Comstock, 1994. 476 p.
- WOOD, J.D.; RICHARDSON, R.I.; NUTE, G.R. et al. Effects of fatty acids on meat quality: a review. **Meat Science**, v.66, p.21-32, 2003.

APÊNDICE

Apêndice A

Tabela 1A – Período (P), quadrado (Q), animal (A), tratamento (T) e valores referentes ao peso vivo (PV) e ao consumo de matéria seca, em g/dia (CMS), em percentual do peso vivo (CMSPV) e em g/kg de unidade de tamanho metabólico (CMSUTM).

P	Q	A	T	PV	CMS	CMSPV	CMSUTM
1	1	1787	1	44,70	523,83	1,17	30,30
2	1	1793	1	59,58	976,10	1,63	45,52
4	1	1909	1	43,13	1312,58	2,20	61,10
3	1	2843	1	59,73	548,58	1,27	32,60
4	2	1548	1	50,63	826,94	1,50	40,94
3	2	1765	1	32,10	841,01	1,69	44,95
1	2	1915	1	49,68	1317,38	2,60	69,41
2	2	2088	1	55,00	848,44	2,64	62,91
2	1	1787	2	48,85	671,85	1,50	38,88
3	1	1793	2	44,68	849,90	1,43	39,71
1	1	1909	2	59,43	662,69	1,36	35,86
4	1	2843	2	43,30	446,46	1,03	26,45
2	2	1548	2	46,35	587,85	1,09	29,48
1	2	1765	2	54,08	952,83	2,06	53,64
3	2	1915	2	57,75	980,46	1,70	46,80
4	2	2088	2	34,18	711,18	2,08	50,31
3	1	1787	3	45,90	471,84	1,14	28,92
4	1	1793	3	52,48	760,37	1,36	37,21
2	1	1909	3	41,38	1888,76	3,60	96,87
1	1	2843	3	55,88	595,09	1,30	33,75
1	2	1548	3	54,03	782,62	1,45	39,27
4	2	1765	3	54,10	569,54	1,16	30,80
2	2	1915	3	32,83	1233,65	2,28	61,84
3	2	2088	3	48,90	672,39	2,04	49,03
4	1	1787	4	58,95	326,77	0,89	21,98
1	1	1793	4	42,40	776,78	1,32	36,51
3	1	1909	4	57,80	1357,39	2,35	64,75
2	1	2843	4	36,55	324,38	0,76	19,52
3	2	1548	4	30,05	668,27	1,21	33,08
2	2	1765	4	50,80	1097,62	2,16	57,68
4	2	1915	4	55,03	830,16	1,46	40,07
1	2	2088	4	56,90	760,43	2,53	59,25

Tabela 2A – Período (P), quadrado (Q), animal (A), tratamento (T) e valores referentes, em g.dia⁻¹, aos consumos de fibra em detergente neutro, em g/dia (CFDN), carboidratos não-fibrosos (CCNF), extrato etéreo (CEE) e nutrientes digestíveis totais (CNDT), e ao consumo de energia líquida (CEL), em Mcal.dia⁻¹

P	Q	A	T	CFDN	CCNF	CEE	CNDT	CEL
1	1	1787	1	207,39	225,60	12,92	459,74	1,12
2	1	1793	1	404,05	378,17	22,29	761,65	1,88
4	1	1909	1	563,52	492,18	29,02	935,21	2,30
3	1	2843	1	198,81	239,19	13,22	432,00	1,02
4	2	1548	1	367,37	300,15	18,19	630,34	1,57
3	2	1765	1	307,16	363,95	21,24	642,91	1,52
1	2	1915	1	526,81	525,68	29,99	997,00	2,43
2	2	2088	1	349,44	332,06	19,39	613,45	1,49
2	1	1787	2	280,48	236,99	45,23	560,82	1,39
3	1	1793	2	334,30	314,23	59,51	687,29	1,67
1	1	1909	2	256,17	250,45	47,96	534,41	1,28
4	1	2843	2	145,69	193,92	35,37	335,34	0,73
2	2	1548	2	243,76	207,34	48,76	521,71	1,25
1	2	1765	2	40,73	323,78	67,92	802,71	1,99
3	2	1915	2	369,16	378,84	70,08	757,00	1,79
4	2	2088	2	278,03	365,74	49,97	564,32	1,36
3	1	1787	3	163,36	195,37	38,40	353,07	0,83
4	1	1793	3	264,80	309,27	58,84	610,51	1,40
2	1	1909	3	765,73	674,88	131,31	1408,78	3,43
1	1	2843	3	208,97	237,18	45,79	503,77	1,21
1	2	1548	3	338,85	258,79	53,68	682,61	1,71
4	2	1765	3	224,47	207,28	43,32	481,68	1,17
2	2	1915	3	502,63	436,50	91,53	629,38	1,42
3	2	2088	3	277,19	237,35	49,76	507,83	1,22
4	1	1787	4	150,30	133,94	18,89	266,17	0,62
1	1	1793	4	308,60	295,51	57,51	634,79	1,53
3	1	1909	4	550,03	513,90	95,95	950,79	2,21
2	1	2843	4	160,19	132,98	15,12	251,77	0,59
3	2	1548	4	271,92	250,25	51,60	595,21	1,41
2	2	1765	4	491,16	371,09	73,21	868,28	2,14
4	2	1915	4	363,61	285,72	57,71	639,92	1,56
1	2	2088	4	330,68	265,97	54,42	529,98	1,26

Tabela 3A – Período (P), quadrado (Q), animal (A), tratamento (T) e valores referentes, em percentual, à digestibilidade da matéria seca (DMS), da matéria orgânica (DMO), da fibra em detergente neutro (DFDN), da proteína bruta (DPB), do extrato etéreo (DEE), dos carboidratos totais (DCHOT) e dos carboidratos não-fibrosos (DCNF)

