

**UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA  
CÂMPUS DE JABOTICABAL**

**FONTES LIPÍDICAS NA TERMINAÇÃO DE NOVILHOS  
NELORE CONFINADOS**

**Giovani Fiorentini**

Zootecnista

**2013**

**T  
E  
S  
E  
/  
F  
I  
O  
R  
E  
N  
T  
I  
N  
I  
G.**

**2  
0  
1  
3**

**UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA  
CÂMPUS DE JABOTICABAL**

**FONTES LIPÍDICAS NA TERMINAÇÃO DE NOVILHOS  
NELORE CONFINADOS**

**Giovani Fiorentini**

**Orientadora: Prof. Dra. Telma Teresinha Berchielli**

**Coorientador: Dr. Pedro Braga Arcuri**

Tese apresentada à Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias – Unesp, Câmpus de Jaboticabal, como parte das exigências para a obtenção do título de Doutor em Zootecnia

**2013**

F518f Fiorentini, Giovani  
Fontes lipídicas na terminação de novilhos nelore confinados /  
Giovani Fiorentini. -- Jaboticabal, 2013  
v, 88 p. ; 29cm

Tese (doutorado) - Universidade Estadual Paulista, Faculdade de  
Ciências Agrárias e Veterinárias, 2013  
Orientadora: Telma Teresinha Berchielli  
Banca examinadora: Alexandre Berndt, Paulo Henrique Moura  
Dian, Jane Maria Bertocco Ezequiel, Ricardo Andrade Reis  
Bibliografia

1. Gordura Protegida. 2. Ingestão. 3. Óleo de Linhaça. 4. Óleo de  
Palma. 5. Soja Grão. I. Título. II. Jaboticabal-Faculdade de Ciências  
Agrárias e Veterinárias.

CDU 636.2:636.087

Ficha catalográfica elaborada pela Seção Técnica de Aquisição e Tratamento da Informação –  
Serviço Técnico de Biblioteca e Documentação - UNESP, Câmpus de Jaboticabal.

**CERTIFICADO DE APROVAÇÃO**

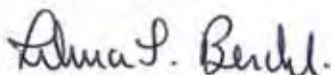
**TÍTULO:** FONTES LIPÍDICAS NA TERMINAÇÃO DE NOVILHOS NELORE CONFINADOS

**AUTOR:** GIOVANI FIORENTINI

**ORIENTADORA:** Profa. Dra. TELMA TERESINHA BERCHIELLI

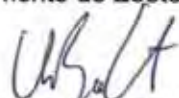
Co-Orientador: Prof. Dr. PEDRO BRAGA ARCURI

Aprovado como parte das exigências para obtenção do Título de DOUTOR EM ZOOTECNIA , pela Comissão Examinadora:



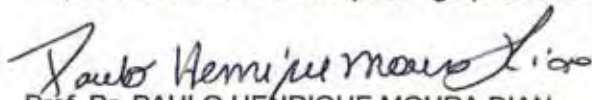
Profa. Dra. TELMA TERESINHA BERCHIELLI

Departamento de Zootecnia / Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias de Jaboticabal



Prof. Dr. ALEXANDRE BERNDT

Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária / São Carlos/SP



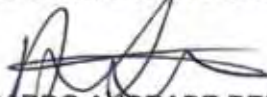
Prof. Dr. PAULO HENRIQUE MOURA DIAN

Universidade Camilo Castelo Branco / Descalvado/SP



Profa. Dra. JANE MARIA BERTOCCO-EZEQUIEL

Departamento de Zootecnia / Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias de Jaboticabal



Prof. Dr. RICARDO ANDRADE REIS

Departamento de Zootecnia / Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias de Jaboticabal

Data da realização: 10 de janeiro de 2013.

## **DADOS CURRICULARES DO AUTOR**

**GIOVANI FIORENTINI** – nascido em 20 de outubro de 1983, na cidade de Três de Maio (RS), filho de Euclides Fiorentini e Bernardete Tibola Fiorentini, ingressou no curso de Zootecnia da Universidade Federal de Santa Maria (UFSM) em março de 2002, graduando-se em janeiro de 2007. Em março de 2007, ingressou no Curso de Pós-Graduação em Zootecnia, em nível de Mestrado, na Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias/Unesp - Câmpus de Jaboticabal, obtendo o título de mestre em fevereiro de 2009, no mês de março do mesmo ano, iniciou o curso de Doutorado na mesma Instituição, sob orientação da Profa. Dra. Telma Teresinha Berchielli. De outubro de 2011 a março de 2012 realizou Doutorado-Sanduiche no SERIDA (Servicio Regional de Investigación y Desarrollo Agroalimentario), Astúrias (Espanha), sob orientação da Dr<sup>a</sup>. Maria Carmen Oliván García, onde desenvolveu estudos na área de qualidade de carne.

*“Todo mundo é um cientista maluco e a vida é o laboratório. Estamos sempre experimentando, tentando achar um jeito de viver, de resolver os problemas, de se livrar da loucura do caos.”*

*(David Cronenberg)*

*“Vencer a si próprio é a maior das vitórias.”*

*(Platão)*

*Dedico*

*Aos meus pais Clides e Dete pelo amor e ajuda incondicional;*

*Ao meu irmão, Alessandro, pela amizade e apoio irrestrito;*

*À minha companheira Ana Paula pelos melhores momentos vividos;*

*Aos meus amigos;*

*Sem vocês não teria chegado até aqui.....*

*Ofereço*

*A todas as pessoas que de uma maneira ou outra  
contribuíram para a realização desse sonho.*



## AGRADECIMENTOS

Agradeço:

À Deus, pela vida e saúde.

Aos meus pais, Bernardete e Euclides, e meu irmão Alessandro, por todo o suporte afetivo, financeiro e emocional ao longo desses anos. Todo amor, respeito, carinho, incentivo e educação foram fundamentais para chegar até aqui. Muitas vezes deixaram de realizar suas vontades em prol dos filhos. Muito Obrigado! Amo muito vocês!

Aos meus avós, tios e primos que sempre me incentivaram a seguir em frente, mesmo reclamando da distância e da ausência em momentos que gostariam que estivesse ao lado deles.

À minha segunda família, Lúcia, Maria, Adauto, Adauto Jr., Vó Concília, Tia Katya, Tio Cláudio e família, muito obrigado pelo carinho e amor com que me receberam.

À Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias/UNESP-Jaboticabal, ao Programa de Pós-graduação em Zootecnia e ao Departamento de Zootecnia.

À FAPESP pela concessão da bolsa de estudos (Processo: 2009/51215-1) e financiamento do experimento.

À CAPES pela concessão da bolsa PDSE (Programa Institucional de Bolsas de Doutorado Sanduíche no Exterior - Processo: BEX 2469/11-1) que possibilitou a realização do Doutorado-Sanduíche na Espanha.

À BELLMAN Nutrição Animal pela parceria e apoio no experimento.

À Profa. Dra. Telma T. Berchielli pela oportunidade, acolhida e confiança durante esse tempo de aprendizado e convivência;

Ao Dr. Pedro Braga Arcuri pela ajuda quando necessário.

Aos Doutores Alexandre Berndt, Pedro Henrique Moura Dian, Jane Maria Bertocco Ezequiel e Ricardo Andrade Reis por aceitarem o convite de participar da banca examinadora deste trabalho.

Aos demais professores do Departamento de Zootecnia, pelo incentivo e contribuição essencial em minha formação.

À Maria Carmen Oliván García pelos ensinamentos, amizade e ótima convivência durante o meu período na Espanha.

Ao amigo Vladimir Máximo pela dedicação ao trabalho, convivência e ajuda em todos os momentos.

À amiga Isabela P.C. Carvalho que muito se dedicou à execução deste trabalho, sem o qual não teria conseguido, pelas conversas e momentos de dificuldades, incertezas e alegrias.

Aos amigos Josiane, Carlos, Bello, Yuri, Raphael, Zué, Thiago, Zeca, Lutti e Tamires pela ajuda no campo e divertida convivência nos meses de experimento.

Aos funcionários do laboratório, Ana Paula e Sr. Orlando pelo convívio diário e ajuda proporcionada.

Às amigas Roberta Canesin e Juliana Messana pela amizade e ajuda em todos os momentos.

Aos irmãos de coração (Telmeiros): Isabela, Josiane, Antônio, Andressa, Carlos, Elias, Yuri, Raphael Barbeta, Rafael Silva, Pablo, Samuel e Luis Gustavo (Bello).

Aos amigos e irmãos de república: Everton (Xanxe), Luciano (Cidadão) e Thiago (Strumi), muito obrigado pela amizade, momentos de alegria e compreensão pelos dias de mau humor.

Aos amigos Belkis, Carlinha, Thays (Black), Luciana (Lola), Carol, Tomás, Carla (Biskoita), Diego, Daniela (Pega-Leve), Alexandre (Frank), Cynthia (Lontra) e Maristela (Cerca) pelos ótimos momentos vividos ao longo destes últimos anos. Mesmo alguns estando longe fisicamente, levo todos comigo no meu coração.

À todos os meus amigos e demais pessoas que contribuíram para a realização deste trabalho.

E finalmente agradeço a minha noiva Ana Paula, pessoa tão essencial e especial em minha vida. Obrigado pela ajuda, pelo apoio, conselhos, puxões de orelha, mas acima de tudo, obrigado pelo amor tão puro e verdadeiro e pelo respeito e carinho que sente por mim, me fazendo uma pessoa melhor a cada dia.

## SUMÁRIO

LISTA DE TABELAS .....	i
RESUMO.....	iv
ABSTRACT .....	v
CAPITULO 1. CONSIDERAÇÕES GERAIS.....	1
1. Introdução .....	1
2. Confinamento .....	2
3. Fontes Lipídicas .....	4
4. Perfil de Ácidos Graxos na Carne e Gordura .....	7
5. Emissão de Metano Entérico.....	9
6. Objetivos .....	13
7. Referências Bibliográficas .....	13
CAPÍTULO 2. EFEITO DE FONTES LIPÍDICAS COM DIFERENTES PERFIS DE ÁCIDOS GRAXOS NA DIGESTIBILIDADE E FERMENTAÇÃO RUMINAL DE NOVILHOS NELORE	
Resumo .....	21
1. Introdução .....	22
2. Material E Métodos .....	23
3. Resultados .....	28
4. Discussão.....	33
5. Conclusões.....	39
6. Referências Bibliográficas .....	39
CAPÍTULO 3 – EFEITO DE FONTES LIPÍDICAS COM DIFERENTES PERFIS DE ÁCIDOS GRAXOS NO CONSUMO, DESEMPENHO E EMISSÃO DE METANO DE NOVILHOS NELORE	
Resumo .....	45
1. Introdução .....	46
2. Material E Métodos .....	46
3. Resultados .....	52
4. Discussão.....	55
5. Conclusões.....	61

6. Referências Bibliográficas .....	61
CAPÍTULO 4 – EFEITO DE FONTES LIPÍDICAS COM DIFERENTES PERFIS DE	
ÁCIDOS GRAXOS NA QUALIDADE DE CARNE DE NOVILHOS NELORE	
Resumo .....	66
1. Introdução .....	67
2. Material E Métodos .....	68
3. Resultados .....	73
4. Discussão .....	80
5. Conclusões .....	85
6. Referências Bibliográficas .....	85

**CEBEA – COMISSÃO DE ÉTICA E BEM ESTAR ANIMAL**

**CERTIFICADO**

Certificamos que o Protocolo nº 012799 do trabalho de pesquisa intitulado **"Influência de fontes lipídicas na recria e sistemas de terminação de novilhos de corte"**, sob a responsabilidade da Profª Drª Telma Teresinha Berchieri está de acordo com os Princípios Éticos na Experimentação Animal, adotado pelo Colégio Brasileiro de Experimentação (COBEA) e foi aprovado pela COMISSÃO DE ÉTICA E BEM ESTAR ANIMAL (CEBEA), em reunião ordinária de 17 de junho 2009.

Jaboticabal, 17 de junho de 2009.



**Prof. Dr. Jeffrey Frederico Lui**  
Presidente - CEBEA



**Med. Vet. Maria Alice de Campos**  
Secretária - CEBEA

## LISTA DE TABELAS

### CAPÍTULO 2. EFEITO DE FONTES LIPÍDICAS COM DIFERENTES PERFIS DE ÁCIDOS GRAXOS NA DIGESTIBILIDADE E FERMENTAÇÃO RUMINAL DE NOVILHOS NELORE

Tabela 1. Proporção dos ingredientes em porcentagem da matéria seca e composição química das dietas experimentais. ....	25
Tabela 2. Perfil de ácidos graxos (g/100 g de gordura) das experimentais....	26
Tabela 3. Ingestão de matéria seca (IMS), matéria orgânica (IMO), proteína bruta (IPB), fibra em detergente neutro (IFDN) e extrato etéreo (IEE) e valores médios da digestibilidade aparente total da matéria seca (DMS), matéria orgânica (DMO), proteína bruta (DPB), extrato etéreo (DEE) e da fibra em detergente neutro (DFDN) de novilhos Nelore canulados recebendo diferentes fontes lipídicas.....	29
Tabela 4. Ingestão, fluxo, digestibilidade total dos ácidos graxos e taxa de biohidrogenação dos ácidos insaturados do carbono 18 (BAGI) de novilhos Nelore canulados recebendo diferentes fontes lipídicas. ....	30
Tabela 5. Parâmetros ruminais de novilhos Nelore canulados recebendo diferentes fontes lipídicas. ....	32
Tabela 6. Quantificação de protozoários totais ciliados em amostras de líquido ruminal.....	32
Tabela 7. Balanço e fluxo duodenal de nitrogênio e eficiência de síntese microbiana de novilhos Nelore canulados recebendo diferentes fontes lipídicas.....	33

### CAPÍTULO 3. EFEITO DE FONTES LIPÍDICAS COM DIFERENTES PERFIS DE ÁCIDOS GRAXOS NO CONSUMO, DESEMPENHO E EMISSÃO DE METANO DE NOVILHOS NELORE

Tabela 1. Proporção dos ingredientes em porcentagem da matéria seca e composição química das dietas experimentais .....	49
Tabela 2. Perfil de ácidos graxos (g/100 g de gordura) das dietas experimentais.....	50

Tabela 3. Ingestão de matéria seca (IMS), de matéria orgânica (IMO), de proteína bruta (IPB), de extrato etéreo (IEE) e de FDN (IFDN) expressa em kg MS/dia e em % do peso corporal e ingestão ácidos graxos (g/dia) de novilhos Nelore terminados em confinamento recebendo diferentes fontes lipídicas.....	53
Tabela 4. Emissão de metano (CH <sub>4</sub> ) expresso em g/dia, Kg/ano, g de CH <sub>4</sub> /dia/ peso metabólico (PM), kg de carcaça produzido (KgCH <sub>4</sub> /KgCAR), por Kg de FDN, energia, matéria seca consumida e energia perdida na forma de metano (expressa em % de consumo de energia bruta).....	54
Tabela 5. Peso inicial, de abate, ganho médio diário (GMD), eficiência alimentar (EA, kg GMD/kg MS), peso de carcaça quente (PCQ), rendimento da carcaça quente (RCQ), peso da carcaça fria (PCF), rendimento da carcaça fria (RCF), perdas por resfriamento (PR), rendimento do dianteiro (RendD), rendimento de ponta de agulha (RendPA), rendimento de traseiro (RendT), área de olho de lombo (AOL), AOL/100 kg de carcaça fria (AOL %) e espessura de gordura subcutânea (EGS) de novilhos Nelore terminados em confinamento recebendo diferentes fontes lipídicas.....	55

#### CAPÍTULO 4. EFEITO DE FONTES LIPÍDICAS COM DIFERENTES PERFIS DE ÁCIDOS GRAXOS NA QUALIDADE DE CARNE DE NOVILHOS NELORE

Tabela 1. Proporção dos ingredientes em porcentagem da matéria seca e composição química das dietas experimentais. ....	69
Tabela 2. Perfil de ácidos graxos (g/100 g de gordura) das dietas experimentais. ....	70
Tabela 3. Valores de pH e características da cor da carne e da gordura do contrafilé de novilhos Nelore terminados em confinamento recebendo diferentes fontes lipídicas. ....	74
Tabela 4. Capacidade de retenção de água (CRA), comprimento de sarcômero (CS), força de cisalhamento (FC) e perdas por cocção (PPC) da carne do contrafilé de novilhos Nelore terminados em confinamento recebendo diferentes fontes lipídicas. ....	75
Tabela 5. Composição dos principais ácidos graxos (%) de amostras do músculo Longissimus e gordura subcutânea de novilhos Nelore	

terminados em confinamento recebendo diferentes fontes lipídicas. ....	76
Tabela 6. Proporções dos principais ácidos graxos (%) de amostras do músculo Longissimus e gordura subcutânea de novilhos Nelore terminados em confinamento recebendo diferentes fontes lipídicas. ....	78
Tabela 7. Índice de enzimas envolvidas no metabolismo dos ácidos graxos e índice de alterogenicidade no músculo Longissimus e gordura subcutânea de novilhos Nelore terminados em confinamento recebendo diferentes fontes lipídicas.....	79



## FONTES LIPÍDICAS NA TERMINAÇÃO DE NOVILHOS NELORE CONFINADOS

**RESUMO** – O objetivo deste trabalho foi avaliar o efeito de fontes lipídicas com diferentes perfis de ácidos graxos sobre o consumo de nutrientes, digestibilidade, parâmetros fermentativos, microbiota ruminal, desempenho, emissão de metano entérico e características qualitativas da carcaça e da carne de novilhos Nelore terminados em confinamento. Na avaliação de consumo, desempenho, emissão de metano e características qualitativas da carcaça e da carne foram utilizados 45 novilhos castrados da raça Nelore com peso médio inicial de  $419 \pm 11$  kg e aproximadamente 15 meses de idade, recebendo 60% de volumoso (silagem de milho) e 40% de concentrado. Foram testados 5 tratamentos: um sem adição de lipídios e mais quatro dietas com diferentes fontes lipídicas: óleo de linhaça, óleo de palma, soja grão e um suplemento comercial com gordura protegida (Lactoplus). O delineamento experimental utilizado foi o inteiramente casualizado com cinco tratamentos e nove repetições, e as médias foram comparadas pelo teste de Tukey a 5%. As fontes lipídicas influenciaram ( $P < 0,05$ ) os valores de ganho médio diário (GMD) e ingestões de matéria seca e nutrientes. Animais alimentados com dieta sem adição de lipídios apresentaram maior ingestão de matéria seca e nutrientes quando comparado aos que receberam óleo de palma. A eficiência alimentar teve valor médio de 0,13 kg GMD/kg MS nas dietas sem adição de lipídios, gordura protegida, soja grão e óleo de linhaça, enquanto a dieta com óleo de palma apresentou um valor de 0,08 kg GMD/kg MS. Animais alimentados com óleo de palma apresentaram maior força de cisalhamento ( $P < 0,05$ ) quando comparados aos que receberam a dieta sem adição de lipídios (5,87 vs 4,14 kg/cm<sup>2</sup>). A deposição de CLA foi maior no tratamento com óleo de linhaça (0,67 no músculo e 1,69 % no gordura subcutânea). Animais alimentados com óleo de linhaça e soja grão apresentam a mesma eficiência alimentar das dietas com gordura protegida e sem adição de lipídios, com uma redução média de 57% na emissão de metano quando comparadas com essas dietas. Na avaliação de digestibilidade, parâmetros fermentativos e microbiota ruminal foram utilizados 10 animais canulados no rúmen e duodeno dispostos em um delineamento experimental duplo quadrado latino 5x5. As fontes lipídicas afetaram a digestibilidade total da matéria seca e orgânica, em que o tratamento sem adição de lipídios, soja grão e com gordura protegida foram superiores aos tratamentos com óleo de palma e de linhaça. Já na digestibilidade do FDN, a dieta com óleo de linhaça apresentou o menor valor (39,9%), enquanto as demais dietas não diferiram entre si. A digestibilidade da PB não foi afetada ( $P > 0,05$ ) pelas fontes lipídicas. Não houve efeito das fontes lipídicas sobre o pH e produção de ácidos graxos de cadeia curta, porém a concentração de N-NH<sub>3</sub> e protozoários totais foi maior no tratamento com gordura protegida e sem adição de lipídios.

**Palavras-chaves:** gordura protegida, ingestão, óleo de linhaça, óleo de palma, soja grão

## NELLORE STEERS FINISHED IN FEEDLOT WITH DIFFERENTS LIPIDIC SOURCES

**ABSTRACT** – The aim of this study was to evaluate the effect of lipid sources with different fatty acid profiles under the ingestion of nutrients, digestibility, fermentation parameters, rumen microbial, performance, enteric methane emission and qualitative characteristics of the carcass and meat from Nellore steers finished in feedlots. In the evaluation of consumption, performance, methane emission and qualitative characteristics of the carcass and meat were used 45 Nellore steers with an initial average weight of  $419 \pm 11$  kg and approximately 15 months of age, receiving 60% roughage (corn silage) and 40% concentrate. Were tested 5 treatments: one without additional fat source and more four diets with different fat sources: linseed oil, palm oil, soybeans grain and a commercial supplement with protected fat (Lactoplus). The experimental design was completely randomized with five treatments and nine replicates, and averages were compared by Tukey test ( $P < 0.05$ ). Lipid sources influenced ( $P < 0.05$ ) values of average daily gain (ADG) and intakes of dry matter and nutrients. Animals fed with the without additional fat source diet presented higher intake of dry matter and nutrients compared to those that received palm oil. Feed efficiency had average value of 0.13 kg ADG/kg DM in the diet control, protected fat, soybeans grain and linseed oil, while palm oil diet showed a value of 0.08 kg ADG / kg DM. Animals fed with palm oil had higher shear force ( $P < 0.05$ ) compared with those who received the without additional fat source diet (5.87 vs 4.14 kg/cm<sup>2</sup>). The deposition of CLA were higher in treatment with linseed oil (0.67 – muscle and 1.69 – subcutaneous fat). Diets based on linseed oil and soybeans grain present the same feeding efficiency of diets with protected fat and without additional fat source, however produce an average reduction of 57% in methane emissions when compared with these diets. In digestibility evaluating, fermentative parameters and rumen microbial were used 10 cannulated animals in the rumen and duodenum arranged in a randomized double Latin square design 5x5. Lipid sources affected total digestibility of dry and organic matters, where without additional fat source treatment, soybeans grain and protected fat treatments were superior to palm oil and linseed oil. In the NDF digestibility, the linseed oil diet showed the lowest value (39.9%), while other diets did not differ. The CP digestibility was not affected ( $P > 0.05$ ) by lipid sources. There was no effect of lipid sources on pH and production of short chain fatty acids, but the concentration of N-NH<sub>3</sub> and total protozoa was higher in the treatment with protected fat and control.

**Keywords:** protected fat, intake, linseed oil, palm oil, soybean grain

## CAPÍTULO 1 – CONSIDERAÇÕES GERAIS

### 1 INTRODUÇÃO

A importância da bovinocultura de corte na economia brasileira é inegável, além de movimentar a indústria e distribuir uma gama variável de insumos que se utiliza no seguimento produtivo, a cadeia da pecuária bovina, incluindo produção, abate, transformação, transporte e comercialização de produtos e subprodutos, movimenta um grande número de agentes e de estruturas, da fazenda à indústria, e ao comércio, gerando renda e criando empregos em seus diversos segmentos (CORREA, 2000).

As atividades de cria, recria e engorda de gado de corte ocupam cerca de 172 milhões de hectares do território brasileiro, principalmente nas regiões Sudeste e Centro-Oeste, onde se concentram ao redor de 112,1 milhões de cabeças, ou seja, cerca de 53,9% do rebanho total (ABIEC, 2011). A produção de carne no Brasil ainda é baixa, por exemplo, a taxa de desfrute, que se refere ao número de abates sobre o rebanho total, que no caso do Brasil é em torno de 20%, ou seja, cerca de 40 milhões de cabeças abatidas por ano, diante de um rebanho de 208 milhões (ABIEC, 2011). Quanto ao confinamento, estima-se que em 2011 foram abatidos 3,4 milhões de animais terminados neste sistema, representando assim 8,6% do total de abates (ABIEC, 2011).

O processo de globalização da economia tem causado grandes mudanças em diversos setores do agronegócio, obrigando dessa forma que a produção de gado de corte brasileira seja mais eficiente. De acordo com Souza (2008), a queda das taxas inflacionárias advindas do “Plano Real”, a partir de 1994, deu início às grandes modificações no setor primário brasileiro, particularmente na atividade pecuária, que por muito tempo obteve seus lucros pela elevada desvalorização da moeda.

Esse novo momento exigiu que as propriedades rurais se tornassem empresas eficientes e fez com que os índices produtivos se elevassem consideravelmente. Todos estes fatores somados às crises sanitárias de vários países possibilitaram a abertura do mercado internacional para exportação de carne do Brasil, no ano de 2011, o Brasil foi o maior exportador de carne bovina, com 1,5

milhões de toneladas de carne exportada, respresentando 16,5% do total abatido (ABIEC, 2011).

Contudo, a produtividade brasileira ainda pode ser incrementada tanto quantitativamente, como em grau de especialização de seus produtos. Dessa forma, inúmeros produtores têm trabalhado com animais com potencial para produção de carne de qualidade utilizando técnicas em diferentes áreas como no melhoramento genético, na alimentação e na utilização de tecnologias de manejo intensivas. Com a introdução do modelo intensivo de produção de carne, houve um aumento nos trabalhos de pesquisa visando obter produtos de melhor qualidade, como a melhoria no perfil de ácidos graxos da carne. A adoção de técnicas de manejo e alimentação são importantes para colocar o setor pecuário em situação de igualdade com os grandes países produtores.

Segundo Oliveira (2008), os resultados positivos da pecuária nacional tornam-se dependentes da integração de tecnologias para melhorar aspectos sanitários, nutricionais e genéticos, proporcionando melhorias na qualidade dos produtos em um sentido mais amplo, auxiliando o crescimento e a consolidação da cadeia produtiva da carne, trazendo retornos econômicos a todos os elos produtivos e permitindo que todas as classes sociais tenham acesso aos produtos.

Deste modo, a busca da melhoria da produtividade e da eficiência dos sistemas de produção tem na alimentação animal um de seus principais focos. Uma das alternativas que vem sendo estudada para manipulação da dieta de ruminantes é a utilização de alimentos ricos em lipídios, que permite melhorar o desempenho animal, reduzir a emissão de metano entérico (MARTIN; MORGAVI; DOREAU, 2010) e alterar a composição de ácidos graxos na carcaça de bovinos de corte (OLIVEIRA et al., 2012).

## **2 Confinamento**

Até o início da década de 90, a produção de bovinos em confinamento no Brasil, tinha como principal justificativa a possibilidade de permitir o aproveitamento do diferencial de preços do boi gordo na entressafra. Mais do que as vantagens de abater um bovino mais novo, com acabamento adequado, ou de aproveitar subprodutos na sua alimentação, a grande motivação dos confinadores era o

recebimento de um valor da arroba, pelo menos, 30% mais alto do que o praticado na safra.

Este diferencial de preços era consequência da elevada concentração de abates no primeiro semestre, decorrente do crescimento estacional das forrageiras, proporcionando alta disponibilidade de forragem, em termos quantitativos e qualitativos, entre novembro e abril (BURGÜI, 2001). No entanto, nos anos mais recentes, a lucratividade dos confinadores tem diminuído principalmente em função do alto custo da alimentação, que é responsável por aproximadamente 70% do custo total (ARBOITTE et al., 2004).

Atualmente, mais de 90% da terminação de bovinos no Brasil é feita em pasto. No entanto, a pecuária tem passado por intensas transformações, visando, a cada dia, maior eficiência. O confinamento tem sido utilizado como uma opção na etapa final do processo de produção de bovinos de corte, e pode apresentar algumas vantagens, como: melhor controle da alimentação, redução da idade de abate, maior produtividade por área e retorno do capital investido em menor prazo, além de possibilitar a produção de carne e carcaças de melhor qualidade.

O confinamento não deve ser adotado ou analisado como uma estratégia isolada de manejo no sistema de produção de bovinos de corte. Não sendo considerado uma atividade exclusiva, pode contribuir no aumento da taxa de desfrute na propriedade, acelerar o fluxo produtivo de carne e o giro de capital, contribuindo com a elevação qualitativa da carne produzida no Brasil, a exemplo de outros países no mundo.

O sistema de produção de animais em confinamento possibilita a produção intensiva de carne através da exploração da máxima eficiência biológica aliada à rápida deposição do tecido muscular esquelético que representam as variáveis capazes de determinar o sucesso na adoção desta tecnologia (ARRIGONI et al., 2004). Neste sentido, a máxima eficiência biológica destes animais será atingida com o fornecimento de dietas que atendam suas exigências energéticas (manutenção + crescimento) e protéicas.

Com a introdução do modelo intensivo de produção de carne e aumento da exigência do mercado consumidor por produtos de qualidade, houve um crescimento significativo do número de trabalhos de pesquisa visando obter produtos de melhor

qualidade (FERNANDES, 2007). Dentre estas qualidades destacam-se o rendimento de cortes cárneos, a porcentagem de gordura (subcutânea e intramuscular) na carcaça, maciez, suculência e palatabilidade (BOLEMAN et al., 1998).

Desta forma, a adoção de técnicas de manejo e alimentação que viabilizem a produção de carnes de melhor qualidade tornam-se da maior importância para colocar o setor pecuário em situação de igualdade com os grandes países produtores de carne.

### **3 Fontes lipídicas**

Diversas fontes lipídicas podem ser incluídas na dieta de ruminantes e apesar dos vários benefícios que podem ser alcançados com a inclusão de ácidos graxos, efeitos tóxicos sobre os microrganismos do rúmen, especialmente bactérias gram-positivas, protozoários e arqueias metanogênicas podem prejudicar a fermentação ruminal (PALMQUIST; MATTOS, 2011).

Como consequência das alterações na microbiota com a inclusão de ácidos graxos podem ocorrer reduções no consumo de nutrientes (WANAPAT et al., 2011) na digestibilidade da fibra (MANSO et al., 2005; PAVAN; DUCKETT; ANDRAE, 2007), aumento no conteúdo de ácidos graxos de cadeia curta e redução na produção de metano e nitrogênio amoniacal ruminal (MORAIS; BERCHIELLI; REIS, 2011), sendo que Onetti et al. (2001) admitiram serem os efeitos observados dependentes da quantidade, do perfil de ácidos graxos que compõem a fonte de lipídio, bem como da interação fonte x ingredientes da dieta basal.

