

UNIVERSIDADE ESTADUAL DE MARINGÁ
CENTRO DE CIÊNCIAS AGRÁRIAS

**GLICERINA E ÓLEOS FUNCIONAIS EM DIETAS DE
BOVINOS EM CONFINAMENTO SOBRE O
DESEMPENHO E COMPORTAMENTO ANIMAL**

Autora: Lorryny Galoro da Silva
Orientador: Ivanor Nunes do Prado
Co-Orientador: Ulysses Cecato

MARINGÁ
Estado do Paraná
Fevereiro – 2013

UNIVERSIDADE ESTADUAL DE MARINGÁ
CENTRO DE CIÊNCIAS AGRÁRIAS

**GLICERINA E ÓLEOS FUNCIONAIS EM DIETAS DE
BOVINOS EM CONFINAMENTO SOBRE O
DESEMPENHO E COMPORTAMENTO ANIMAL**

Autora: Lorryny Galoro da Silva
Orientador: Ivanor Nunes do Prado
Co-Orientador: Ulysses Cecato

“Dissertação apresentada, como parte das exigências para a obtenção do título de **MESTRE EM ZOOTECNIA**, no Programa de Pós-Graduação em Zootecnia da Universidade Estadual de Maringá - Área de concentração Produção Animal.”

MARINGÁ
Estado do Paraná
Fevereiro - 2013

“As raízes do estudo são amargas, mas seus frutos são doces”

ARISTÓTELES

À

Deus,
Por ser a força que rege a minha vida.

Ao

Meu pai, Sidnei Alves da Silva (*in memoriam*),
“Hoje percebo a verdade presente nas palavras: posso até não ver, mas sinto os seus olhos orgulhosos, posso não tocar, mas quem pode negar que neste momento há um abraço direto dos céus compartilhando minha alegria, posso até não ouvir a voz, mas sei, aqui dentro, cada palavra que você me diria neste dia.”

À

Minha mãe, Dalva Regina Galoro da Silva,
“Pedras no caminho?”
"Guardo todas, um dia vou construir um castelo." Fernando Pessoa.
E foram tantas pedras no nosso caminho, mas por você, Mãe, pela sua batalha, pela sua força e pelo seu amor, hoje, mais um sonho se torna realidade.

Ao

Meu irmão, Vyktor Hugo Galoro,
Pela força, por torcer por mim, por estar sempre ao meu lado e por todo o amor.

Ao

Meu noivo e futuro esposo, Eduardo Marostegan de Paula,
“Melhor é serem dois do que um, porque têm melhor paga do seu trabalho. Porque se caírem, um levanta o companheiro. Se alguém quiser prevalecer contra um, os dois lhe resistirão; o cordão de três dobras não se rebenta com facilidade.” Eclesiastes 4.9-12.

DEDICO...

AGRADECIMENTOS

À Universidade Estadual de Maringá, Programa de Pós-Graduação e ao senhor José Américo, proprietário da Fazenda JAE por viabilizarem a realização deste projeto.

Ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico, CNPq, pela bolsa concedida durante os anos do curso.

Às Empresas, Oligobasics e BIOPAR pela ajuda na execução deste projeto.

Ao meu Orientador Prof. Dr. Ivanor Nunes do Prado, que me estendeu a mão em um momento crucial da minha vida, serás para mim um exemplo. Por tudo isso, serei eternamente grata.

Ao meu Co-orientador Prof. Dr. Ulysses Cecato, pelo apoio no desenvolvimento do trabalho, por toda a atenção, generosidade e pelos conhecimentos repassados.

Aos professores do Programa de Pós-Graduação em Zootecnia pelos conhecimentos repassados e pela dedicação.

Ao Prof. Dr. Robério Rodrigues Silva pelas sugestões, conhecimento repassado e contribuição no desenvolvimento deste trabalho.

Aos Professores Lucia Maria Zeoula e Antonio Ferriani Branco por todo o apoio e pelos conselhos sinceros.

Agradeço ao meu pai Sidnei Alves da Silva (*in memoriam*). Depois que Você se foi devo dizer que esta não foi uma caminhada breve, mas uma travessia que parecia sem fim, onde a ausência e a saudade de Ti me atropelaram de tal forma, e com tanta intensidade, que muitas vezes foi difícil prosseguir. Porém, o desejo de homenageá-lo, de continuar colocando em prática todos os ensinamentos e retribuir todo o amor dedicado, fizeram com que as dificuldades, longe de obscurecerem meu trajeto, aumentaram-lhe o brilho, e, ao invés de me deterem, impulsionaram-me com mais força.

Agradeço, de forma muito carinhosa a minha mãe Dalva Regina Galoro da Silva, se estou realizando esse sonho foi porque você lutou, me apoiou, esteve ao meu lado e por isso venci, e com todo o seu amor orientou cada passo que eu dei, hoje a sua imagem reflete minha personalidade, você é o maior bem que eu tenho na vida, e não há palavras que possam expressar todo o meu amor e minha gratidão.

Ao meu irmão Vykthor Hughho pelo apoio, pela compreensão, pelo amor, pela torcida e por me fazer lembrar o nosso Pai, com toda a sua semelhança a Ele.

Ao meu noivo e futuro esposo Eduardo Marostegan de Paula. “Nada na vida conquistamos sozinhos, sempre outras pessoas nos ajudam alcançar nossos objetivos. Muitas vezes um simples gesto pode mudar a nossa vida e contribuir para o nosso crescimento.” E são tantos os motivos que me levam a lhe agradecer, seu amor, sua extensa paciência, por sempre estar disposto a me ajudar em qualquer situação, por compartilhar comigo o seu saber e principalmente, pelo seu apoio que me conforta e me torna mais forte para superar os desafios.