P	Q	A	T	DMS	DMO	DFDN	DPB	DEE	DCHOT	DCNF
1	1	1787	1	80,71	82,62	72,01	81,87	72,88	83,10	95,98
2	1	1793	1	72,09	73,72	57,09	75,23	70,78	73,43	95,20
4	1	1909	1	65,19	66,73	51,92	72,02	55,67	65,73	87,60
3	1	2843	1	71,67	73,94	52,54	74,46	67,08	74,03	95,96
4	2	1548	1	69,38	71,01	59,12	75,11	85,10	69,56	88,03
3	2	1765	1	69,46	71,36	51,46	73,47	70,76	70,80	91,62
1	2	1915	1	70,11	71,29	53,46	72,43	66,49	71,14	93,52
2	2	2088	1	65,63	68,04	46,31	69,17	59,80	68,02	95,76
2	1	1787	2	71,22	72,46	56,25	77,31	87,61	71,70	94,95
3	1	1793	2	68,80	69,12	50,38	73,19	88,61	68,29	92,67
1	1	1909	2	67,65	68,30	48,81	70,69	86,83	68,08	93,31
4	1	2843	2	60,30	60,61	30,01	57,59	83,04	62,07	92,51
2	2	1548	2	74,56	73,99	58,61	81,65	93,70	71,89	93,54
1	2	1765	2	73,20	73,01	66,86	73,34	85,40	73,55	86,73
3	2	1915	2	65,05	64,18	38,99	71,67	89,72	62,31	91,45
4	2	2088	2	67,08	67,25	50,26	70,34	84,25	67,19	90,71
3	1	1787	3	60,09	60,25	62,96	60,33	85,17	60,68	65,17
4	1	1793	3	66,02	66,92	41,88	69,63	84,83	66,89	94,10
2	1	1909	3	61,96	62,72	44,27	65,67	86,50	62,23	89,15
1	1	2843	3	71,31	72,49	64,37	74,49	86,49	72,53	84,30
1	2	1548	3	76,27	76,62	67,58	82,58	90,87	75,37	90,12
4	2	1765	3	70,61	72,15	64,16	72,26	85,89	72,85	87,50
2	2	1915	3	35,07	35,63	3,18	47,40	78,05	33,10	80,45
3	2	2088	3	61,61	62,11	42,57	67,44	85,65	61,25	90,61
4	1	1787	4	60,38	67,02	58,83	54,47	75,28	68,68	89,60
1	1	1793	4	66,38	68,85	62,46	69,62	84,96	66,90	79,62
3	1	1909	4	55,67	57,81	34,06	64,23	77,04	54,24	86,29
2	1	2843	4	60,64	63,82	62,41	42,46	77,05	65,10	79,54
3	2	1548	4	73,78	75,60	60,79	80,25	86,99	72,99	92,99
2	2	1765	4	66,91	68,02	52,59	70,46	82,59	66,04	91,98
4	2	1915	4	63,97	65,07	52,56	68,44	82,59	62,46	84,40
1	2	2088	4	55,30	57,29	37,60	62,18	77,89	53,96	85,75

Tabela 4A – Período (P), quadrado (Q), animal (A), tratamento (T) e valores referentes, em percentual, à digestibilidade ruminal (em relação ao total digerido) da matéria seca (DMS), da matéria orgânica (DMO), da fibra em detergente neutro (DFDN), da proteína bruta (DPB), do extrato etéreo (DEE), dos carboidratos totais (DCHOT) e dos carboidratos não-fibrosos (DCNF)

P	Q	A	T	DMS	DMO	DFDN	DPB	DEE	DCHOT	DCNF
1	1	1787	1	95,27	51,14	58,76	94,22	88,18	63,21	98,34
1	1	1909	2	93,85	28,38	40,60	90,59	89,17	45,84	96,56
1	1	2843	3	92,88	12,12	56,74	88,88	87,64	41,35	95,01
1	1	1793	4	91,63	16,53	46,48	89,60	90,46	29,86	93,92
1	2	1765	2	95,28	34,21	52,78	86,70	87,58	47,53	92,75
1	2	2088	4	93,66	32,54	36,37	89,86	88,07	44,54	96,82
1	2	1915	1	62,33	10,94	37,28	68,28	52,25	37,89	90,91
1	2	1548	3	94,37	46,79	50,20	93,69	93,20	56,15	97,36
2	1	1787	2	93,34	32,73	42,92	92,18	92,69	45,27	96,49
2	1	1909	3	92,40	17,93	28,76	75,87	61,57	34,64	88,69
2	1	2843	4	95,69	37,64	39,93	94,21	95,58	46,94	98,06
2	1	1793	1	95,28	49,17	49,11	90,24	80,45	57,12	96,54
2	2	1765	4	93,75	22,32	41,10	78,02	84,33	33,90	88,93
2	2	2088	1	94,61	37,18	43,99	85,80	84,44	49,20	95,22
2	2	1915	3	94,17	32,02	43,34	82,38	76,60	51,06	94,67
2	2	1548	2	62,51	19,42	50,88	91,45	89,87	34,01	94,23
3	1	1787	3	97,05	97,18	97,67	95,09	92,83	98,26	99,31
3	1	1909	4	81,75	83,58	88,94	77,81	70,14	86,13	85,47
3	1	2843	1	93,49	94,18	94,88	89,14	80,46	95,80	97,51
3	1	1793	2	92,16	92,79	93,15	90,07	86,50	94,46	97,08
3	2	1765	1	80,96	84,46	89,75	69,81	32,17	89,54	90,67
3	2	2088	3	91,70	92,21	92,75	88,32	84,40	94,35	97,34
3	2	1915	2	87,72	89,07	91,76	83,19	78,20	92,16	93,94
3	2	1548	4	94,96	95,53	96,75	93,87	90,38	96,38	96,60
4	1	1787	4	97,88	98,07	98,45	96,73	97,51	98,43	98,80
4	1	1909	1	88,25	89,45	94,34	83,35	73,15	91,40	89,21
4	1	2843	2	92,02	92,96	95,22	87,86	83,54	95,49	96,48
4	1	1793	3	90,36	91,33	94,19	86,29	81,31	94,00	94,81
4	2	1765	3	85,80	88,19	92,52	81,54	86,45	90,68	90,28
4	2	2088	2	91,53	92,15	90,14	89,43	88,68	93,62	99,01
4	2	1915	4	90,85	92,06	93,89	88,42	85,99	63,46	93,88
4	2	1548	1	92,45	93,25	94,42	89,48	83,59	94,44	95,31

Tabela 5A – Período (P), quadrado (Q), animal (A), tratamento (T) e valores referentes à matéria seca ruminal (MSR), ao extrato etéreo ruminal (EER), em gramas, e à taxa de passagem de sólidos (k_p)

P	Q	A	T	MSR	EER	k_p
1	1	1787	1	438,36	17,08	0,0101
2	1	1793	1	426,67	7,78	0,0177
3	1	2843	1	371,84	19,84	0,0097
4	1	1909	1	514,87	16,90	0,0203
1	2	1915	1	444,60	15,38	0,0209
2	2	2088	1	296,11	3,96	0,0237
3	2	1765	1	533,58	25,86	0,0099
4	2	1548	1	472,27	15,37	0,0146
1	1	1909	2	355,73	14,84	0,1316
2	1	1787	2	388,48	10,71	0,0134
3	1	1793	2	427,04	20,43	0,0142
4	1	2843	2	290,19	14,42	0,0100
1	2	1765	2	584,18	9,74	0,0110
2	2	1548	2	373,40	19,75	0,0127
3	2	1915	2	411,65	24,92	0,0159
4	2	2088	2	323,48	12,07	0,0143
1	1	2843	3	362,85	34,40	0,0100
2	1	1909	3	663,13	50,49	0,0212
3	1	1787	3	323,85	36,22	0,0094
4	1	1793	3	409,24	24,26	0,0119
1	2	1548	3	481,50	36,67	0,0126
2	2	1915	3	437,37	29,36	0,0206
3	2	2088	3	348,01	15,73	0,0150
4	2	1765	3	477,27	33,62	0,0085
1	1	1793	4	466,54	30,11	0,0105
2	1	2843	4	212,61	5,85	0,0114
3	1	1909	4	560,88	29,49	0,0170
4	1	1787	4	394,85	19,99	0,0068
1	2	2088	4	574,37	39,75	0,0097
2	2	1765	4	847,70	60,25	0,0097
3	2	1548	4	490,98	33,56	0,0089
4	2	1915	4	440,30	30,03	0,0127