Chegando no rúmen, os triglicerídeos são rapidamente hidrolisados a ácidos graxos e glicerol, e este é usado como fonte de energia pelas bactérias ruminais e os ácidos graxos são parcialmente biohidrogenados ou neutralizados na forma de sabões de cálcio (PALMQUIST; MATOS, 2011).

Uma das alternativas de prevenir parcialmente os processos de biohidrogenação ruminal, aumentando a passagem de ácidos graxos insaturados para o duodeno, além de reduzir o efeito deletério dos lipídios no rúmen, quando fornecidos em doses elevadas, acima de 7%, (PALMIQUIST; MATTOS, 2011), e consequente efeito negativo na fermentação ruminal, é fornecer lipídio protegido ou sementes integrais de oleaginosas (ANDRAE et al., 2001; WADA et al., 2008).

Fontes como óleo de soja e sementes inteiras de oleaginosas, são constantemente utilizadas. As sementes de oleaginosas são utilizadas pelas altas concentrações de lipídios e por apresentarem características diferentes com relação à taxa de liberação do óleo, que é liberado à medida que o animal vai consumindo, através da mastigação, chegando em pequenas frações no ambiente ruminal (COPPOCK; WILKS, 1991). Esta forma de liberação não influenciaria a fermentação ruminal, ou por ser muito pouca para revestir as partículas alimentares ou por sofrerem rápida biohidrogenação pelos microrganismos. No entanto, segundo Lee et al. (2007), o óleo contido nos grão de soja possui aproximadamente 85% de ácidos graxos insaturados, principalmente oleico, linoléico e linolênico, o que poderia causar efeitos adversos na fermentação ruminal.

Dentre as fontes avaliadas, o grão de soja destaca-se pela facilidade de armazenamento, incorporação no suplemento, disponibilidade regional, pelo elevado teor de ácidos graxos insaturados e pela grande aceitação pelos animais (SOUZA, 2008). A soja grão é considerada uma fonte de proteína, e devido seu alto teor de lipídio, consiste também como boa alternativa de fonte de energia.

Em um estudo com diferentes grãos de oleaginosas (algodão, soja e linhaça no nível de 6% de extrato etéreo e um tratamento sem adição de lipídios na dieta de novilhos zebuínos confinados, Bassi et al. (2012) não verificaram diferenças nas ingestões de nutrientes nas dietas testadas. Diferentemente, Oliveira et al. (2007) utilizaram dietas sem adição de lipídios e com adição na forma de grãos e óleo de soja e notaram que a ingestão de MS foi menor com grão e óleo de soja e que o óleo influenciou negativamente na digestibilidade da fibra de novilhos bubalinos confinados. Messana et al. (2012) avaliaram níveis (0, 2, 4 e 6%) de lipídios na dieta através da inclusão de grão de soja moído e não verificaram efeitos na população de protozoários, no consumo de MS, ou no fluxo de proteína microbiana.

A suplementação lipídica na forma de gordura protegida tem sido recomendada para ruminantes, por ser considerada uma fonte de gordura ruminalmente inerte (HARVATINE; ALLEN, 2006), porém, o grau de resistência das gorduras protegidas ainda não foi bem estabelecido. Tem-se a “proteção” como alternativa para utilização de fontes lipídicas, o que beneficiaria principalmente os ácidos graxos insaturados que poderiam ser absorvidos e depositados no tecido

muscular. Entretanto, a maioria dos trabalhos com esta fonte são em fêmeas lactantes, e ainda são escassos os trabalhos científicos que avaliam os efeitos desta prática sobre o desempenho e metabolismo dos bovinos de corte. Putrino et al. (2006) observaram redução na ingestão de MS ao comparar a dietas controle (3% EE na MS) em relação a dietas com gordura protegida (6% EE na MS), em bovinos Nelore em confinamento.

Fiorentini et al. (2012) trabalharam com fêmeas mestiças confinadas, alimentadas com 3 diferentes fontes lipídicas (óleo de soja, soja grão e gordura protegida) ao nível de 5,8% de EE na dieta total, e concluíram que dietas com soja grão proporcionaram melhor perfil de ácidos graxos na carne, do que dietas com gordura protegida.

O óleo de palma possui um perfil lipídico altamente saturado, sendo rico em ácido láurico (57%) e mirístico (17%), e sua utilização na nutrição de ruminantes pode se interessante, pois, possivelmente apresenta menor interferência no ambiente ruminal (WANAPAT et al., 2011). Entretanto, do ponto de vista nutricional óleos vegetais não-hidrogenados (ex: soja, girassol, milho, canola, linhaça) produzem melhores efeitos no perfil lipídico, se comparados ao óleo de palma, ou outros óleos hidrogenados (MENSINK et al., 2003).

Apesar de se tratar de uma fonte lipídica vegetal com alto grau de saturação, alguns trabalhos que utilizaram óleo de palma verificaram decréscimo na digestibilidade da MS e FDN (MANSO et al., 2005) e na ingestão de nutrientes (MANSO et al., 2005; OTARU et al., 2011). No entanto, não foram observadas diferenças nas características da carcaça ou na composição de ácidos graxos na carne de carneiros confinados recebendo óleo de palma em dietas a base de palha de centeio (MANSO et al., 2009).

Por outro lado a linhaça é conhecida como uma importante fonte de ácidos graxos insaturados, principalmente o ácido linolênico (C18:3 n-3), conhecido pelas propriedades anticarcinogênicas, prevenção de doenças cardiovasculares e aumento da capacidade visual (PONNAMPALAM et al., 2001; SCOLLAN et al., 2001; PETIT, 2002). Dietas suplementadas com óleo de linhaça conduzem a maiores concentrações de ácidos alfa-linolênicos e CLA na carcaça e no leite de



ruminantes (BARTON et al., 2007; DOREAU; AUROUSSEAU; MARTIN, 2009; OLIVEIRA et al., 2012).

Além de melhorar o perfil da gordura na carcaça de ruminantes, diversos trabalhos na literatura demonstram o potencial do óleo de linhaça em reduzir a emissão de metano entérico em ruminantes. Eugène et al. (2011) incluíram óleo de linhaça e amido na dieta de animais confinados e relataram redução de 20 e 24% na emissão de metano em L/dia e L/dia/Kg de peso vivo, respectivamente.

Embora os resultados com óleo de linhaça se apresentem favoráveis com relação à melhoria no perfil de ácidos graxos e redução de metano, a inclusão dessa fonte pode causar redução no consumo de matéria seca (EUGÈNE et al., 2011) e na digestibilidade da fibra (MARTIN et al., 2008), provavelmente ao efeito físico do óleo que reveste as partículas dos alimentos, dificultando assim, a ação dos microrganismos.

#### **4 Perfil de ácidos graxos na carne e gordura**

Atualmente, há uma preocupação com a saúde alimentar humana, não somente quanto à qualidade sanitária dos alimentos, mas principalmente, em relação aos possíveis efeitos (maléficos ou benéficos) de determinados alimentos ou nutrientes sobre a saúde dos consumidores (KAZAMA et al., 2008). Os consumidores estão cada vez mais atentos nas relações entre a dieta e a saúde, particularmente em relação a doenças como câncer, arteroesclerose e obesidade. Portanto, o conhecimento dessa relação aumentou o interesse dos consumidores em conhecer a qualidade nutricional dos alimentos (SCOLLAN et al., 2006).

Devido aos processos de biohidrogenação que ocorrem no rúmen, a gordura de animais ruminantes apresentam mais ácidos graxos saturados em detrimento dos mono e polinsaturados. Por isso o consumo de carne vermelha é frequentemente associado ao aumento do colesterol e doenças cardiovasculares (SCOLLAN et al., 2006).

No consumo humano, recomenda-se que a ingestão de gordura total, ácidos graxos saturados (AGS),  $\omega$ -6 ácidos graxos polinsaturados (AGPI),  $\omega$ -3 (AGPI), e ácidos graxos *trans* devem contribuir com <15-30%, <10%, <5-8 %, <1-2% e <1% do consumo total de energia, respectivamente. A redução da ingestão de AGS (que são

conhecidos por aumentar as lipoproteínas de baixa densidade (LDL) e o colesterol) e o aumento da ingestão de  $\omega$ -3 polinsaturados é especialmente encorajado (SCOLLAN et al., 2006). Por outro lado, a carne bovina é fonte de ácido linoléico conjugado (CLA), que tem demonstrado efeito anticarcinogênico (KELLEY; HUBBARD; ERICKSON, 2010) e redutor da gordura corporal (RACINE et al., 2010).

Ainda não é claro se o consumo de gorduras acima do recomendado aumentaria o risco de morte de pessoas que já não pertenciam ao grupo de risco de doença do coração, ou ainda que dietas com baixos teores de gordura possam reduzir esse risco. Novos estudos têm demonstrado evidências de que apresentar conclusões simplistas a respeito da ingestão de gorduras implica na possibilidade de erros. De acordo com Bauman, Baumgard e Corl (1999), existem evidências de que os alimentos contendo um perfil adequado de ácidos graxos podem contribuir na prevenção e, inclusive, inibir o desenvolvimento de algumas doenças.

Algumas estratégias de manejo alimentar vêm sendo estudadas com o objetivo de alterar a composição em ácidos graxos dos tecidos animais. O conteúdo de ácido linoléico conjugado (CLA) e de outros ácidos graxos desejáveis na carne bovina é de grande interesse para as pesquisas atuais na bovinocultura de corte (MIR et al., 2003).

O ácido graxo C18:2 *cis*-9 *trans* 11 é o isômero de CLA dominante nos produtos de ruminantes (HOCQUETTE et al., 2012). As duplas ligações nos ácidos graxos insaturados que ocorrem na natureza são geralmente do tipo *cis* (i.e. os átomos de hidrogênio ligados ao carbono da cadeia apontam para a mesma direção). Nos ruminantes, como resultado da biohidrogenação que ocorre no rúmen, uma proporção significativa das duplas ligações são do tipo *trans*, ou seja, os átomos de hidrogênio apontam em direções opostas (WOOD et al, 2008). O principal ácido graxo *trans* é o C18:1, ácido vacênico, que é convertido a CLA no tecido adiposo e muscular pela ação da enzima dessaturase ( $\Delta^9$  C18).

Desta maneira, várias pesquisas surgiram no intuito de se estudar as possíveis relações da dieta com as características de carcaça e de qualidade de carne. Uma das alternativas que vem sendo estudada para manipulação da dieta de ruminantes é a utilização de alimentos ricos em lipídios, que permite melhorar o

desempenho animal e alterar a composição de ácidos graxos na carcaça de bovinos de corte (WADA et al., 2008).

Desse modo, Barton et al. (2007) avaliaram a influência da inclusão de linhaça extrusada na alimentação de animais Limousin e Charolês sobre a composição em ácidos graxos na carne e gordura de cobertura. Estes autores observaram que a inclusão de linhaça na dieta melhorou a composição em ácidos graxos tanto da carne quanto da gordura subcutânea, proporcionando diminuição da concentração de ácido palmítico (C16:0), aumento das concentrações de ácido linolênico (C18:3 n3) e CLA e diminuição da relação  $\omega$ -6: $\omega$ -3, além da diminuição dos ácidos graxos saturados totais e aumento de polinsaturados na gordura subcutânea.

Fernandes et al. (2009) compararam animais confinados da raça Canchim alimentados com dietas contendo silagem e concentrado ou cana-de-açúcar e concentrado contendo grãos de girassol. Observaram melhora na composição em ácidos graxos na carne dos animais alimentados com cana-de-açúcar e girassol, apresentando maiores quantidades de CLA e ácidos graxos polinsaturados.

A suplementação com fontes lipídicas ricas em ácido oleico, linoléico e linolênico é uma das estratégias que podem ser usadas para alcançar níveis mais elevados das gorduras consideradas benéficas à saúde humana.

## **5 Emissão de metano entérico**

A pecuária brasileira, principalmente a extensiva, encontra-se no centro da discussão sobre a emissão de gases de efeito estufa pelas atividades antrópicas. Os pecuaristas do Brasil estão sendo alvo de críticas severas a respeito da emissão de gás metano na atmosfera pelos bovinos criados em pastagens. A produção e emissão de metano está associada às proporções dos ácidos graxos de cadeia curta (AGCC) produzidos no processo de fermentação ruminal, em função principalmente de características da dieta e da população microbiana.

Estima-se que o gás metano aumenta anualmente a uma taxa de 0,9% na atmosfera. As emissões globais desse gás, geradas a partir de processos antrópicos são estimadas em 320 milhões de toneladas por ano, sendo que 86 milhões de toneladas são gerados nos processos de fermentação entérica (IPCC, 2006).

Embora, seja uma realidade este fato não pode ser levado em consideração como o único responsável pelo aumento desse gás na atmosfera.

A mídia tem abordado o assunto rotulando a produção de carne bovina como inimiga ambiental. Na maioria das vezes, estas críticas são infundadas tecnicamente (CAPPER; CADY; BAUMAN, 2009) pois ainda há a necessidade do desenvolvimento de metodologias acuradas para geração de dados específicos para os sistemas de produção de cada região (país ou bioma), conforme relatado no primeiro inventário nacional de emissões de gás de efeito estufa (GEE) de origem antrópica (MCT, 2010).

A exploração equivocada da mídia sobre o assunto pode ser um pretexto político a ser explorado para a criação de barreiras não-tarifárias à exportação da carne brasileira (PEDREIRA et al., 2005), uma vez que o Brasil é detentor do maior rebanho comercial de bovinos do mundo e por utilizar forrageiras tropicais como base da alimentação destes animais. A emissão de metano pela pecuária corresponde apenas com 15 a 20% das atividades antrópicas (MARTIN et al., 2008).

A eficiência dos sistemas brasileiros ainda é passível de melhorias, existindo ainda possibilidades de aumento na quantidade de produto final, mantendo ou reduzindo a emissão de GEE (CHIZZOTTI et al., 2011). Conforme estimativas realizadas por Barioni et al. (2007), o aumento da taxa de natalidade de 55 para 68%, a redução na idade de abate de 36 para 28 meses e a redução na mortalidade até 1 ano de 7 para 4,5%, permitiria que em 2025 as emissões de metano em relação ao equivalente carcaça produzido fossem reduzidas em 18%. Isso seria possível mesmo com o aumento estimado em 25,4% na produção de carne. Ou seja, toda ação que melhore a eficiência do sistema de produção reduz proporcionalmente a emissão de metano, uma vez que mais produto (carne, leite, lã, etc.) será produzido em relação aos recursos utilizados (GUIMARÃES et al., 2010).

Em vista disso, e considerando a ampla variedade de sistemas de produção de gado de corte no Brasil, Chizzotti et al. (2011) realizaram uma simulação do efeito da redução da idade de abate por meio da intensificação dos sistemas de produção de bovinos de corte e também do efeito da melhoria da eficiência alimentar sobre o impacto ambiental da atividade pecuária, principalmente no que diz respeito à emissão de metano entérico e a excreção urinária de nitrogênio. As simulações

foram realizadas para vários sistemas de produção, considerando diferentes cenários para abate de animais aos 44, 30, 26, 20 ou 14 meses de idade. No entanto, é importante ressaltar que devido à escassez de dados referentes à emissão de equivalente CO<sub>2</sub> pelos principais insumos utilizados na pecuária, não foram considerados os custos energéticos ambientais da produção de insumos, que são custos importantes quando da utilização de sistemas altamente intensivos. Como principais resultados desta simulação, os autores citam que ao reduzir a idade de abate de 44 para 30 meses foi observada uma marcante redução no consumo de recursos naturais e também no impacto ambiental da atividade. Nesta situação, o consumo de matéria seca total, do nascimento ao abate foi reduzido de 6258 para 4832 kg. Com isso, houve uma concomitante redução na excreção fecal de 2986 kg para 2166 kg. Com relação à produção de metano total, foi observada redução de 23%.

Nos animais que recebem suplementação múltipla nas secas e nas águas e são terminados em confinamento (abate aos 20 meses) a emissão de metano é reduzida em 53%, podendo chegar a 68% de redução no caso de animais superprecoces (sistema 14 meses). Entretanto, a emissão de GEE oriundo dos alimentos e do transporte e fornecimento desses não foi considerada, o que certamente deve diminuir o potencial de mitigação dos sistemas mais intensivos.

O metano é eliminado por bovinos e sua produção é proveniente da fermentação ruminal, e está relacionada ao tipo do animal e ao consumo e digestibilidade do alimento (RIVERA et al., 2010). O processo de produção de metano pode ser visto como um dreno, em que hidrogênio produzido pelos microrganismos ruminais é consumido, permitindo a maior produção total de ATP (FAHEY; BERGER, 1988). A formação dos ácidos acético e butírico é acompanhada pela produção de H<sub>2</sub> enquanto a produção de ácido propiônico envolve o consumo de H<sub>2</sub>. A proporção relativa dos ácidos acetato:propionato:butirato determina a quantidade de H<sub>2</sub>, em excesso, disponível no rúmen, ou seja, passível de ser transformada em metano pelas arqueias metanogênicas.

A redução de CO<sub>2</sub> a metano no rúmen desempenha importante função, agindo na remoção contínua do H<sub>2</sub> resultante da fermentação da matéria orgânica, dessa forma, a redução ou eliminação da metanogênese pode exigir o

estabelecimento de rota alternativa para evitar o acúmulo de  $H_2$  mantendo o adequado funcionamento do rúmen (WEIMER, 1998).

Desta maneira, o desenvolvimento de estratégias alimentares que reduzam a emissão de metano pode trazer benefícios não somente ao meio ambiente, mas também ao próprio animal (MARTIN et al., 2008). O emprego da suplementação lipídica na dieta de ruminantes também vem sendo utilizada e tem apresentado como uma estratégia promissora para aumentar a eficiência no sistema de produção animal e os benefícios ambientais decorrentes da redução na metanogênese (RIVERA et al., 2010).

O fornecimento de ácidos graxos insaturados desempenha ação deletéria sobre as metanogênicas e protozoários além de consumir  $H_2$  pelo processo de biohidrogenação (MacMÜLLER et al., 1998), assim, esses processos combinados resultam na redução da emissão de metano entérico ruminal, sendo que a intensidade com que ocorre a inibição é determinada pelo grau de saturação da gordura e a quantidade suplementada (FIEVEZ et al., 2003).

Martin et al. (2008) que trabalharam com adição de óleo de linhaça (8,4% de EE na dieta) na alimentação de vacas leiteiras, e constataram que o uso de óleo de linhaça reduziu em 64% a produção de  $CH_4$  (g/dia) quando comparado ao tratamento controle (sem adição de linhaça). Da mesma forma, Carvalho (2012) encontrou redução de 38% na emissão de metano (g/dia) em animais mantidos em pastagem e suplementados (0,5% do peso vivo) com óleo de linhaça (6% de extrato etéreo na matéria seca) quando comparado a dieta sem adição de lipídios.

Em um artigo de revisão baseado em 17 trabalhos, Beauchemin et al. (2008) relataram uma redução de 5,6% de  $CH_4$  por 1% de lipídios adicionados na dieta de bovinos e ovinos. Segundo Martin, Morgavi e Doreau (2010) suplementos ricos em ácidos graxos insaturados como ácido linoléico (C18:2, encontrado principalmente na soja grão e girassol) e ácido linolênico (C18:3, presente linhaça) têm um grande efeito na redução de  $CH_4$ , segundo esses autores estas fontes possuem um potencial de redução de 4,1 e 4,8% de decréscimo por 1% de lipídio adicionada na dieta, respectivamente. Da mesma maneira, declínio de 37% na emissão de  $CH_4$  foi demonstrado com a adição de 6,0% de lipídios a base de soja (óleo ou grão) em touros jovens (JORDAN et al., 2006).

É importante ressaltar que a suplementação com lipídios na dieta de ruminantes tem sido explorada como uma estratégia promissora para aumentar a eficiência no sistema de produção animal, mas também pelos benefícios ambientais devido à redução na metanogênese, no entanto as estratégias de mitigação devem ser traçadas visando redução na produção de  $H_2$  sem prejudicar a digestibilidade dos alimentos como vias alternativas que utilizem de  $H_2$  e/ou inibição das arqueias metanogênicas (número ou atividade) (MARTIN; MORGAVI; DOREAU, 2010).

## 6 Objetivos

### 6.1 Gerais

Avaliar os efeitos de fontes lipídicas com distintos perfis de ácidos graxos sobre os aspectos de desempenho, emissão de metano entérico e qualidade da carne de novilhos Nelore confinados.

### 6.2 Específicos

Avaliar o consumo, digestibilidade, desempenho, emissão de metano entérico, características da carcaça, qualidade da carne e do perfil de ácidos graxos, parâmetros da fermentação ruminal, fluxo e taxa de biohidrogenação dos ácidos graxos, população ruminal de protozoários e síntese de proteína microbiana em novilhos Nelore confinados recebendo diferentes fontes lipídicas.

## 7 Referências Bibliográficas

ANDRAE, J.G.; DUCKETT, S.K.; HUNT, C.W. ; PRITCHARD, G.T. ; OWENS, F.N. Effects of feeding high-oil corn to beef steers on carcass characteristics and meat quality. **Journal of Animal Science**, v. 79, p. 582-588, 2001.

ARBOITTE, M.Z.; RESTLE, J.; ALVES FILHO, D.C.; PASCOAL, L.L.; PACHECO, P.S.; SOCCAL, D.C. Características da carcaça de novilhos 5/8 - Nelore 3/8 Charolês abatidos em diferentes estádios de desenvolvimento. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.33, p.969-977, 2004.

ARRIGONI, M. D.B; ALVES Jr., A; DIAS, P. M. A.; MARTINS, C. L.; CERVIERI, R. C.; SILVEIRA, A. C.; OLIVEIRA, H. N.; CHARDULO, L. A. L. Desempenho, fibras musculares e carne de bovinos jovens de tres grupos geneticos. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v.39, p. 1033-1039, 2004.

Associação Brasileira da Indústria Exportadora de Carne Bovina (ABIEC). Disponível em: <<http://www.abiec.com.br/estatisticas.htm>> Acesso em 23 de outubro de 2012.

BARIONI, L.G.; LIMA, M.A.; ZEN, S.; GUIMARÃES JÚNIOR, R.; FERREIRA, A.C. Abaseline projection of methane emissions by the Brazilian beef sector: preliminary results. In: GREENHOUSE GASES AND ANIMAL AGRICULTURE CONFERENCE, 2007, Christchurch, New Zealand. **Proceedings...** Christchurch, 2007.

BARTON, L.; MAROUNEK M.; KUDRNA, V.; BURES, D.; ZAHRA, R. Growth performance and fatty acid profiles of intramuscular and subcutaneous fat from Limousin and Charolais heifers fed extruded linseed. **Meat Science**, v. 76, p. 517–523, 2007.

BASSI, M. S.; LADEIRA, M. M.; CHIZZOTTI, M. L.; CHIZZOTTI, F. H. M.; OLIVEIRA, D. M.; MACHADO, O. R. N.; CARVALHO, J. R. R.; NOGUEIRA, A. A. N. Grãos de oleaginosas na alimentação de novilhos zebuínos: consumo, digestibilidade e desempenho. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.41, p.353-359, 2012.

BAUMAN, D.E.; BAUMGARD, L.H.; CORL, B.A. Biosynthesis of conjugated linoleic acid in ruminants. **Journal of Animal Science**, v.77, n. E-suplemento, p.1-15, 1999.

BEAUCHEMIN, K.A.; KREUZER, M.; O'MARA, F.; MCALLISTER, T.A. Nutritional management for enteric methane abatement: a review. **Australian Journal of Experimental Agriculture**, v.48, n.2, p.21–27, 2008.

BOLEMAN, S.L.; BOLEMAN, S.J.; MORGAN, W.W.; HALE, D.S.; GRIFFIN, D.B.; SAVELL, J.W.; AMES, R.P.; SMITH, M.T.; TATUM, J.D.; FIELD, S.L.; SMITH, G.C.; GARDNER, B.A.; MORGAN, J.B.; NORTHCUTT, S.L.; DOLEZAL, H.G.; GILL, D.R.; RAY, F.K. National beef quality audit: survey of producer-related defects and carcass quality and quantity attributes. **Journal of Animal Science**, v.76, p.96-103, 1998.

BURGÜI, R. Confinamento estratégico. In: MATTOS, W.R.S. **A produção animal na visão dos brasileiros**. Piracicaba: Fealq, 2001. 927p.



CAPPER, J.L.; CADY, R.A.; BAUMAN, D.E. The environmental impact of dairy production: 1944 compared with 2007. **Journal of Animal Science**, v.87, p.2160-2167, 2009.

CARVALHO, I.P.C. **Fontes lipídicas na terminação de novilhos de corte em pastejo**. 2012. 115p. Tese (Doutorado em Zootecnia) - Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias – Universidade Estadual Paulista, Jaboticabal, 2012.

CHIZZOTTI, M.L. ; LADEIRA, M.M. ; MACHADO NETO, O.R. ; LOPES, L.S. Eficiência da produção de bovinos e o impacto ambiental da atividade pecuária. In: VII SIMPEC - VII Simpósio de Pecuária de Corte e II Simpósio Internacional de Pecuária de Corte, 2011, Lavras - MG. **VII Simpósio de Pecuária de Corte e II Simpósio Internacional de Pecuária de Corte**. Visconde do Rio Branco: Suprema Editora e Gráfica, 2011. v. 1. p. 37-60.

COPPOCK, C.E.; WILKS, D.L. Supplemental fat in high energy rations for lactating cows: effects on intake, digestion, milk yield, and composition. **Journal Animal Science**, v.69, p.3826-3837, 1991.

DOREAU, M.; AUROUSSEAU, E.; MARTIN, C. Effects of linseed lipids fed as rolled seeds, extruded seeds or oil on organic matter and crude protein digestion in cows. **Animal Feed Science and Technology**, v. 150, p.187–196, 2009.

EUGÈNEA, M.; MARTINA,C.; MIALONA, M.M.; KRAUSSB, D.; RENANDC, G.; DOREAU, M. Dietary linseed and starch supplementation decreases methane production of fattening bulls. **Animal Feed Science and Technology**, v. 166– 167, p. 330– 337, 2011.

FAHEY, G.C.Jr.; BERGER, L.L. Carbohydrate nutrition of ruminants. In: **The Ruminant Animal-Digestive Physiology and Nutrition**. CHURCH, D.C. ed. Waveland Press Inc., Prospect Heights, IL, p.269–297, 1988.

FERNANDES, A.R.M. **Eficiência produtiva e características qualitativas da carne de bovinos Canchim terminados em confinamento**. 2007. 117p. Tese (Doutorado em Zootecnia) - Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias – Universidade Estadual Paulista, Jaboticabal, 2007.

FERNANDES, A.R.M.; SAMPAIO, A.A.M.; HENRIQUE, W.; TULLIO, R.R.; OLIVEIRA, E.A.; SILVA, T.M. Composição química e perfil de ácidos graxos da carne de bovinos de diferentes condições sexuais recebendo silagem de milho e concentrado ou cana-de-açúcar e concentrado contendo grãos de girassol. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v. 38, p. 705–712, 2009.

FIEVEZ, V.; DOHME, F.; DANNEELS, M.; RAES, K.; DEMEYER, D. Fish oils as potent rumen methane inhibitors and associated effects on rumen fermentation in vitro and in vivo. **Animal Feed Science and Technology**, v. 104, p.41-58, 2003.

FIORENTINI, G.; BERCHIELLI, T.T.; SANTANA, M.C.A.; DIAN, P.H.M.; REIS, R.A.; SAMPAIO, A.M.M.; BIEHL, M.V. Qualitative characteristics of meat from confined crossbred heifers fed with lipid sources. **Scientia Agricola**, v.69, p.336-444, 2012.

GUIMARÃES JÚNIOR, R.; MARCHAO, R.L.; VILELA, L.; PEREIRA, L.G.R. Produção animal na integração lavoura-pecuária. In: Simpósio Mineiro de Nutrição de Gado de Leite, 5., 2010, Belo Horizonte. **Anais...** Belo Horizonte: UFMG, 2010. p. 111-123.

HARVATINE, K.J.; ALLEN, M.S. Fat supplements affect fractional rates of ruminal fatty acid biohydrogenation and passage in dairy cows. **Journal of Nutrition**, v. 136, p. 677-685, 2006.

HOCQUETTE, J.F.; BOTREAU, R.; PICARD, B.; JACQUET, A.; PETHICK, D.W.; SCOLLAN, N.D. Opportunities for predicting and manipulating beef quality. **Meat Science**, v.92, p.197–209, 2012.

IPCC. Chapter 3. **Livestock's role in climate change and air pollution** Vol. 4. Agriculture, forestry and other land use. pp. 3.1–3.20, 2006.

JORDAN, E.; KENNY, D.; HAWKINS, M.; MALONE, R.; LOVETT, D.R.; O'MARA, F.P. Effect of refined soy oil or whole soybeans on intake, methane output, and performance of young bulls. **Journal of Animal Science**, v.84, n.9, p.2418-2425, 2006.

KAZAMA, R.; ZEOULA, L.M.; PRADO I.N.; SILVA, D. C.; DUCATTI, T.; MATSUSHITA, M. Características quantitativas e qualitativas da carcaça de novilhas alimentadas com diferentes fontes energéticas em dietas à base de cascas de algodão e de soja. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.37, n.2, p.350-357, 2008.

KELLEY, N.S.; HUBBARD, N.E.; ERICKSON, K.L. Alteration of Human Body Composition and Tumorigenesis by Isomers of Conjugated Linoleic Acid In: Modern dietary fat intakes in disease promotion. **Nutrition and health**, v.2, p.121-131, 2010.

LEE, G.J.; WU, X.; SHANNON, J.G.; SLEPER, D.A.; NGUYEN, H.T. Soybean: in genome mapping and molecular breeding in plants. **Oilseeds**, Berlin: Spring-Verlag, 2007. In: KOLE, C. (Ed.), v. 2.

MAcMÜLLER, A.; OSSOWSKI, D.A.; WANNER, M.; KREUSER, M. Potencial of various fatty feeds to reduce methane release from rumen fermentation in vitro (Rusitec). **Animal Feed Science and Technology**, v.2, p.117-130, 1998.