À minha avó Ivone Ramos pelo amor, pelas orações e por ser um exemplo de fé.

Aos meus sogros Assunção de Paula e Aparecida Fátima de Paula, que juntamente com meus Pais são meus maiores exemplos, por todo incentivo, palavras de carinho e por todas as orações.

Às minhas cunhadas Ana Flávia de Paula e Natália Poiati e ao meu cunhado Ricardo de Paula, por todo apoio, pelas palavras de conforto e pelas orações.

À querida amiga Beatriz Lima. "Para conquistar a amizade de uma pessoa digna é preciso desenvolvermos em nós mesmos as qualidades que nela admiramos" Sócrates. Através da nossa amizade e admirando em você tantas qualidades preciosas, hoje, com certeza, sou uma pessoa melhor.

Ao senhor Durval Pereira de Araujo e a Rosangela Lima pelos conselhos e pelo alegre convívio.

Aos amigos Olga Barreto, Alyson Pinheiro, Túlio Otávio Jardim, Fabrício Bacelar, Sabrina Coneglian, Rafael Barreiros e Carlos Eiras, pelo apoio em todos os momentos, pelos conselhos, pela ajuda, esta conquista tem muito de vocês que foram meu braço direito nessa caminhada, sou muito grata pela amizade que construímos.

Ao Amigo e funcionário da Fazenda Experimental de Iguatemi José Carlos, pela amizade, pela alegria sempre contagiante e pelos conselhos.

Aos funcionários do Laboratório de Alimentos e Nutrição Animal da Universidade Estadual de Maringá Creuza Azevedo, Cleuza Volpato e Augusto.

Aos colegas de grupo de trabalho pela alegre convivência, pelas sugestões e por toda a ajuda que foram essenciais o desenvolvimento deste trabalho.

Aos colegas do grupo GEFORCE por toda ajuda.

Aos funcionários da secretaria da Pós-Graduação em Zootecnia da Universidade Estadual de Maringá, Rosi Pepinelli e Denilson.

E finalmente a Deus por sempre me iluminar e me guiar nos bons e maus momentos. “Se Deus é por nós, quem será contra nós?”, Romanos 8:31-39.

Muito Obrigada!

BIOGRAFIA

LORRAYNY GALORO DA SILVA, filha de Sidnei Alves da Silva e Dalva Regina Galoro da Silva, nasceu em 31 de outubro de 1983, em Cruzeiro do Oeste, Paraná.

No ano de 2004, iniciou o Curso de Graduação em Zootecnia na Universidade Estadual de Maringá - UEM, no campus da cidade de Maringá – Paraná.

Em dezembro de 2008, cumpriu as exigências para obtenção do título de “Zootecnista” pela mesma Universidade.

Em 2010, iniciou o curso de Pós-Graduação em Zootecnia da Universidade Estadual de Maringá, em nível de Mestrado, área de concentração Produção Animal, realizando estudos na área de comportamento ingestivo, nutrição e desempenho de ruminantes confinados.

Em Fevereiro de 2013, submeteu-se à banca examinadora para a defesa da presente Dissertação.

ÍNDICE

	Página
LISTA DE TABELAS.....	xi
RESUMO.....	xiii
ABSTRACT.....	xv
I - INTRODUÇÃO GERAL.....	01
1.1. Características do mercado de carne bovina e sistema de produção no Brasil.....	01
1.2. Desempenho de animais em confinamento.....	03
1.3. Cadeia produtiva do biodiesel.....	03
1.4. Glicerina.....	04
1.5. Aditivos na nutrição de ruminantes.....	08
1.6. Extratos vegetais de plantas.....	10
Referências Bibliográficas.....	14
II - OBJETIVOS GERAIS.....	21
III - GLICERINA E ÓLEOS FUNCIONAIS EM DIETAS DE BOVINOS EM CONFINAMENTO SOBRE O DESEMPENHO ANIMAL.....	22
Resumo.....	22
Abstract.....	23
Introdução.....	24
Material e Métodos.....	25
Resultados e Discussão.....	31
Conclusões.....	37
Referências Bibliográficas.....	39
IV - GLICERINA E ÓLEOS FUNCIONAIS EM DIETAS DE BOVINOS EM CONFINAMENTO SOBRE O COMPORTAMENTO INGESTIVO.....	43
Resumo.....	43
Abstract.....	44
Introdução.....	45
Material e Métodos.....	46

Resultados e Discussão.....	51
Conclusões.....	59
Referências Bibliográficas.....	60
V - CONSIDERAÇÕES FINAIS.....	64