Tabela 6A – Período (P), quadrado (Q), animal (A), tratamento (T) e valores referentes ao pH nos tempos de coleta após alimentação da manhã (0, 2, 4, 8 e 16 horas)

P	Q	A	T	pH				
				0	2	4	8	16
1	1	1787	1	6,35	6,67	6,73	6,77	5,72
2	1	1793	1	6,82	6,37	6,31	6,60	6,17
3	1	2843	1	6,30	5,90	5,72	6,03	5,71
4	1	1909	1	6,50	6,30	6,32	6,42	5,77
1	2	1915	1	6,83	7,02	6,98	7,17	6,14
2	2	2088	1	6,53	6,47	6,67	6,43	6,32
3	2	1765	1	6,60	6,25	6,10	5,95	5,46
4	2	1548	1	6,14	6,05	6,32	6,10	5,94
1	1	1909	2	6,40	6,16	6,28	6,31	5,94
2	1	1787	2	5,98	5,64	6,01	6,23	5,38
3	1	1793	2	6,67	6,63	6,56	6,52	6,53
4	1	2843	2	6,54	6,21	6,27	6,18	5,90
1	2	1765	2	6,70	6,79	6,89	7,06	6,07
2	2	1548	2	6,61	6,11	6,07	6,51	6,01
3	2	1915	2	6,82	6,60	6,56	6,58	6,25
4	2	2088	2	6,71	6,22	6,71	6,66	6,51
1	1	2843	3	6,73	6,73	6,72	6,80	5,91
2	1	1909	3	6,27	5,89	5,90	6,13	5,69
3	1	1787	3	5,96	5,37	5,63	5,74	5,60
4	1	1793	3	6,50	6,52	6,50	6,58	6,36
1	2	1548	3	6,35	7,06	7,11	7,14	5,78
2	2	1915	3	6,53	6,39	6,32	6,53	6,16
3	2	2088	3	6,38	6,29	6,40	6,16	6,00
4	2	1765	3	6,58	6,40	6,08	6,15	6,08
1	1	1793	4	7,04	7,12	7,09	7,22	6,43
2	1	2843	4	6,09	6,03	6,05	6,02	5,81
3	1	1909	4	7,09	6,62	5,99	6,48	6,20
4	1	1787	4	6,35	6,17	6,04	6,09	5,87
1	2	2088	4	6,61	6,38	6,26	6,42	6,23
2	2	1765	4	6,54	6,47	6,26	6,42	6,01
3	2	1548	4	6,71	6,40	6,13	6,23	6,28
4	2	1915	4	6,58	6,28	6,38	6,60	6,39

Tabela 7A – Período (P), quadrado (Q), animal (A), tratamento (T) e valores referentes à amônia ruminal (NH₃) nos tempos de coleta após alimentação da manhã (0, 2, 4, 8 e 16 horas)

P	Q	A	T	NH ₃				
				0	2	4	8	16
1	1	1787	1	38,99	53,39	43,65	42,80	49,58
2	1	1793	1	20,76	44,49	41,53	31,78	38,14
3	1	2843	1	52,12	63,14	73,50	76,56	64,75
4	1	1909	1	21,45	34,07	16,83	12,20	20,19
1	2	1915	1	22,46	51,27	50,43	36,02	38,14
2	2	2088	1	35,17	58,90	33,05	31,36	38,99
3	2	1765	1	34,75	29,75	23,56	19,77	29,86
4	2	1548	1	31,13	29,86	26,08	22,29	29,02
1	1	1909	2	27,12	35,60	32,63	21,19	26,70
2	1	1787	2	26,27	27,97	19,49	18,22	25,66
3	1	1793	2	19,92	30,93	31,55	19,35	18,93
4	1	2843	2	33,65	46,27	46,69	24,40	34,91
1	2	1765	2	22,88	45,34	28,82	31,94	26,27
2	2	1548	2	23,73	43,65	25,43	23,31	23,73
3	2	1915	2	28,82	33,48	26,92	13,88	14,30
4	2	2088	2	22,31	23,56	14,72	13,46	12,62
1	1	2843	3	37,71	57,63	45,77	36,44	46,61
2	1	1909	3	28,39	41,53	31,78	29,66	38,99
3	1	1787	3	22,88	41,10	45,06	19,25	34,49
4	1	1793	3	21,87	25,24	24,82	23,19	21,03
1	2	1548	3	19,07	36,44	35,17	41,95	16,95
2	2	1915	3	22,46	35,60	27,54	19,49	24,15
3	2	2088	3	25,00	36,31	33,69	33,69	21,03
4	2	1765	3	28,60	37,86	26,08	22,31	25,66
1	1	1793	4	16,53	25,43	13,56	12,29	26,27
2	1	2843	4	82,63	79,24	68,65	50,43	47,88
3	1	1909	4	17,80	22,88	19,25	26,92	19,77
4	1	1787	4	20,19	18,81	16,83	14,30	13,04
1	2	2088	4	26,70	36,02	24,15	17,37	27,97
2	2	1765	4	38,99	40,68	41,13	31,94	24,58
3	2	1548	4	20,76	44,59	20,19	17,06	28,60
4	2	1915	4	19,77	21,03	27,34	18,51	30,29

Tabela 8A – Período (P), quadrado (Q), animal (A), tratamento (T) e valores referentes aos percentuais de nitrogênio na matéria seca bacteriana (NT) e de N-RNA bacteriano (N-RNA) e à razão N-RNA/NT (NT/N-RNA)

P	Q	A	T	NT	N-RNA	N-RNA/N-BACT
1	1	1787	1	7,73	1,283	16,60
2	1	1793	1	9,82	1,546	15,74
3	1	2843	1	8,82	1,594	18,06
4	1	1909	1	8,51	1,394	16,39
1	2	1915	1	8,86	1,452	16,38
2	2	2088	1	8,72	1,520	17,44
3	2	1765	1	7,39	1,311	17,75
4	2	1548	1	7,80	1,216	15,58
1	1	1909	2	6,73	1,253	18,63
2	1	1787	2	7,16	1,308	18,26
3	1	1793	2	6,88	1,336	19,43
4	1	2843	2	6,20	1,051	16,94
1	2	1765	2	6,45	1,344	20,83
2	2	1548	2	7,34	1,228	16,72
3	2	1915	2	6,76	1,195	17,68
4	2	2088	2	6,36	1,219	19,18
1	1	2843	3	7,38	1,360	18,43
2	1	1909	3	6,85	1,434	20,93
3	1	1787	3	6,91	1,257	18,19
4	1	1793	3	6,30	0,964	15,30
1	2	1548	3	7,10	1,345	18,94
2	2	1915	3	7,82	1,536	19,65
3	2	2088	3	7,65	1,353	17,67
4	2	1765	3	6,43	1,190	18,51
1	1	1793	4	8,79	1,453	16,52
2	1	2843	4	7,08	1,352	19,08
3	1	1909	4	7,22	1,195	16,55
4	1	1787	4	7,53	1,263	16,78
1	2	2088	4	6,59	1,225	18,60
2	2	1765	4	6,38	1,371	21,47
3	2	1548	4	6,26	1,177	18,79
4	2	1915	4	7,16	1,106	15,44