MANSO, T.; BODAS, R.; CASTRO, T.; JIMENO, V.; MANTECON A.R. Animal performance and fatty acid composition of lambs fed with different vegetable oils. **Meat Science**, v. 83 p. 511–516, 2009.

MANSO, T.; CASTRO, T.; MANTECON A.R.; JIMENO, V. Effects of palm oil and calcium soaps of palm oil fatty acids in fattening diets on digestibility, performance and chemical body composition of lambs. **Animal Feed Science and Technology**, v.127, p.175–186, 2005.

MARTIN, C.; MORGAVI, D. P.; DOREAU, M. Methane mitigation in ruminants: from microbe to the farm scale. **Animal**, v.4, p.351–365, 2010.

MARTIN, C.; ROUEL, J.; JOUANY, J.P.; DOREAU, M.; CHILLIARD, Y. Methane output and diet digestibility in response to feeding dairy cows crude linseed, extruded linseed, or linseed oil. **Journal of Animal Science**, v.86, p.2642–2650, 2008.

MINISTÉRIO DA CIÊNCIA E TECNOLOGIA – MCT. **Relatório de referência para o Inventário nacional de emissão de gases de efeito estufa por atividades agrícolas: emissão de metano proveniente da pecuária no Brasil**. Brasília, 2010.

MENSINK, R.P.; ZOCK, P.L.; KESTER, A.D.M.; KATAN, M.B. Effects of dietary fatty acids and carbohydrates on ratio of serum total to HDL cholesterol and on serum lipids and apolipoproteins; a metanalysis of 60 controlled trials. **The American Journal of Clinical Nutrition**, v.77, p.1146–1155, 2003.

MESSANA, J.D.; BERCHIELLI, T.T.; ARCURI, P.B.; RIBEIRO, A.F.; FIORENTINI, G.; CANESIN, R.C. Effects of different lipid levels on protozoa population, microbial protein synthesis and rumen degradability in cattle. **Acta Scientiarum. Animal Sciences**, v. 34, p.279-285, 2012.

MIR, P.S.; IVAN, M.; HE, M.L.; PINK, B.; OKINE, E.; GOONEWARDENE, L.; McALLISTER, T.A.; WESELAKE, R.; MIR, Z. Dietary manipulation to increase conjugated linoleic acids and other desirable fatty acids in beef: A review. **Canadian Journal of Animal Science**, n.3, p.673-685, 2003.

MORAIS, J.A.S.; BERCHIELLI, T.T.; REIS, R.A. Aditivos. In: BERCHIELLI, T.T.; PIRES, A.V.; OLIVEIRA, S.G. (Eds.). **Nutrição de ruminantes**. 2.ed. Jaboticabal: Funep, 2011, p.539-570.

OLIVEIRA, E.A. **Desempenho, composição física das carcaças e qualidade da carne de tourinhos Nelore e Canchim terminados em confinamento**. 2008, 64p. Dissertação (Mestrado em Zootecnia). Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias, Universidade Estadual Paulista, Jaboticabal, 2008.

OLIVEIRA, E.A.; SAMPAIO, A.A.M.; HENRIQUE, W.; PIVARO, T.M.; ROSA, B.L.; FERNANDES, A.R.M.; ANDRADE, A.T. Quality traits and lipid composition of meat from Nelore young bulls fed with different oils either protected or unprotected from rumen degradation. **Meat Science**, v. 90, p.28–35, 2012.

OLIVEIRA, R.L.; ASSUNCAO, D.M.P.; BARBOSA, M.A.A.F.; LADEIRA, M.M.; SILVA, M.M.P.; MASCARENHAS, A.G.; SNEL-OLIVEIRA, M.V.; OLIVEIRA, R.L. Efeito do fornecimento de diferentes fontes de lipídeos na dieta sobre o consumo, a digestibilidade e o N-uréico plasmático de novilhos bubalinos em confinamento. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.36, p.733-738, 2007.

ONETTI, S.G.; SHAVER, R.D.; MCGUIRE, M.A.; GRUMMER, R.R. Effect of type and level of dietary fat on rumen fermentation and performance of dairy cows fed corn silage-based diets. **Journal of Dairy Science**, v.84, p.2751-2759, 2001.

OTARU, S.M.; ADAMU, S.M.; EHOCHÉ, O.W.; MAKUN, H.J. Effects of varying the level of palm oil on feed intake, milk yield and composition and postpartum weight changes of Red Sokoto goats. **Small Ruminant Research**, v. 96 p.25–35, 2011.

PALMQUIST, D.L.; MATTOS, W.R.S. Metabolismo de lipídios. In: BERCHIELLI, T.T.; PIRES, A.V.; OLIVEIRA, S.G. (Eds.). **Nutrição de ruminantes**. 2.ed. Jaboticabal: Funep, 2011, p.287-310.

PAVAN, E.; DUCKETT, S.K.; ANDRAE, J.G. Corn oil supplementation to steers grazing endophyte-free tall fescue. I. Effects on in vivo digestibility, performance, and carcass traits. **Journal of Animal Science**, 85, 1330–1339, 2007.

PEDREIRA, M.S.; OLIVEIRA, S.G.; BERCHIELLI, T.T.; PRIMAVESI, O. Aspectos relacionados com a emissão de metano de origem ruminal em sistemas de produção de bovinos. **Archives of Veterinary Science**, v. 10, p. 24-32, 2005.

PETIT, H.V. Digestion, milk production, milk composition, and blood composition of dairy cows fed whole flaxseed. **Journal of Dairy Science**, v. 85, p.1482-1490, 2002.

PONNAMPALAM, E. N.; SINCLAIR, A. J.; EGAN, A. R; BLAKELEY S. J.; LEURY, B. Effect of diets containing n-3 fatty acids on muscle long-chain n-3 fatty acid content in lambs fed low- and medium-quality roughage diets. **Journal of Animal Science**, v.79, p.698-706, 2001.

PUTRINO, S.M.; LEME, P.R.; SILVA, S.L.; ALLEONI, G.F.; LANNA, D.P.D.; GROSSKLAUS, C. Exigências líquidas de proteína e energia para ganho de peso de novilhos Nelore alimentados com dietas contendo grão de milho úmido e gordura protegida. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v. 35, p. 301-308, 2006.

RACINE, N.M.; WATRAS, A.C.; CARREL, A.L.; ALLEN, D.B.; MCVEAN, J.J.; CLARK, R.R.; O'BRIE, A.R.; O'SHEA, M.; SCOTT, C.E.; SCHOELLER, D.A. Effect of conjugated linoleic acid on body fat accretion in overweight or obese children. **American Journal of Clinical Nutrition**, v.91, p. 1157-1164, 2010.

RIVERA, A.R.; BERCHIELLI, T.T.; MESSANA, J.D.; VELASQUEZ, P.T.; FRANCO, A.V.M.; FERNANDES, L.B. Fermentação ruminal e produção de metano em bovinos alimentados com feno de capim-tifton 85 e concentrado com aditivos. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.39, p.617-624, 2010.

SCOLLAN, N.; CHOI, N.J.; KURT, E.; FISHER, A.V.; ENSER, M.; WOOD, J.D. Manipulating the fatty acid composition of muscle and adipose tissue in beef cattle. **British Journal of Nutrition**, v.85, n.1, p.115- 124, 2001.

SCOLLAN, N.; HOCQUETTE, J. F.; NUERNBERG, K.; DANNENBERGER, D.; RICHARDSON, I.; MOLONEY, A. Innovations in beef production systems that enhance the nutritional and health value of beef lipids and their relationship with meat quality. **Meat Science**, v.74, p.17–33, 2006.

SOUZA, F.P. O mercado da carne bovina no Brasil. **Revista Acadêmica Ciência Agrária e Ambientais**, v. 6, p. 427-434, 2008.

WADA, F.Y.; PRADO, I.N.; SILVA, R.R.; MOLETTA, J.L.; VISENTAINER, J.V.; ZEOULA, L.M. Grãos de linhaça e canola sobre o desempenho, digestibilidade aparente e características de carcaça de novilhas nelore terminadas em confinamento. **Ciência Animal Brasileira**, v.9, p. 883-895, 2008.

WANAPAT, M.; MAPATO, C.; PILAJUN, R.; TOBURAN, W. Effects of vegetable oil supplementation on feed intake, rumen fermentation, growth performance, and carcass characteristic of growing swamp buffaloes. **Livestock Science**, v.135, p.32–37, 2011.

WEIMER, P.J. Manipulating ruminal fermentation: a microbial ecological perspective. **Journal of Animal Science**, v.76, p.3114-3122, 1998.

WOOD, J.D.; ENSER, M.; FISHER, A.V.; NUTE, G.R.; SHEARD, P.R.; RICHARDSON, R.I.; HUGHES, S.I.; WHITTINGTON, F.M. Fat deposition, fatty acid composition and meat quality: a review. **Meat Science**, v.78, p.343-358, 2008.

## CAPÍTULO 2 – EFEITO DE FONTES LIPÍDICAS COM DIFERENTES PERFIS DE ÁCIDOS GRAXOS NA DIGESTIBILIDADE E FERMENTAÇÃO RUMINAL DE NOVILHOS NELORE

**RESUMO** - O objetivo deste trabalho foi avaliar o efeito de fontes lipídicas com diferentes perfis de ácidos graxos sobre o consumo e digestibilidade de nutrientes, população de protozoários ruminais, fermentação ruminal, síntese de proteína microbiana e fluxo e taxa de biohidrogenação ruminal dos ácidos graxos insaturados de novilhos Nelore canulados. Foram utilizados 10 novilhos castrados da raça Nelore, canulados no rúmen e duodeno, com peso médio inicial de  $268 \pm 27$  kg e aproximadamente 12 meses de idade em ensaios metabólicos, recebendo 60% de volumoso (silagem de milho) e 40% de concentrado. Foram testados 5 tratamentos: um sem adição de fonte lipídica, e mais quatro dietas com diferentes fontes lipídicas: óleo de linhaça, óleo de palma, soja grão e um suplemento comercial com gordura protegida (Lactoplus). O delineamento experimental foi um duplo quadrado latino (5x5). Os cálculos estatísticos foram realizados através dos procedimentos GLM do programa estatístico SPSS, versão 19.0, e as médias foram comparadas através do teste de Tukey a 5% de probabilidade. Os diferentes perfis de ácidos graxos das fontes lipídicas afetam a ingestão e digestibilidade da matéria seca, orgânica, extrato etéreo e FDN ( $P < 0,05$ ). Dietas com gordura protegida apresentam uma menor taxa de biohidrogenação ruminal. O óleo de linhaça e gordura protegida proporcionam um maior escape de ácidos graxos insaturados do rúmen, enquanto que as dietas com óleo de palma e sem adição de lipídios proporcionam maior escape de ácidos graxos saturados. Dietas com óleo de linhaça, de palma e soja grão reduzem a quantidade de protozoários ruminais, e o óleo de linhaça e soja grão resultam maior eficiência de síntese de proteína microbiana ruminal em relação as demais dietas (33,1 vs 18,1 g N/kg de matéria orgânica fermentável no rúmen).

**Palavras-chave:** gordura protegida, óleo de linhaça, óleo de palma, perfil de ácidos graxos, soja grão

## 1 Introdução

A adição de lipídios pode causar efeitos adversos na fermentação ruminal, afetando a digestão da fibra e o consumo de matéria seca (MANSO et al., 2006). No rúmen, os triglicerídeos são rapidamente hidrolisados em ácidos graxos livres e glicerol. O glicerol serve como substrato para a produção de propionato e os ácidos graxos livres são parcialmente hidrogenados, como um mecanismo de defesa das bactérias ruminais (PALMQUIST; MATTOS, 2011).

É conhecido que o perfil dos ácidos graxos ingeridos é modificado pela fermentação ruminal, o qual varia em função do nível de consumo e do tipo de dieta, e pouco é conhecido, contudo, sobre o grau dessa variação (MENEZES et al., 2010). O perfil de ácidos graxos da dieta que chega ao rúmen também pode afetar a biohidrogenação ruminal. De acordo com Bauman e Griinari (2001), altas concentrações de ácido linoléico inibem o último passo da biohidrogenação, permitindo o acúmulo de C18:1, *trans*-11 no rúmen.

Os efeitos dos lipídios na fermentação ruminal podem ser atribuídos ao efeito inibidor de determinados ácidos graxos sobre algumas espécies microbianas ruminais (JENKINS, 1993), principalmente bactérias Gram-positivas, protozoários e metanogênicas. A inibição de alguns grupos causam alterações no sistema como um todo, modificando o balanço dos produtos da fermentação e o equilíbrio entre as populações. Palmquist e Jenkins (1980) sugeriram que os ácidos graxos insaturados influenciam muito mais a fermentação do que os ácidos graxos saturados.

Diversos produtos podem ser utilizados como fonte lipídica na dietas de ruminantes, como óleos vegetais, sementes oleaginosas e sais de cálcio de ácidos graxos (gordura protegida), porém poucos estudos têm demonstrado ou discernido entre elas quais seus efeitos na digestibilidade e fermentação ruminal em bovinos de corte. Diante do exposto, este trabalho foi realizado com o objetivo de avaliar o efeito de fontes lipídicas com diferentes perfis de ácidos graxos sobre o consumo e digestibilidade de nutrientes, fermentação ruminal, população de protozoários ruminais, síntese de proteína microbiana e fluxo e taxa de biohidrogenação ruminal dos ácidos graxos insaturados de novilhos Nelore canulados.



## 2 Material e Métodos

Foram utilizados 10 novilhos da raça Nelore, canulados no rúmen e duodeno, com peso médio inicial de  $268 \pm 27$  kg e aproximadamente 12 meses de idade. Os procedimentos adotados neste experimento estavam de acordo às normas exigidas pelo COBEA (Colégio Brasileiro de Experimentação Animal) e foram aprovados pela Comissão de Ética e Bem Estar Animal (CEBEA) da FCAV – UNESP – Jaboticabal (Protocolo nº 012799).

O período experimental teve duração de 100 dias, sendo composto por 5 períodos de 20 dias. Os animais ficaram alojados em baias individuais com dimensão de 3,00 x 7,20 metros durante os 15 primeiros dias de cada período experimental, que foram destinados a adaptação dos animais as dietas de modo que a fermentação ruminal fosse estabelecida. Depois deste período de adaptação os animais foram transferidos para gaiolas de metabolismo e durante os 5 dias seguintes foram realizadas coletas de amostras. As baias e gaiolas metabólicas possuíam comedouros e bebedouros individuais.

As dietas fornecidas foram elaboradas para serem isonitrogenadas, e formuladas para proporcionar consumo de matéria seca de 2,30% do peso corporal e ganho médio de 1,20 kg/dia, obtidas pelo software RLM®/Esalq-USP (1999), de acordo com o sistema CNCPS, desenvolvido por Fox et al. (1992).

O volumoso utilizado foi silagem de milho e o concentrado composto de milho, farelo de soja, uréia e uma das quatro diferentes fontes lipídicas: óleo de linhaça, óleo de palma, soja grão e um suplemento comercial com gordura protegida (a base de óleo de soja - Lactoplus). A relação volumoso:concentrado nas dietas experimentais foi de 60:40.

De acordo com descrição do fabricante o produto Lactoplus® é uma gordura protegida da degradação ruminal, fabricado a partir de óleo de soja que passa por um processo de saponificação, formando sais de cálcio de ácido graxo de cadeia longa. Os níveis de garantia citados são: gordura total 82,0% (mín.); cálcio 10% (máx.); umidade 5,0% (máx.) e energia líquida de lactação de 6,4 Mcal/kg.

O milho utilizado na ensilagem foi o milho híbrido Maximus (Syngenta, Matão, SP, Brasil) que foi semeado em dezembro de 2009 e ensilado em março de 2010 utilizando a colhedora de forragens Premium Flex (Menta Mit, Cajuru, SP, Brasil)

com um tamanho médio de partículas do milho de 10 mm. A silagem foi armazenada em silo de superfície, e apresentava-se vedada e bem compactada.

Os ingredientes do concentrado foram moídos em moinho de martelo munido de peneira com crivos de 2 mm. A proporção dos ingredientes nos concentrados e a composição químico-bromatológica da dieta encontra-se na Tabela 1.

A dieta foi fornecida uma vez ao dia (8h) e a quantidade de alimento oferecida foi ajustada diariamente, a partir do consumo observado no dia anterior para manter as sobras em torno de 10% do fornecido. Amostras do volumoso foram coletadas semanalmente e as sobras foram pesadas diariamente por animal, e amostradas duas vezes por semana sendo, posteriormente, acondicionadas em sacos plásticos devidamente identificados e congeladas.

Após o término do período experimental, as amostras foram descongeladas e agrupadas por animal e por período. Amostras compostas semanais de sobras e do volumoso foram secas em estufa de ventilação forçada a 55°C por 72 horas e moídas em moinho com peneira de malha de 1 mm. Os ingredientes do concentrado foram amostrados uma vez em cada período experimental, sendo armazenados em freezer para posteriores análises laboratoriais.

As amostras de silagem de milho, concentrados e sobras foram avaliadas quanto aos teores de matéria seca (MS; 934.01), matéria mineral (MM; 942.05) e extrato etéreo ácido (EE; 954.02) de acordo com recomendações da AOAC, (1990). Nas amostras de fezes e duodeno a determinação dos valores de EE foram através da metodologia tradicional de extração em éter (920.39) de acordo com recomendações da AOAC, (1990).

O teor de nitrogênio (N) das amostras foi obtido pelo método de combustão de Dumas, utilizando-se analisador de N tipo LECO FP-528 LC, seguindo o procedimento descrito por Etheridge, Pesti e Foster (1998). A energia bruta (EB) foi obtida pela combustão das amostras em bomba calorimétrica adiabática (PARR Instruments). A fibra em detergente neutro (FDN) e fibra em detergente ácido (FDA) foram determinadas conforme Van Soest, Robertson e Lewis (1991), de forma não sequencial com uso de alfa-amilase termoestável, porém sem adicionar sulfito, e utilizando-se sacos da ANKON (F57) e o aparelho ANKON 200 (Ankom Technology Corp., Fairport, NY, USA) (Tabela 1).

Tabela 1. Proporção dos ingredientes em porcentagem da matéria seca e composição química das dietas experimentais.

INGREDIENTES	% de ingredientes das dietas experimentais				
	Dietas <sup>1</sup>				
	SL	OP	OL	GP	SG
Silagem de milho	60,0	60,0	60,0	60,0	60,0
Milho moído	26,9	21,4	21,4	20,8	13,8
Farelo de soja	11,0	12,0	12,0	12,1	0,00
Gordura Protegida	0,00	0,00	0,00	5,10	0,00
Soja grão	0,00	0,00	0,00	0,00	25,0
Óleo de linhaça	0,00	0,00	4,50	0,00	0,00
Óleo de palma	0,00	4,50	0,00	0,00	0,00
Uréia	0,90	0,90	0,90	0,90	0,00
Suplemento mineral <sup>2</sup>	1,20	1,20	1,20	1,20	1,20
Composição Química da dieta total <sup>3</sup>					
Matéria seca	56,2	56,9	56,8	56,3	56,3
Matéria Orgânica	95,4	95,5	95,6	94,5	95,4
Proteína Bruta	16,0	16,0	16,1	16,4	16,4
Extrato Etéreo	2,79	7,05	7,02	6,99	6,97
FDN	34,0	34,0	34,0	33,9	36,4
FDA	19,5	19,6	19,8	19,6	22,0
Energia Bruta (Mcal/kg)	4,37	4,81	4,79	4,78	4,85
NDT <sup>4</sup>	71,9	84,1	84,0	84,5	83,8

<sup>1</sup> SL – sem adição de nenhuma fonte lipídica; OP - óleo de palma como fonte lipídica; OL - óleo de linhaça como fonte lipídica; GP gordura protegida (LactoPlus®) como fonte lipídica; SG - soja grão como fonte lipídica;

<sup>2</sup> Composição do produto (Cálcio: 45 g; Fósforo: 12 g; Magnésio: 46 g; Enxofre: 14 g; Sódio: 58 g; Cobre: 140 mg; Manganês: 410 mg; Zinco: 525 mg; Iodo: 10 mg; Cobalto: 8 mg; Selênio: 2,5 mg; Flúor (máx.): 120 mg; Monensina: 400mg;

<sup>3</sup> Nutrientes digestíveis totais – valores estimados de acordo com Detmann et al. (2007).

No cálculo de ingestão de ácidos graxos levou-se em consideração a composição de perfil de ácidos graxos das dietas e sobras. A extração foi realizada de acordo com o método de Folch, Less e Stanley (1957) e metilação de acordo com Kramer et al. (1997). Os ácidos graxos foram quantificados por cromatografia gasosa (GC Shimatzu modelo 20-10, com injeção automática), usando coluna capilar SP-2560 (100 m × 0,25 mm de diâmetro com 0,02 mm de espessura, Supelco, Bellefonte, PA). Na Tabela 2 encontra-se a composição lipídica das dietas experimentais.

Tabela 2. Perfil de ácidos graxos (g/100 g de gordura) das dietas experimentais.

Ácidos Graxos (AG)	Dietas <sup>1</sup>				
	SL	OP	OL	GP	SG
C8:0 (Caprílico)	0,00	0,90	0,00	0,00	0,00
C10:0 (Capríco)	0,00	1,00	0,00	0,00	0,00
C12:0 (Láurico)	0,40	15,7	0,70	0,30	0,30
C14:0 (Mirístico)	0,40	5,40	0,50	0,40	0,40
C16:0 (Palmítico)	19,7	16,6	18,7	19,0	17,5
C16:1 (Palmitoléico)	0,10	0,10	0,10	0,10	0,10
C17:0 (Heptadecanóico)	0,20	0,20	0,20	0,20	0,20
C18:0 (Estearíco)	1,90	0,50	3,80	0,00	1,30
C18:1 n9,c (Oléico)	30,5	24,6	28,6	29,9	27,3
C18:2 n6,c (Linoléico)	43,3	31,8	36,3	45,9	46,3
C20:0 (Araquídico)	0,00	0,00	0,10	0,00	2,60
C18:3 n6 (Linolênico)	2,80	2,80	11,2	4,40	4,10

<sup>1</sup> SL – dieta sem adição de fonte lipídica; OP - concentrado a base de óleo de palma como fonte lipídica; OL - concentrado a base de óleo de linhaça como fonte lipídica; GP concentrado a base de gordura protegida (LactoPlus®) como fonte lipídica; SG - concentrado a base de soja grão como fonte lipídica.

A taxa de biohidrogenação dos ácidos graxos insaturados do carbono 18 foi calculada utilizando a equação adaptada por Aldrich et al., 1995.

$$BAGI = 100 - 100 [(TDI/TD)/(TII/TI)]$$

Onde:

BAGI: biohidrogenação dos ácidos graxos insaturados 18 C;

TDI: total de ácidos graxos 18 C insaturados na digesta duodenal;

TD: total de ácidos graxos 18 C na digesta duodenal;

TII: total de ácidos graxos 18 C insaturados ingeridos; e

TI: total de ácidos graxos 18 C ingeridos.

No cálculo da digestibilidade aparente no trato digestivo total, foi utilizada a coleta total de fezes. As fezes foram retiradas diariamente das bandejas às 8 horas, pesadas, homogeneizadas e amostradas separadamente por animal, em quantidade de aproximadamente 500 g, acondicionadas em sacos plásticos e congeladas, e ao final do período experimental foi feita uma amostra composta por animal com base no peso seco ao ar. Na determinação do fluxo duodenal de ácidos graxos, foram coletadas amostras de digesta duodenal por dois dias (no 4<sup>o</sup> e 5<sup>o</sup> dias de coletas de período experimental) em intervalos de 6 horas. A coleta do segundo dia foi adiada por 3 horas para garantir que um período de 24 horas fosse devidamente representado (OLIVEIRA et al., 2007).

Na determinação dos fluxos diários de MS no duodeno a fibra em detergente neutro indigestível (FDNi) foi utilizada como indicador (HARVATINE; ALLEN, 2006), obtida pela metodologia *in situ* por 240 horas (CASALI et al., 2008) com a incubação de amostras de alimentos ofertados, sobras, fezes e duodeno e posterior extração da fibra em detergente neutro conforme Van Soest et al. (1991), utilizando-se sacos da ANKON (F57) e o aparelho ANKON 200 (Ankom Technology Corp., Fairport, NY, USA), e calculado seguindo a equação:

Fluxo de MS duodenal = ((MS fecal × % FDN indigestível na MS fecal) / % FDN indigestível na MS duodenal). O fluxo duodenal dos ácidos graxos foi calculado multiplicando o fluxo de MS duodenal pelo teor de cada ácido graxo (% na MS) presente na digesta duodenal.

A estimativa de síntese de proteína microbiana foi através dos derivados de purinas. A coleta total de urina foi durante 5 dias do período experimental, juntamente com a coleta de fezes, utilizando-se funis adaptados aos animais e ligados a mangueiras de polietileno, que conduziam a urina até um galão plástico que continha 200 mL de H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> a 20%. Ao término do período de 24 horas de coleta total, a urina foi pesada e homogeneizada e alíquotas de 10 mL foram diluídas imediatamente em 40 mL de H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> a 0,036 M. Estas amostras tiveram o pH ajustado para valores inferiores a 3,0 a fim de evitar destruição bacteriana dos derivados de purinas e precipitação do ácido úrico, e foram armazenadas a -20°C para posteriores análises de alantoína e ácido úrico, conforme técnica de Fujihara, Orskov e Reeds (1987), descrita por Chen e Gomes (1992), e os cálculos como descritos por Pina et al. (2009).

Na determinação dos valores de pH, amônia, e AGCC foi realizada amostragem do material ruminal, nos seguintes tempos: antes da alimentação = tempo 0 horas, e 2, 4, 6, 8, 10 e 14 horas após o fornecimento do alimento. Foi retirada uma alíquota de líquido ruminal, preferencialmente da região mediana entre as fases sólidas e líquidas do ambiente ruminal, sendo filtrada por uma camada dupla de gaze e imediatamente foram retiradas três alíquotas de 40 mL, sendo acondicionadas em recipiente de plástico, identificadas e duas alíquotas congeladas a -20°C, para posterior análise de ácidos graxos de cadeia curta (AGCC) e

nitrogênio amoniacal (N-NH<sub>3</sub>). Na terceira alíquota foi determinado o pH do líquido ruminal utilizando potenciômetro digital (ORION 710A, Boston, MA).

Na identificação e quantificação dos protozoários dos gêneros de ciliados, o conteúdo ruminal foi coletado uma hora após a alimentação e as contagens foram realizadas em câmara Sedgewick-Rafter, segundo Dehority (1984) com a modificação proposta por D'agosto e Carneiro (1999).

O delineamento experimental utilizado para avaliar o consumo, os coeficientes de digestibilidade, balanço de nitrogênio, estimativa da população de protozoários e a síntese de proteína microbiana foi um duplo quadrado latino (5x5) com duas repetições, com cinco tratamentos e cinco períodos. Os cálculos estatísticos foram realizados através dos procedimentos GLM do programa estatístico SPSS na versão 19.0, e as médias foram comparadas através do teste de Tukey a 5% de probabilidade. No cálculo das variáveis, empregou-se o seguinte modelo estatístico:

$$Y_{ijkl} = \hat{\mu} + Q_i + T_j + P_k + Al(i) + QT_{ij} + e_{ijkl}$$

Onde,  $Y_{ijkl}$  é a variável dependente;  $\hat{\mu}$  é a média das observações;  $Q_i$  é o  $i$ -ésimo efeito do quadrado latino;  $T_j$  é o  $j$ -ésimo efeito do tratamento ou a dieta;  $P_k$  é o  $k$ -ésimo efeito da linha ou do período;  $Al(i)$  é o efeito de coluna ou animal  $l$ , aninhado ao quadrado latino  $i$ ;  $QT_{ij}$  é o efeito da interação entre o quadrado latino  $i$  e o tratamento  $j$ ;  $e_{ijkl}$  é o erro aleatório, pressuposto erro normalmente e independentemente distribuído.

O delineamento experimental utilizado para avaliar os dados de pH ruminal, AGCC e N-NH<sub>3</sub> também foi quadrado latino, e os dados foram submetidos à análise de variância com medidas repetidas no tempo (utilizando o horário como medida repetida aninhado dentro de período).

### 3 Resultados

As fontes lipídicas afetaram ( $P < 0,05$ ) a ingestão de MS, MO, PB e EE. A maior ingestão de MS, MO e PB ocorreu nos animais dos tratamentos sem adição de lipídios e com gordura protegida, seguido dos animais da dieta com soja grão (que não diferiram dos com óleo de linhaça), e o menor consumo com a dieta de óleo de palma (que não diferiu da de óleo de linhaça). A maior ingestão de EE

ocorreu nos animais que receberam gordura protegida, menor nos animais da dieta sem adição de lipídios, enquanto que os de óleo de palma, de linhaça e soja grão apresentaram valores intermediários. Não houve diferenças na ingestão de FDN ( $P>0,05$ ) (Tabela 3).

Tabela 3. Ingestão de matéria seca (IMS), matéria orgânica (IMO), proteína bruta (IPB), fibra em detergente neutro (IFDN) e extrato etéreo (IEE) e valores médios da digestibilidade aparente total da matéria seca (DMS), matéria orgânica (DMO), proteína bruta (DPB), extrato etéreo (DEE) e da fibra em detergente neutro (DFDN) de novilhos Nelore canulados recebendo diferentes fontes lipídicas.

Variáveis	Dietas <sup>1</sup>					EPM <sup>2</sup>	P <sup>3</sup>
	SL	OP	OL	GP	SG		
IMS (kg/dia)	4,50a	2,43c	3,09bc	4,26a	3,36b	0,32	<.0001
IMS (%PV)	1,70a	0,88c	1,16bc	1,63a	1,25b	0,13	<.0001
IMO (kg/dia)	4,32a	2,37c	3,00bc	4,07ab	3,25b	0,31	<.0001
IPB (KG/dia)	0,75a	0,24c	0,47bc	0,68ab	0,50b	0,06	<.0001
IFDN (kg/dia)	1,52	1,20	1,11	1,48	1,26	0,14	0,117
IEE (g/dia)	90,1c	138bc	230b	307a	205,7b	26,2	<.0001
DMS (%)	72,9a	65,3b	66,1b	75,1a	72,3a	2,39	0,02
DMO (%)	70,5a	63,9b	64,9b	73,8a	70,8a	2,55	0,05
DPB (%)	72,3	64,3	69,9	75,2	71,2	3,53	0,14
DEE (%)	54,5b	80,3a	80,8a	82,7a	87,6a	5,51	0,001
DFDN (%)	50,9a	47,9a	39,9b	55,6a	50,6a	5,57	0,05

<sup>1</sup> SL – sem adição de nenhuma fonte lipídica; OP - óleo de palma como fonte lipídica; OL - óleo de linhaça como fonte lipídica; GP gordura protegida (LactoPlus®) como fonte lipídica; SG - soja grão como fonte lipídica;

<sup>2</sup> Erro Padrão da média;

<sup>3</sup> Probabilidade;

<sup>a,b</sup> Médias seguidas de letras minúsculas diferentes, na mesma linha, diferem pelo teste de Tukey a 5%.