LISTA DE TABELAS

	Página
III - GLICERINA E ÓLEOS FUNCIONAIS EM DIETAS DE BOVINOS EM CONFINAMENTO SOBRE O DESEMPENHO ANIMAL.....	22
TABELA 1 Composição bromatológica dos alimentos das dietas experimentais (%MS).....	26
TABELA 2 Composição percentual das dietas experimentais (%MS).....	27
TABELA 3 Composição química da glicerina.....	27
TABELA 4 Desempenho de bovinos Nelores em confinamento.....	32
TABELA 5 Produção fecal e coeficientes de digestibilidade aparente total (%) da matéria seca (CDMS) e demais nutrientes de bovinos Nelores em confinamento (média dos três tratamentos).....	34
TABELA 6 Produção fecal (PF) e coeficientes de digestibilidade aparente total (%) da matéria seca (CDMS) e demais nutrientes em bovinos Nelores em confinamento (média dos três indicadores).....	36
IV - GLICERINA E ÓLEOS FUNCIONAIS EM DIETAS DE BOVINOS EM CONFINAMENTO SOBRE O COMPORTAMENTO INGESTIVO.....	43
TABELA 1 Composição bromatológica dos alimentos das dietas experimentais (%MS).....	47
TABELA 2 Composição percentual das dietas experimentais (%MS).....	48
TABELA 3 Composição química da glicerina.....	48
TABELA 4 Atividades ingestivas de acordo com os intervalos de observações em bovinos Nelores em confinamento.....	52
TABELA 5 Atividades ingestivas de acordo com turnos de observação em bovinos Nelores em confinamento.....	54
TABELA 6 Médias (horas/dia) para as atividades de alimentação, ruminação e ócio de bovinos Nelores em confinamento.....	54
TABELA 7 Médias dos números de períodos e tempo por períodos das atividades comportamentais de bovinos Nelores em	

	confinamento.....	56
TABELA 8	Aspectos comportamentais ingestivos de acordo com as dietas de bovinos Nelores em confinamento.....	58

RESUMO

Este trabalho foi realizado com o objetivo de avaliar a substituição parcial do milho (15% da matéria seca da dieta total) pelo co-produto do processamento do biodiesel (glicerina) e a adição de óleos funcionais de caju e de mamona sobre o desempenho animal, ingestão de alimentos, digestibilidade aparente total e comportamento ingestivo em bovinos Nelore em confinamento. Foram utilizados 30 bovinos, não castrados, com 24 ± 2 meses de idade, pesando em média 400 ± 34 kg. O período experimental foi de 63 dias, dividido em três períodos de 21 dias. Os animais foram distribuídos em um delineamento inteiramente casualizado (10 animais por tratamento) e alojados em baias coletivas, contendo 200 m^2 de área útil. As dietas experimentais foram: Controle – CON; Glicerina – GLI e Glicerina + óleos funcionais – GOF. A substituição parcial do milho pela glicerina e a adição de óleos funcionais às dietas não influenciaram o desempenho animal, conversão alimentar da matéria seca e ingestão de alimentos, exceto para a ingestão do extrato etéreo que foi superior para os animais alimentados com a dieta controle. Não houve diferença entre os indicadores lignina purificada, isolada e enriquecida (LIPE[®]), matéria seca indigestível (MSi) e fibra em detergente neutro indigestível (FDNi) para a digestibilidade aparente total da matéria seca e dos demais nutrientes. A substituição parcial do milho pela glicerina não teve efeito sobre a digestibilidade aparente total da proteína bruta e do extrato etéreo, todavia gerou um aumento da digestibilidade aparente total da matéria seca, matéria orgânica e dos nutrientes digestíveis totais e uma redução da digestibilidade dos componentes fibrosos e não fibrosos das dietas. As escalas de observação não influenciaram a determinação dos tempos de alimentação, ruminação, ócio e o tempo de mastigação total; porém o número de períodos e o tempo por períodos para tais atividades diferiram entre as escalas. Não houve diferença entre o número de turnos de

observações. A inclusão de glicerina às dietas causou uma diminuição no tempo de ruminação e um aumento no tempo de ócio dos animais. O número de período de alimentação e de ócio diferiu entre as dietas, sendo superior para os animais das dietas com substituição parcial do milho pela glicerina. Por outro lado, a inclusão de glicerina às dietas reduziu o tempo por período de alimentação e de ócio dos bovinos. A inclusão de glicerina e óleos funcionais às dietas gerou uma resposta semelhante aos animais da dieta controle para o número de bolos ruminados por dia, número de mastigações por dia e tempo de mastigação total dos bovinos, sendo superior aos animais da dieta com inclusão de glicerina.

Palavras chave: Aditivos, biodiesel, confinamento, desempenho, etologia, extratos vegetais

ABSTRACT

This work was carried out to evaluate the partial replacement of corn (15% of dry matter in the total diet) for the co-product of biodiesel processing (glycerin) and the addition of cashew and castor functional oils on animal performance, feed intake, total apparent digestibility and ingestive behavior of Nellore bulls in feedlot. Thirty bulls with 24 ± 2 months old and 400 ± 34 kg live weight were used. The experiment lasted 63 days, and was divided into three periods of 21 days. The bulls were distributed in a completely randomized design with 10 animals per treatment kept in pens of 200 m^2 of useful area. The experimental diets were: Control – CON; Glycerin – GLY and Glycerin + functional oils – GFO. The partial substitution of corn for glycerin and the addition of functional oils to the diets did not affect animal performance, feed conversion of dry matter intake and food intake except for ether extract which was higher for the animals fed the control diet. There was no difference among the purified, isolated and enriched lignin (LIPE[®]) markers, indigestible dry matter (iDM) and indigestible neutral detergent fiber (iNDF) in relation to apparent digestibility of dry matter and other nutrients. The partial substitution of corn for glycerin did not affect the total apparent digestibility of crude protein and ether extract, however it generated an increase in the apparent digestibility of dry matter, organic matter and total digestible nutrients and a reduction in the digestibility of fibrous and non-fiber components of the diets. The scales of observation did not influence the determination of the time spent eating, ruminating and idling and the total number of chews, however the number of periods and the time period for such activities differed among the scales. There was no difference among the number of observation shifts. The addition of glycerin to diets caused a decrease in the ruminating time and an increase in the idling time of the animals. The number of feeding period and idle differed among diets, being higher for the animals fed with diets

with partial replacement of corn by glycerin, on the other hand the inclusion of glycerin in the diet reduced the feeding period and idle time of bulls. The inclusion of glycerin and functional oils to the diets generated a similar response to animals in the control diet for the number of ruminated bolus per day, number of chews per day and total chewing time of bulls, being superior to the animals fed with diets containing glycerin and functional oils.