Tabela 9A – Período (P), quadrado (Q), animal (A), tratamento (T) e valores referentes, em g/dia, ao fluxo de proteína bruta microbiana (FPMic) e à eficiência de síntese microbiana, em g de nitrogênio por kg de matéria orgânica degradada no rúmen (PMicMODR), em g de nitrogênio por kg de carboidratos totais degradados no rúmen (PMicCHOTDR) e em g de nitrogênio por kg de NDT consumido

P	Q	A	T	FPMic	PMicMODR	PMicCHOTDR	PMicNDT
1	1	1787	1	15,16	38,33	47,60	36,15
2	1	1793	1	30,97	48,71	61,95	44,21
3	1	2843	1	35,50	98,54	125,25	90,08
4	1	1909	1	92,23	124,61	158,57	108,74
1	2	1915	1	63,38	84,76	103,42	69,50
2	2	2088	1	40,27	80,40	100,93	71,88
3	2	1765	1	74,98	157,47	194,21	128,61
4	2	1548	1	54,04	104,43	134,46	94,03
1	1	1909	2	31,07	81,84	103,44	63,23
2	1	1787	2	33,85	81,85	103,79	65,14
3	1	1793	2	24,55	50,14	63,85	38,70
4	1	2843	2	32,92	147,48	181,15	108,74
1	2	1765	2	27,78	49,19	61,49	37,40
2	2	1548	2	31,84	87,78	114,63	66,70
3	2	1915	2	76,29	152,31	194,69	110,28
4	2	2088	2	29,82	75,99	95,85	57,71
1	1	2843	3	44,04	123,12	156,53	95,14
2	1	1909	3	29,88	35,23	43,08	23,14
3	1	1787	3	18,67	76,40	96,95	58,86
4	1	1793	3	61,27	149,06	187,68	110,33
1	2	1548	3	24,63	48,29	61,93	38,81
2	2	1915	3	15,90	46,16	61,42	29,20
3	2	2088	3	58,80	172,06	217,62	127,59
4	2	1765	3	33,66	104,47	129,86	76,35
1	1	1793	4	44,97	95,47	133,35	79,69
2	1	2843	4	5,64	30,14	35,69	26,91
3	1	1909	4	87,30	141,00	197,54	104,91
4	1	1787	4	15,06	74,48	92,03	67,28
1	2	2088	4	35,50	92,73	131,40	76,55
2	2	1765	4	39,00	64,48	86,80	50,06
3	2	1548	4	28,41	62,50	88,61	53,68
4	2	1915	4	47,95	103,00	142,89	84,30

Tabela 10A – Período (P), quadrado (Q), animal (A), tratamento (T) e valores referentes, em g.d⁻¹, ao consumo de nitrogênio (CN), ao nitrogênio excretado nas fezes (NF) e na urina (NU), ao balanço de N (BN), nitrogênio endógeno basal (NEB) e ao nitrogênio retido (NR)

P	Q	A	T	CN	NF	NU	BN	NEB	NR
1	1	1787	1	14,21	2,58	4,92	6,70	6,36	0,34
2	1	1793	1	28,82	7,11	13,30	8,41	7,89	0,52
4	1	1909	1	38,91	10,89	28,72	-0,40	7,90	-8,30
3	1	2843	1	16,76	4,28	10,06	2,42	6,19	-3,77
4	2	1548	1	24,29	6,04	12,34	5,91	7,43	-1,53
3	2	1765	1	25,97	6,96	13,58	5,44	6,89	-1,45
1	2	1915	1	39,55	10,91	23,05	5,59	6,98	-1,39
2	2	2088	1	24,69	7,62	15,16	1,92	4,96	-3,05
2	1	1787	2	18,37	4,16	9,92	4,29	6,35	-2,07
3	1	1793	2	23,82	6,38	9,96	7,48	7,87	-0,40
1	1	1909	2	18,53	5,42	11,61	1,49	6,80	-5,30
4	1	2843	2	12,81	5,43	4,43	2,95	6,21	-3,26
2	2	1548	2	16,20	3,00	8,56	4,65	7,34	-2,69
1	2	1765	2	27,05	7,22	14,37	5,47	6,54	-1,07
3	2	1915	2	28,00	7,95	14,97	5,09	7,71	-2,63
4	2	2088	2	20,29	6,03	20,41	-6,15	5,20	-11,35
3	1	1787	3	13,41	5,41	4,18	3,83	6,00	-2,17
4	1	1793	3	21,99	6,65	11,69	3,65	7,52	-3,88
2	1	1909	3	51,78	17,78	27,77	6,23	7,17	-0,94
1	1	2843	3	17,31	4,44	11,48	1,40	6,49	-5,09
1	2	1548	3	21,42	3,73	7,07	10,63	7,33	3,29
4	2	1765	3	16,27	4,55	18,43	-6,71	6,81	-13,51
2	2	1915	3	34,58	18,25	25,87	-9,54	7,34	-16,88
3	2	2088	3	18,58	6,06	11,45	1,08	5,05	-3,97
4	1	1787	4	7,46	3,33	5,40	-1,27	5,47	-6,74
1	1	1793	4	22,60	6,88	13,61	2,11	7,83	-5,72
3	1	1909	4	38,21	13,67	29,30	-4,76	7,71	-12,47
2	1	2843	4	6,21	3,02	5,63	-2,43	6,11	-8,55
3	2	1548	4	19,58	3,93	15,65	0,01	7,43	-7,43
2	2	1765	4	30,20	8,94	17,56	3,70	7,00	-3,30
4	2	1915	4	23,48	7,41	12,83	3,24	7,62	-4,38
1	2	2088	4	21,14	8,00	9,25	3,90	4,72	-0,83

Apêndice B

Tabela 1B – Animal (A), tratamento (T), fase da lactação (F) e valores referentes ao peso vivo (PV), ao consumo de matéria seca, em g/dia (CMS), em percentual do peso vivo (CMSPV) e em g/kg de unidade de tamanho metabólico (CMSUTM)