Quanto aos valores de digestibilidade total, houve efeito das fontes de lipídios ( $P<0,05$ ) na digestibilidade total da MS, MO e EE, em que o tratamento sem adição de lipídios, soja grão e com gordura protegida foram superiores aos tratamentos com óleo de palma e de linhaça. Dieta sem adição de lipídios apresentou menor digestibilidade do EE em relação as demais dietas. Na digestibilidade da FDN dieta com óleo de linhaça apresentou o menor valor (39,9%), enquanto as demais dietas não diferiram entre si. A digestibilidade da PB não foi afetada ( $P>0,05$ ) pelas fontes lipídicas.

As fontes lipídicas afetaram a ingestão de ácidos graxos (Tabela 4).

Tabela 4. Ingestão, fluxo, digestibilidade total dos ácidos graxos e taxa de biohidrogenação dos ácidos insaturados do carbono 18 (BAGI) de novilhos Nelore canulados recebendo diferentes fontes lipídicas.

Ácido Graxo	Dietas <sup>1</sup>					EPM <sup>2</sup>	P <sup>3</sup>
	SL	OP	OL	GP	SG		
<i>Ingestão de ácidos graxos (g/dia)</i>							
C8:0 (Caprílico)	0,01b	4,08a	0,01b	0,01b	0,01b	0,212	<.0001
C10:0 (Capríco)	0,01b	4,80a	0,01b	0,01b	0,01b	0,229	<.0001
C12:0 (Láurico)	0,16b	71,3a	1,16b	0,07b	0,27b	3,81	<.0001
C14:0 (Mirístico)	0,28b	22,9a	0,54b	0,10b	0,20b	1,29	<.0001
C16:0 (Palmítico)	16,6b	26,5b	44,1a	33,4a	30,3b	5,88	0,02
C18:0 (Esteárico)	0,72b	0,01b	13,1a	0,01b	2,03b	1,40	<.0001
C18:1 n9,c (Oléico)	21,1b	48,6b	73,7a	78,6a	56,8b	10,1	0,002
C18:2 n6,c (Linoléico)	87,1b	79,1b	99,5b	220a	201a	10,7	<.0001
C20:0 (Araquídico)	0,01b	0,01b	0,01b	0,01b	20,9a	0,48	<.0001
C18:3 n6 (Linolênico)	1,35b	2,44b	52,1a	15,8b	5,62b	5,42	<.0001
Total Ingerido	126c	260b	285b	348a	318a	23,4	<.0001
AG Saturados	17,4c	130,2a	59,9b	33,7c	54,4b	8,75	<.0001
AG Insaturados	109c	130c	225b	315a	273a	17,3	<.0001
<i>Fluxo duodenal de ácidos graxos (g/dia)</i>							
C10:0 (Capríco)	0,71	4,27	1,99	3,66	3,36	1,90	0,59
C12:0 (Láurico)	1,71	7,2	3,99	7,19	2,79	1,87	0,08
C14:0 (Mirístico)	0,71	0,31	1,02	1,38	0,35	0,40	0,23
C16:0 (Palmítico)	25,5b	21,2b	35,7b	67,3a	32,4b	9,88	0,01
C18:0 (Esteárico)	96,3b	60,5b	138a	129a	165a	28,5	0,04
C18:1 n9,c (Oléico)	10,4ab	5,96b	22,7ab	34,5a	13,2ab	4,02	0,01
C18:1 n9,t (Elaidico)	3,77b	2,17b	12,9ab	21,5a	1,75b	6,51	0,02
C18:2 n6,c (Linoléico)	4,10ab	1,48b	2,33ab	7,58ab	9,32a	2,01	0,02
C20:0 (Araquídico)	1,08	0,75	0,82	5,72	1,92	1,99	0,29
C18:3 n6 (Linolênico)	0,24c	0,15c	1,17a	0,68b	0,65b	0,29	0,04
AG Saturados	126b	94,6b	183a	217a	206a	35,1	0,04
AG Insaturados	18,8b	9,70b	39,9ab	65,2a	25,5b	9,91	0,01
<i>Digestibilidade Total (%)</i>							
AG Totais	86,0	88,8	84,5	88,9	91,1	4,26	0,62
AG Saturados	70,2	88,2	79,9	62,3	81,0	11,0	0,35
AG Insaturados	87,5	87,67	85,7	92,6	92,8	3,59	0,29
<i>BAGI</i>	87,3a	89,1a	84,6a	76,7b	89,1a	2,68	0,04

<sup>1</sup> SL – sem adição de nenhuma fonte lipídica; OP - óleo de palma como fonte lipídica; OL - óleo de linhaça como fonte lipídica; GP gordura protegida (LactoPlus®) como fonte lipídica; SG - soja grão como fonte lipídica;

<sup>2</sup> Erro Padrão da média;

<sup>3</sup> Probabilidade;

<sup>a,b</sup> Médias seguidas de letras minúsculas diferentes, na mesma linha, diferem pelo teste de Tukey a 5%.



Dietas com óleo de palma proporcionaram maior ingestão dos ácidos graxos saturados C8:0, C10:0, C12:0, C14:0 e saturados totais em relação as demais dietas. A maior ingestão de C18:0 e de linolênico ocorreu nos animais alimentados com óleo de linhaça, enquanto que de oléico (C18:1 n9,c) e C16 nas dietas com óleo de linhaça e gordura protegida. Dietas com gordura protegida e soja grão proporcionaram maior ingestão de linoléico (C18:2 n6,c), total de ácidos graxos ingeridos e insaturados totais.

O fluxo duodenal de ácidos C16:0, C18:0, oléico, elaidico (C18:1 n9,t), linoléico (C18:2 n6,c), linolênico e ácidos graxos saturados e insaturados totais foi afetado pelas fontes lipídicas. Animais alimentados com dieta com gordura protegida tiveram um maior fluxo de C16:0 do que os demais animais. O maior fluxo de ácidos graxos saturados ocorreu nas dietas com óleo de linhaça, gordura protegida e soja grão. A adição de óleo de linhaça proporcionou maior escape de ácido linolênico. Quanto ao fluxo de AG insaturados o maior fluxo foi na dieta com gordura protegida em relação às dietas sem adição de lipídios, óleo de palma e soja grão, enquanto que óleo de linhaça não diferiu entre elas.

A digestibilidade aparente total dos ácidos graxos saturados e insaturados não foi afetada pela adição de lipídios. A taxa de biohidrogenação dos ácidos graxos insaturados foi influenciada com a adição lipídica, sendo que foi menor nas dietas com gordura protegida em relação as demais.

Não houve efeito das fontes lipídicas ( $P>0,05$ ) (Tabela 5) sobre o pH, ácidos graxos de cadeia curta, acetato, propionato, butirato e relação acetato:propionato. Porém, as fontes lipídicas influenciaram nas variáveis de N-NH<sub>3</sub> ( $P<0,05$ ), em que o tratamento com gordura protegida e sem adição de lipídios apresentaram os maiores valores em comparação aos demais tratamentos.

Tabela 5. Parâmetros ruminais de novilhos Nelore canulados recebendo diferentes fontes lipídicas.

Parâmetros Ruminais	Dietas <sup>1</sup>					EPM <sup>2</sup>	Significância		
	SL	OP	OL	GP	SG		Dieta	Tempo	Dieta*Tempo
N-NH <sub>3</sub> (mg/dL)	16,6a	7,09b	7,33b	13,9a	9,28b	1,39	<.0001	<.0001	0,102
pH	6,21	6,37	6,51	6,24	6,32	0,08	0,065	<.0001	0,567
Acético (Mmol/L)	59,4	46,5	48,9	61,3	49,2	5,11	0,115	0,06	0,636
Propiônico (Mmol/L)	19,5	17,5	20,8	19,9	21,2	2,85	0,884	0,001	0,497
Butírico (Mmol/L)	11,4	8,64	8,49	11,4	9,46	1,36	0,284	0,002	0,495
Total	90,3	72,6	78,3	92,6	79,5	8,21	0,921	0,012	0,329
Relação A:P	3,35	3,00	2,87	3,32	2,69	0,31	0,376	<.0001	0,681
%Acético (A)	66,9	65,2	64,3	66,9	63,6	2,10	0,631	<.0001	0,197
%Propiônico (P)	20,9	23,1	25,1	21,1	25,6	1,93	0,198	<.0001	0,263
%Butírico (B)	12,2	11,7	10,6	11,9	11,0	0,83	0,568	<.0001	0,556

<sup>1</sup> SL – sem adição de nenhuma fonte lipídica; OP - óleo de palma como fonte lipídica; OL - óleo de linhaça como fonte lipídica; GP gordura protegida (LactoPlus®) como fonte lipídica; SG - soja grão como fonte lipídica;

<sup>2</sup> Erro Padrão da média;

<sup>a,b</sup> Médias seguidas de letras minúsculas diferentes, na mesma linha, diferem pelo teste de Tukey a 5%.

Houve efeitos das fontes lipídicas sob a quantidade de protozoários do gênero Entodinium e totais (Tabela 6). Os tratamentos sem adição de lipídios e com gordura protegida apresentaram maior concentração de protozoários do que os demais tratamentos.

Tabela 6. Quantificação de protozoários totais ciliados em amostras de líquido ruminal.

Gênero	Dietas <sup>1</sup>					EPM <sup>2</sup>	P <sup>3</sup>
	SL	OP	OL	GP	SG		
Entodinium (n <sup>o</sup> x 10 <sup>5</sup> / mL)	25,6a	7,90b	2,21b	22,3a	2,24b	4,31	<.0001
Epidinium (n <sup>o</sup> x 10 <sup>5</sup> / mL)	0,03	0,00	0,000	0,00	0,00	0,02	0,476
Metadinium (n <sup>o</sup> x 10 <sup>5</sup> / mL)	0,04	0,00	0,00	0,00	0,00	0,01	0,036
Eremoplastron (n <sup>o</sup> x 10 <sup>5</sup> / mL)	0,01	0,01	0,01	0,97	0,00	0,42	0,377
Eudiplodinium (n <sup>o</sup> x 10 <sup>5</sup> / mL)	0,01	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,462
Diploplastron (n <sup>o</sup> x 10 <sup>5</sup> / mL)	0,13	0,01	0,00	0,08	0,00	0,06	0,493
Elytroplastron (n <sup>o</sup> x 10 <sup>5</sup> / mL)	0,20	0,00	0,01	0,01	0,00	0,06	0,103
Diplodinium (n <sup>o</sup> x 10 <sup>5</sup> / mL)	0,31	0,00	0,00	0,22	0,01	0,18	0,578
Total (n <sup>o</sup> x 10 <sup>5</sup> / mL)	26,3a	7,92b	2,23b	23,6a	2,25b	4,39	<.0001

<sup>1</sup> SL – sem adição de nenhuma fonte lipídica; OP - óleo de palma como fonte lipídica; OL - óleo de linhaça como fonte lipídica; GP gordura protegida (LactoPlus®) como fonte lipídica; SG - soja grão como fonte lipídica;

<sup>2</sup> Erro Padrão da média;

<sup>3</sup> Probabilidade;

<sup>a,b</sup> Médias seguidas de letras minúsculas diferentes, na mesma linha, diferem pelo teste de Tukey a 5%.

Animais alimentados com dietas sem adição de lipídios e gordura protegida apresentaram maior ingestão de N ( $P < 0,05$ ) (Tabela 7) em relação as demais dietas. Também houve efeitos das fontes na excreção de N fecal ( $P = 0,001$ ), onde animais da dieta sem adição de lipídios e gordura protegida excretaram maiores valores de N, seguidos das dieta com óleo de linhaça e soja grão e dos animais que receberam óleo de palma com a menor excreção.

O maior fluxo duodenal de N ocorreu nos animais alimentados com dieta sem adição de lipídios, óleo de linhaça, gordura protegida e soja grão e a maior eficiência de síntese de N microbiano nos animais da dieta com óleo de linhaça e soja grão (Tabela 7). As demais variáveis (excreção de N urinário e N retido expresso em diferentes unidades) não foram afetadas pelas diferentes fontes lipídicas.

Tabela 7. Balanço e fluxo duodenal de nitrogênio e eficiência de síntese microbiana de novilhos Nelore canulados recebendo diferentes fontes lipídicas.

Variáveis	Dietas <sup>1</sup>					EPM <sup>2</sup>	P <sup>3</sup>
	SL	OP	OL	GP	SG		
N ingerido (g/dia)	125a	83,6c	87,2c	120a	103b	8,55	0,01
N fecal (g/dia)	34,4a	16,0c	23,9b	28,7a	23,6b	2,85	0,01
N absorvido (g/dia)	91,3	67,6	63,2	91,4	79,5	8,27	0,05
N urinário (g/dia)	46,7	33,0	37,9	40,9	33,6	4,22	0,12
N retido (g/dia)	44,6	34,5	25,4	50,6	45,9	10,11	0,40
N retido (% N ingerido)	34,8	27,7	22,0	41,7	40,7	9,21	0,49
N retido (% N absorvido)	72,5	76,9	70,2	76,1	76,9	3,32	0,49
N retido (g/d/PV <sup>0,75</sup> )	0,68	0,55	0,42	0,79	0,70	0,16	0,52
Fluxo duodenal de N (g/dia)	495a	226b	412a	510a	514a	65,7	0,01
Eficiência de síntese <sup>4</sup>	21,1b	16,4b	34,6a	16,9b	31,4a	5,82	0,04

<sup>1</sup> SL – sem adição de nenhuma fonte lipídica; OP - óleo de palma como fonte lipídica; OL - óleo de linhaça como fonte lipídica; GP gordura protegida (LactoPlus®) como fonte lipídica; SG - soja grão como fonte lipídica;

<sup>2</sup> Erro Padrão da média;

<sup>3</sup> Probabilidade;

<sup>4</sup> Eficiência de síntese microbiana expressa em g de N/kg de matéria orgânica degradada fermentável no rúmen (MODR);

<sup>a,b</sup> Médias seguidas de letras minúsculas diferentes, na mesma linha, diferem pelo teste de Tukey a 5%.

## Discussão

O maior consumo de MS e nutrientes na dieta sem adição de lipídios e com gordura protegida estão de acordo com resultados encontrados na literatura (BATEMAN; JENKINS, 1998; SHINGFIELD et al., 2010; WANAPAT et al., 2011) em que a redução no consumo foi observada com a inclusão de ácidos graxos não

protegidos na alimentação de ruminantes. Geralmente, reduções no consumo com a inclusão de ácidos graxos estão associadas à reduções na digestibilidade, principalmente da fibra. Embora a inclusão de óleo de palma, de linhaça e soja grão tenham afetado o consumo de nutrientes, o efeito negativo na digestibilidade da MS foi verificado nas dietas com óleo de palma e de linhaça e FDN na dieta com óleo de linhaça em relação a dieta sem adição de lipídios (Tabela 3).

Os ácidos graxos insaturados possuem maior capacidade de afetar a fermentação ruminal (JENKINS, 1993). Animais alimentados com óleo de linhaça apresentaram uma redução na IMS de 31% em relação à dieta sem adição de lipídios. Valores menores de IMS com a utilização de linhaça já foram relatados por Martin et al. (2008), que observaram reduções de 25 e 15 % na IMS quando linhaça extrusada ou óleo de linhaça foram adicionados na dieta de vacas leiteiras, respectivamente.

Estudos apontam que a utilização de fontes de óleos saturados podem amenizar os efeitos negativos dos ácidos graxos sobre a fermentação ruminal (WANAPAT et al., 2011), por se tratarem de moléculas mais estáveis. No entanto, isso não foi observado nos resultados encontrados, pois esta fonte reduziu o consumo e digestibilidade da matéria seca. A baixa IMS também pode estar associada a uma baixa aceitabilidade do óleo de palma pelos animais, que pode ser provocada pela composição de ácidos graxos saturados desta dieta (Tabela 2) ou por algum fator de toxicidade ainda desconhecido desta fonte lipídica. Otaru et al. (2011) que utilizaram níveis (0 a 16%) de óleo de palma na dieta de caprinos verificaram efeito linear decrescente no consumo de MS.

Um dos principais efeitos da inclusão de lipídios em dietas para ruminantes é a diminuição da digestibilidade de nutrientes, principalmente da fibra. A magnitude de redução está relacionada não só à quantidade, mas também ao tipo de ácido graxo presente no suplemento, uma vez que lipídios ricos em ácidos graxos insaturados tendem a provocar maior redução na digestibilidade. Outro fator a se considerar é a forma de utilização da fonte lipídica, na qual os óleos apresentam grande disponibilidade à hidrólise e, conseqüentemente, apresentam maior toxicidade em comparação às oleaginosas inteiras (BASSI et al., 2012). Estas afirmações se comprovaram no presente trabalho, pois a dieta com óleo linhaça

apresentou ingestão de 225,4 g/dia de ácidos graxos insaturados, valor este, menor que os dos animais da dieta com gordura protegida (315 g/dia) e soja grão (273,6 g/dia), no entanto os ácidos graxos da dieta com óleo de linhaça estavam mais prontamente disponibilizados no rúmen, o que deve ter causado redução na digestibilidade da FDN.

Palmquist (1994) e Hobson e Stewart (1997) relataram que este mecanismo pode se refletir de diversas formas, como pela cobertura física da fibra dietética, impedindo o ataque dos microrganismos, pela modificação da população microbiana do rúmen, como resultado do efeito tóxico do lipídio sobre os microrganismos ruminais e dos efeitos ativos da gordura da dieta na superfície das membranas dos microrganismos, mais aceito na atualidade (JENKINS; MCGUIRE, 2006). No entanto, a digestibilidade da FDN na dieta com óleo de palma não foi afetada pela presença de óleo, provavelmente isso pelo menor efeito de ácidos graxos saturados no rúmen.

O incremento na digestibilidade do extrato etéreo nas dietas com adição de lipídios (Tabela 3) é consistente com os resultados de Manso et al. (2006) e Pavan, Duckett e Andrae (2007). Coeficientes de digestibilidade superiores em animais suplementados com lipídios podem ser atribuídos à maior digestibilidade da gordura adicionada em comparação aos ácidos graxos presentes nas partículas de alimento; à diluição das perdas endógenas de lipídios; e à menor síntese de ácidos graxos no rúmen a partir de carboidratos em dietas com pouca quantidade de lipídios.

A maior ingestão de ácidos graxos insaturados no tratamento com gordura protegida e soja grão (Tabela 4) se deve ao efeito da composição lipídica das dietas (Tabela 2) com a ingestão de MS. Da mesma forma, as maiores ingestões de ácidos graxos saturados pelos animais da dieta com óleo de palma.

O fluxo de ácidos graxos saturados foi maior do que o consumido, enquanto que o de insaturados foi menor, demonstrando assim o efeito de biohidrogenação ruminal. Isso também fica evidenciado com a maior quantidade de C18:1 n9,t (elídico) que é um produto intermediário da biohidrogenação. O alto fluxo duodenal de ácidos graxos saturados, particularmente de C18:0, nos animais alimentados com as dietas com óleo de linhaça, gordura protegida e soja grão é explicado pelo maior

consumo de ácido oléico e linoléico nestes tratamentos, os quais são saturados a C18:0 pela biohidrogenação ruminal (BAUMAN; GRIINARI, 2001).

No presente estudo, mesmo que o consumo de ácidos graxos polinsaturados nas dietas com óleo de linhaça, gordura protegida e soja grão tenha sido alto, o fluxo duodenal de CLA foi nulo. Griinari e Bauman (1999) e Menezes et al. (2010) também observaram que a presença de dietas com adição de concentrado reduz a concentração de CLA na digesta duodenal. Importante ressaltar o maior escape do ácido linolênico nas dietas com óleo de linhaça, demonstrando assim o potencial desta fonte em melhorar o perfil de ácidos graxos do leite e carne de animais suplementados com esta fonte.

A menor taxa de biohidrogenação dos ácidos graxos insaturados 18C (BAGI) dos animais alimentados com gordura protegida se deve ao fato da gordura protegida ser considerada uma fonte de gordura ruminalmente inerte (HARVATINE; ALLEN, 2006), e essa “proteção” é tida como uma alternativa de utilização lipídios, beneficiando principalmente os ácidos graxos insaturados que podem ser absorvidos e depositados no tecido muscular.

As dietas sem adição de lipídios, óleo de palma, de linhaça e soja grão não diferiram quanto a taxa BAGI (Tabela 4), e apresentou um valor médio de 87,5%, Harvatine e Allen (2006) e Duckett e Gillis et al. (2010) encontraram valores semelhantes de taxas de BAGI de 81,9 e 82,3%, respectivamente. Estes valores estão de acordo com com Fellner, Sauer e Kramer (1995), que relataram que em média 80% do linoléico e 92% do linolênico são saturados devido a biohidrogenação. Tais resultados vêm ao encontro do que foi citado por Beam et al. (2000), que observaram efeito na taxa de biohidrogenação com dependência da fonte de lipídios e da quantidade destes. Esses autores concluíram que a redução da biohidrogenação está fortemente relacionada ao aumento no teor de ácidos graxos insaturados.

Valores superiores de pH nos animais que receberam lipídios na dieta, são esperados, em comparação aos de animais com dietas sem adição de lipídios, pois por serem tóxicos a bactérias gram-positivas, os ácidos graxos de cadeia longa inibem a proliferação de bactérias produtoras de ácido láctico (VALINOTE et al., 2006), entretanto isso não foi comprovado neste estudo (Tabela 5), corroborando as

observações de Silva et al. (2007); Homem Junior et al. (2010); Shingfield et al. (2010); Wanapat et al. (2011) que também não observaram mudanças no pH ruminal com a adição de lipídios na dieta

Semelhante aos resultados desta pesquisa, alguns dos trabalhos pesquisados sobre o uso de lipídios saturados e insaturados tem demonstrado pequenos ou insignificantes efeitos sobre os parâmetros ruminais. Bateman e Jenkins (1998) avaliaram o efeito da adição de óleo de soja (0, 2, 4, 6 ou 8% da dieta, MS) sobre a fermentação ruminal e observaram que a adição de óleo de soja não afetou a concentração de ácidos graxos de cadeia curta, acetato e propionato. Palmquist, Beaulieu e Barbano (1993) não encontraram diferenças nas concentrações e proporções de ácidos graxos de cadeia curta quando adicionaram gordura na forma de sal de cálcio de ácidos graxos à dieta.

O suprimento de níveis adequados de nitrogênio amoniacal ruminal ( $N-NH_3$ ) no rúmen é fundamental na otimização dos processos fermentativos. Neste estudo, a quantidade de  $N-NH_3$  permaneceu, de maneira geral, próximo ou acima do nível ótimo de 10mg/dL recomendado por Leng (1990) e Sampaio et al. (2010). Todas as dietas, inclusive o tratamento controle continham a mesma quantidade de proteína. O excesso de amônia no rúmen não é desejável, visto que pode causar perdas de N através da urina e gastos energéticos durante sua metabolização no fígado (VAN SOEST, 1994).

A maior concentração de  $N-NH_3$  nos animais alimentados com dieta sem adição de lipídios e gordura protegida, provavelmente está relacionada com a maior presença de protozoários nestes tratamentos. Pois, segundo Doreau e Ferlay (1995) a principal característica da defaunação/redução dos protozoários no rúmen é a queda na concentração de  $N-NH_3$  ruminal, decorrente da redução da atividade proteolítica dos protozoários.

Segundo Balieiro-Neto e Melotti (2007), a adição de lipídios no rúmen reduz a presença dos protozoários, e com isso aumenta a eficiência do crescimento bacteriano, pelo fato destes engolfarem bactérias, diminuindo a eficiência de síntese microbiana. O efeito dos lipídios na diminuição dos protozoários com a melhora da eficiência microbiana fica comprovado neste estudo, em que, dietas com maior concentração de protozoários (sem adição de lipídios e gordura protegida – Tabela

6), apresentaram menor eficiência de síntese de proteína microbiana do que as dietas com menor presença de protozoários (óleo de linhaça e soja grão). A dieta com óleo de palma, mesmo apresentando pequena presença de protozoários apresentou baixa eficiência de síntese microbiana, devido a baixa ingestão de nutrientes dos animais que receberam esta dieta, e conseqüentemente menor desempenho, isso fica evidenciado pelo menor fluxo de N duodenal destes animais em comparação aos das demais dietas (Tabela 7).

O gênero mais abundante de protozoário em todos os tratamentos e em todos os períodos avaliados foi o *Entodinium* (Tabela 6), que se alimenta principalmente de material particulado, embora seja capaz de utilizar compostos solúveis. Estruturalmente e bioquimicamente simples, é a primeira espécie a se estabelecer em ruminantes jovens, a última a desaparecer e a primeira a reaparecer quando o pH do rúmen cai e depois se recupera (WILLIAMS; COLEMAN, 1997). Frequentemente, observa-se redução no número de protozoários no rúmen com adição de gordura (MARTINELE et al., 2008; WANAPAT et al., 2011), e os mecanismos pelos quais ácidos graxos deprimem o crescimento desses organismos se deve em decorrência de alterações na membrana plasmática (PALMQUIST; MATTOS, 2011).

Eugène, Archimède e Sauvant (2004), utilizando os dados reportados na literatura de animais faunados e defaunados em um estudo em metanálise, observaram que a defaunação reduziu em 5,03 mg N-NH<sub>3</sub>/dL a concentração de amônia ruminal, o que foi comprovado no presente trabalho, uma vez que os animais alimentados com gordura protegida e sem adição de lipídios apresentaram maior concentração de N-NH<sub>3</sub> (média de 15,2 mg/dL) em comparação com os de óleo de linhaça, de palma e soja grão (média de 7,90 mg/dL).

A maior ingestão de nitrogênio nas dietas sem adição de lipídios e gordura protegida (Tabela 7) se deve a maior IMS destes animais, conseqüentemente houve uma maior excreção de N nas fezes destes animais. Entranto a excreção de N via urina, N absorvido e N retido não diferiram entre as dietas, logo, o uso de dietas com fontes lipídicas não altera a quantidade de nitrogênio retido no organismo do animal.



## 5 Conclusão

Os diferentes perfis de ácidos graxos das fontes lipídicas afetam a ingestão e digestibilidade da matéria seca, orgânica, extrato etéreo e FDN. Dietas com gordura protegida apresentam uma menor taxa de biohidrogenação ruminal. O óleo de linhaça e gordura protegida proporcionam um maior escape de ácidos graxos insaturados do rúmen.

Dietas com óleo de linhaça, de palma e soja grão reduzem a quantidade de protozoários ruminais, e o óleo de linhaça e soja grão resultam uma maior eficiência de síntese de proteína microbiana ruminal.

## 6 Referências Bibliográficas

ALDRICH, C.G.; MERCHEN, N.R.; DRAKLEY, J.K. The effect of roasting temperature applied to whole soybeans on site of digestion by steers: 1.Organic matter, energy, fiber, and fatty acid digestion. **Journal of Animal Science**, v.73, p.2120-2130, 1995.

ASSOCIATION OF OFFICIAL ANALYTICAL CHEMISTS – AOAC. **Official methods of analysis**. 12 ed. Washington, 1990, 1098 p.

BALIEIRO NETO, G.; MELOTTI, L. Efeitos de níveis de sebo sobre a degradabilidade in situ do farelo de soja e do feno de Tifton (*Cynodon dactylon* (L.) Pers.) em vacas secas. **Brazilian Journal of Veterinary Research and Animal Science**, v.44, p. 243-253, 2007.

BASSI, M.S.; LADEIRA, M.M.; CHIZZOTTI, M.L.; CHIZZOTTI, F.H. M.; OLIVEIRA, D.M.; MACHADO, O.R.N.; CARVALHO, J.R.R.; NOGUEIRA, A.A.N. Grãos de oleaginosas na alimentação de novilhos zebuínos: consumo, digestibilidade e desempenho. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.41, p.353-359, 2012.

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.; GRIINARI, J.M. Regulation and nutritional manipulation of milk fat: low-fat milk syndrome. **Livestock Production Science**, v.70, p.15-29, 2001.

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

CASALI, A.O.; DETMANN, R.; VALADARES FILHO, S.C.; PEREIRA, J.C.; HENRIQUE, L.T.; FREITAS, S.G.; PAULINO, M.F. Influência do tempo de incubação e do tamanho de partículas sobre os teores de compostos indigestíveis em alimentos e fezes bovinas obtidos por procedimentos *in situ*. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.37, p.335-342, 2008.

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**. Bucksburnd: Rowett Research Institute, 1992. 21p (Occasional publication).

D'AGOSTO, M.; CARNEIRO, M.E. Evaluation of lugol solution used for counting rumen ciliates. **Revista Brasileira de Zoologia**, v.16, p.725-729, 1999.

DEHORITY, B.A. Evaluation of subsampling and fixation procedures used for counting rumen protozoa. **Applied Environmental Microbiology**, v.48, p. 182-185, 1984.

DOREAU, M.; FERLAY, A. Effect of dietary lipids on nitrogen metabolism in the rumen: a review. **Livestock Production Science**, v.43, p.97-110, 1995.

DUCKETT, S.K.; GILLIS, M.H. Effects of oil source and fish oil addition on ruminal biohydrogenation of fatty acids and conjugated linoleic acid formulation in beef steers fed finishing diets. **Journal of Dairy Science**, v.88, p. 2684-2691, 2010.

ETHERIDGE, R.D.; PESTI G.M.; FOSTER, E.H. A comparison of nitrogen values obtained utilizing the Kjeldahl nitrogen and Dumas combustion methodologies (Leco CNS 2000) on samples typical of an animal nutrition analytical laboratory. **Animal Feed Science and Technology**, v.60, p.21-28, 1998.