Key words: Additive, biodiesel, etology, feedlot, performance, plant extracts

I. INTRODUÇÃO GERAL

1.1. Características do mercado de carne bovina e sistema de produção no Brasil

Atualmente, o Brasil possui o maior rebanho comercial de bovinos do mundo, com aproximadamente 190 milhões de cabeças e uma produção aproximada de 9,2 milhões de toneladas de equivalente carcaça ao ano (Anualpec, 2012). Deste total, 1,8 milhões de toneladas são exportadas (20% da produção) para diversos países do mundo. Estes números mostram o cenário importante em que está situada a pecuária de corte brasileira. Nos últimos 10 anos, o Brasil tornou-se o maior exportador de carne bovina do mundo e com perspectivas de manter-se nessa liderança até os anos 2020 (FAPRI, 2012 – Tabela 1).

Tabela 1. Exportações líquidas (exportada e importada) de carne bovina no mundo (principais países) – Milhões de toneladas

Países	Ano				
	2000	2005	2010	2015*	2020*
Argentina	134	537	297	281	338
Austrália	1.341	1.264	1.317	1.547	1.667
Brasil	560	1.534	1.781	2.475	2.858
Canadá	250	447	290	115	148
China	41	7	22	-87	-287
Índia	550	605	700	753	746
Nova Zelândia	489	628	500	550	622
Tailândia	0	2	-1	-3	-14
UE	198	-201	-330	-360	-391
USA	-440	-1.180	-70	-267	-424
Total	2.693	3.687	5.052	5.999	6.723
US Dólar/ton	1.597	1.831	2.091	2.430	2.530

FAPRI – Food Agricultural Policy Research Institute (2012). *Previsão.

Estes dados mostram que países tradicionalmente exportadores de carne deverão oscilar pouco nos volumes exportados, como exemplo, Argentina, Austrália e Nova Zelândia. No entanto, de acordo com essas previsões, o Brasil teria um aumento de exportação entre os anos 2000 e 2020.

Por outro lado, países pouco representativos nas importações de carne bovina até então, no cenário atual, apresentam um volume significativo de aquisições, como por exemplo, Hong Kong, Egito, Taiwan e Filipinas. Além disso, as perspectivas futuras são de que estes mercados aumentem seus volumes de compra de carne bovina. A Rússia, um país importador desde a década passada apresentou o maior incremento na importação de carne bovina no mundo, passando das 592 mil toneladas no ano 2000 para uma esperada importação acima de 1 milhão de toneladas nos próximos anos, tornando-se o maior mercado para a carne bovina.

Este panorama resumido do mercado de carne bovina no mundo apresenta uma perspectiva favorável para o aumento da produção. Além disso, de acordo com estes estudos de prospecção de mercado futuro, a tendência do preço da carne bovina é aumentar nos próximos anos (FAPRI, 2011). No entanto, os países importadores cada vez mais farão restrições à compra de carne de qualidade duvidosa ou com uso de substâncias prejudiciais à saúde animal e humana, entre eles, países da União Europeia e Japão. Desta forma, o sistema de produção de carne bovina do Brasil deve-se adequar às novas exigências dos países importadores.

Embora o Brasil esteja entre os maiores produtores e exportadores de carne bovina do mundo, ainda apresenta baixa produtividade e qualidade de carne, sobretudo dos animais terminados em pastagens (Moreira et al., 2003; Rotta et al., 2009b). Assim, observa-se a necessidade de investimentos em tecnologias que promovam a produção de carne com eficiência e de forma econômica, com a finalidade de incrementar a margem de lucro do produtor e com qualidade, para manter e conquistar novos mercados consumidores. Isto pode ser alcançado com a intensificação do sistema de produção com o uso de ferramentas e práticas de manejo.

Alternativas como, por exemplo, cruzamentos orientados entre *Bos taurus indicus* vs. *Bos taurus taurus* (Perotto et al., 2000; Arboitte et al., 2004; Prado et al., 2008b; Ducatti et al., 2009); suplementação dos bovinos em período de baixa produção das pastagens (Prado et al., 2002; Moreira et al., 2003, Moreira et al., 2004; Moreira et al., 2006); intensificação da terminação de bovinos em confinamento que apresentem ganho em peso acima de 1,5 kg/dia (Marques et al., 2005; Abrahão et al., 2005; Maggioni et

al., 2009; Dian et al., 2010); abate de animais com maior espessura de gordura de cobertura e melhor qualidade da carcaça (Indurain et al., 2009; Rotta et al., 2009b); produção de carne que atenda as exigências do consumidor nas características sensoriais e de composição química (Prado et al., 2008c; Prado et al., 2008a; Prodo et al., 2008b; Ducatti et al., 2009; Rotta et al., 2009a; Rotta et al., 2009b) e, sobretudo, respeito ao ambiente e ao bem estar animal (Silva et al., 2010; Farias et al., 2012). No entanto, os sistemas de produção intensiva de carne bovina, como animais terminados em semi confinamento ou confinamento apresentam maior custo de produção em função da necessidade de aumentar a densidade energética da ração e seu nível de proteína (Silva et al., 2010).