A	T	F	PV	CMS	CMSPV	CMSUTM
1620	1	1	49,88	1843,82	3,69	98,11
1622	1	1	52,32	1379,44	2,64	70,95
1796	1	1	57,47	2328,06	4,03	111,14
1922	1	1	50,32	2260,07	4,49	119,61
2087	1	1	55,64	1803,01	3,24	88,48
1753	2	1	61,09	1784,84	2,92	81,67
1840	2	1	61,22	2094,29	3,42	95,69
2002	2	1	48,89	1569,27	3,20	84,77
2383	2	1	67,48	1467,63	2,17	62,34
2388	2	1	63,65	1754,08	2,76	77,87
2440	2	1	55,63	1357,34	2,44	66,64
1755	3	1	61,21	1990,08	3,25	90,95
2016	3	1	51,87	2027,51	3,91	104,87
2035	3	1	50,77	1835,69	3,61	96,47
2129	3	1	47,06	2156,99	4,59	120,10
2384	3	1	65,15	1544,39	2,37	67,35
1644	4	1	56,13	1430,43	2,55	69,73
1767	4	1	53,72	1676,33	3,12	84,48
1943	4	1	60,65	1763,01	2,91	81,13
1989	4	1	55,83	1445,26	2,59	70,76
2387	4	1	65,00	1582,83	2,43	69,13
1620	1	2	47,86	1657,69	3,46	91,13
1622	1	2	51,96	1307,90	2,52	67,62
1796	1	2	58,60	1959,46	3,35	92,59
1922	1	2	49,52	1825,62	3,68	97,79
2087	1	2	57,11	1717,29	3,01	82,69
1753	2	2	60,97	1360,16	2,23	62,39
1840	2	2	62,45	1749,35	2,80	78,79
2002	2	2	48,50	1265,35	2,61	68,85
2383	2	2	68,98	1351,86	1,96	56,51
2388	2	2	67,41	1515,30	2,25	64,47
2440	2	2	57,91	1199,58	2,07	57,16
1755	3	2	65,54	1742,05	2,66	75,76
2016	3	2	54,27	1800,49	3,33	90,21
2035	3	2	51,46	1596,74	3,10	83,14
2129	3	2	49,84	1768,59	3,55	94,38
2384	3	2	68,83	1494,70	2,17	62,60
1644	4	2	54,69	1233,81	2,26	61,35
1767	4	2	50,32	1350,55	2,69	71,57
1943	4	2	58,91	1402,58	2,38	65,97
1989	4	2	56,24	1409,88	2,51	68,64
2387	4	2	67,86	1507,10	2,22	63,77

Tabela 2B – Animal (A), tratamento (T), fase da lactação (F) e valores referentes ao consumo de fibra em detergente neutro, em g/dia (CFDN), em percentual do peso vivo (CFDNPV) e em g/kg de unidade de tamanho metabólico (CFDNUTM) e dos consumos, em g/dia, de carboidratos não-fibrosos (CCNF) e extrato etéreo (CEE)

A	T	F	CFDN	CFDNPV	CFDNUTM	CCNF	CEE
1620	1	1	697,56	1,39	37,09	779,78	41,28
1622	1	1	527,33	1,01	27,12	575,94	33,65
1796	1	1	936,52	1,62	44,71	928,78	53,21
1922	1	1	909,85	1,81	48,15	899,26	51,85
2087	1	1	649,18	1,17	31,85	799,30	42,42
1753	2	1	684,58	1,12	31,33	676,50	128,67
1840	2	1	797,91	1,30	36,46	797,47	150,29
2002	2	1	599,50	1,22	32,38	597,68	112,77
2383	2	1	552,20	0,82	23,45	566,34	106,48
2388	2	1	668,90	1,05	29,69	666,75	125,93
2440	2	1	532,72	0,96	26,15	505,53	96,99
1755	3	1	763,28	1,25	34,88	746,18	142,63
2016	3	1	807,56	1,56	41,77	733,55	143,34
2035	3	1	695,75	1,37	36,56	697,81	131,91
2129	3	1	837,35	1,78	46,63	798,08	156,42
2384	3	1	622,24	0,95	27,14	551,06	111,66
1644	4	1	583,54	1,04	28,44	528,91	102,10
1767	4	1	722,20	1,34	36,39	595,53	117,98
1943	4	1	839,50	1,38	38,63	548,18	121,45
1989	4	1	662,95	1,19	32,46	459,66	104,22
2387	4	1	662,57	1,02	28,93	580,27	109,79
1620	1	2	654,37	1,37	35,97	671,07	38,16
1622	1	2	526,04	1,01	27,19	520,25	31,22
1796	1	2	777,16	1,33	36,71	793,51	43,35
1922	1	2	733,89	1,48	39,31	725,62	42,21
2087	1	2	674,71	1,18	32,47	702,56	39,53
1753	2	2	508,69	0,83	23,33	525,64	99,40
1840	2	2	665,21	1,06	29,95	667,09	125,62
2002	2	2	483,43	1,00	26,30	480,11	90,74
2383	2	2	513,36	0,74	21,46	518,27	97,10
2388	2	2	568,74	0,84	24,20	585,01	109,76
2440	2	2	469,24	0,81	22,36	446,85	86,55
1755	3	2	660,64	1,01	28,73	658,43	126,51
2016	3	2	703,40	1,30	35,25	662,82	129,91
2035	3	2	613,18	1,19	31,93	598,28	113,86
2129	3	2	698,65	1,40	37,27	642,84	128,78
2384	3	2	613,67	0,89	25,69	521,73	108,01
1644	4	2	502,51	0,92	24,99	458,60	87,98
1767	4	2	584,62	1,16	31,01	476,05	95,05
1943	4	2	662,10	1,12	31,14	435,42	95,94
1989	4	2	651,19	1,16	31,70	455,98	98,20
2387	4	2	626,62	0,92	26,51	557,02	105,42

Tabela 3B – Animal (A), tratamento (T) e valores referentes, em percentual, à digestibilidade da matéria seca (DMS), da matéria orgânica (DMO), da fibra em detergente neutro (DFDN), da proteína bruta (DPB), do extrato etéreo (DEE), dos carboidratos totais (DCHOT) e dos carboidratos não-fibrosos (DCNF)

A	T	DMS	DMO	DFDN	DPB	DEE	DCHOT	DCNF
1620	1	76,28	77,77	68,12	82,70	78,48	77,87	77,47
1622	1	81,04	83,47	74,16	88,03	79,26	83,39	99,68
1796	1	78,82	79,82	69,11	85,28	77,92	79,66	79,55
1922	1	75,14	77,05	64,32	81,50	74,96	77,45	74,40
2087	1	74,96	76,72	64,70	83,51	78,75	76,25	76,08
1753	2	75,03	74,99	64,90	76,93	90,72	74,69	73,88
1840	2	70,07	69,58	58,39	74,68	92,00	68,17	53,20
2002	2	74,08	73,63	61,77	76,40	89,97	73,18	72,66
2383	2	71,96	71,72	56,87	77,00	91,29	70,43	75,19
2388	2	77,50	77,23	64,68	80,49	93,11	76,42	80,98
2440	2	74,73	74,54	59,48	79,14	90,76	73,52	85,01
1755	3	74,76	75,06	63,85	78,25	91,11	74,38	71,75
2016	3	75,98	75,98	60,24	81,86	92,30	74,51	83,09
2035	3	71,59	72,07	62,44	75,85	90,69	71,22	60,82
2129	3	71,30	70,81	58,94	76,46	90,48	63,39	66,37
2384	3	76,51	76,91	69,11	79,77	91,23	76,37	77,91
1644	4	75,96	76,92	69,27	77,86	92,62	75,09	69,48
1767	4	72,03	73,27	67,04	77,55	88,13	70,80	54,18
1943	4	69,18	70,29	64,01	76,96	86,58	66,95	57,66
1989	4	71,79	72,79	67,97	77,07	89,91	70,04	42,77
2387	4	76,07	77,26	67,86	76,43	90,93	76,06	74,30

Tabela 4B – Animal (A), tratamento (T) e valores referentes ao tempo gasto, em minutos.d⁻¹, com alimentação (TAL), ruminação (TRU), mastigação total (TMT) e ócio (TO) e com o tempo de permanência dos animais, em minutos.d⁻¹, em pé (TP) ou deitados (TD)