EUGÈNE, M.; ARCHIMÈDE, H.; SAUVANT, D. Quantitative meta-analysis on the effects of defaunation of the rumen on growth, intake and digestion in ruminants. **Livestock Production Science**, v. 85, p.81-97, 2004.

FELLNER, V.; SAUER, F.D.; KRAMER, J.K.G. Steady-State rates of linoleic acid biohydrogenation by ruminal bacteria in continuous culture. **Journal Dairy Science**, v.78, p.1815-1823, 1995.

FOLCH, J.; LEES, M.; STANLEY, G.H.S. A simple method for the isolation and purification of total lipids from animal tissues. **The Journal of Biological Chemistry**, v.226, p.497-509, 1957.

FOX, D.G.; SNIFFEN, C.J.; O'CONNOR, J.D.; RUSSEL, J.B.; VAN SOEST, P.J. A net carbohydrate and protein system for evaluating cattle diets. III. Cattle requirements and diets adequacy. **Journal of Animal Science**, v.70, p. 3578–3596, 1992.

FUJIHARA, T.; ORSKOV, E.R.; REEDS, P.J. The effect of protein infusion on urinary excretion of purine derivatives in ruminants nourished by intragastric nutrition. **Journal of Agriculture Science**, v.109, p.7-12, 1987.

GRIINARI, J.M.; BAUMAN, D.E. Biosynthesis of conjugated linoleic acid and its incorporation into meat and milk in ruminants. In: YURAWECZ, M.P.; MOSSOBA, M.; KRAMER, J.K.; NELSON, G.; PARIZA, M.W. (Eds.). **Advances in conjugated linoleic acid research**. Champaign, IL: AOCS Press, p.180–200, 1999.

HARVATINE, K. J.; ALLEN, M. S. Fat supplements affect fractional rates of ruminal fatty acid biohydrogenation and passage in dairy cows. **Journal of Nutrition**, v. 136, p. 677-685, 2006.

HOBSON, P.N.; STEWART, C.S. **The rumen microbial ecosystem**. London: Blackie Academic and Professional, 1997. 340p.

HOMEM JUNIOR, A.C.; EZEQUIEL, J.M.B.; FÁVARO, V.R.; OLIVEIRA, P.S.N.; D'AUREA, A.P.; SANTOS, V.C.; GONÇALVES, J.S. Fermentação ruminal de ovinos alimentados com alto concentrado e grãos de girassol ou gordura protegida. **Arquivo Brasileiro de Medicina Veterinária e Zootecnia**, v. 62, p. 144-153, 2010.

JENKINS, T.C. Symposium: Advances in ruminant lipid metabolism - Lipid metabolism in the rumen. **Journal of Dairy Science**, v.76, p.3851-3863, 1993.

JENKINS, T.C.; McGUIRE, M.A. Major advances in nutrition: impact on milk composition. **Journal of Dairy Science**, v.89, p.1302-1310, 2006.

KRAMER, J.K.G.; FELLNER, V.; DUGAN, M.E.R.; SAUER, F.D.; MOSSOBA, M.M.; YURAWECZ, M.P. Evaluating acid and base catalysts in the methylation of milk and rumen fatty acids with special emphasis conjugated dieno and total trans fatty acids. **Lipids**, v.32, p.1219-1228, 1997.

LENG, R.A. Factors affecting the utilization of "poorquality" forages by ruminants particularly under tropical conditions. **Nutricional Research and Review**, v. 3, p. 277-303, 1990.

MANSO,T.; CASTRO, T.; MANTECON A.R.; JIMENO, V. Effects of palm oil and calcium soaps of palm oil fatty acids in fattening diets on digestibility, performance and chemical body composition of lambs. **Animal Feed Science and Technology**, v.127, p.175–186, 2006.

MARTIN, C.; ROUEL, J.; JOUANY, J.P.; DOREAU, M.; CHILLIARD, Y. Methane output and diet digestibility in response to feeding dairy cows crude linseed, extruded linseed, or linseed oil. **Journal of Animal Science**, v.86, p.2642–2650, 2008.

MARTINELE, I.; EIFERT, E.C.; LANA, R.P.; ARCURI, P.B.; D'AGOSTO, M. Efeito da monensina e do óleo de soja sobre os protozoários ciliados do rúmen e correlação dos protozoários com parâmetros da fermentação ruminal e digestivos. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.37, p.1129-1136, 2008.

MENEZES, L.F.G.; KOZLOSKI, G.V.; RESTLE, J.; BRONDANI, I.L.; PAZDIORA, R.D.; CATTELAM, J. Profile of ingested fatty acids and in the duodenal digest of steers fed different diets. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.39, p.2502-2511, 2010.

OLIVEIRA, S.G.; BERCHIELLI, T.T.; PEDREIRA, M.; PRIMAVESI, O.; FRIGHETTO, R.; LIMA, M. Effect of tannin levels in sorghum silage and concentrate supplementation on apparent digestibility and methane emission in beef cattle. **Animal Feed Science and Technology**, v.135, p. 236-248, 2007.

OTARU, S.M.; ADAMU, S.M.; EHOCHÉ, O.W.; MAKUN, H.J. Effects of varying the level of palm oil on feed intake, milk yield and composition and postpartum weight changes of Red Sokoto goats. **Small Ruminant Research**, v. 96, p. 25–35, 2011.

PALMQUIST, D.L. The role of dietary fats in efficiency of ruminants. Conference: regulating lipids metabolism to increase productive efficiency. **Journal of Nutrition**, v.124, p.1377-1382, 1994.

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

PALMQUIST, D.L.; MATTOS, W.R.S. Metabolismo de lipídios. In: BERCHIELLI, T.T.; PIRES, A.V.; OLIVEIRA, S.G. (Eds.). **Nutrição de ruminantes**. 2.ed. Jaboticabal: Funep, 2011, p.287-310.

PAVAN, E.; DUCKETT, S.K.; ANDRAE, J.G. Corn oil supplementation to steers grazing endophyte-free tall fescue. I. Effects on in vivo digestibility, performance, and carcass traits. **Journal of Animal Science**, 85, 1330–1339, 2007.

PINA, D.S.; VALADARES FILHO, S.C.; TEDESCHI, L.O.; BARBOSA, A.M.; VALADARES, R.F.D. Influence of different levels of concentrate and ruminally undegraded protein on digestive variables in beef heifers. **Journal of Animal Science**, v.87, p.158-167, 2009.

RLM 2.0 – **Ração de Lucro Máximo**. Versão 2.0. LANNA, D.P.D.; BARIONI, L.G.; BOIN, C.; TEDESCHI, L.O. Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, Departamento de Zootecnia, Piracicaba – SP. 1999.

SAMPAIO, C.B.; DETMANN, E.; PAULINO, M.F.; VALADARES FILHO, S.C.; SOUZA, M.A.; LAZZARINI, I.; PAULINO, P.V.R.; QUEIROZ, A.C. Intake and digestibility in cattle fed low-quality tropical forage and supplemented with nitrogenous compounds. **Tropical Animal Health Production**, v. 42, p. 1471–1479, 2010.

SHINGFIELD, K. J.; LEE, M. R. F.; HUMPHRIES, D. J.; SCOLLAN, N. D.; TOIVONEN, V. REYNOLDS, C. K.; BEEVER, D.E. Effect of incremental amounts of fish oil in the diet on ruminal lipid metabolism in growing steers. **British Journal of Nutrition**, v.104, p.56–66, 2010.

SILVA, M.M.C.; RODRIGUES, M.T.; RODRIGUES, C.A.F.; BRANCO, R.H.; LEÃO, M.I.; MAGALHÃES, A.C.M.; MATOS, R.S. Efeito da suplementação de lipídios sobre a digestibilidade e os parâmetros da fermentação ruminal em cabras leiteiras. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v. 36, p.246-256, 2007.

SPSS (2010). **Statistical package for the social science for Windows**, version 19.0. Chicago:SPSS Inc.

VALINOTE, A.C.; NOGUEIRA FILHO, J.C.M.; LEME, P.R.; SILVA, S.L.; CUNHA, J.A. Fontes de lipídio e monensina sódica na fermentação, cinética e degradabilidade ruminal de bovinos. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 41, p. 117-124, 2006.

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 for dietary fiber, and nonstarch polysaccharides in relations to animal nutrition. **Journal of Dairy Science**, v.74, p.3583–3597, 1991.

WANAPAT, M.; MAPATO, C.; PILAJUN, R.; TOBURAN, W. Effects of vegetable oil supplementation on feed intake, rumen fermentation, growth performance, and carcass characteristic of growing swamp buffaloes. **Livestock Science**, v.135, p.32–37, 2011.

WILLIAMS, A.G.; COLEMAN, G.S. The rumen protozoa In: **The Rumen Microbial Ecosystem**, P. N. HOBSON, C. S. STEWART, Eds. Blackie, London, p.73-139, 1997.

### **CAPÍTULO 3 – EFEITO DE FONTES LIPÍDICAS COM DIFERENTES PERFIS DE ÁCIDOS GRAXOS NO CONSUMO, DESEMPENHO E EMISSÃO DE METANO DE NOVILHOS NELORE**

**RESUMO** - O aumento da densidade energética da ração, obtido por meio de suplementação com lipídios é uma estratégia nutricional que pode ser utilizada na engorda de bovinos com resultados satisfatórios no desempenho. O objetivo deste trabalho foi avaliar o efeito de fontes lipídicas com diferentes perfis de ácidos graxos sobre o consumo de nutrientes, ganho médio diário, características da carcaça e emissão de metano entérico de novilhos da raça Nelore terminados em confinamento. Utilizou-se 45 novilhos da raça Nelore com peso médio inicial de  $419 \pm 11$  kg e aproximadamente 15 meses de idade, recebendo 60% de volumoso (silagem de milho) e 40% de concentrado. Foram testados 5 tratamentos: um sem adição de fonte lipídica, e mais quatro dietas com diferentes fontes lipídicas: óleo de linhaça, óleo de palma, soja grão e um suplemento comercial com gordura protegida (Lactoplus). O delineamento experimental utilizado foi o inteiramente casualizado com cinco tratamentos e nove repetições, e as médias foram comparadas pelo teste de Tukey a 5%. As fontes lipídicas influenciaram ( $P < 0,05$ ) a ingestão de nutrientes. As maiores ingestões de MS, MO, PB foram nos animais alimentados com a dieta sem adição de lipídios e gordura protegida e as menores ingestões foi observada no tratamento com óleo de palma. A maior ingestão de EE foi nos animais alimentados com óleo de linhaça, gordura protegida e soja grão. A ingestão de FDN foi maior nos animais alimentados com dieta sem adição de lipídios, óleo de linhaça, gordura protegida e soja grão, e menor na dieta com óleo de palma. Características importantes ligadas a carcaça, como área de olho de lombo e espessura de gordura subcutânea não foram afetadas ( $P > 0,05$ ) pelas diferentes fontes lipídicas adicionadas à dieta. As dietas influenciaram ( $P < 0,05$ ) a emissão de metano; o óleo de linhaça, palma e soja grão proporcionaram uma redução média de 57% na emissão de metano entérico quando expressa em gramas de metano por dia, quando comparado ao tratamento sem adição de lipídios. O óleo de palma não é indicado pois reduz o desempenho e a eficiência alimentar dos animais.

**Palavras-chave:** gordura protegida, ingestão, óleo de linhaça, óleo de palma, soja grão

## **1 Introdução**

O aumento da densidade energética da ração, obtido por meio de suplementação com lipídios é uma estratégia nutricional que pode ser utilizada na engorda de bovinos, com a promoção de resultados satisfatórios de desempenho, e que cresceu de forma acentuada nas últimas décadas, pois houve maior conhecimento sobre o uso das fontes que contêm estes nutrientes (BASSI et al., 2012).

Um aspecto que vem apresentando grande importância na indústria de gado de corte refere-se à emissão de metano entérico. Segundo o IPCC (2006) a perda de energia é em torno de 6% em animais mantidos em pastagens, e de 3,5% em animais confinados. Várias estratégias podem ser utilizadas para reduzir a produção de metano entérico, como a composição da dieta, defaunação, utilização de ionóforos, imunização e inclusão de ácidos orgânicos, taninos e saponinas na dieta (HOOK et al., 2009). Dentre essas estratégias destaca-se a inclusão de lipídios na dieta de bovinos de corte (MARTIN et al., 2010).

O fornecimento de ácidos graxos insaturados exerce ação deletéria sobre as metanogênicas e protozoários, além de consumir H<sub>2</sub> pelo processo de biohidrogenação (MacMÜLLER et al., 1998), esses processos combinados resultam na redução da produção de metano entérico ruminal, sendo que a intensidade com que ocorre a inibição é determinada pelo grau de saturação da gordura e a quantidade suplementada (MARTIN et al., 2010). Segundo Grainger e Beauchemin, (2011) a adição de 10 g de gordura por kg de matéria seca na dieta reduz a emissão de metano em 1 g por quilo de matéria seca ingerida em bovinos.

Diante disso, este trabalho foi elaborado para avaliar o efeito de fontes lipídicas com diferentes perfis de ácidos graxos sobre o consumo de nutrientes, ganho médio diário, características da carcaça e emissão de metano entérico de novilhos da raça Nelore terminados em confinamento.

## **2 Material e Métodos**

O experimento foi conduzido nas instalações do Confinamento Experimental no Setor de Forragicultura e Pastagens pertencentes ao Departamento de Zootecnia



da Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias da Universidade Estadual Paulista em Jaboticabal, São Paulo.

Foram utilizados 45 novilhos da raça Nelore com peso médio inicial de  $419 \pm 11$  kg e aproximadamente 15 meses de idade. Os animais foram mantidos em baias individuais de 8 m<sup>2</sup> (4x2 m), contendo cocho de concreto e bebedouro. Estes animais foram suplementados em pastagem *Brachiaria brizantha* cv. *Xaraés* (0,5% do peso corporal) com as mesmas fontes lipídicas durante período de recria (242 dias).

Os animais permaneceram 28 dias em adaptação às dietas, instalações e manejo, após este período foram confinados por 90 dias (3 períodos de 30 dias). Neste período foram realizadas avaliações do consumo, ganho de peso e emissão de metano. O ganho de peso total e o ganho médio diário foram determinados no início e final do período de confinamento com jejum sólido de 12 horas. A cada 30 dias foram realizadas pesagens intermediárias, visando monitorar as variações no desempenho dos animais e ajuste da dieta.

As dietas fornecidas foram elaboradas para serem isonitrogenadas, e formuladas para proporcionar um consumo de matéria seca de 2,30% do peso corporal e ganho médio de 1,20 kg/dia, obtidas pelo software RLM®/Esalq-USP (1999), de acordo com o sistema CNCPS, desenvolvido por Fox et al. (1992).

O volumoso utilizado foi silagem de milho, e o concentrado composto de milho, farelo de soja, uréia e uma das quatro diferentes fontes lipídicas: óleo de linhaça, óleo de palma, soja grão e um suplemento comercial com gordura protegida (a base de óleo de soja - Lactoplus). A relação volumoso:concentrado nas dietas experimentais foi de 60:40.

De acordo com descrição do fabricante o produto Lactoplus® é uma gordura protegida da degradação ruminal, fabricado a partir de óleo de soja que passa por um processo de saponificação, formando sais de cálcio de ácido graxo de cadeia longa. Os níveis de garantia citados são: gordura total 82,0% (mín.); cálcio 10% (máx.); umidade 5,0% (máx.) e energia líquida de lactação de 6,4 Mcal/kg.

O milho utilizado na ensilagem foi o milho híbrido Maximus (Syngenta, Matão, SP, Brasil) que foi semeado em dezembro de 2009 e ensilado em março de 2010, utilizando a colhedora de forragens Premium Flex (Menta Mit, Cajuru, SP, Brasil)

com um tamanho médio de partículas do milho de 10 mm. A silagem foi armazenada em silo de superfície, e apresentava-se vedada e bem compactada.

Os ingredientes do concentrado foram moídos em moinho de martelo munido de peneira com crivos de 2 mm. A proporção dos ingredientes nos concentrados e a composição químico-bromatológica da dieta encontra-se na Tabela 1.

A dieta foi fornecida uma vez ao dia (8h) e a quantidade de alimento oferecida foi ajustada diariamente, a partir do consumo observado no dia anterior para manter as sobras em torno de 10% do fornecido. Amostras do volumoso foram coletadas semanalmente e as sobras foram pesadas diariamente por animal, e amostradas duas vezes por semana sendo, posteriormente, acondicionadas em sacos plásticos devidamente identificados e congeladas.

Após o término do confinamento, as amostras foram descongeladas e agrupadas por animal e por período. Amostras compostas semanais de sobras e do volumoso foram secas em estufa de ventilação forçada a 55°C por 72 horas e moídas em moinho com peneira de malha de 1 mm. Os ingredientes do concentrado foram amostrados uma vez em cada período experimental, sendo armazenados em freezer para posteriores análises laboratoriais.

As amostras de silagem de milho, concentrados e sobras foram avaliadas quanto aos teores de matéria seca (MS; 934.01), matéria mineral (MM; 942.05) e extrato etéreo ácido (EE; 954.02) de acordo com recomendações da AOAC, (1990). O teor de nitrogênio (N) das amostras foi obtido pelo método de combustão de Dumas, utilizando-se analisador de N tipo LECO FP-528 LC, seguindo o procedimento descrito por Etheridge, Pesti e Foster (1998). A energia bruta (EB) foi obtida pela combustão das amostras em bomba calorimétrica adiabática (PARR Instruments). A fibra em detergente neutro (FDN) e fibra em detergente ácido (FDA) foram determinadas conforme Van Soest, Robertson e Lewis (1991), de forma não sequencial com uso de alfa-amilase termoestável, porém sem adicionar sulfito, e utilizando-se sacos da ANKON (F57) e o aparelho ANKON 200 (Ankom Technology Corp., Fairport, NY, USA).

Tabela 1. Proporção dos ingredientes em porcentagem da matéria seca e composição química das dietas experimentais.

INGREDIENTES	% de ingredientes das dietas experimentais				
	Dietas <sup>1</sup>				
	SL	OP	OL	GP	SG
Silagem de milho	60,0	60,0	60,0	60,0	60,0
Milho moído	26,9	21,4	21,4	20,8	13,8
Farelo de soja	11,0	12,0	12,0	12,1	0,00
Gordura Protegida	0,00	0,00	0,00	5,10	0,00
Soja grão	0,00	0,00	0,00	0,00	25,0
Óleo de linhaça	0,00	0,00	4,50	0,00	0,00
Óleo de palma	0,00	4,50	0,00	0,00	0,00
Uréia	0,90	0,90	0,90	0,90	0,00
Suplemento mineral <sup>2</sup>	1,20	1,20	1,20	1,20	1,20
Composição Química da dieta total					
Matéria seca	56,2	56,9	56,8	56,3	56,3
Matéria Orgânica	95,4	95,5	95,6	94,5	95,4
Proteína Bruta	16,0	16,0	16,1	16,4	16,4
Extrato Etéreo	2,79	7,05	7,02	6,99	6,97
FDN	34,0	34,0	34,0	33,9	36,4
FDA	19,5	19,6	19,8	19,6	22,0
Energia Bruta (Mcal/kg)	4,37	4,81	4,79	4,78	4,85
NDT <sup>3</sup>	71,9	84,1	84,0	84,5	83,8

<sup>1</sup> SL – sem adição de nenhuma fonte lipídica; OP - óleo de palma como fonte lipídica; OL - óleo de linhaça como fonte lipídica; GP gordura protegida (LactoPlus®) como fonte lipídica; SG - soja grão como fonte lipídica;

<sup>2</sup> Composição do produto (Cálcio: 45 g; Fósforo: 12 g; Magnésio: 46 g; Enxofre: 14 g; Sódio: 58 g; Cobre: 140 mg; Manganês: 410 mg; Zinco: 525 mg; Iodo: 10 mg; Cobalto: 8 mg; Selênio: 2,5 mg; Flúor (máx.): 120 mg; Monensina: 400mg;

<sup>3</sup> Nutrientes digestíveis totais – valores estimados de acordo com Detmann et al. (2007).

No cálculo de ingestão de ácidos graxos levou-se em consideração a composição de perfil de ácidos graxos das dietas (Tabela 2) e sobras. A extração foi realizada de acordo com o método de Folch, Less e Stanley (1957) e metilação de acordo com Kramer et al. (1997). Os ácidos graxos foram quantificados por cromatografia gasosa (GC Shimatzu modelo 20-10, com injeção automática), usando coluna capilar SP-2560 (100 m x 0,25 mm de diâmetro com 0,02 mm de espessura, Supelco, Bellefonte, PA).

Tabela 2. Perfil de ácidos graxos (g/100 g de gordura) das dietas experimentais.

Ácidos Graxos (AG)	Dietas <sup>1</sup>				
	SL	OP	OL	GP	SG
C8:0 (Caprílico)	0,00	0,90	0,00	0,00	0,00
C10:0 (Capríco)	0,00	1,00	0,00	0,00	0,00
C12:0 (Láurico)	0,40	15,7	0,70	0,30	0,30
C14:0 (Mirístico)	0,40	5,40	0,50	0,40	0,40
C16:0 (Palmítico)	19,7	16,6	18,7	19,0	17,5
C16:1 (Palmitoléico)	0,10	0,10	0,10	0,10	0,10
C17:0 (Heptadecanóico)	0,20	0,20	0,20	0,20	0,20
C18:0 (Estearíco)	1,90	0,50	3,80	0,00	1,30
C18:1 n9,c (Oléico)	30,5	24,6	28,6	29,9	27,3
C18:2 n6,c (Linoléico)	43,3	31,8	36,3	45,9	46,3
C20:0 (Araquídico)	0,00	0,00	0,10	0,00	2,60
C18:3 n6 (Linolênico)	2,80	2,80	11,2	4,40	4,10

<sup>1</sup> SL – sem adição de nenhuma fonte lipídica; OP - óleo de palma como fonte lipídica; OL - óleo de linhaça como fonte lipídica; GP gordura protegida (LactoPlus®) como fonte lipídica; SG - soja grão como fonte lipídica.

Na avaliação da emissão de metano entérico foram selecionados 20 animais (quatro por tratamento) levando-se em consideração característica de docilidade, dentre os animais utilizados nas avaliações de desempenho. Os animais passaram por um período de 10 dias de adaptação ao uso do cabresto e canga coletora, antes de iniciar as coletas. Após a adaptação dos animais ao aparato de amostragem, as coletas de gases ruminais foram realizadas ao longo de quatro dias consecutivos, em intervalos de 24 horas. Duas canga foi mantida no local onde os animais permaneciam, a qual foi considerada “branco”, para correção dos resultados com o metano ambiental.

Foi utilizada a técnica de medição direta de metano ruminal, usando o hexafluoreto de enxofre (SF<sub>6</sub>) como gás traçador, de acordo com os métodos descritos por Johnson e Johnson (1994) e Primavesl et al. (2004). O fluxo de CH<sub>4</sub> produzido pelos animais foi calculado em relação ao fluxo do gás traçador (SF<sub>6</sub>) a partir da taxa de permeação da cápsula inserida no rúmen, menos a concentração basal de CH<sub>4</sub> e SF<sub>6</sub> presentes no ar (WESTBERG et al., 1998):

$$Q_{CH_4} = Q_{SF_6} * ([CH_4]_Y - [CH_4]_B) / [SF_6]$$

onde,  $Q_{CH_4}$  = taxa de emissão de metano pelo animal;  $Q_{SF_6}$  = taxa conhecida de emissão de SF<sub>6</sub>;  $[CH_4]_Y$  = concentração de metano na canga;  $[CH_4]_B$  = concentração de metano no branco e  $[SF_6]$  = concentração de hexafluoreto de enxofre na canga.

A partir dos dados primários foram calculadas as emissões de CH<sub>4</sub> por dia, por quilograma de peso metabólico, quilograma de CH<sub>4</sub> produzido por quilograma de carne produzida e a emissão de metano em função da ingestão de matéria seca (MS), da fibra em detergente neutro (FDN) e energia bruta (EB).

Após 90 dias de confinamento os animais foram transportados a um frigorífico comercial. No dia seguinte, após jejum de sólidos por 24 horas, ocorreu o abate, seguindo os procedimentos de atordoamento por concussão cerebral, utilizando-se pistola de ar comprimido e posterior sangria por secção das jugulares e carótidas.

Após o abate, as carcaças foram pesadas e identificadas para a obtenção do peso e do rendimento de carcaça quente. O rendimento de carcaça foi calculado pela razão entre o peso da carcaça quente e o peso corporal em jejum. Após resfriamento de 24 horas em câmara frigorífica a 4°C, as carcaças foram novamente pesadas para a obtenção do peso de carcaça resfriada e medido o pH com um medidor digital. Na meia carcaça direita foram separados os cortes primários: traseiro especial, dianteiro e ponta de agulha e pesados para calcular as porcentagens em relação à meia carcaça. Da meia carcaça esquerda, entre a 12<sup>a</sup> e 13<sup>a</sup> costela, retirou-se uma amostra do músculo *Longissimus* para determinação área de olho de lombo (AOL), medida com régua quadriculada, e espessura de gordura subcutânea (EGS) com uso de um paquímetro digital.

O delineamento experimental utilizado foi inteiramente casualizado, composto por 45 animais, cinco tratamentos e nove repetições para avaliações de consumo, ganho de peso, características e rendimento da carcaça. Na mensuração de metano foram utilizados 20 animais, cinco tratamentos e quatro repetições. Os cálculos estatísticos foram realizados através dos procedimentos GLM do programa estatístico SPSS na versão 19.0, e as médias foram comparadas através do teste de Tukey a 5% de probabilidade. No cálculo das variáveis, empregou-se o seguinte modelo matemático:

$$Y_{ij} = \mu + t_i + e_{ij}$$

Em que:  $Y_{ij}$  = observação do animal  $j$  submetido ao tratamento  $i$ ;  $\mu$  = média;  $t_i$  = efeito do tratamento  $i$ ;  $i = 1; \dots; 5$ ; e  $e_{ij}$  = erro aleatório associado a cada observação  $Y_{ij}$ .

### 3 Resultados

As fontes lipídicas influenciaram as ingestões de matéria seca (MS), matéria orgânica (MO), proteína bruta (PB) e fibra em detergente neutro (FDN), expressos em kg/dia e % do peso corporal (Tabela 3). As maiores ingestões de MS, MO e PB foram nos animais alimentados com a dieta sem adição de lipídios e gordura protegida (óleo de linhaça e soja grão não diferiram da dieta com gordura protegida), e as menores ingestões foram observadas no tratamento com óleo de palma.

As maiores ingestões de EE foram nos animais alimentados com óleo de linhaça, gordura protegida e soja grão. A ingestão de FDN foi maior nos animais alimentados com dieta sem adição de lipídios, óleo de linhaça, gordura protegida e soja grão, e menor na dieta com óleo de palma.

Houve efeito das fontes lipídicas na ingestão de ácidos graxos, em que animais alimentados com óleo de palma apresentaram maior ingestão de ácidos graxos saturados (C8:0, C10:0, C12:0 e C:14). A maior ingestão de C 16:0 e oléico foi nos animais alimentados com óleo de linhaça e gordura protegida. A ingestão total dos ácidos graxos, insaturados e linoléico foi maior nos animais que receberam dietas com gordura protegida, enquanto que de ácidos graxos saturados na dieta com óleo de palma e de linhaça. A dieta com óleo de linhaça proporcionou maior ingestão de ácido linolênico.

Tabela 3. Ingestão de matéria seca (IMS), de matéria orgânica (IMO), de proteína bruta (IPB), de extrato etéreo (IEE) e de FDN (IFDN) expressa em kg MS/dia e em % do peso corporal e ingestão ácidos graxos (g/dia) de novilhos Nelore terminados em confinamento recebendo diferentes fontes lipídicas.

Variáveis	Dietas <sup>1</sup>					EPM <sup>2</sup>	P <sup>3</sup>
	SL	OP	OL	GP	SG		
<i>Ingestão kg MS/dia</i>							
IMS	8,69a	4,33c	7,02b	7,78ab	6,60b	0,33	<.0001
IMO	8,32a	4,17c	6,76b	7,40ab	6,33b	0,31	<.0001
IPB	1,58a	0,89c	1,28b	1,49a	1,30b	0,05	<.0001
IEE	164b	228b	416a	461a	395a	26,6	<.0001
IFDN	2,93a	1,96b	2,74a	2,78a	2,55a	0,11	<.0001
<i>Ingestão %PC</i>							
IMS	1,84a	1,05c	1,50b	1,61b	1,41b	0,06	<.0001
IMO	1,76a	1,01c	1,45b	1,54b	1,35b	0,06	<.0001
IPB	0,34a	0,22c	0,27b	0,31a	0,28b	0,01	<.0001
IEE	0,04b	0,06b	0,09a	0,10a	0,09a	0,006	<.0001
IFDN	0,62a	0,48b	0,59a	0,58a	0,55ab	0,02	<.0001
<i>Ingestão Ácidos graxos (g/dia)</i>							
C8:0 (Caprílico)	0,10b	2,67a	0,10b	0,10b	0,10b	0,28	<.0001
C10:0 (Capríco)	0,10b	3,54a	0,20b	0,10b	0,10b	0,31	<.0001
C12:0 (Láurico)	0,13b	54,9a	4,61b	0,10b	0,10b	4,97	<.0001
C14:0 (Mirístico)	0,42b	17,4a	2,29b	0,01b	0,34b	1,65	<.0001
C16:0 (Palmítico)	47,9b	30,5c	85,4a	75,8a	54,9b	5,51	<.0001
C18:0 (Esteárico)	2,28b	0,10b	34,9a	0,10b	5,44b	1,16	<.0001
C18:1 n9,c (Oléico)	76,3c	50,1c	131a	160a	102b	8,42	<.0001
C18:2 n6,c (Linoléico)	122,1c	64,1d	140c	291a	195b	11,1	<.0001
C20:0 (Araquídico)	0,15b	0,2b	0,58b	0,1b	29,4a	0,42	<.0001
C18:3 n6 (Linolênico)	5,80c	2,33c	56,9a	25,1b	11,8c	5,30	<.0001
Total Ingerido	255c	218c	457b	553a	400b	29,8	<.0001
AG Saturados	51,5b	101a	129a	76,2b	90,8ab	9,38	<.0001
AG Insaturados	204c	116c	328b	477a	309b	22,6	<.0001

<sup>1</sup> SL – sem adição de nenhuma fonte lipídica; OP - óleo de palma como fonte lipídica; OL - óleo de linhaça como fonte lipídica; GP gordura protegida (LactoPlus®) como fonte lipídica; SG - soja grão como fonte lipídica;

<sup>2</sup> Erro padrão da média;

<sup>3</sup> Probabilidade;

<sup>a,b</sup> Médias seguidas de letras minúsculas diferentes, na mesma linha, diferem pelo teste de Tukey a 5%.