1.2. Desempenho de animais em confinamento

Diante das características continentais do Brasil e dos diferentes sistemas de produção de bovinos de corte, alguns estudos específicos são necessários para adequar tecnologias aos sistemas. Restle et al. (1999) afirmam que o confinamento é uma alternativa para melhorar os índices de produtividade, por reduzir a idade de abate, por produzir animais para abate na entressafra e à possibilidade de obter melhores preços.

Conjuntamente, esse sistema proporciona efeitos secundários que beneficiam o sistema de produção como um todo, como por exemplo, liberação das pastagens para outras categorias, uso de forragem excedente de verão e outros (Wedekin et al., 1994). Porém, Restle et al. (2000) e Faturi et al. (2003) afirmaram que a avaliação econômica dos custos com alimentação no sistema de confinamento é importante, pois nem sempre a melhor resposta biológica consiste na melhor resposta econômica. Segundo Moreira et al., (2003), no processo de terminação de bovinos de corte em confinamento, a alimentação (volumoso + concentrado) representa mais de 70% do custo total de produção; desses 70% aproximadamente 2/3 são representados pela fração concentrado. Com isso, alternativas visando à redução nos custos destes componentes aumentam a lucratividade do sistema, e uma das alternativas é a utilização da glicerina, um co-produto oriundo da produção do biodiesel.

1.3. Cadeia produtiva do biodiesel

A indústria do biodiesel cresceu exponencialmente nos últimos anos para atender à demanda do mercado por uma energia renovável (Ajanovic, 2011; Visser et al., 2011). De acordo com FAPRI (2011), a produção mundial de biodiesel, em 2010 foi de 18,7 bilhões de litros. Deste mercado 11,7 bilhões de litros são oriundos da União Europeia, 2,4 bilhões de litros do Brasil, 2,1 bilhões de litros da Argentina e 2,0 bilhões de litros dos Estados Unidos. A União Europeia é responsável por 62,5% da produção mundial de biodiesel, produzindo 1,1 bilhões de litros de glicerina (co-produto gerado na fabricação do biodiesel). O Brasil é o segundo maior produtor de biodiesel, responsável por 20,5% da produção. Referente à glicerina em 2010, estima-se que o Brasil tenha produzido 240 milhões de litros de glicerina.

De acordo com a Lei Nº 11.097, DE 13.1.2005 – DOU 14.1.2005, o Art. 2º da ANP (2005) estabelece a adição de 5% (cinco por cento), em volume, o percentual mínimo obrigatório de adição de biodiesel ao óleo diesel comercializado ao consumidor final, em qualquer parte do território nacional.

Nas indústrias de biodiesel a principal matéria prima utilizada são os óleos vegetais (Ajanovic, 2011). Entretanto, outros produtos como gorduras de origem animal ou óleos e gorduras residuais são utilizados na produção de biodiesel (ANP, 2011). Em 2010, o Brasil produziu 6.433,86 mil toneladas de óleo de soja (FAPRI, 2011). Em 2005, utilizaram 61,6 mil toneladas de óleo de soja para fabricação do biodiesel e, em 2010 passou a utilizar 1.780,85 mil toneladas. Da produção total de óleo de soja, 27,6% é destinado ao setor bioenergético.

O processo de produção de biodiesel gera co-produtos como, por exemplo, a glicerina, tendo em vista que o Brasil consome aproximadamente 45 bilhões de litros de óleo diesel anualmente (ANP, 2011), para a adição de 5%, o setor deverá produzir 2,25 bilhões de litros de biodiesel e colocará no mercado aproximadamente 225 milhões de litros de glicerina (Moreira et al., 2003). A rápida expansão das indústrias de biodiesel coloca no mercado um excedente de glicerina sem destino definido.

1.4. Glicerina

Glicerina é o nome comum do composto orgânico 1, 2, 3-propanotriol, descoberto por Carl W. Scheele em 1779, durante a preparação de sabão a partir de óleo de oliva.

A glicerina é um triol viscoso, resultante, entre outros, do processo de transformação de um triglicerídeo em éteres de ácidos graxos (biodiesel) a partir de uma

reação de transesterificação, na presença de um catalisador (normalmente básico) e de um álcool de cadeia curta (metanol ou etanol) Figura 1. O termo glicerina aplica-se aos produtos comerciais à base de glicerol. O termo glicerol aplica-se normalmente ao componente químico puro 1,2,3-propanotriol. Vários níveis e designações de glicerina estão disponíveis comercialmente, que diferem quanto ao conteúdo de glicerol, álcool, catalizadores, ácidos graxos, sabões, cor e odor (Mota et al., 2009).

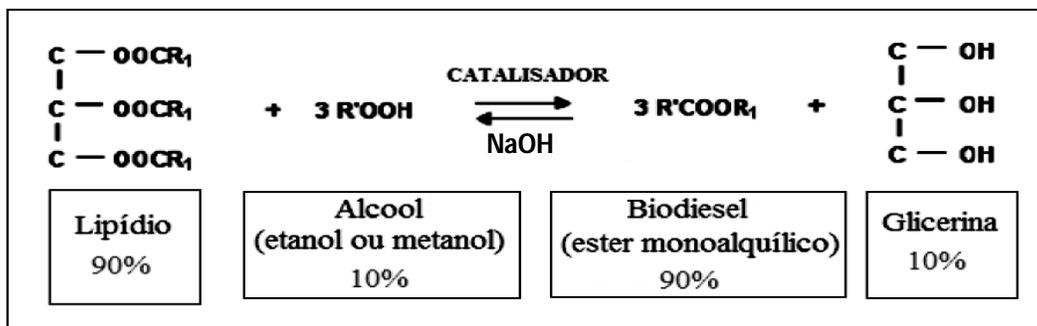


Figura 1. Transesterificação de triglicerídeos. Fonte: Adaptado de Ferrari et al. (2005).