A	T	TAL	TRU	TMT	TO	TP	TD
1620	1	600	240	840	600	660	780
1622	1	360	420	780	660	720	720
1796	1	420	360	780	660	780	660
1922	1	240	300	540	900	660	780
2087	1	240	240	480	960	1200	240
1753	2	360	180	540	900	780	660
1840	2	240	300	540	900	780	660
2002	2	360	300	660	780	720	720
2383	2	300	420	720	720	600	840
2388	2	180	420	600	840	840	600
2440	2	300	360	660	780	780	660
1755	3	360	360	720	720	900	540
2016	3	420	360	780	660	720	720
2035	3	360	300	660	780	720	720
2129	3	420	540	960	480	780	660
2384	3	300	300	600	840	660	780
1644	4	420	240	660	780	780	660
1767	4	420	300	720	720	780	660
1943	4	600	240	840	600	720	720
1989	4	480	360	840	600	600	840
2387	4	360	360	720	720	780	660

Tabela 5B – Animal (A), tratamento (T) e valores referentes à eficiência de alimentação, em min./kg MS, min./kg FDN, min./ $(\text{g MS}/\text{kg}^{0,75})$ e min./ $(\text{g FDN}/\text{kg}^{0,75})$

		Eficiência de Alimentação			
A	T	(min./kg MS)	(min./kg FDN)	(min./ $(\text{gMS}/\text{kg}^{0,75})$)	(min./ $(\text{gFDN}/\text{kg}^{0,75})$)
1620	1	337,96	813,37	6,21	14,94
1622	1	141,80	356,12	3,01	7,55
1796	1	127,79	305,18	2,38	5,68
1922	1	214,41	551,87	4,59	11,81
2087	1	310,88	798,99	6,09	15,66
1753	2	138,54	350,31	3,12	7,89
1840	2	277,12	707,97	6,11	15,61
2002	2	254,05	641,68	4,72	11,91
2383	2	242,01	647,67	5,84	15,63
2388	2	114,20	279,07	2,72	6,65
2440	2	234,59	592,71	4,98	12,58
1755	3	215,88	568,53	4,20	11,06
2016	3	223,02	550,24	4,26	10,50
2035	3	214,27	614,50	5,02	14,41
2129	3	196,89	464,24	4,77	11,26
2384	3	232,93	575,94	4,72	11,67
1644	4	305,86	681,51	5,58	12,43
1767	4	474,23	998,88	10,12	21,32
1943	4	305,95	662,70	6,36	13,77
1989	4	220,20	504,54	5,24	12,02
2387	4	346,14	853,95	6,99	17,24

Tabela 6B – Animal (A), tratamento (T) e valores referentes à eficiência de ruminação, em min./kg MS, min./kg FDN, min./ $(\text{g MS/kg}^{0,75})$ e min./ $(\text{g FDN/kg}^{0,75})$

		Eficiência de Ruminação			
A	T	(min./kg MS)	(min./kg FDN)	(min./ $(\text{gMS/kg}^{0,75})$)	(min./ $(\text{gFDN/kg}^{0,75})$)
1620	1	135,18	325,35	2,48	5,98
1622	1	141,80	356,12	3,01	7,55
1796	1	159,74	381,48	2,98	7,11
1922	1	183,78	473,03	3,93	10,12
2087	1	362,70	932,16	7,11	18,27
1753	2	173,18	437,89	3,90	9,87
1840	2	138,56	353,98	3,06	7,81
2002	2	211,71	534,74	3,93	9,93
2383	2	338,81	906,74	8,18	21,88
2388	2	266,46	651,17	6,35	15,51
2440	2	281,51	711,25	5,97	15,09
1755	3	179,90	473,77	3,50	9,22
2016	3	286,73	707,45	5,47	13,50
2035	3	214,27	614,50	5,02	14,41
2129	3	196,89	464,24	4,77	11,26
2384	3	199,65	493,66	4,05	10,01
1644	4	218,47	486,80	3,98	8,88
1767	4	189,69	399,55	4,05	8,53
1943	4	229,46	497,03	4,77	10,32
1989	4	220,20	504,54	5,24	12,02
2387	4	197,80	487,97	3,99	9,85

Tabela 7B – Animal (A), tratamento (T), fase da lactação (F) e valores referentes, em g.d⁻¹, à produção de leite (PL) e aos percentuais de gordura (G), proteína (P) e lactose (L)

A	T	F	PL	G	P	L
1620	1	1	2,49	3,62	2,98	4,49
1622	1	1	1,97	4,45	3,02	4,22
1796	1	1	3,24	3,70	3,04	4,72
1922	1	1	2,86	4,82	3,25	4,13
2087	1	1	2,24	4,92	3,38	4,65
1753	2	1	2,16	5,26	3,47	4,76
1840	2	1	3,30	4,03	3,02	4,21
2002	2	1	2,27	4,89	3,39	3,81
2383	2	1	1,52	4,32	3,27	4,45
2388	2	1	2,10	3,87	3,18	4,20
2440	2	1	1,61	3,91	4,00	4,12
1755	3	1	2,10	4,20	3,73	4,60
2016	3	1	3,02	3,72	3,00	4,34
2035	3	1	2,53	4,44	3,16	4,32
2129	3	1	2,56	4,77	3,47	4,03
2384	3	1	1,20	4,84	3,09	4,52
1644	4	1	2,04	3,86	3,18	4,17
1767	4	1	1,58	4,60	3,52	3,88
1943	4	1	2,07	4,82	3,45	4,23
1989	4	1	1,92	3,22	3,08	4,78
2387	4	1	1,65	3,25	3,34	4,03
1620	1	2	1,90	3,40	3,11	4,42
1622	1	2	1,61	4,11	3,06	4,10
1796	1	2	2,38	3,40	3,13	4,68
1922	1	2	1,82	4,10	3,42	3,84
2087	1	2	1,85	3,85	3,33	4,54
1753	2	2	1,63	4,83	3,43	4,64
1840	2	2	1,89	3,40	3,10	4,06
2002	2	2	1,84	4,53	3,31	3,77
2383	2	2	1,03	4,11	3,36	4,34
2388	2	2	1,02	3,11	3,40	3,95
2440	2	2	0,87	2,99	4,00	4,06
1755	3	2	1,28	3,40	3,75	4,36
2016	3	2	1,70	3,23	3,43	3,95
2035	3	2	1,82	3,94	3,22	4,33
2129	3	2	1,45	4,32	3,57	3,77
2384	3	2	0,78	4,46	3,04	4,38
1644	4	2	1,51	3,57	3,15	4,16
1767	4	2	0,66	3,05	3,85	3,61
1943	4	2	1,16	4,08	3,64	4,09
1989	4	2	1,43	2,92	3,06	4,66
2387	4	2	1,19	3,09	3,53	4,00

Tabela 8B – Animal (A), tratamento (T), fase da lactação (F) e valores referentes, em g.d⁻¹, à produção de gordura (PG), de proteína (PP) e de lactose (PL)