As fontes lipídicas influenciaram ( $P < 0,05$ ) a emissão de metano (Tabela 4). As dietas com gordura protegida e sem adição de lipídios apresentaram maior emissão de  $\text{CH}_4$  expressos em: g/dia, kg/ano, g/dia/peso metabólico, g de  $\text{CH}_4$ /kg de energia bruta, FDN e MS consumida e energia perdida na forma de metano (% de energia bruta consumida) em relação aos tratamentos com óleo de palma, linhaça e soja grão. A eficiência (kg  $\text{CH}_4$  produzido/kg de carne produzido) não diferiu entre os tratamentos.

Tabela 4. Emissão de metano ( $\text{CH}_4$ ) expresso em g/dia, Kg/ano, g de  $\text{CH}_4$ /dia/ peso metabólico (PM), kg de carcaça produzido (Kg $\text{CH}_4$ /KgCAR), por Kg de FDN, energia, matéria seca consumido e energia perdida na forma de metano (expressa em % de consumo de energia bruta).

Variáveis	Dietas <sup>1</sup>					EPM <sup>2</sup>	P <sup>3</sup>
	SL	OP	OL	GP	SG		
g $\text{CH}_4$ /dia	147a	66,8b	62,8b	118,0a	63,9b	13,1	<.0001
Kg $\text{CH}_4$ /ano	53,7a	24,4b	22,9b	43,1a	23,3b	7,06	<.0001
$\text{CH}_4$ g/d/kg PC <sup>0,75</sup>	1,40a	0,68b	0,63b	1,09a	0,66b	0,12	<.0001
Kg $\text{CH}_4$ /KgCAR	0,22	0,29	0,16	0,34	0,17	0,09	0,43
g de $\text{CH}_4$ /kg de CFDN	52,2a	23,2b	31,6b	43,2a	29,7b	6,08	0,02
g de $\text{CH}_4$ /mcal CEB	3,60a	2,01b	2,58b	3,29a	2,62b	0,43	0,05
g de $\text{CH}_4$ /kg de CMS	17,1a	9,55b	12,5b	15,9a	12,7b	2,09	0,05
$\text{CH}_4$ (%CEB)	4,81a	3,59b	3,05b	4,50a	3,07b	0,75	0,05

<sup>1</sup> SL – sem adição de nenhuma fonte lipídica; OP - óleo de palma como fonte lipídica; OL - óleo de linhaça como fonte lipídica; GP gordura protegida (LactoPlus®) como fonte lipídica; SG - soja grão como fonte lipídica;

<sup>2</sup> Erro Padrão da média;

<sup>3</sup> Probabilidade;

<sup>a,b</sup> Médias seguidas de letras minúsculas diferentes, na mesma linha, diferem pelo teste de Tukey a 5%.

As fontes lipídicas afetaram ( $P < 0,05$ ) o peso final de abate, GMD, eficiência alimentar, pesos e rendimentos de carcaça quente e fria (Tabela 5). O peso de abate foi menor nos animais da dieta com óleo de palma em relação aos demais.

O GMD foi maior nos animais da dieta sem adição de lipídios, soja grão proporcionaram ganhos intermediários (gordura protegida e óleo de linhaça não diferiram das dietas sem adição de lipídios e soja grão), e óleo de palma apresentou os menores ganhos diários. A eficiência alimentar, pesos e rendimentos de carcaça quente e fria foram maiores nas dietas sem adição de lipídios, óleo de linhaça, gordura protegida e soja grão, e menores na dieta com óleo de palma.



As variáveis área de olho de lombo (AOL), espessura de gordura subcutânea (EGS), perdas por resfriamento, rendimento de dianteiro, ponta de agulha e traseiro não foram influenciadas pela adição de fontes lipídicas.

Tabela 5. Peso inicial, de abate, ganho médio diário (GMD), eficiência alimentar (EA, kg GMD/kg MS), peso de carcaça quente (PCQ), rendimento da carcaça quente (RCQ), peso da carcaça fria (PCF), rendimento da carcaça fria (RCF), perdas por resfriamento (PR), rendimento do dianteiro (RendD), rendimento de ponta de agulha (RendPA), rendimento de traseiro (RendT), área de olho de lombo (AOL), AOL/100 kg de carcaça fria (AOL %) e espessura de gordura subcutânea (EGS) de novilhos Nelore terminados em confinamento recebendo diferentes fontes lipídicas.

Variáveis	Dietas <sup>1</sup>					EPM <sup>2</sup>	P <sup>3</sup>
	SL	OP	OL	GP	SG		
Peso inicial (kg)	419	404	416	434	434	11,5	0,19
Peso de abate (kg)	517a	444b	494a	523a	512a	13,9	0,002
GMD (kg/dia)	1,15a	0,35c	0,87ab	0,99ab	0,84b	0,08	<.0001
EA (kg GMD/kg MS)	0,13a	0,08b	0,12a	0,13a	0,13a	0,03	<.0001
PCQ (kg)	285a	233b	268a	292a	277a	8,06	<.0001
RCQ (%)	55,1a	52,4b	54,2a	55,8a	54,1a	0,46	<.0001
PCF (kg)	282a	230b	265a	289a	272a	8,52	<.0001
RCF (%)	54,5a	51,8b	53,7a	55,3a	53,3a	0,45	<.0001
PR (%)	1,00	1,06	0,91	0,90	1,31	0,18	0,42
RendD (%)	37,0	36,1	37,2	36,5	36,9	0,41	0,27
RendPA (%)	9,60	8,59	9,32	9,92	9,38	0,36	0,09
RendT (%)	53,3	54,5	53,4	53,5	53,7	0,47	0,06
AOL (cm <sup>2</sup> )	83,2	76,7	77,6	87,6	84,2	3,17	0,65
AOL (%)	29,6	33,3	29,2	30,3	31,0	2,91	0,06
EGS (mm)	6,60	4,49	8,59	6,77	6,23	1,16	0,17

<sup>1</sup> SL – sem adição de nenhuma fonte lipídica; OP - óleo de palma como fonte lipídica; OL - óleo de linhaça como fonte lipídica; GP gordura protegida (LactoPlus®) como fonte lipídica; SG - soja grão como fonte lipídica;

<sup>2</sup> Erro Padrão da média;

<sup>3</sup> Probabilidade;

<sup>a,b</sup> Médias seguidas de letras minúsculas diferentes, na mesma linha, diferem pelo teste de Tukey a 5%.

#### 4 Discussão

A menor ingestão de matéria seca (IMS) da dieta com óleo de palma, provavelmente, se deve a uma menor aceitabilidade deste óleo pelos animais, que pode ser provocada pela composição de ácidos graxos saturados desta dieta (Tabela 2) ou até mesmo por algum fator de toxicidade ainda desconhecido do óleo de palma. Efeitos negativos na IMS com óleo de palma também foram relatados por

Otaru et al. (2011) que utilizaram níveis (0 a 16%) de óleo de palma na dieta de caprinos e verificaram efeito linear decrescente no consumo de matéria seca.

No estudo com diferentes grãos de oleaginosas (algodão, soja e linhaça no nível de 6% de extrato etéreo) e um tratamento sem adição de lipídios na dieta de novilhos zebuínos confinados, Bassi et al. (2012) não verificaram diferenças nas ingestões de nutrientes nas dietas testadas. A IMS (8,70 kg/dia) da dieta sem adição de lipídios verificada por Bassi et al. (2012) foi semelhante a do presente estudo. Importante ressaltar que a ausência de efeitos na ingestão de nutrientes verificada por Bassi et al. (2012) não foram verificadas neste estudo, e assim pode-se inferir que as fontes lipídicas testadas (óleo de palma, de linhaça, gordura protegida e soja grão) alteraram o consumo.

A redução na IMS pode estar relacionada aos efeitos da ingestão de ácidos graxos insaturados (AGI) (Tabela 3) sobre o centro de saciedade. Dietas com óleo de linhaça e grão de soja são ricas em AGI, dessa maneira, a inclusão destas fontes deve ter elevado o fluxo de AGI para o intestino delgado, e com isso, deve ter ocorrido elevação desses metabólitos no sangue, com consequente ativação de receptores do centro da saciedade localizados no hipotálamo, que inibem o apetite e reduzem o consumo de alimentos (OBICI et al., 2002).

A dieta com gordura protegida, mesmo sendo rica em AGI, e apresentando a maior ingestão de AGI, aparentemente não influenciou na ingestão, provavelmente ao fato desta fonte ser parcialmente inerte no rúmen, e seus ácidos graxos insaturados apresentarem menores efeitos no ambiente ruminal. Harvatine e Allen (2006) observaram que o aumento da concentração plasmática de ácidos graxos insaturados reduziu a IMS de vacas leiteiras alimentadas com dietas com sais de cálcio de ácidos graxos (6,8% EE) como fonte de gordura.

Da mesma maneira Putrino et al. (2006) observaram redução da IMS ao fornecer dietas sem adição de lipídios (3% EE) comparadas a dietas com gordura protegida (6% EE), em bovinos Nelore em confinamento. Os trabalhos que utilizaram gordura protegida, ajudaram a comprovar que os efeitos dos AGI sobre a IMS não estão relacionados somente aos problemas que podem ocasionar à degradabilidade ruminal, mas também decorrem de efeitos pós-absortivos. Além do efeito sobre a

IMS, a maior absorção de AGI possivelmente melhorou a eficiência energética de síntese de tecidos e contribuiu para os valores semelhantes de eficiência alimentar.

As diferenças na IPB se deve as diferenças na ingestão de matéria seca, pois as dietas foram formuladas para serem isonitrogenadas, logo com a diferença na IMS, influenciou a IPB.

A ingestão de AGS, AGI e ácidos graxos totais dos animais está relacionado a um efeito associado da IMS e composição (perfil de AG) das dietas (Tabela 2). A baixa IMS dos animais alimentados com óleo de palma proporcionou uma baixa ingestão de ácidos graxos totais. Quanto a baixa ingestão dos animais da dieta sem adição de lipídios se deve ao fato dessa dieta apresentar uma quantidade disponível de ácidos graxos menor do que as dietas com adição de fontes lipídicas.

O maior ganho médio diário dos animais alimentados com a dieta sem adição de lipídios, óleo de linhaça e gordura protegida em relação aos alimentados com de óleo de palma se deve a maior IMS e conseqüentemente mais nutrientes e energia ingerida por estes animais quando comparados aos que receberam dietas com óleo de palma. Os animais do tratamento com soja grão apresentaram ingestões e GMD intermediários. Assim, os diferentes efeitos de IMS e nutrientes, com conseqüentes ganhos de pesos variados proporcionaram aos animais das dietas sem adição de lipídios, óleo de linhaça gordura protegida e soja grão maior peso de abate e maiores rendimentos de carcaça, quando comparados aos animais da dieta com adição de óleo de palma.

Os valores de eficiência alimentar obtidos neste trabalho, com exceção do óleo de palma, foram semelhantes aos relatados por Bassi et al. (2012) que foi em média 0,13 kg GMD/kg MS em novilhos zebuínos recebendo diferentes grãos de oleaginosas e dietas com 6% de extrato etéreo na MS. Segundo Zinn e Jorquera (2007), bovinos adaptados à suplementação lipídica podem tolerar até 7% de gordura suplementar sem alterações no desempenho, desde que a adaptação dos mesmos à dieta seja feita de forma adequada, essa consideração se torna verdadeira neste estudo se for levado em consideração o tipo de fonte lipídica utilizada.

O valor médio observado da espessura de gordura subcutânea foi de 6,54 mm, e esta dentro do limite proposto, entre 5 e 7mm. De acordo com o Sistema

brasileiro de classificação de carcaças de bovinos (BRASIL, 2004) a cobertura de gordura é considerada uniforme quando se encontra entre 6 e 10 mm e excessiva quando possui mais de 10 mm de espessura. O grau de cobertura de gordura na carcaça age como um isolante térmico é um importante fator de qualidade, afetando diretamente a velocidade de resfriamento e na conversão do músculo em carne (ZUIN et al., 2012), do ponto de vista qualitativo é necessário mínimo de 3mm para se considerar um animal acabado e pronto para o abate, além de que os frigoríficos brasileiros idealizam acabamentos de 3,0 a 6,0 mm. O excesso de gordura poderia resultar em desperdício e/ou menor rendimento da porção comestível (KUSS et al., 2008).

A emissão de metano entérico calculada foi de 53 kg/ano na dieta sem adição de lipídio. Esse valor foi semelhante ao relatado pelo IPCC (2006) que estimou uma produção média de 56 kg/CH<sub>4</sub>/ano em bovinos machos (450 kg de peso corporal) na América Latina. A emissão em gramas de metano por quilo de matéria seca consumida foi de aproximadamente 17g na dieta sem adição de lipídio, valor semelhante ao relatado por Hulshof et al. (2012), que apresentaram valores de emissão de 18g CH<sub>4</sub>/kgMS em dietas de confinamento com relação cana-de-açúcar:concentrado de 60:40.

Todas as dietas com fontes lipídicas continham, em média, 42g de lipídio adicional por quilo de MS e a redução na emissão de metano nos animais suplementados com óleo de linhaça e soja grão foi de 4,6 g por quilo de MS ingerida, ou seja, houve uma redução de 1,10 g de metano por quilo de MS ingerida para cada 10 g de lipídio suplementar na dieta. Esse valor corrobora com os resultados encontrados por Grainger e Beauchemin (2011) que em um trabalho de meta-análise avaliaram o efeito de diferentes fontes lipídicas na emissão de metano e concluíram que, para bovinos, um aumento 10 g de gordura por kg de matéria seca na dieta reduz a emissão de metano em 1 g por quilo de matéria seca ingerida.

No entanto, a dieta com óleo de palma, que proporcionou IMS menor que os demais tratamentos, teve redução de 1,80 g de metano por kg de MS ingerida para cada 10 g de lipídio suplementar na dieta. Na dieta com óleo de palma há maior quantidade de dois ácidos graxos saturados, láurico e mirístico, em comparação as

demais dietas (Tabela 2) e a ingestão destes ácidos também foi maior no tratamento com óleo de palma (Tabela 3).

Vários trabalhos demonstraram que a presença destes dois ácidos graxos (láurico e mirístico) reduzem acentuadamente a emissão de metano (g/kg de MS consumida). Machmuller e Kreuzer (1999) trabalharam com óleo de coco e relataram redução de 63,8% com adição de 7% de gordura, enquanto Machmuller, Soliva e Kreuzer (2003) trabalharam com ácido mirístico e observaram redução de 58,3% na emissão de metano com 5% de adição de lipídio. Porém, é importante ressaltar que, por mais que a dieta com óleo de palma tenha proporcionado uma menor emissão de metano (g/kg de MS consumida) que os demais tratamentos, uma estratégia de mitigação bem sucedida, deve possibilitar aumento rentável da produção de leite e/ou carne, como também promover redução persistente da emissão de metano entérico (GRAINGER et al., 2010), o que não aconteceu com a dieta com óleo de palma, pois apresentaram baixa IMS e desempenho dos animais.

A maior emissão de metano (g/dia, g de CH<sub>4</sub>/dia/ peso metabólico, por Kg de MS, FDN e EB consumida) pelos animais que receberam o tratamento com gordura protegida e sem adição de lipídios se deve ao fato da ingestão de MS, e pela ingestão de FDN. Provavelmente, as dietas com óleo de linhaça, de palma e soja grão reduziram a emissão de metano devido ao efeito tóxico dos ácidos graxos livres nas metanogênicas e protozoários, diminuição do consumo pela maior densidade energética, pela transferência do hidrogênio livre para a rota da biohidrogenação, e assim reduzindo a disponibilidade de hidrogênio para síntese de metano (MACHMULLER; OSSOWSKI; KREUZER, 2000).

Embora a biohidrogenação dos ácidos graxos polinsaturados resulte em captura de H<sub>2</sub>, sua influência sobre a metanogênese é baixa, já que a completa hidrogenação de 1 mol de ácido linolênico previne a formação de apenas 0,75 mol de CH<sub>4</sub> (MARTIN et al., 2010). Esta afirmação corrobora com os dados de biohidrogenação (BAGI) da Tabela 4 do Capítulo 2, em que dietas com gordura protegida apresentam menor taxa de BAGI, e conseqüentemente menor ação de redução na produção de metano, quando comparadas à dietas com perfis de ácidos graxos insaturados (óleo de linhaça e soja grão). Estima-se que a utilização de hidrogênio metabólico no processo de biohidrogenação de ácidos graxos

insaturados é pequena (1 a 2%) se comparada àquelas inerentes à redução do CO<sub>2</sub> (48%), à síntese de ácidos graxos de cadeia média (33%) e à síntese de células bacterianas (12%) (CZERKAWSKI, 1986).

De acordo com Morgavi et al. (2010), a principal forma de mitigação da metanogênese ruminal pode ser alcançada através do decréscimo no suprimento de H<sub>2</sub> às metanogênicas obtido com o favorecimento da produção de propionato e/ou diminuição no número de protozoários, que são produtores de H<sub>2</sub>. A ação direta dos ácidos graxos na população dos protozoários ruminais pode ser comprovada na Tabela 6 do Capítulo 2, em que a ação dos óleos de linhaça e palma e soja grão reduziram em 80% a presença dos protozoários ruminais quando comparado à dieta sem adição de lipídios e com gordura protegida, sendo assim, responsável pela redução na emissão do metano.

Os dados quando são expressos em g de CH<sub>4</sub> produzidos por kg de FDN consumido também demonstram o efeito da ingestão e digestão ruminal da fibra na emissão de metano, uma vez que os animais que receberam dietas com gordura protegida e sem adição de lipídios, tiveram um maior consumo de FDN e consequentemente maior emissão de metano.

Dietas com óleo de linhaça e soja grão não diferiram no consumo de FDN dos animais da dieta sem adição de lipídios e gordura protegida, entretanto o que influenciou foi o tipo da fonte lipídica (perfil de ácido graxo), pois enquanto na gordura protegida os lipídios tem um pequeno efeito no rúmen, fontes de óleo de linhaça e soja grão (suplementos ricos em ácidos graxos polinsaturados como linoléico e linolênico) possuem efeito negativo na produção de metano no rúmen (MARTIN et al., 2010). Os animais suplementados com óleo de linhaça e soja grão consumiram, em média, 205g de ácido linoléico e linolênico diariamente. Esse valor é superior ao consumo desses ácidos nas dietas sem adição de lipídio e palma (128 e 67g/dia, respectivamente). Somente o tratamento com gordura protegida proporcionou consumo de C18:2 e C18:3 superior ao de linhaça e soja grão (316 g/dia), porém por ser uma fonte lipídica com ação inerte no rúmen, esta não reduziu a emissão de metano entérico.

A utilização de óleo de linhaça, palma e soja grão proporcionou uma redução média de 57% na emissão de metano entérico (g de CH<sub>4</sub>/dia), quando comparado ao

tratamento sem adição de lipídios. Resultados semelhantes foram relatados por Martin et al. (2008) que trabalharam com adição de óleo de linhaça (8,4% de EE na dieta) na alimentação de vacas leiteiras, e constataram que o uso de óleo de linhaça reduziu em 64% a emissão de CH<sub>4</sub> (g/dia) quando comparado ao tratamento controle (sem adição de linhaça).

A energia perdida na forma de metano expressa em energia consumida foi em média de 4,7% nos animais da dieta sem adição de lipídios e gordura protegida e de 3,3% nos demais tratamentos, sendo este valor próximo ao relatado pelo IPCC (2006), que é de 3,5% em animais confinados. Segundo Martin et al. (2007), as perdas de metano mostram-se relativamente constantes para dietas contendo de 30 a 40% de concentrado (6 a 7% da EB ingerida) e então decrescem rapidamente para 2 a 3% da EB ingerida em dietas contendo de 80 a 90% de concentrado.

## 5 Conclusão

Fontes lipídicas com diferentes perfis de ácidos graxos afetam a ingestão de matéria seca e nutrientes dos animais, e conseqüente desempenho e características de carcaça. O uso do óleo de palma não é indicado pois reduz o ganho médio diário e a eficiência alimentar dos animais. Dietas com óleo de linhaça e soja grão possuem potencial na redução de emissão de metano entérico.

## 6 Referências Bibliográficas

ASSOCIATION OF OFFICIAL ANALYTICAL CHEMISTS – AOAC. **Official methods of analysis**. 12 ed. Washington, 1990, 1098 p.

BASSI, M.S.; LADEIRA, M.M.; CHIZZOTTI, M.L.; CHIZZOTTI, F.H.M.; OLIVEIRA, D.M.; MACHADO, O.R.N.; CARVALHO, J.R.R.; NOGUEIRA, A.A.N. Grãos de oleaginosas na alimentação de novilhos zebuínos: consumo, digestibilidade e desempenho. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.41, p.353-359, 2012.

BRASIL. Instrução Normativa no 9, de 4 de maio de 2004. Sistema brasileiro de classificação de carcaças de bovinos. **Diário Oficial da República Federativa do Brasil**, Brasília, DF, 5 de maio de 2004. Seção I, p.3, 2004.

CZERKAWSKI, J.W. Degradation of solid feeds in the rumen: spatial distribution of microbial activities and its consequences. In: Milligan, L. P.; Grovum, W. L.; Dobson, A. (Eds). **Control of digestion and Metabolism in ruminants**. New Jersey: Prentice-Hall, 1986. p. 158-172.

ETHERIDGE, R.D.; PESTI G.M.; FOSTER, E.H. A comparison of nitrogen values obtained utilizing the Kjeldahl nitrogen and Dumas combustion methodologies (Leco CNS 2000) on samples typical of an animal nutrition analytical laboratory. **Animal Feed Science and Technology**, v.60, p.21-28, 1998.

FOLCH, J.; LEES, M.; STANLEY, G.H.S. A simple method for the isolation and purification of total lipids from animal tissues. **The Journal of Biological Chemistry**, v.226, p.497-509, 1957.

FOX, D.G.; SNIFFEN, C.J.; O'CONNOR, J.D.; RUSSEL, J.B.; VAN SOEST, P.J. A net carbohydrate and protein system for evaluating cattle diets. III. Cattle requirements and diets adequacy. **Journal of Animal Science**, v.70, p. 3578–3596, 1992.

GRAINGER, C.; BEAUCHEMIN, K.A. Can enteric methane emissions from ruminants be lowered without lowering their production? **Animal Feed Science and Technology**, v.166-167, p.308–320, 2011.

GRAINGER, C.; WILLIAMS, R.; ECKARD, R. J.; HANNAH, M. C. A high dose of monensina does not reduce methane emissions of dairy cows offered pasture supplemented with grain. **Journal of Dairy Science**, v. 93, p. 5300-5308, 2010.

HARVATINE, K. J.; ALLEN, M. S. Fat supplements affect fractional rates of ruminal fatty acid biohydrogenation and passage in dairy cows. **Journal of Nutrition**, v. 136, p. 677-685, 2006.

HOOK, S.E.; NORTHWOOD, K.S.; WRIGHT, A.D.G.; MCBRIDE, D.W. Long-Term Monensin Supplementation Does Not Significantly Affect the Quantity or Diversity of Methanogens in the Rumen of the Lactating Dairy Cow. **Applied Environmental Microbiology**, v.75, p.374-380, 2009.

HULSHOF, R. B. A.; BERNDT, A.; GERRITS, W.J.J.; DIJKSTRA, J.; VAN ZIJDERVELD, S.M.; NEWBOLD, J.R.; PERDOK, H.B. Dietary nitrate supplementation reduces methane emission in beef cattle fed sugarcane-based diets. **Journal of Animal Science**, v.90, p.2317-2323, 2012.



IPCC. IPCC guidelines for national greenhouse gas inventories. **Intergovernmental Panel on Climate Change, National Greenhouse Gas Inventories Programme**, IGES, Kanagawa, Japan. 2006.

JOHNSON, K.A.; JOHNSON, D.E. Measurement of methane emissions from ruminant livestock using a SF<sub>6</sub> tracer technique. **Environmental Science and Technology**, v.28, p.359-362, 1994.

KRAMER, J. K. G.; FELLNER, V.; DUGAN, M. E. R.; SAUER, F D.; MOSSOBA, M.M.; YURAWECZ, M.P. Evaluating acid and base catalysts in the methylation of milk and rumen fatty acids with special emphasis on conjugated dienes and total trans fatty acids. **Chemistry and Materials Science**, p.1219-1228, 1997.

KUSS, F.; BARCELLOS, J.O.J.; LOPEZ, J.; RESTLE J.; MOLETTA J.L.; PAULA M.C. Componentes não integrantes de carcaça de novilhos não castrados ou castrados terminados em confinamento e abatidos aos 16 ou 26 meses de idade. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.37, p.1829-1836, 2008.

MACHMULLER, A.; KREUZER, M. Methane suppression by coconut oil and associated effects on nutrient and energy balance in sheep. **Canadian Journal Animal Science**, v. 79, p. 65-72, 1999.

MACHMULLER, A.; OSSOWSKI, D. A.; KREUZER, M. Comparative evaluation of the effects of coconut oil, oilseeds and crystalline fat on methane release, digestion and energy balance in lambs. **Animal Feed Science and Technology**, v.85, p.41-60, 2000.

MACHMULLER, A.; SOLIVA, C. R.; KREUZER, M. Methane-suppressing effect of myristic acid in sheep as affected by dietary calcium and forage proportion. **British Journal of Nutrition**, v. 90, p. 529–540, 2003.

MACMULLER, A.; OSSOWSKI, D.A.; WANNER, M.; KREUSER, M. Potencial of various fatty feeds to reduce methane release from rumen fermentation in vitro (Rusitec). **Animal Feed Science and Technology**, v.2, p.117-130, 1998.

MARTIN, C.; DUBROEUCQ, H.; MICOL, D.; AGABRIEL, J.; DOREAU, M. Methane output from beef cattle fed different high-concentrate diets. In: **Proceedings of the British Society of Animal Science**, 2007, Southport: BSAS. p. 46.

MARTIN, C.; MORGAVI, D. P.; DOREAU, M. Methane mitigation in ruminants: from microbe to the farm scale. **Animal**, v.4, p.351–365, 2010.

MARTIN, C.; ROUEL, J.; JOUANY, J.P.; DOREAU, M.; CHILLIARD, Y. Methane output and diet digestibility in response to feeding dairy cows crude linseed, extruded linseed, or linseed oil. **Journal of Animal Science**, v.86, p.2642–2650, 2008.

MORGAVI, D. P.; FORANO, E.; MARTIN, C.; NEWBOLD, J. Microbial ecosystem and methanogenesis in ruminants. **Animal**, v. 4, p. 1024-1036, 2010.

OBICI, S.; FENG, Z.H.; MORGAN, K.; STEIN, D.; KARKANIAS, G.; ROSSETI, L. Central administration of oleic acid inhibits glucose production and food intake. **Diabetes**, v.51, p.271-275, 2002.

OTARU, S.M.; ADAMU, S.M.; EHOCHÉ, O.W.; MAKUN, H.J. Effects of varying the level of palm oil on feed intake, milk yield and composition and postpartum weight changes of Red Sokoto goats. **Small Ruminant Research**, v. 96, p.25-35, 2011.

PRIMAVESI, O.; FRIGUETTO, R.T.S.; PEDREIRA, M.S.; LIMA, M.A.; BERCHIELLI, T.T.; DEMARCHI, J.J.A.A.; MANELLA, M.Q.; BARBOSA, P.F.; JOHNSON, K.A.; WESTBERG, H.H. **Técnica do Gás traçador SF<sub>6</sub> para medição de campo do metano ruminal em bovinos**: adaptações para o Brasil. São Carlos: EMBRAPA - Pecuária Sudeste, 74 p. 2004.(Documentos, 39).

PUTRINO, S.M.; LEME, P.R.; SILVA, S.L.; ALLEONI, G.F.; LANNA, D.P.D.; GROSSKLAUS, C. Exigências líquidas de proteína e energia para ganho de peso de novilhos Nelore alimentados com dietas contendo grão de milho úmido e gordura protegida. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v. 35, p. 301-308, 2006.

RLM 2.0 – **Ração de Lucro Máximo**. Versão 2.0. LANNA, D.P.D.; BARIONI, L.G.; BOIN, C.; TEDESCHI, L.O. Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, Departamento de Zootecnia, Piracicaba – SP. 1999.  
SPSS (2010). **Statistical package for the social science for Windows**, version 19.0. Chicago:SPSS Inc.

VAN SOEST, P.J.; ROBERTSON, J.B.; LEWIS, B.A. Methods for dietary fiber, and nonstarch polysaccharides in relations to animal nutrition. **Journal of Dairy Science**, v.74, p.3583–3597, 1991.

WESTBERG, H.H.; JOHNSON, K.A.; COSSALMAN, M.W.; MICHAL, J.J. **A SF<sub>6</sub> tracer technique**: methane measurement from ruminants. Pullman: Washington State University, 1998. 40p.

ZINN, R.A.; JORQUERA, A.P. Feed value of supplemental fats used in feedlot cattle diets. **Veterinary Clinics Food Animal**, v.23, p.247-268, 2007.

ZUIN, R.G.; BUZANSKAS, M.E.; CAETANO, S.L.; VENTURINI, G.C.; GUIDOLIN, D.G.F.; GROSSI, A.S.; CHUD, T.C.S.; PAZ, C.C.P.; LOBO, R.B.; MUNARI, D.P. Genetic analysis on growth and carcass traits in Nelore cattle. **Meat Science**, v.91,p.352-357,2012.