A glicerina bruta é separada do biodiesel, sem sofrer qualquer tipo de purificação, apresenta-se na forma de líquido viscoso e pardo escuro com alto conteúdo de ácidos graxos, este co-produto pode ser processado e purificado ou neutralizado por meio da adição de sais (NaCl) ou ácido (HCl), por filtragem, destilação a vácuo ou fracionamento para rendimento de vários tipos comerciais (Thompson & He, 2006).

Conforme o tipo de processamento, a composição da glicerina pode variar de acordo com seu teor de glicerol e de impurezas (metanol, sais, sabões e ácidos graxos). Segundo Hippen et al. (2008) a glicerina pode ser classificada em três diferentes graus de pureza: de baixa - obtida logo após a separação do biodiesel. Contém baixos níveis de glicerol (40 a 70%), elevados níveis de catalizadores, álcool, água, ácidos graxos e sabões. O pH normalmente é elevado (> 12); média pureza - é a glicerina bruta após sofrer tratamento ácido, seguido de remoção dos ácidos graxos e sabões. Possui normalmente 75 a 90% de glicerol. O restante é formado por água, sais, água e metanol. Valor de pH entre 5 e 6. É o principal tipo de glicerina obtida atualmente nas indústrias de biodiesel; alta pureza - é a após sofrer bidestilação a vácuo e tratamento com absorventes. Contém mais de 99% de glicerol. Tem grande aplicação nos setores de cosméticos, higiene pessoal, medicamentos e fumo.

Na natureza, o glicerol encontra-se na forma de triglicerídeos em óleos vegetais e gorduras animais. A molécula do glicerol encontra-se ligada a três moléculas de ácidos graxos, ligada principalmente aos ácidos graxos esteárico, oléico, palmítico e láurico. A glicerina de média pureza também apresenta 4,76% de cinzas, 0,33% de metano, 0,01% de proteína bruta, 0,33% de extrato etéreo, 2,32% de água, 11634,4 mg/kg de sódio, 79,1 mg/kg de potássio, 35,8 mg/kg de cálcio, 16,3 mg/kg de magnésio, 239,8 mg/kg de fósforo (TECPAR, 2010; Fundação ABC, 2010; LANA – UEM, 2010).

A glicerina é utilizada como aditivo nos alimentos desde 1959 nos Estados Unidos, reconhecida como substância atóxica e “*Generally Regarded as Safe - GRAS*” pelo Food and Drug Administration – FDA (Morrison, 1994). No Brasil, a utilização da glicerina como aditivo na alimentação humana e animal é assegurada pela resolução nº 386 de 5 de Agosto de 1999 (Costenaro, 2009). De acordo com Departamento de Fiscalização de Insumos Pecuários (2010), a glicerina disponibilizada para alimentação animal deve conter um padrão mínimo de qualidade, cada kg de glicerina deve conter no mínimo 800 g de glicerol e valores máximos 130g de umidade e 150 mg de metanol. Todavia, no Brasil, em função do alto custo, a maioria das plantas industriais de produção do biodiesel não refina glicerina bruta, disponibilizando para o mercado uma glicerina de baixa e média pureza.

Doppenberg & Van der Aar (2007) destacaram que a preocupação principal com o uso da glicerina bruta na alimentação animal é o conteúdo de metanol que permanece após processamento. Recentemente o FDA (2010) emitiu uma regulamentação indicando que os teores de metanol superiores a 150 ppm podem ser considerados impróprios para o alimentação animal (Donkin, 2008).

A intoxicação por metanol em animais é identificada pela excreção de ácido fórmico na urina. O metanol ingerido é oxidado no fígado a formaldeído e este a ácido fórmico, que é a substância tóxica (Lammers et al., 2008c). Os efeitos tóxicos decorrentes de envenenamento por metanol são, na verdade, pela formação, acúmulo e metabolismo lento do ácido fórmico em algumas espécies. As consequências clínicas do envenenamento por metanol são depressão do sistema nervoso central, vômitos, acidose metabólica grave e cegueira pela destruição do nervo óptico (Skrzydłowska, 2003). No entanto, estudos de Lammers et al. (2008a) e Kijora et al. (1995) não verificaram frequência de lesões histológicas nos olhos, rim e fígado devido à toxicidade do metanol presente na glicerina.

1.4.1. Aspectos econômicos da substituição do milho pela glicerina na dieta animal

Na substituição parcial do milho, trabalhos já demonstram a aplicabilidade da glicerina na alimentação de bovinos (Ferraro et al., 2009; Abo El-Nor et al., 2010). Entretanto, em função do baixo teor de proteína da glicerina (abaixo de 1%) para o balanceamento de uma dieta isoprotéica e isoenergética, outra fonte de proteína deve ser disponibilizada às dietas. A glicerina de média pureza é um co-produto a ser utilizado para reduzir custo da alimentação animal em substituição ao milho. Mesmo que não apresente aspectos negativos no desempenho animal e nas características físicas e químicas da carcaça ou na saúde animal, é necessário fazer uma análise de preço das fontes energéticas e protéicas, das commodities e co-produtos alternativos presentes no mercado.

De acordo com Lage et al. (2010), a inclusão de até 6% de glicerina bruta na dieta de cordeiros machos não castrados da raça Santa Inês, otimizou a conversão alimentar dos animais e reduziu o custo do ganho de carcaça quando o preço do co-produto representou até 70% do preço do milho. Neste contexto, a viabilidade econômica e aplicabilidade da glicerina na alimentação animal deve ser cuidadosamente estudada.