A	T	F	PG	PP	PL
1620	1	1	90,05	73,80	111,52
1622	1	1	88,01	59,52	83,24
1796	1	1	120,16	98,51	153,16
1922	1	1	138,14	93,01	118,43
2087	1	1	110,82	75,91	104,48
1753	2	1	114,04	74,98	102,80
1840	2	1	133,00	99,59	138,84
2002	2	1	111,55	77,10	86,72
2383	2	1	65,78	49,52	67,48
2388	2	1	82,23	66,58	88,46
2440	2	1	63,67	64,58	66,59
1755	3	1	88,57	78,37	96,67
2016	3	1	112,92	90,73	131,43
2035	3	1	112,41	79,97	109,09
2129	3	1	122,48	88,96	103,31
2384	3	1	58,47	37,23	54,43
1644	4	1	78,94	64,85	84,88
1767	4	1	73,82	55,24	61,38
1943	4	1	100,36	71,38	87,79
1989	4	1	62,22	59,20	92,07
2387	4	1	53,70	55,14	66,62
1620	1	2	64,94	59,21	84,06
1622	1	2	66,42	49,42	66,25
1796	1	2	81,48	74,54	111,71
1922	1	2	75,40	62,25	70,11
2087	1	2	72,00	61,57	84,04
1753	2	2	78,91	56,06	75,96
1840	2	2	65,19	58,33	77,01
2002	2	2	83,36	60,87	69,50
2383	2	2	42,34	34,70	44,91
2388	2	2	32,28	34,75	40,78
2440	2	2	26,35	34,85	35,44
1755	3	2	44,15	48,09	56,26
2016	3	2	55,13	56,57	68,49
2035	3	2	72,08	58,49	78,82
2129	3	2	63,22	51,74	55,17
2384	3	2	35,10	23,83	34,49
1644	4	2	54,17	47,73	63,03
1767	4	2	21,04	25,29	23,50
1943	4	2	47,51	42,23	47,58
1989	4	2	51,89	43,86	66,65
2387	4	2	37,01	42,13	47,75

Tabela 9B – Animal (A), tratamento (T), fase da lactação (F) e valores referentes aos consumos de nutrientes digestíveis totais (CNDT), em g/dia, e de energia líquida de lactação (CEL_L), em Mcal/kg, às eficiências bruta (k_l) e líquida (k_{m+p}) de utilização da energia metabolizável

A	T	F	CNDT	CEL _L	k _l	k _{m+p}
1620	1	1	1,88	3,32	0,55	0,64
1622	1	1	1,60	2,77	0,51	0,59
1796	1	1	2,47	4,29	0,52	0,62
1922	1	1	2,25	3,89	0,58	0,66
2087	1	1	1,78	3,17	0,64	0,68
1753	2	1	1,87	3,35	0,63	0,69
1840	2	1	1,83	3,44	0,74	0,73
2002	2	1	1,61	2,87	0,73	0,74
2383	2	1	1,52	2,64	0,70	0,70
2388	2	1	1,94	3,43	0,49	0,62
2440	2	1	1,51	2,59	0,69	0,74
1755	3	1	2,04	3,67	0,50	0,63
2016	3	1	2,24	3,87	0,54	0,63
2035	3	1	1,72	3,19	0,70	0,74
2129	3	1	2,09	3,75	0,54	0,64
2384	3	1	1,71	3,03	0,44	0,63
1644	4	1	1,50	2,71	0,68	0,73
1767	4	1	1,58	2,92	0,46	0,60
1943	4	1	1,72	3,03	0,57	0,63
1989	4	1	1,29	2,43	0,62	0,65
2387	4	1	1,71	3,00	0,45	0,60
1620	1	2	1,71	2,99	0,48	0,62
1622	1	2	1,53	2,62	0,57	0,68
1796	1	2	2,07	3,61	0,49	0,62
1922	1	2	1,82	3,14	0,48	0,61
2087	1	2	1,73	3,01	0,58	0,68
1753	2	2	1,42	2,55	0,71	0,70
1840	2	2	1,53	2,87	0,66	0,74
2002	2	2	1,29	2,31	0,65	0,62
2383	2	2	1,38	2,43	0,62	0,67
2388	2	2	1,67	2,96	0,30	0,56
2440	2	2	1,33	2,29	0,48	0,67
1755	3	2	1,79	3,22	0,37	0,58
2016	3	2	1,99	3,44	0,33	0,52
2035	3	2	1,50	2,77	0,62	0,71
2129	3	2	1,72	3,08	0,40	0,56
2384	3	2	1,66	2,93	0,30	0,58
1644	4	2	1,30	2,33	0,61	0,68
1767	4	2	1,27	2,35	0,29	0,59
1943	4	2	1,37	2,41	0,60	0,70
1989	4	2	1,25	2,37	0,57	0,68
2387	4	2	1,62	2,85	0,43	0,64

Tabela 10B – Animal (A), tratamento (T) e valores, em g.d⁻¹, referentes ao consumo de nitrogênio (CN), ao nitrogênio excretado nas fezes (NF), na urina (NU) e no leite (NL), ao balanço de N (BN), ao nitrogênio endógeno basal (NEB) e ao nitrogênio retido (NR)

A	T	CN	NF	NU	NL	BN	NEB	NR
1620	1	49,67	9,24	23,46	9,23	7,74	6,57	1,16
1622	1	37,70	4,51	19,10	5,40	8,68	7,05	1,63
1796	1	55,51	8,17	29,61	8,06	9,67	7,88	1,79
1922	1	62,66	11,59	25,70	10,85	14,52	6,87	7,65
2087	1	52,38	8,64	25,46	9,09	9,18	7,44	1,75
1753	2	45,74	10,55	19,74	10,28	5,17	7,94	-2,77
1840	2	53,94	13,66	18,69	13,55	8,03	7,98	0,05
2002	2	35,84	8,45	9,13	9,86	8,40	6,65	1,74
2383	2	35,86	8,24	17,34	5,23	5,05	8,81	-3,76
2388	2	41,16	8,05	19,73	4,39	8,98	8,62	0,36
2440	2	34,53	7,20	14,47	5,13	7,73	7,91	-0,18
1755	3	46,49	10,11	21,28	6,47	8,64	8,59	0,05
2016	3	43,76	7,94	17,36	6,60	11,87	7,31	4,56
2035	3	44,98	10,84	14,92	11,09	8,12	6,88	1,24
2129	3	46,04	10,87	21,19	7,14	6,84	6,73	0,11
2384	3	40,22	8,19	16,25	2,98	12,80	8,82	3,98
1644	4	34,58	7,66	24,74	7,70	-5,53	7,27	-12,80
1767	4	42,80	9,61	18,58	6,34	8,27	7,23	1,04
1943	4	44,42	10,23	15,20	9,07	9,91	8,86	2,05
1989	4	42,27	9,69	20,92	8,41	3,25	7,46	4,21
2387	4	42,62	10,05	18,28	5,14	9,15	8,69	0,46

Apêndice C

Tabela 1C – Animal (A), tratamento (T) e valores referentes, em percentual, ao perfil de ácidos graxos saturados caprótico (C6:0), caprílico (C8:0), cáprico (C10:0), láurico (C12:0), mirístico (C14:0), pentadecanóico (C15:0), palmítico (C16), heptadecanóico (C17:0), esterárico (C18:0) e araquídico (C20:0)