## CAPÍTULO 4 – EFEITO DE FONTES LIPÍDICAS COM DIFERENTES PERFIS DE ÁCIDOS GRAXOS NA QUALIDADE DE CARNE DE NOVILHOS NELORE

**RESUMO** - Objetivou-se avaliar as características qualitativas, composição e qualidade de ácidos graxos da carne de novilhos Nelore alimentados com fontes lipídicas com diferentes perfis de ácidos graxos. Foram utilizados 45 novilhos da raça Nelore com peso médio inicial de  $419 \pm 11$  kg e aproximadamente 15 meses de idade, recebendo 60% de volumoso, a base de silagem de milho e 40% de concentrado. Foram testados 5 tratamentos: um sem adição de fonte lipídica, e mais quatro dietas com diferentes fontes lipídicas: óleo de linhaça, óleo de palma, soja grão e um suplemento comercial com gordura protegida (Lactoplus). O delineamento experimental utilizado foi o inteiramente casualizado com cinco tratamentos e nove repetições, e as médias foram comparadas pelo teste de Tukey a 5%. Não houve efeito ( $P > 0,05$ ) das fontes lipídicas sob as características de cor, pH, capacidade de retenção de água e comprimento de sarcômero no músculo *Longissimus*. Animais alimentados com óleo de palma apresentaram maior força de cisalhamento ( $P < 0,05$ ) quando comparados aos que receberam a dieta sem lipídio (5,87 vs 4,14 kg/cm<sup>2</sup>). As fontes lipídicas influenciaram ( $P < 0,05$ ) a composição de ácidos graxos, os resultados tanto no *Longissimus* como na gordura subcutânea são muito semelhantes. A deposição dos principais ácidos graxos insaturados (oléico, linoléico e linolênico) foi maior nos tratamentos sem adição de lipídios, soja grão e linhaça, respectivamente, enquanto que o de CLA foi superior no tratamento com óleo de linhaça (0,67% no músculo e 1,69% na gordura subcutânea). Animais que receberam dietas com óleo de palma apresentaram maior concentração de ácidos graxos saturados no músculo e na gordura subcutânea em relação aos da dieta com óleo de linhaça. Dietas com óleo de linhaça também aumentam a concentração de ácidos graxos  $\omega$ -3 e ação da elongase nos tecidos avaliados, além de apresentar os menores índices de aterogenicidade.

**Palavras-chave:** gordura protegida, óleo de linhaça, óleo de palma, perfil de ácidos graxos, soja grão

## 1 Introdução

Os diferentes sistemas produtivos de carne bovina no Brasil e no mundo vêm enfrentando desafios quanto à melhoria da qualidade do produto destinado a um mercado consumidor cada vez mais exigente. Hocquette et al. (2012) definiram qualidade de carne como sendo as características intrínsecas (cor, aparência, maciez, suculência, sabor e propriedades nutricionais) e extrínsecas (bem estar animal, sequestro de carbono, preço, rastreabilidade) da carne que satisfazem os consumidores.

Nos últimos 15 anos, o consumo de carne bovina foi associado a uma grande quantidade de atributos negativos como aumento do índice de colesterol, doenças coronarianas e câncer (SCOLLAN et al., 2006). A idéia de que a gordura é nociva à saúde se dá pelo fato de que, principalmente a gordura saturada encontrada na carne e em produtos lácteos, eleva o colesterol sanguíneo, que por sua vez aumenta o risco de entupimento das artérias, e pode levar ao desenvolvimento de doenças das coronárias e até à morte. A comprovação científica dos aspectos nutricionalmente positivos da carne de ruminantes pode se tornar uma ferramenta fundamental para que o consumidor possa avaliar os prós e os contras deste produto, que é de grande importância na economia do país.

Estratégias nutricionais têm sido utilizadas na modificação das dietas dos animais com o objetivo de aumentar o conteúdo de ácidos graxos polinsaturados, em particular os da série  $\omega$ -3 e o ácido linoléico conjugado nos produtos cárneos (MOLONEY et al., 2012). Uma estratégia é a adição de lipídios na dieta para aumentar as concentrações de ácidos graxos essenciais (linoléico e linolênico) e do ácido linoléico conjugado (CLA) na carne.

Inúmeras fontes lipídicas podem ser utilizadas na dieta de ruminantes, como óleos vegetais, sementes oleaginosas e sais de cálcio de ácidos graxos (gordura protegida). Porém poucos estudos têm demonstrado ou discernido entre elas, quais seus efeitos na qualidade da carne e perfil de ácidos graxos quando fornecidas na terminação de bovinos. Nesse sentido, os objetivos do presente trabalho foram avaliar as características qualitativas, composição e qualidade de ácidos graxos da carne de novilhos Nelore alimentados com fontes lipídicas com diferentes perfis de ácidos graxos.

## 2 Material e Métodos

O experimento foi conduzido nas instalações do Confinamento Experimental no Setor de Forragicultura e Pastagens pertencentes ao Departamento de Zootecnia da Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias da Universidade Estadual Paulista em Jaboticabal, São Paulo.

Foram utilizados 45 novilhos da raça Nelore com peso médio inicial de  $419 \pm 11$  kg e aproximadamente 15 meses de idade. Os animais foram mantidos em baias individuais de  $8 \text{ m}^2$  ( $4 \times 2 \text{ m}$ ), contendo cocho de concreto e bebedouro. Estes animais haviam sido suplementados em pastagem (0,5% do peso corporal) com as mesmas fontes lipídicas durante período de recria (242 dias).

As dietas fornecidas foram elaboradas para serem isonitrogenadas, e formuladas para proporcionar um consumo de matéria seca de 2,30% do peso corporal e ganho médio de 1,20 kg/dia, obtidas pelo software RLM®/Esalq-USP (1999), de acordo com o sistema CNCPS, desenvolvido por Fox et al. (1992).

O volumoso utilizado foi silagem de milho, e o concentrado composto de milho, farelo de soja, uréia e uma das quatro diferentes fontes lipídicas: óleo de linhaça, óleo de palma, soja grão e um suplemento comercial com gordura protegida (a base de óleo de soja - Lactoplus). A relação volumoso:concentrado nas dietas experimentais foi de 60:40.

De acordo com a descrição do fabricante o produto Lactoplus® é uma gordura protegida da degradação ruminal, fabricado a partir de óleo de soja que passa por um processo de saponificação, formando sais de cálcio de ácido graxo de cadeia longa. Os níveis de garantia citados são: gordura total 82,0% (mín.); cálcio 10% (máx.); umidade 5,0% (máx.) e energia líquida de lactação de 6,4 Mcal/kg.

O milho utilizado na ensilagem foi o milho híbrido Maximus (Syngenta, Matão, SP, Brasil) que foi semeado em dezembro de 2009, e ensilado em março de 2010, utilizando a colhedora de forragens Premium Flex (Menta Mit, Cajuru, SP, Brasil) com um tamanho médio de partículas do milho de 10 mm. A silagem foi armazenada em silo de superfície, e apresentava-se vedada e bem compactada, com bom aspecto nutricional.

Os ingredientes do concentrado foram moídos em moinho de martelo munido de peneira com crivos de 2 mm. A proporção dos ingredientes nos concentrados e a composição químico-bromatológica da dieta encontra-se na Tabela 1.

Tabela 1. Proporção dos ingredientes em porcentagem da matéria seca e composição química das dietas experimentais.

INGREDIENTES	% de ingredientes das dietas experimentais				
	Dietas <sup>1</sup>				
	SL	OP	OL	GP	SG
Silagem de milho	60,0	60,0	60,0	60,0	60,0
Milho moído	26,9	21,4	21,4	20,8	13,8
Farelo de soja	11,0	12,0	12,0	12,1	0,00
Gordura Protegida	0,00	0,00	0,00	5,10	0,00
Soja grão	0,00	0,00	0,00	0,00	25,0
Óleo de linhaça	0,00	0,00	4,50	0,00	0,00
Óleo de palma	0,00	4,50	0,00	0,00	0,00
Uréia	0,90	0,90	0,90	0,90	0,00
Suplemento mineral <sup>2</sup>	1,20	1,20	1,20	1,20	1,20
Composição Química da dieta total					
Matéria seca	56,2	56,9	56,8	56,3	56,3
Matéria Orgânica	95,4	95,5	95,6	94,5	95,4
Proteína Bruta	16,0	16,0	16,1	16,4	16,4
Extrato Etéreo	2,79	7,05	7,02	6,99	6,97
FDN	34,0	34,0	34,0	33,9	36,4
FDA	19,5	19,6	19,8	19,6	22,0
Energia Bruta (Mcal/kg)	4,37	4,81	4,79	4,78	4,85
NDT <sup>3</sup>	71,9	84,1	84,0	84,5	83,8

<sup>1</sup> SL – sem adição de nenhuma fonte lipídica; OP - óleo de palma como fonte lipídica; OL - óleo de linhaça como fonte lipídica; GP gordura protegida (LactoPlus®) como fonte lipídica; SG - soja grão como fonte lipídica;

<sup>2</sup> Composição do produto (Cálcio: 45 g; Fósforo: 12 g; Magnésio: 46 g; Enxofre: 14 g; Sódio: 58 g; Cobre: 140 mg; Manganês: 410 mg; Zinco: 525 mg; Iodo: 10 mg; Cobalto: 8 mg; Selênio: 2,5 mg; Flúor (máx.): 120 mg; Monensina: 400mg;

<sup>3</sup> Nutrientes digestíveis totais – valores estimados de acordo com Detmann et al. (2007).

A dieta foi fornecida uma vez ao dia (8h) e a quantidade de alimento oferecida foi ajustada diariamente, a partir do consumo observado no dia anterior para manter as sobras em torno de 10% do fornecido. Amostras do volumoso foram coletadas semanalmente, secas em estufa de ventilação forçada a 55°C por 72 horas e moídas em moinho com peneira de malha de 1 mm. Os concentrado experimentais foram

amostrados uma vez em cada período experimental, sendo armazenados em freezer para posteriores análises laboratoriais.

As amostras de silagem de milho e concentrados foram avaliadas quanto aos teores de matéria seca (MS; 934.01), matéria mineral (MM; 942.05) e extrato etéreo ácido (EE; 954.02) de acordo com recomendações da AOAC, (1990). O teor de nitrogênio (N) das amostras foi obtido pelo método de combustão de Dumas, utilizando-se analisador de N tipo LECO FP-528 LC, seguindo o procedimento descrito por Etheridge, Pesti e Foster (1998). A energia bruta (EB) foi obtida pela combustão das amostras em bomba calorimétrica adiabática (PARR Instruments). A fibra em detergente neutro (FDN) e fibra em detergente ácido (FDA) foram determinadas conforme Van Soest, Robertson e Lewis (1991), de forma não sequencial com uso de alfa-amilase termoestável, porém sem adicionar sulfito, e utilizando-se sacos da ANKON (F57) e o aparelho ANKON 200 (Ankom Technology Corp., Fairport, NY, USA).

Os ácidos graxos das dietas foram extraídos de acordo com o método de Folch, Less e Stanley (1957) e metilação de acordo com Kramer et al. (1997) (Tabela 2).

Tabela 2. Perfil de ácidos graxos (g/100 g de gordura) das dietas experimentais.

Ácidos Graxos (AG)	Dietas <sup>1</sup>				
	SL	OP	OL	GP	SG
C8:0 (Caprílico)	0,00	0,90	0,00	0,00	0,00
C10:0 (Capríco)	0,00	1,00	0,00	0,00	0,00
C12:0 (Láurico)	0,40	15,7	0,70	0,30	0,30
C14:0 (Mirístico)	0,40	5,40	0,50	0,40	0,40
C16:0 (Palmítico)	19,7	16,6	18,7	19,0	17,5
C16:1 (Palmitoléico)	0,10	0,10	0,10	0,10	0,10
C17:0 (Heptadecanóico)	0,20	0,20	0,20	0,20	0,20
C18:0 (Estearíco)	1,90	0,50	3,80	0,00	1,30
C18:1 n9,c (Oléico)	30,5	24,6	28,6	29,9	27,3
C18:2 n6,c (Linoléico)	43,3	31,8	36,3	45,9	46,3
C20:0 (Araquídico)	0,00	0,00	0,10	0,00	2,60
C18:3 n6 (Linolênico)	2,80	2,80	11,2	4,40	4,10

<sup>1</sup> SL – sem adição de nenhuma fonte lipídica; OP - óleo de palma como fonte lipídica; OL - óleo de linhaça como fonte lipídica; GP gordura protegida (LactoPlus®) como fonte lipídica; SG - soja grão como fonte lipídica;



Os ácidos graxos foram quantificados por cromatografia gasosa (GC Shimadzu modelo 20-10, com injeção automática), usando coluna capilar SP-2560 (100 m x 0,25 mm de diâmetro com 0,02 mm de espessura, Supelco, Bellefonte, PA).

Após 90 dias de experimento os animais foram transportados a um frigorífico comercial. No dia seguinte, após jejum de sólidos por 24 horas, ocorreu o abate, seguindo os procedimentos de atordoamento por concussão cerebral, utilizando-se pistola de ar comprimido e posterior sangria por secção das jugulares e carótidas.

Durante o abate, as meias carcaças (direita e esquerda) foram identificadas e separadas na câmara de resfriamento. Após 24 horas na câmara fria foi mensurado o pH das carcaças, e na meia carcaça esquerda realizou-se a amostragem da carne (contrafilé) e gordura subcutânea, através de um corte perpendicular no músculo *Longissimus*, entre a 12<sup>a</sup> e 13<sup>a</sup> costelas, onde foram retiradas quatro amostras do contrafilé na altura da 12<sup>a</sup> costela, com aproximadamente 2,5 cm de espessura, que foram embaladas a vácuo e resfriadas para serem analisadas as características qualitativas e avaliação da composição de ácidos graxos no tecido muscular e na gordura subcutânea.

A capacidade de retenção de água foi obtida por diferença entre os pesos de uma amostra de carne, de aproximadamente 2 g, antes e depois de ser submetida à pressão de 10 kg, durante 5 minutos (HAMM, 1960).

Na determinação do comprimento de sarcômero, uma amostra de 1 x 1 x 4 mm foi removida do centro do músculo e pressionada entre a lâmina e lamínula de microscópio, com duas gotas de água destilada. Foi aplicada leve pressão na lamínula, para manter as fibras musculares mais paralelas. O comprimento do sarcômero foi determinado pelo método de difração a laser (CROSS; WEST; DUTSON, 1980), em aparelho de laser hélio-neon, com comprimento de onda de 632,8 nm (Spectra-physics helium-neon laser, 2 mW e 0,49 mm de diâmetro de fenda), montado em um suporte com duas plataformas, para fixação da amostra e da tela. A lâmina foi colocada na plataforma superior e o feixe de laser incidiu sobre a amostra um ângulo de 90°. Ao atravessá-la, o feixe fornecia uma gama de bandas de difração sobre a tela localizada a 10 cm da amostra. Foram feitas 12 medidas das

bandas de difração ao longo das fibras para cada amostra, calculando-se, então, o valor médio. O comprimento do sarcômero foi determinado pela seguinte fórmula:

$$n \lambda = S \text{ sen } \Theta \text{ (Bouton et al., 1973);}$$

em que  $n$  é a banda de difração,  $\lambda$  o comprimento de onda (632,8 nm),  $S$  é o comprimento do sarcômero (mm) e seno  $\Theta$  é o seno do ângulo  $\Theta$ .

No cálculo da perda por cocção os bifes foram assados em forno elétrico industrial à temperatura 175°C até atingir 71°C no seu centro geométrico (ABULARACH; ROCHA; FELICIO, 1998). Os pesos das amostras de carne antes e depois da cocção foram utilizados para os cálculos das perdas totais.

Após o resfriamento das amostras assadas, foram retirados quatro cilindros com um vazador, para determinar a força necessária para cortar transversalmente cada cilindro utilizando-se um aparelho Texture Analyser TA-XT2i acoplado a uma lâmina Warner Bratzler. Calculou-se a média dos quatro cilindros para representar a textura ou força de cisalhamento de cada amostra.

Na determinação da cor da carne utilizou-se um colorímetro, em que é considerado o espaço  $L^* a^* b^*$ . Nesse espaço, o  $L^*$  indica luminosidade, e o  $a^*$  e o  $b^*$  são as coordenadas de cromaticidade; o eixo que vai de  $-a^*$  para  $+a^*$  varia do verde ao vermelho, e o que vai de  $-b^*$  para  $+b^*$  varia do azul ao amarelo; quanto mais se aproxima das extremidades, maior a saturação de cor. Trinta minutos antes da realização das medidas em pontos diferentes da carne, foi realizado um corte transversal ao músculo para exposição da mioglobina ao oxigênio (ABULARACH; ROCHA; FELICIO, 1998).

As determinações dos valores para croma (C) e ângulo de tonalidade (h) foram feitas de acordo com MacDougal (1994), usando as coordenadas luminosidade ( $L^*$ ), teor de vermelho ( $a^*$ ) e intensidade de amarelo ( $b^*$ ) obtidas nas determinações colorimétricas, e o arco tangente ou tangente inversa (arctan) com as seguintes fórmulas:

$$C = ((a^*)^2 + (b^*)^2) \times 0,5;$$

$$h = \arctan (b^*/a^*);$$

A determinação do perfil de ácidos graxos na carne e na gordura subcutânea (entre a 12<sup>a</sup> e 13<sup>a</sup> costela) foi realizada no Laboratório de Nutrição e Crescimento

Animal da Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz” – ESALQ/USP de acordo com a metodologia modificada de Hara e Radin (1978).

Foram calculados os índices de atividade das enzimas elongase e  $\Delta^9$ -dessorase nos ácidos graxos com 16 e 18 carbonos, que são responsáveis pela conversão dos ácidos graxos saturados com 16 e 18 átomos de carbono, em seus correspondentes monoinsaturados com dupla ligação no carbono 9 conforme descrito por Malau-Aduli et al. (1997). O índice de aterogenicidade foi calculado conforme a proposta de Ulbricht e Southgate (1991), como indicador para o risco de doença cardiovascular. Os cálculos foram feitos da seguinte forma:

$\Delta^9$ - Dessaturase (16) – índice de atividade da enzima dessaturase C16 =  $100(16:1/16:0+16:1)$ ;

$\Delta^9$ - Dessaturase (18) – índice de atividade da enzima dessaturase C18 =  $100(18:1/18:0+18:1)$ ;

Elongase =  $100[(C18:0 + C18:1 \text{ cis-9})/(C16:0 + C16:1 \text{ cis-9} + C18:0 + C18:1 \text{ cis-9})]$ ;

Índice de aterogenicidade =  $[C12:0 + 4 (14:0) + C16:0]/(\Sigma\text{SFA} + \Sigma\text{PUFA})$ ;

O delineamento experimental utilizado foi inteiramente casualizado, composto por 45 animais, cinco tratamentos e nove repetições. As análises estatísticas foram realizados através dos procedimentos GLM do programa estatístico SPSS, versão 19.0, e as médias foram comparadas através do teste de Tukey a 5% de probabilidade. No cálculo das variáveis, empregou-se o seguinte modelo estatístico:

$$Y_{ij} = \mu + t_i + e_{ij}$$

Em que:  $Y_{ij}$  = observação do animal  $j$  submetido ao tratamento  $i$ ;  $\mu$  = média;  $t_i$  = efeito do tratamento  $i$ ;  $i = 1; \dots; 5$ ; e  $e_{ij}$  = erro aleatório associado a cada observação  $Y_{ij}$ .

### 3 Resultados

Não houve efeitos das fontes lipídicas sobre o pH e as características da cor do Músculo *Longissimus* e da gordura subcutânea (Tabela 3).

Tabela 3. Valores de pH e características da cor da carne e da gordura do contrafilé de novilhos Nelore terminados em confinamento recebendo diferentes fontes lipídicas.

Variáveis	Dietas <sup>1</sup>					EPM <sup>2</sup>	P <sup>3</sup>
	SL	OP	OL	GP	SG		
pH (24 horas)	5,73	5,79	5,76	5,77	5,73	0,29	0,53
<i>Músculo</i>							
L <sup>4</sup>	39,3	39,3	39,3	41,1	39,4	0,82	0,33
a*	15,9	16,1	16,0	15,9	14,9	0,41	0,23
b*	3,83	4,40	3,65	4,42	3,56	0,34	0,17
h	13,4	14,9	12,8	15,3	13,4	0,87	0,14
C	16,4	16,8	16,4	16,5	15,4	0,48	0,25
<i>Gordura</i>							
L <sup>4</sup>	72,8	74,3	74,0	73,8	68,7	1,68	0,10
b*	11,8	12,1	13,1	12,5	11,2	1,18	0,80
h	83,7	85,0	88,3	82,5	78,3	2,75	0,13
C	12,0	12,4	13,2	12,7	11,6	1,17	0,87

<sup>1</sup> SL – sem adição de nenhuma fonte lipídica; OP - óleo de palma como fonte lipídica; OL - óleo de linhaça como fonte lipídica; GP gordura protegida (LactoPlus®) como fonte lipídica; SG - soja grão como fonte lipídica;

<sup>2</sup> Erro Padrão da média;

<sup>3</sup> Probabilidade;

<sup>4</sup> L\* - Luminosidade; a\* - intensidade da cor vermelha; b\* - intensidade da cor amarela; h -tonalidade ; C – croma.

Características de capacidade de retenção de água e comprimento de sarcômero não sofreram influência das fontes lipídicas (Tabela 4), entretanto a força de cisalhamento e a % de perdas por cocção foram afetadas (P<0,05). Animais alimentados com óleo de palma apresentaram maior força de cisalhamento quando comparados aos que receberam a dieta sem adição de lipídios. Óleo de linhaça, gordura protegida e soja grão não diferiram dos demais tratamentos. Quanto as perdas por cocção, a dieta com gordura protegida e soja grão propiciaram maiores perdas do que o tratamento sem adição de lipídios, e óleo de palma e de linhaça não diferiram entre os tratamentos.

Tabela 4. Capacidade de retenção de água (CRA), comprimento de sarcômero (CS), força de cisalhamento (FC) e perdas por cocção (PPC) da carne do contrafilé de novilhos Nelore terminados em confinamento recebendo diferentes fontes lipídicas.

Variáveis	Dietas <sup>1</sup>					EPM <sup>2</sup>	P <sup>3</sup>
	SL	OP	OL	GP	SG		
CRA (%)	68,1	67,1	68,2	66,2	67,9	1,17	0,67
CS (µm)	1,80	1,69	1,71	1,73	1,74	0,04	0,27
FC (kg/cm <sup>2</sup> )	4,14b	5,87a	4,70ab	5,44ab	5,26ab	0,38	0,01
PPC (%)	24,1b	24,8ab	25,3ab	28,1a	28,2a	1,01	0,01

<sup>1</sup> SL – sem adição de nenhuma fonte lipídica; OP - óleo de palma como fonte lipídica; OL - óleo de linhaça como fonte lipídica; GP gordura protegida (LactoPlus®) como fonte lipídica; SG - soja grão como fonte lipídica;

<sup>2</sup> Erro Padrão da média;

<sup>3</sup> Probabilidade;

<sup>a,b</sup> Médias seguidas de letras minúsculas diferentes, na mesma linha, diferem pelo teste de Tukey a 5%.

Na Tabela 5 encontram-se as concentrações dos ácidos graxos no músculo *Longissimus* e na gordura subcutânea. Com exceção do ácido graxo C17:0 (margárico) no músculo *Longissimus* e na gordura subcutânea e o C18:0 (ácido esteárico) na gordura subcutânea, os demais sofreram influências ( $P < 0,05$ ) das fontes lipídicas na composição de ácidos graxos (Tabela 5). Como esperado, animais alimentados com óleo de palma apresentaram maiores concentrações de ácidos graxos saturados C12: 0 (laúrico); C14: 0 (mirístico) e C15: 0 (pentadenóico) no músculo e na gordura.

A concentração de C16:0 (palmítico) foi maior no músculo *Longissimus* de novilhos Nelore alimentados com dieta sem lipídio (26,3%) e menor nos animais da dieta com óleo de linhaça (22,2%), os demais tratamentos apresentaram valores intermediários. Já na gordura subcutânea, além do tratamento sem lipídio (24,1%), o que possuía óleo de palma (24,7%) e gordura protegida (23,5%) também apresentaram valores mais elevados de C16:0 quando comparados aos com óleo de linhaça (18,7%).

A menor concentração (13,6%) do C18:0 foi na dieta sem lipídio, enquanto os maiores valores foram na dieta com gordura protegida (17,3%) e óleo de palma (16,7%) no músculo *Longissimus*, enquanto dietas com óleo de linhaça e soja grão não diferiram das demais. A maior quantidade de ácido oléico no músculo *Longissimus* foi na dieta sem adição de lipídios (40,2%) e soja grão (38,9%),

enquanto óleo de palma e gordura protegida as menores concentrações (34,0 e 33,8%, respectivamente). Na gordura, dietas sem adição de lipídios, óleo de linhaça e soja grão apresentaram valores superiores as dietas com óleo de palma e gordura protegida.

Tabela 5. Composição dos principais ácidos graxos (%) de amostras do músculo *Longissimus* e gordura subcutânea de novilhos Nelore terminados em confinamento recebendo diferentes fontes lipídicas.

Ácido graxo	Dieta <sup>1</sup>					EPM <sup>2</sup>	P <sup>3</sup>
	SL	OP	OL	GP	SG		
<i>Músculo Longissimus</i>							
C12: 0 (laúrico)	0,07b	0,32a	0,08b	0,11b	0,09b	0,01	<.0001
C14: 0 (mirístico)	3,21b	5,18a	2,91b	3,50b	3,28b	0,23	<.0001
C14: 1 C9 (miristoléico)	0,90ab	1,12a	0,78b	0,64b	0,81ab	0,09	0,004
C15: 0 (pentadenóico)	0,30c	0,46a	0,35bc	0,31bc	0,38b	0,02	<.0001
C16: 0 (palmítico)	26,3a	25,8bc	22,2c	25,8bc	24,2b	0,01	<.0001
C16: 1 C9 (palmitoléico)	3,33a	2,73ab	2,53ab	2,10b	2,35b	0,22	0,001
C17: 0 (margárico)	0,63	0,73	0,60	0,63	0,70	0,04	0,057
C18: 0 (esteárico)	13,6b	16,7a	16,4ab	17,3a	16,0ab	0,83	0,011
C18: 1 C9 (oléico)	40,2a	34,0c	37,4b	33,8c	38,9ab	0,71	<.0001
18:2 C9 C12 (linoléico)	2,13b	2,02b	2,58b	4,91a	3,02b	0,36	<.0001
18:3 n3 (linolênico)	0,30b	0,30b	0,62a	0,30b	0,30b	0,04	<.0001
18:2 C9 T 11 (CLA)	0,28b	0,29b	0,67a	0,39b	0,37b	0,05	<.0001
Outros	8,75	10,35	12,88	10,21	9,60	-	-
<i>Gordura subcutânea</i>							
C12: 0 (laúrico)	0,09b	0,54a	0,01b	0,15b	0,11b	0,02	<.0001
C14: 0 (mirístico)	3,81c	6,99a	3,09d	4,32b	3,68cd	0,17	<.0001
C14: 1 C9 (miristoléico)	1,64b	2,50a	1,40b	1,33b	1,49b	0,18	<.0001
C15: 0 (pentadenóico)	0,46b	0,73a	0,47b	0,45b	0,50b	0,02	<.0001
C16: 0 (palmítico)	24,1a	24,7a	18,7c	23,5ab	21,3b	0,57	<.0001
C16: 1 C9 (palmitoléico)	4,27a	3,97ab	3,54ab	2,99b	3,57ab	0,32	0,030
C17: 0 (margárico)	0,63	0,72	0,62	0,60	0,56	0,52	0,583
C18: 0 (esteárico)	12,0	14,4	13,0	14,3	13,7	1,04	0,341
C18: 1 C9 (oléico)	41,0a	33,6b	40,8a	35,4b	42,9a	0,88	<.0001
18:2 C9 C12 (linoléico)	0,69cd	0,49d	0,86c	2,17a	1,20b	0,09	<.0001
18:3 n3 (linolênico)	0,11b	0,10b	0,29a	0,23a	0,13b	0,025	<.0001
18:2 C9 T 11 (CLA)	0,85b	0,72b	1,69a	1,07b	0,80b	0,10	<.0001
Outros	10,3	10,5	15,5	13,5	10,1	-	-

<sup>1</sup> SL – sem adição de nenhuma fonte lipídica; OP - óleo de palma como fonte lipídica; OL - óleo de linhaça como fonte lipídica; GP gordura protegida (LactoPlus®) como fonte lipídica; SG - soja grão como fonte lipídica;

<sup>2</sup> Erro Padrão da média;

<sup>3</sup> Probabilidade.

A maior proporção de ácido linoléico no músculo e na gordura foi nos animais alimentados com gordura protegida. Já o linolênico foi encontrado em maior percentagem, no músculo de animais alimentados com óleo de linhaça (0,67%) e na gordura subcutânea dos tratamentos com óleo de linhaça e gordura protegida. A utilização de óleo de linhaça aumentou a concentração de CLA no músculo (0,67%) e na gordura subcutânea (1,69%) de novilhos Nelore. Enquanto as demais dietas não conseguiram alterar a concentração deste ácido.

Animais que receberam óleo de palma e gordura protegida apresentaram maiores concentrações totais de ácidos graxos saturados no músculo *Longissimus* do que os animais alimentados com óleo de linhaça (Tabela 6). Na gordura, a maior concentração foi nos animais da dieta com óleo de palma quando comparada as demais dietas. A concentração de monoinsaturados no músculo e na gordura subcutânea foi maior nas dietas sem adição de lipídios, óleo de linhaça e soja grão e menor em dietas com óleo de palma e gordura protegida.

Animais alimentados com óleo de palma e dieta sem adição de lipídios tiveram menor concentração de ácidos graxos polinsaturados no músculo (4,37 e 3,94%, respectivamente) ao compararmos com os que receberam gordura protegida (6,85%). Já na gordura a menor concentração foi nos animais alimentados com óleo de palma e sem adição de lipídios e maior nos alimentados com óleo de linhaça e gordura protegida.

A relação PUFA:SFA no músculo *Longissimus* foi maior na dieta com gordura protegida e o menor na dieta com óleo de palma, enquanto que na gordura, o óleo de linhaça e gordura protegida apresentaram valores superiores aos encontrados nas dietas com óleo de palma e sem adição de lipídios.

Dietas com gordura protegida (8,68 e 9,91%) e óleo de linhaça (7,46 e 8,65%) apresentaram valores superiores de ácidos graxos totais *trans*18, no músculo e na gordura subcutânea, respectivamente, quando comparadas as demais dietas. Diferentemente, a presença de ácidos graxos totais *cis*18 foi maior nas dietas sem adição de lipídios, óleo de linhaça e soja grão e menor com óleo de palma.

Tabela 6. Proporções dos principais ácidos graxos (%) de amostras do músculo *Longissimus* e gordura subcutânea de novilhos Nelore terminados em confinamento recebendo diferentes fontes lipídicas.