1.4.2. Glicerina na dieta de ruminantes: fermentação ruminal e metabolismo animal

O glicerol contido na glicerina é um importante precursor para a síntese de triacilgliceróis, fosfolipídeos, no fígado e no tecido adiposo. Sendo ele rapidamente fermentado no rúmen (39 a 69%), com sua fermentação, observa-se uma alteração na produção de ácidos graxos de cadeia curta (AGCC) em favor do ácido propiônico (Donkin, 2008). No entanto, o glicerol também pode aumentar as concentrações de butirato e valerato (Abughazaleh et al., 2011). O ácido propiônico é absorvido no rúmen e transportado ao fígado, onde entra no ciclo de Krebs como Succinil-CoA e produz glicose via piruvato. Outra parte do glicerol ingerido pode ser absorvida via porta e no fígado e rins é transformado em gliceraldeído 3-fosfato o qual entra na via da gliconeogênese (Figura 1), ou é oxidado para a produção de energia via glicólise e ciclo do Krebs (Jensen et al., 2001; Brisson et al., 2011). Dependendo do estado fisiológico do animal, por exemplo, quando a demanda de glicose é alta, como o caso de animais

em crescimento muscular, o glicerol é usado preferencialmente para produção de glicose.

A utilização da glicerina na alimentação de ruminantes teve um crescimento nos últimos anos, com a expansão das plantas industriais do biodiesel e o excedente deste co-produto no mercado (Ajanovic, 2011; FAPRI, 2011). A glicerina na dieta de ruminantes é classificada como uma fonte energética assimilável pelos microrganismos da flora ruminal e metabolizada no fígado (Abo El-Nor et al., 2010). Ao ser disponibilizado para o ruminante, a glicerina é rapidamente utilizada pelos microrganismos ruminais na formação de ácidos graxos de cadeia curta – AGCC (Defrain et al., 2004; Ferraro et al., 2009; Mach et al., 2009; Wang et al., 2009; AbuGhazaleh et al., 2011).

1.4.3. Glicerina na dieta de ruminantes: desempenho animal

A glicerina pode ser adicionada às dietas de bovinos em substituição ao milho ou outra fonte de energia, com o objetivo de reduzir o custo de produção. No entanto, os níveis de glicerina na ração de ruminantes dependem de diversos fatores entre eles: tolerância e adaptação do animal, manipulação da glicerina (alta densidade e viscoso).

De acordo com Ilse et al., (2009), a inclusão de 0, 6, 12, e 18% de glicerina na dieta de bovinos confinados não influenciou o peso vivo final, ganho médio diário e a eficiência alimentar. Entretanto, o consumo de matéria seca diminuiu linearmente com dias de confinamento. Mach et al. (2009), trabalhando com 4 níveis de glicerina (4, 8 e 12%) em dietas para touros holandeses, observaram que a inclusão de até 12% de glicerina na dieta não apresentou efeitos negativos sobre o desempenho dos animais. Segundo Gunn et al. (2010) a adição de até 15% de glicerina bruta nas dietas de cordeiros machos não influenciou de forma negativa o desempenho animal. Lage et al. (2010), avaliaram a inclusão de 0, 3, 6, 9 e 12% de glicerina bruta na dieta de cordeiros machos não castrados da raça Santa Inês e relatam que a inclusão de até 6% de glicerina bruta melhora a conversão alimentar dos animais.

1.5. Aditivos na nutrição de ruminantes

O uso rotineiro de antibióticos e promotores de crescimento na alimentação animal tem preocupado a saúde pública (Benchaar et al., 2006). As restrições impostas à

utilização de antibióticos na alimentação animal têm como base preocupações ao desenvolvimento de microrganismos resistentes pelo uso inadequado de ionóforos, comprometendo a ação terapêutica dos antibióticos em humanos (Guzmán-Blanco et al., 2000; Russell & Houlihan, 2003; Dewulf et al., 2007; Ray et al., 2007).

Em ruminantes, a inclusão de ionóforos na dieta tem como objetivo manipular a fermentação ruminal para melhorar os processos benéficos (seleção das bactérias gram-negativas) e minimizar ou excluir processos ineficientes (produção de gás metano – CH₄ e gás carbônico – CO₂, inibindo as bactérias gram-positivas). Os ionóforos podem atuar de duas maneiras: no metabolismo do ruminante, uma vez que é absorvido pelo trato gastrointestinal, e sobre a população microbiana do rúmen, atuando na membrana celular dos microrganismos, principalmente nas bactérias gram-positivas. Por serem solúveis em membranas, depois de serem combinados com íons, os ionóforos passam a fazer parte destas e desempenhar as funções de transporte de íons de um lado a outro da membrana (Machado & Madeira, 1990).

A hidrofobicidade parece ser crucial para a atividade antimicrobiana, já que partem da fase aquosa para a bicamada lipídica da membrana citoplasmática onde se acumulam (Benchaar & Greathead, 2011) e exercem seu efeito antimicrobiano, alterando a permeabilidade da membrana e, assim, interromper processos de transporte de íons e interagindo com proteínas da membrana e outros componentes citoplasmáticos. Isso altera a estrutura das membranas, tornando-as mais fluídas e permeáveis, o que permite o extravasamento de íons e outros conteúdos citoplasmáticos (Carson et al., 2002). Em muitos casos, as bactérias podem contrabalancear esses efeitos, usando bomba iônica e a morte celular não ocorre, mas grande quantidade de energia é desviada para essa função e o crescimento bacteriano é reduzido (Calsamiglia et al., 2007). Dessa forma, mudanças na velocidade de crescimento resultam em mudanças na proporção das populações de bactérias no rúmen.