A	T	C6:0	C8:0	C10:0	C12:0	C14:0	C15:0	C16:0	C17:0	C18:0	C20:0
1620	1	0,66	1,43	6,41	3,29	9,11	0,66	25,14	0,73	10,79	0,21
2087	1	0,84	1,73	8,61	4,64	11,13	0,74	27,30	0,74	11,33	0,16
1922	1	0,70	1,89	9,26	5,05	11,01	0,82	25,48	0,75	10,81	0,18
1796	1	0,55	1,28	7,03	4,24	12,24	0,86	30,37	0,77	9,72	0,19
1622	1	0,32	0,82	5,21	3,78	11,63	0,74	29,55	0,80	10,75	0,20
1840	2	0,60	1,22	5,32	2,41	6,92	0,58	21,75	0,45	14,33	0,18
1753	2	0,63	1,36	5,47	2,44	6,84	0,51	19,32	0,44	16,12	0,27
2002	2	0,40	0,80	3,24	1,49	5,14	0,49	18,89	0,51	15,41	0,22
2383	2	0,64	1,38	5,77	2,63	6,05	0,54	19,65	0,46	16,28	0,23
2388	2	0,57	1,18	4,99	2,57	6,09	0,53	19,03	0,43	17,57	0,24
2440	2	0,31	0,58	2,51	1,35	4,70	0,47	20,30	0,48	17,59	0,21
2035	3	0,70	1,42	6,06	3,10	8,11	0,54	22,12	0,49	13,58	0,23
2129	3	0,37	0,78	3,73	1,74	6,40	0,51	24,54	0,49	15,94	0,26
1755	3	0,55	1,14	5,05	2,68	7,54	0,56	22,58	0,50	15,36	0,25
2384	3	0,32	0,56	2,30	1,07	3,85	0,54	21,23	0,54	19,84	0,36
2016	3	0,27	0,56	2,82	1,53	5,49	0,52	21,49	0,47	14,11	0,28
1767	4	0,37	1,13	5,44	2,83	6,63	0,54	21,02	0,46	23,44	0,25
1943	4	0,63	1,39	6,39	3,45	9,10	0,67	22,51	0,53	15,06	0,18
1989	4	0,67	1,31	5,59	2,73	8,19	0,50	22,52	0,41	15,28	0,18
2387	4	0,61	1,19	5,20	2,99	7,85	0,60	21,29	0,48	16,12	0,19
1644	4	0,39	0,84	4,69	2,39	9,07	0,51	27,80	0,47	13,12	0,22

Tabela 2C – Animal (A), tratamento (T) e valores referentes, em percentual, ao perfil de ácidos graxos monoinsaturados miristoléico (C14:1), palmitoléico (C16:1), *cis*-10-heptadecanóico (C17:1), oléico + isômero (C18:1) e *cis*-11-eicosanóico (C20:1)

A	T	C14:1	C16:1	C17:1	C18:1	C20:1
1620	1	0,14	1,11	0,29	33,32	0,32
2087	1	0,12	0,96	0,21	25,65	0,34
1922	1	0,16	1,11	0,21	25,23	0,45
1796	1	0,38	0,99	0,20	25,38	0,44
1622	1	0,39	1,22	0,24	28,35	0,35
1840	2	0,09	0,71	0,13	36,19	0,31
1753	2	0,00	0,68	0,13	37,11	0,36
2002	2	0,00	1,02	0,41	43,20	0,35
2383	2	0,26	0,65	0,12	35,49	0,34
2388	2	0,26	0,68	0,12	38,06	0,31
2440	2	0,20	0,73	0,19	41,96	0,32
2035	3	0,11	0,67	0,11	32,99	0,34
2129	3	0,21	0,65	0,12	34,83	0,39
1755	3	0,00	0,66	0,00	34,62	0,38
2384	3	0,29	0,70	0,18	38,72	0,42
2016	3	0,20	0,69	0,15	38,58	0,39
1767	4	0,00	0,60	0,13	30,68	0,39
1943	4	0,14	0,74	0,16	33,07	0,33
1989	4	0,09	0,57	0,12	35,95	0,33
2387	4	0,25	0,70	0,15	36,80	0,33
1644	4	0,00	0,70	0,00	35,40	0,24

Tabela 3C – Animal (A), tratamento (T) e valores referentes, em percentual, ao perfil de ácidos graxos poliinsaturados linoléico (C18:2n6c), linoeláidico (C18:2n6t), linolênico (C18:3) e araquidônico (C20:4)

A	T	C18:2n6c	C18:2n6t	C18:3	C20:4
1620	1	3,07390	0,14326	0,67852	0,23122
2087	1	2,25009	0,20532	0,41181	0,21101
1922	1	2,84860	0,56498	0,71516	0,17379
1796	1	2,56389	0,15765	0,50256	0,16064
1622	1	2,34801	0,12071	0,66035	0,19766
1840	2	2,75870	0,41202	1,88014	0,13320
1753	2	2,81671	0,18635	1,28938	0,14936
2002	2	3,37013	0,38802	0,99996	0,16672
2383	2	3,09294	0,44651	1,82209	0,17214
2388	2	2,66385	0,19202	1,06659	0,14478
2440	2	2,87918	0,40629	1,52425	0,16795
2035	3	3,32912	0,11938	1,52118	0,13892
2129	3	3,33334	0,16792	1,40385	0,15343
1755	3	3,24385	0,33310	1,49899	0,00000
2384	3	2,86991	0,00000	1,31974	0,19200
2016	3	3,58513	0,50026	3,13136	0,16799
1767	4	3,38476	0,38442	0,36916	0,27711
1943	4	2,52043	0,48501	0,45267	0,13921
1989	4	2,68009	0,46961	0,46071	0,18160
2387	4	2,53538	0,55088	0,37321	0,18209
1644	4	2,36352	0,17518	0,47025	0,18453

Tabela 4C – Animal (A), tratamento (T) e razões entre o perfil dos ácidos graxos saturados/insaturados (Sat/Insat), poliinsaturados/saturados (Poli/Sat), ômega-6 e ômega-3 (n-6/n-3) e o índice de aterogenicidade (IA)

A	T	Sat/Insat	Poli/Sat	n-6/n-3	IA
1620	1	1,49	0,07	4,53	1,65
2087	1	2,22	0,04	5,46	2,53
1922	1	2,12	0,06	3,98	2,40
1796	1	2,19	0,05	5,10	2,72
1622	1	1,88	0,05	3,56	2,35
1840	2	1,26	0,10	1,47	1,22
1753	2	1,24	0,09	2,18	1,14
2002	2	0,93	0,11	3,37	0,82
2383	2	1,27	0,10	1,70	1,10
2388	2	1,22	0,08	2,50	1,05
2440	2	1,00	0,10	1,89	0,84
2035	3	1,42	0,10	2,19	1,45
2129	3	1,32	0,10	2,37	1,25
1755	3	1,37	0,09	2,16	1,36
2384	3	1,12	0,10	2,17	0,83
2016	3	1,00	0,16	1,14	0,95
1767	4	1,73	0,07	9,17	1,40
1943	4	1,59	0,06	5,57	1,65
1989	4	1,41	0,06	5,82	1,43
2387	4	1,36	0,06	6,79	1,34
1644	4	1,51	0,05	5,03	1,69