Ácido graxo	Dietas <sup>1</sup>					EPM <sup>2</sup>	P <sup>3</sup>
	SL	OP	OL	GP	SG		
<i>Músculo Longissimus</i>							
SFA <sup>4</sup>	45,5bc	50,8a	44,0c	49,0ab	46,1bc	0,99	<.0001
MUFA <sup>5</sup>	48,4a	42,2b	48,1a	42,5b	46,6a	0,88	<.0001
PUFA <sup>6</sup>	3,94b	4,37b	5,03ab	6,85a	5,07ab	0,61	0,006
UFA <sup>7</sup>	52,4ab	46,6c	53,2a	49,4bc	51,7ab	1,00	<.0001
UFA:SFA	1,15ab	0,92c	1,22a	1,01bc	1,13ab	0,05	<.0001
PUFA:SFA	0,09ab	0,08b	0,12ab	0,14a	0,11ab	0,02	0,027
Total FA Cis18 <sup>8</sup>	45,6a	38,8c	43,8ab	41,7bc	45,2a	0,86	<.0001
Total FA Trans18 <sup>9</sup>	3,49b	4,53b	7,46a	8,68a	5,01b	0,44	<.0001
ω-6 <sup>10</sup>	2,39b	2,33b	2,98b	5,26a	3,38b	0,39	<.0001
ω-3 <sup>11</sup>	0,50b	0,62b	0,91a	0,38b	0,45b	0,07	<.0001
ω-6:ω-3	4,72c	3,94c	3,27c	13,8a	7,53b	0,74	<.0001
<i>Gordura Subcutânea</i>							
SFA <sup>4</sup>	43,6b	51,3a	38,2c	45,4b	42,2bc	1,23	<.0001
MUFA <sup>5</sup>	51,8a	43,7b	55,2a	48,5b	53,1a	0,99	<.0001
PUFA <sup>6</sup>	1,78bc	1,42c	3,12a	3,60a	2,30b	0,18	<.0001
UFA <sup>7</sup>	53,6b	45,1c	58,3a	52,1b	55,4ab	1,09	<.0001
UFA:SFA	1,24b	0,89c	1,54a	1,16b	1,32b	0,06	<.0001
PUFA:SFA	0,04bc	0,03c	0,08a	0,08a	0,06b	0,01	<.0001
Total FA Cis18 <sup>8</sup>	45,1a	36,7c	46,3a	40,8b	47,9a	0,94	<.0001
Total FA Trans18 <sup>9</sup>	3,91b	4,22b	8,65a	9,91a	4,26b	0,42	<.0001
ω-6 <sup>10</sup>	0,86c	0,67c	1,31b	2,43a	1,43b	0,10	<.0001
ω-3 <sup>11</sup>	0,12b	0,11b	0,32a	0,21b	0,13b	0,03	<.0001
ω-6:ω-3	8,63abc	6,89bc	4,50c	10,9ab	12,2a	1,25	<.0001

<sup>1</sup> SL – sem adição de nenhuma fonte lipídica; OP - óleo de palma como fonte lipídica; OL - óleo de linhaça como fonte lipídica; GP gordura protegida (LactoPlus®) como fonte lipídica; SG - soja grão como fonte lipídica;

<sup>2</sup> Erro Padrão da média;

<sup>3</sup> Probabilidade;

<sup>4</sup> SFA – ácidos graxos saturados = C4:0; C6:0; C8:0; C10:0; C12:0; C13:0iso; C13:0ant; C14:0iso; C14:0; C15:0iso; C15:0ant; C14:1c9; C15:0; C16:0iso; C16:0; C17:0iso; C17:0; C18:0; C20:0; C22:0; C24:0;

<sup>5</sup> MUFA – ácidos graxos monoinsaturados = C16:1c9; C17:1; C18:1t6; C18:1t9; C18:1t10; C18:1t11; C18:1t12; C18:1c9; C18:1c11; C18:1c12; C18:1c13; C18:1t16; C18:1c15; C20:1; C22:1; C24:1;

<sup>6</sup> PUFA – ácidos graxos polinsaturados = C18:2t11c15; C18:2c9c12; C18:3; C18:2c9t11; C20:3; C20:4; C22:2; C20:5; C22:5; C22:6;

<sup>7</sup> UFA – ácidos graxos insaturados = MUFA+PUFA;

<sup>8</sup> Ácidos graxos totais *cis*18= C18:1c9; C18:1c11; C18:1c12; C18:1c13; C18:1c15; C18:2t11c15; C18:2c9c12;

<sup>9</sup> Ácidos graxos totais *trans*18= C18:1t9; C18:1t10; C18:1t11; C18:1t12; C18:1t16; C18:1t18; C18:2t11c15; C18:2c9c12;

<sup>10</sup> ω-6: ácidos graxos ômega-6 = C18:3 n6 + C20:3 n6 + C18:2 c9c12 + C18:2 t11c15;

<sup>11</sup> ω-3: ácidos graxos ômega-3 = C18:3 n3 + C20:3 n3 + C20:5 n3;

<sup>a,b</sup> Médias seguidas de letras minúsculas diferentes, na mesma linha, diferem pelo teste de Tukey a 5%.



Animais alimentados com gordura protegida apresentaram maior concentração de ácidos graxos da série  $\omega$ -6 (5,26 no músculo e 2,43 na gordura) quando comparado aos animais dos demais 4 tratamentos. Quanto a concentração de ácidos graxos da série  $\omega$ -3, a utilização de óleo de linhaça elevou a concentração (0,91 no músculo e 0,32 na gordura) desta classe quando compararmos as demais dietas. Logo, a relação  $\omega$ -6: $\omega$ -3 foi influenciada pelas fontes lipídicas e as relações das dietas sem adição de lipídios, óleo de palma e de linhaça tiveram as menores relações no músculo.

A ação  $\Delta^9$ -dessaturase C18 no músculo *Longissimus* foi maior nos animais alimentados com a dieta sem adição de lipídios e menor nas dietas com óleo de palma e gordura protegida, demais tratamentos não diferiram. Na gordura subcutânea foi maior nos tratamentos sem adição de lipídios do que com as dietas com óleo de palma e gordura protegida (Tabela 7).

Tabela 7. Índice de enzimas envolvidas no metabolismo dos ácidos graxos e índice de aterogenicidade no músculo *Longissimus* e gordura subcutânea de novilhos Nelore terminados em confinamento recebendo diferentes fontes lipídicas.

Índice	Dietas <sup>1</sup>					EPM <sup>2</sup>	P <sup>3</sup>
	SL	OP	OL	GP	SG		
<i>Músculo Longissimus</i>							
$\Delta$ 9-dessaturase C16 <sup>4</sup>	11,2a	9,55ab	10,2ab	7,53b	8,78ab	0,81	0,011
$\Delta$ 9-dessaturase C18 <sup>5</sup>	74,7a	67,0b	69,8ab	66,1b	70,9ab	1,36	<.0001
Elongase <sup>6</sup>	64,5b	64,0b	68,5a	64,7b	67,4a	0,65	<.0001
Índice de aterogenicidade <sup>7</sup>	0,79ab	0,85a	0,69c	0,72b	0,73b	0,07	<.0001
<i>Gordura Subcutânea</i>							
$\Delta$ 9-dessaturase C16 <sup>4</sup>	15,0ab	13,4ab	15,8a	11,3b	14,2ab	1,06	0,026
$\Delta$ 9-dessaturase C18 <sup>5</sup>	77,4a	70,1b	75,9ab	71,3b	75,8ab	1,08	0,011
Elongase <sup>6</sup>	65,1b	62,6b	70,7a	65,2b	69,5a	0,80	<.0001
Índice de aterogenicidade <sup>7</sup>	0,87b	1,01a	0,76c	0,84b	0,81b	0,02	<.0001

<sup>1</sup> SL – sem adição de nenhuma fonte lipídica; OP - óleo de palma como fonte lipídica; OL - óleo de linhaça como fonte lipídica; GP gordura protegida (LactoPlus®) como fonte lipídica; SG - soja grão como fonte lipídica;

<sup>2</sup> Erro Padrão da média;

<sup>3</sup> Probabilidade;

<sup>4</sup> Índice D<sup>9</sup>-dessaturase C16=100 \* (C16:1n-9)/(C16:0+C16:1n9);

<sup>5</sup> Índice D<sup>9</sup>-dessaturase C18=100 \* (C18:1n-9)/(C18:0+C18:1n9);

<sup>6</sup> Elongase = 100[(C18:0 + C18:1 cis-9)/(C16:0 + C16:1 cis-9 + C18:0 + C18:1 cis-9)];

<sup>7</sup> Índice de aterogenicidade = [C12:0 + 4(14:0) + C16:0]/(Σ SFA + Σ PUFA);

<sup>a,b</sup> Médias seguidas de letras minúsculas diferentes, na mesma linha, diferem pelo teste de Tukey a 5%.

A  $\Delta^9$ -dessaturase C16 teve maior ação no músculo *Longissimus* dos animais da dieta sem adição de lipídios do que os com gordura protegida, enquanto que na gordura subcutânea foi maior na dieta com óleo de linhaça em comparação à dieta com gordura protegida. Tratamento com óleo de linhaça apresentou um índice de aterogenicidade menor (0,69 no músculo e 0,76 na gordura) do que dietas com óleo de palma (0,85 no músculo e 1,01 na gordura), enquanto as demais dietas apresentaram valores intermediários.

A maior atividade da elongase foi encontrada nos animais alimentados com óleo de linhaça (68,5 no músculo e 70,7 na gordura) e soja grão (67,4 no músculo e 69,5 na gordura), em comparação aos animais alimentados com óleo de palma, sem adição de lipídios e gordura protegida.

#### 4 Discussão

O valor médio do pH (5,76) obtido no presente estudo está na faixa considerada ideal, pois segundo Fernandes et al. (2008) no Brasil, os frigoríficos exportam apenas a carne que apresenta pH abaixo de 5,8, avaliado diretamente no músculo longissimus, 24 horas *post-mortem*. Enquanto que pH 6,0 é considerado como um divisor entre o corte normal e o *dark-cutting*.

A coloração da carne e gordura é muito importante na escolha do produto pelo consumidor, sendo uma característica muitas vezes decisiva no momento na compra. Page, Wulf e Schwotzer (2001) avaliaram características de coloração no músculo de mil animais em diferentes frigoríficos nos EUA, entre os novilhos de corte avaliados a luminosidade média foi de 39,62, semelhante aos 39,9 encontrado neste trabalho. Porém os valores médios de  $a^*$  e  $b^*$  relatados foram de 25,20 e 11,03. Neste estudo os valores médios para  $a^*$  e  $b^*$  foram 15,6 e 3,97. Oliveira et al. (2012) incluíram óleo de soja, óleo de linhaça e sais de cálcio de óleo de soja e linhaça na dieta de tourinhos Nelore confinados e relataram valores médios mais próximos aos encontrados neste trabalho ( $L^* = 38,3$ ;  $a^* = 16,8$  e  $b^* = 6,46$ ) provavelmente por se tratarem de animais da mesma raça e idade semelhante.

O encurtamento do sarcômero pelo resfriamento pode causar decréscimo na maciez da carne comprometendo a qualidade do produto final (SAVELL; MUELLER; BAIRD, 2005). Segundo Bouton et al. (1973), a força de cisalhamento decresce

exponencialmente à medida que o comprimento de sarcômero aumenta, mas a correlação só é significativa para comprimentos menores que 2,0  $\mu\text{m}$ . Neste trabalho, o comprimento de sarcômero apresentou valor médio de 1,74 $\mu\text{m}$ , inferior ao reportado por Pinto, Ponsano e Almeida (2010) para carcaças resfriadas rapidamente (1,87 $\mu\text{m}$ ) ou lentamente (2,09 $\mu\text{m}$ ) de novilhas Nelore com idade média de 30 meses e com peso de carcaça quente entre 195 e 210kg.

Segundo Belew et al. (2003), a carne é considerada muito macia quando a força de cisalhamento (FC) é inferior a 3,2Kg/cm<sup>2</sup>; macia quando varia entre 3,2 e 3,9 kg/cm<sup>2</sup>; intermediária quando varia entre 3,9 e 4,6 kg /cm<sup>2</sup> e, dura quando a FC é superior a 4,6 kg/cm<sup>2</sup>, assim, apenas os animais da dieta sem adição de lipídios pode ser classificada como uma carne intermediária, enquanto que as demais como dura. Oliveira et al. (2012) não encontraram efeito da suplementação lipídica na força de cisalhamento de tourinhos Nelore confinados e relataram valores levemente superiores (5,97 kg/cm<sup>2</sup>) aos encontrados nesse trabalho. De acordo com Smith et al. (2009), animais com maior grau de sangue zebuino tendem a apresentar carne menos tenra, o que pode explicar os altos valores de força de cisalhamento encontrados nesse trabalho.

Outra possível interferência na maciez da carne são as perdas por cocção (PPC), que é uma importante característica de qualidade, associada ao rendimento da carne no momento do consumo (PARDI et al., 1993), podendo ser influenciada pela capacidade de retenção de água nas estruturas da carne. Em geral a PPC corresponde à perda de água mais uma porção menor de gordura fundida, componentes nitrogenados e minerais (KAZAMA et al., 2008). Entretanto, não é o simples fato de animais possuírem maior proporção de gordura corporal que resultará em maiores PPC. Os valores de PPC estão relacionados a diversos fatores, como pH, glicólise *post mortem* lenta, resfriamento rápido da carcaça antes da instalação do *rigor mortis* e armazenamento.

Os animais alimentados com óleo de palma apresentaram maiores concentrações de ácidos graxos saturados C12:0 (laúrico); C14:0 (mirístico) e C15:0 (pentadenóico) no músculo e na gordura subcutânea, devido a composição da dieta (Tabela 2), pois o óleo de palma apresenta um perfil de ácidos graxos saturados maior do que as demais dietas.

Conforme relatado por Scollan et al. (2006), os ácidos graxos saturados predominantes na carne bovina são os C14:0, C16:0 e C18:0 (esteárico), sendo que o C18:0 representa aproximadamente 30% do total de ácidos graxos saturados. Dentre estes, os ácidos mirístico e palmítico são os que chamam mais atenção por serem considerados hipercolesterolêmicos (WOOD et al., 2003), o que torna interessante a redução em seus teores na carne bovina. Segundo Oliveira et al. (2012) a concentração de C14:0 tem um potencial 4 vezes maior para aumentar a concentração plasmática de colesterol do que o C16:0.

Existe uma correlação entre  $\Delta^9$ -dessaturase C18 e concentração de ácido oléico (OLIVEIRA et al., 2011), e isso fica comprovado, pois a maior concentração de ácido oléico foi nos animais do tratamento sem adição de lipídios e os menores nas dietas com óleo de palma e gordura protegida.

A maior concentração de ácido linoléico em animais alimentados com gordura protegida se deve a maior presença deste ácido na dieta (Tabela 2), e como a gordura protegida é teoricamente inerte no rúmen, não ocorre biohidrogenação, e desta forma pode ocorrer um depósito maior deste ácido no músculo e na gordura subcutânea. O mesmo ocorre com o ácido graxo linolênico, em que as maiores concentrações no músculo de animais alimentados com óleo de linhaça e na gordura subcutânea dos tratamentos com óleo de linhaça e gordura protegida é devido a ingestão, além do maior fluxo duodenal destes ácidos, como demonstrado na Tabela 4 do Capítulo 2.

A dieta com óleo de linhaça aumentou os níveis de CLA no músculo e na gordura subcutânea, esses dados corroboram com os resultados observados por Oliveira et al. (2012) que usou os óleos de soja e linhaça, protegidos ou não da biohidrogenação ruminal em dietas de tourinhos confinados, e a quantidade relativa de CLA no músculo (0,72 g/100g de ácido graxo) foi semelhante do que o observado no presente estudo de 0,67 g/100g de ácido graxo.

O aumento na quantidade de CLA na carcaça de animais alimentados com linhaça se deve a quantidade de ácido linolênico encontrada nessa fonte (Tabela 2). Antes da biohidrogenação, os triglicerídeos que entram no rúmen são hidrolisados a ácidos graxos e glicerol. No processo de biohidrogenação, reações de isomerização convertem ligações *cis* em *trans* antes do início das reações de redução que

adicionam hidrogênio nas duplas ligações. Entretanto, nem todo ácido graxo insaturado que entra no rúmen é totalmente saturado nesse processo, parte dos intermediários insaturados com ligações *trans* passam para o duodeno, sendo acumulado nos tecidos. Portanto, quanto mais substrato para biohidrogenação (C18:2 e C18:3) na dieta, mais intermediários escapam, resultando em maior acúmulo de CLA na carcaça.

Além do CLA que escapa da biohidrogenação, o ácido vacênico (*trans* C:18:1) também pode ser convertido a CLA no tecido adiposo e muscular pela ação da enzima dessaturase ( $\Delta^9$  C18) tanto nos animais quanto nos humanos. Dietas que poderiam ter um potencial de elevar a concentração de CLA, como grãos de oleaginosas, no caso deste estudo o grão de soja (liberação lenta de óleo no rúmen), provavelmente não conseguiu liberar quantidades suficientes de ácidos linoléico ou linolênico para biohidrogenação, conforme relatado por Nelson et al. (2008) em estudo com óleos vegetais.

A  $\Delta^9$ -dessaturase C16 é responsável pela dessaturação dos ácidos graxos saturados com 16 e 18 carbonos, convertendo os em seus correspondentes monoinsaturados, com ligação dupla no carbono 9, o que pode ser comprovado neste trabalho, uma vez que a dieta com gordura protegida apresentou uma concentração menor de monoinsaturados. Os diferentes teores de ácido palmitoléico encontrados no músculo *Longissimus* é devido a maior ou menor ação da enzima  $\Delta^9$ -dessaturase C16, que é responsável pela transformação do ácido palmítico em palmitoléico.

Maior ingestão de MUFA apresentam benefícios à saúde humana, por ocasionar queda nos níveis de colesterol total no plasma sanguíneo (Department of Health, 1994), no presente estudo são representados pela carne de animais alimentados com dieta sem adição de lipídios, óleo de linhaça e soja grão.

De acordo com Sanhueza et al. (2002), os ácidos graxos *trans*, ao contrário dos ácidos graxos insaturados *cis*, possuem na sua ligação dupla os hidrogênios dispostos de forma transversal e são resultados da biohidrogenação ruminal ou de processos industriais. O conceito geral de ácidos graxos *trans* traduz-se em efeitos maléficis à saúde humana com efeitos lipídios sanguíneos, à ação inibitória de enzimas hepáticas, à modificação da fluidez das membranas celulares e ao potencial

arteriogênico, com exceção do precursor endógeno do CLA, o CLA e alguns isômeros do CLA, cujos efeitos benéficos associados são atividade imunoestimulatória, antimutagênica e antioxidante (IP, 1997). O músculo de animais alimentados com óleo de linhaça e gordura protegida apresentaram maior concentrações de ácidos graxos *trans*, mas nem por isso pode-se afirmar que estas fontes não devem ser utilizadas, por serem prejudiciais, pois deve-se avaliar a composição dos demais ácidos graxos.

O óleo de linhaça apresentou os menores índices de aterogenicidade, demonstrando assim um ótimo potencial para melhorar a qualidade da carne e gordura subcutânea. Essa é uma variável importante, pois relaciona os ácidos pró e anti-aterogênicos e indica o potencial de estímulo a agregação plaquetária, ou seja, quanto menores os valores deste índice, maior a quantidade de ácidos graxos anti-aterogênicos presentes nas gorduras e, conseqüentemente, maior o potencial de prevenção ao aparecimento de doenças coronárias (ULBRICHT; SOUTHGATE, 1991).

Segundo Lopes et al. (2012) existe correlação entre concentrações de ácido palmítico, palmitoléico e maior teor de ácido oléico, dessa forma a maior atividade da elongase, encontrada nos animais alimentados com óleo de linhaça e soja grão pode ser explicada por um conjunto de combinações: menores concentrações de ácido palmítico e palmitoléico, e maior teor de ácido oléico. De acordo com Smith (1995), a elongase tem maior atividade no tecido adiposo que no muscular, o que não ficou evidenciado neste trabalho.

Os ácidos graxos da série  $\omega$ -3 e  $\omega$ -6 são essenciais na dieta humana, uma vez que nosso organismo não é capaz de sintetizá-los. Entretanto, o consumo de  $\omega$ -3 é particularmente encorajado, sendo que a recomendação é que a relação entre  $\omega$ -6: $\omega$ -3 seja inferior a 4:1 (WOOD et al., 2003). A relação  $\omega$ -6: $\omega$ -3 na carne dos animais das dietas sem lipídio, com óleo de palma ou de linhaça foram as que chegaram mais perto do ideal, refletindo uma quantidade considerável de ácidos benéficos à saúde humana. Quanto a relação  $\omega$ -6: $\omega$ -3 na gordura subcutânea todos os tratamentos estão acima da relação ideal (4:1).

## 5 Conclusão

Dieta com inclusão de óleo de linhaça aumenta a concentração de CLA no músculo *Longissimus* e gordura subcutânea de bovinos da raça Nelore. Utilizar óleo de palma como fonte de lipídios eleva as quantidades de ácidos graxos saturados indesejáveis C12: 0 (laúrico); C14: 0 (mirístico) e C15: 0 (pentadenóico) no músculo e na gordura. O uso de gordura protegida eleva a concentração de ácidos graxos  $\omega$ -6 fazendo com que ocorra um desbalanceamento da relação  $\omega$ -6: $\omega$ -3.

## 6 Referências Bibliográficas

ABULARACH, M.L.; ROCHA, C.E.; FELÍCIO, P.E. Características de qualidade do contra-filé (m. *L. dorsi*) de touros jovens da raça Nelore. **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, v.18, p.205-210, 1998.

ASSOCIATION OF OFFICIAL ANALYTICAL CHEMISTS – AOAC. **Official methods of analysis**. 12 ed. Washington, 1990, 1098 p.

BELEW, J.B.; BROOKS, J.C.; MCKENNA, D.R.; SAVELL, J.W. Warner–Bratzler shear evaluations of 40 bovine muscles. **Meat Science**, v.64, p.507–512, 2003.

BOUTON, P.E.; FISHER, A. L.; HARRIS, P.V.; BAXTER, R.I. A comparison of the effects of some post-slaughter treatments on the tenderness of beef. **Journal of Food Technology**, v.8, p. 39-49, 1973.

CROSS, H.R.; WEST, R.L.; DUTSON, T.R. Comparisons of methods for measuring sarcomere length in beef semitendinosus muscle. **Meat Science**, v.5, p.261-266, 1980.

ETHERIDGE, R.D.; PESTI G.M.; FOSTER, E.H. A comparison of nitrogen values obtained utilizing the Kjeldahl nitrogen and Dumas combustion methodologies (Leco CNS 2000) on samples typical of an animal nutrition analytical laboratory. **Animal Feed Science and Technology**, v.60, p.21-28, 1998.

FERNANDES, A.R.M.; SAMPAIO, A.A.M.; HENRIQUE, W.; OLIVEIRA, E.A.; TULLIO, R.R.; PERECIN, D. Carcass and meat characteristic of cattle receiving different diets in feedlot. **Arquivo Brasileiro de Medicina Veterinária e Zootecnia**, v.60, p.139-147, 2008.

FOLCH, J., LEES, M.; STANLEY, G.H.S. A simple method for the isolation and purification of total lipids from animal tissues. **Journal of Biological Chemistry**, v. 226, p.497-509, 1957.

FOX, D.G.; SNIFFEN, C.J.; O'CONNOR, J.D.; RUSSEL, J.B.; VAN SOEST, P.J. A net carbohydrate and protein system for evaluating cattle diets. III. Cattle requirements and diets adequacy. **Journal of Animal Science**, v.70, p. 3578–3596, 1992.

HAMM, R. Functional properties of the miofibrilar system and their measurement. In: BECHTEL, P.J. **Muscle as food**. Orlando: Academic Press, 1986. p.135-199.

HARA, A.; RADIN, N.S. Lipid extraction of tissues with a low-toxicity solvent. **Analytical Biochemistry**, v. 90, p. 420-426, 1978.

HOCQUETTE, J.F.; BOTREAU, R.; PICARD, B.; JACQUET, A.; PETHICK, D.W.; SCOLLAN, N.D. Opportunities for predicting and manipulating beef quality. **Meat Science**, v.92, p.197–209, 2012.

IP, C. Review of the effects of trans fatty acids, oleic acid, n-3 polyunsaturated fatty acids, and conjugated linoleic acid on mammary carcinogenesis in animals. **American Journal of Clinical Nutrition**, v.66, p.1523-1529, 1997.

KAZAMA, R.; ZEOULA, L.M.; PRADO I.N.; SILVA, D. C.; DUCATTI, T.; MATSUSHITA, M. Características quantitativas e qualitativas da carcaça de novilhas alimentadas com diferentes fontes energéticas em dietas à base de cascas de algodão e de soja. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.37, p.350-357, 2008.

KRAMER, J. K. G.; FELLNER, V.; DUGAN, M. E. R.; SAUER, F D.; MOSSOBA, M.M.; YURAWECZ, M.P. Evaluating acid and base catalysts in the methylation of milk and rumen fatty acids with special emphasis on conjugated dienes and total trans fatty acids. **Chemistry and Materials Science**, p.1219-1228, 1997.

LOPES, L.S.; LADEIRA, M.M.; MACHADO, O.R.N.; RAMOS, E.M.; PAULINO, P.V.R.; CHIZZOTTI, M.L.; GUERREIRO, M.C. Composição química e de ácidos graxos do músculo longissimus dorsi e da gordura subcutânea de tourinhos Red Norte e Nelore. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.41, p.978-985, 2012.



MACDOUGAL, D.B. Colour meat. In: PEARSON, A.M.; DUTSON, T.R. (Eds.). **Quality attributes and their measurement in meat, poultry and fish products** - Advances in Meat Research Series. London: Blackie Academic & Professional, 1994. v.9, cap.3, p.79-93.

MALAU-ADULI, A.E.O.; SIEBERT, B.D.; BOTTEMA, C.D.K.; PITCHFORD, W.S. A comparison of the fatty acid composition of triacylglycerols in adipose tissue from Limousin and Jersey cattle. **Australian Journal Agricultural Research**, v.48, p.715-722, 1997.

MOLONEY, A.P.; KENNEDY, C.; NOCI, F.; MONAHAN, F.J.; KERRY, J.P. Lipid and colour stability of M. longissimus muscle from lambs fed camelina or linseed as oil or seeds. **Meat Science**, v.92, p.1-7, 2012.

NELSON, M.L.; BUSBOOM, J.R.; ROSS, C.F.; O'FALLON, J.V. Effects of supplemental fat on growth performance and quality of beef from steers fed corn finishing diets. **Journal of Animal Science**, v.6, p.936-948, 2008.

OLIVEIRA, D.M.; LADEIRA, M.M.; CHIZZOTTI, M.L.; O. R. MACHADO NETO, E. M. RAMOS, T. M. GONÇALVES, M. S. BASSI, D. P. D. LANNA; J. S. RIBEIRO. Fatty acid profile and quantitative characteristics of meat from Zebu steers fed with different oilseeds. **Journal of Animal Science**, v.89, p. 2546-2555, 2011.

OLIVEIRA, E.A.; SAMPAIO, A.A.M.; HENRIQUE, W.; PIVARO, T.M.; ROSA, B.L.; FERNANDES, A.R.M.; ANDRADE, A.T. Quality traits and lipid composition of meat from Nellore young bulls fed with different oils either protected or unprotected from rumen degradation. **Meat Science**, v. 90, p.28-35, 2012.

PAGE, J.K.; WULF, D.M.; SCHWOTZER, T.R. A survey of beef muscle color and pH. **Journal of Animal Science**, v.79, p.678-687, 2001.

PARDI, M.C.; SANTOS, I.F.; SOUZA, E.R.; PARDI, H.S. **Ciência, higiene e tecnologia da carne**: tecnologia da sua obtenção e transformação. Goiânia: Centro Editorial e Gráfico Universidade de Goiás, 1993. 586p.

PINTO, M.F.; PONSANO, E.H.G.; ALMEIDA, A.P.S. Espessura da lâmina de cisalhamento na avaliação instrumental da textura da carne. **Ciência Rural**, v.40, n.6, p.1405-1410, 2010.

RLM 2.0 – **Ração de Lucro Máximo**. Versão 2.0. LANNA, D.P.D.; BARIONI, L.G.; BOIN, C.; TEDESCHI, L.O. Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, Departamento de Zootecnia, Piracicaba – SP. 1999.

SANHUEZA, J.; NIETO, S.; VALENZUELA, A. Conjugated linoleic acid: a trans isomer fatty acid potentially beneficial. **Revista Chilena de Nutrición**, v.29, p. 98–105, 2002.

SAVELL, J.W.; MUELLER, S.L.; BAIRD, B.E. The chilling process. **Meat Science**, p.449-459, 2005.

SCOLLAN, N.; HOCQUETTE, J. F.; NUERNBERG, K.; DANNENBERGER, D.; RICHARDSON, I.; MOLONEY, A. Innovations in beef production systems that enhance the nutritional and health value of beef lipids and their relationship with meat quality. **Meat Science**, v.74, p.17–33, 2006.

SMITH, S.B. Substrate utilization in ruminant adipose tissue. In: SMITH, S.B.; SMITH, D.R. (Eds.). **The biology of fat in meat animals**. Champaign: American Society of Animal Science, 1995. p.166-188.

SMITH, T.; THOMAS, M.G.; BIDNER, T.D.; PASCHAL, J.C.; FRANKE, D. E. Single nucleotide polymorphism in Brahman steers and their association with carcass and tenderness traits. **Genetics and Molecular Research**, v. 8, p.39-46, 2009.

SPSS (2010). **Statistical package for the social science for Windows**, version 19.0. Chicago:SPSS Inc.

ULBRICHT, T.L.V.; SOUTHGATE, D.A.T. Coronary heart disease: seven dietary factors. **Lancet**, v.338, p.985-992, 1991.

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

WOOD, J.D.; RICHARDSON, R.I.; NUTE, G.R.; FISHER, A.V.; CAMPO, M.M.; KASAPIDOU, E.; SHEARD, P.R.; ENSER, M. Effects of fatty acids on meat quality: a review. **Meat Science**, v.66, n.1, p.21-32, 2003.