Entretanto, em 1999, baseando-se no “princípio da precaução” a União Europeia (UE) proibiu a utilização de antibióticos como promotores de crescimento (Ipharraguerre, 2003), mas a proibição do uso de ionóforos como aditivos alimentares (monensina sódica e lasalocida) somente ocorreu em 2006. Este princípio é uma prerrogativa para as autoridades da UE, mesmo na ausência de dados científicos conclusivos, adotarem uma “postura preventiva” em relação a uma determinada questão. Outros países, no entanto, adotam o “princípio da prova”, baseando-se em

evidências científicas para uma tomada de decisão, como o caso dos Estados Unidos e Brasil.

É nesse intuito que aditivos alternativos, como por exemplo, os a base de extratos vegetais, tendem a ser a nova alternativa com propósito de substituição dos aditivos sintéticos, diminuindo assim, as limitações impostas por alguns mercados consumidores.

1.6. Extratos vegetais de plantas

Nos últimos anos, muita atenção tem sido dada ao consumo de carne e seus derivados, com funções fisiológicas (alimentos funcionais) que promovam o bem-estar animal, humano e que previna riscos de doenças. A melhoria da qualidade da carne pode ser realizada adicionando compostos funcionais na alimentação animal como os ácidos graxos conjugados, vitamina E, ácidos graxos das famílias ômega 3 e 6, selênio e produtos naturais, onde tais compostos geram um ganho de peso superior, e uma melhoria na qualidade da carcaça e composição físico química da carne (Zhang et al., 2009).

A definição de alimentos funcionais está ainda sob julgamento. Como mencionado por Roberfroid (2000), o alimento funcional deveria “conter um componente com efeito seletivo sobre uma ou várias funções do organismo cujo efeito positivo pode ser justificado como funcional (fisiologicamente) ou mesmo saudável”. Três exigências seriam necessárias para atender essa demanda: 1. Derivado de produtos naturais, 2. Ser consumido como parte da dieta diária e 3. Envolver processos específicos sobre a saúde humana, como retardar o envelhecimento, prevenir o risco de doenças e melhorar a resistência imunológica (Jiménez-Colmenero, 2001; Carballo & Cofrades, 2001).

Extratos naturais de plantas contêm uma ampla variedade de compostos com diferentes funções e mecanismos de ação. Os compostos naturais possuem ação semelhante aos ionóforos, atuando de forma específica de acordo com sua estrutura química, ligando-se a sítios específicos na célula bacteriana (bactérias gram-positivas), acarretando na desintegração da membrana citoplasmática, alterando o fluxo de elétrons e coagulação do conteúdo celular, levando a uma melhoria nos processos benéficos da fermentação ruminal e redução dos processos ineficientes. Acredita-se também que os

óleos funcionais podem estimular a produção de saliva e sucos gástricos e pancreáticos, favorecendo a secreção de enzimas, aumentando assim a digestibilidade (Mellor, 2000).

Dentre os compostos que apresentam características de ação antimicrobiana presentes nas plantas, encontramos a classe dos compostos fenólicos (fenóis simples – cetocol, ácidos fenólicos – ácido anacárdico, cinâmico, caféico e rícinioléico, quinonas – hipericina, flavonóis – totarol, taninos – elagitanina, cumarinas – warfarin); óleos essenciais (ou funcionais) e terpenóides (capsaicina, thimol mentol, carvacrol, cânfora, eugenol); alcalóides (berberina, piperina, teofilina); polipetídeos e lectinas (manose-aglutinina, fabatina, thionina); e poliacetilenos (heptadeca-dieno-diol), cada um com seu respectivo mecanismo de ação (King & Tempesta, 1994; Stern et al., 1996; Freiburghaus et al., 1996; Meyer et al., 1997; Zhang & Lewis, 1997).

1.6.1. Óleos Funcionais

Os óleos funcionais são uma mistura de terpenóides aromáticos, líquidos e lipofílicos (Kohlert et al., 2000), obtidos a partir de diferentes partes da planta, tais como, folhas, raízes, caule ou de mais de uma parte, sendo que a melhor tecnologia para extração destes óleos funcionais é por destilação a vapor (Burt, 2004). São metabólitos secundários de algumas plantas, responsáveis pelo cheiro e cor das mesmas. Vários são os óleos funcionais encontrados nas plantas, porém alguns deles, tais como o thymol (extraído do tomilho – *Thymus vulgaris*), carvacrol (extraído do orégano – *Origanum sativum*) e alina e alicina (extraídos do alho – *Allium sativum*) já possuem sua funcionalidade conhecida (Bousquet et al., 2005).

Os óleos funcionais atuam em diversas funções orgânicas, porém o mecanismo de atuação ainda não é totalmente conhecido. Algumas pesquisas demonstram que esses compostos possuem função antimicrobiana (Marino et al., 2001; Burt, 2004) e antifúngicas (Velluti et al., 2003; Rasooli & Abyaneh, 2004). Contudo, até o momento, poucos são os trabalhos encontrados na literatura que buscam respostas quanto ao uso de óleos funcionais no desempenho produtivo e no comportamento ingestivo de gado de corte.

1.6.2. Óleo de caju

O cajueiro é uma planta nativa da Amazônia e Nordeste do Brasil, denominada cientificamente de *Anacardium occidentale* L. No processo industrial para obtenção da amêndoa, origina-se líquido, da castanha de caju (LCC). Utilizado para diversas aplicações na indústria (Trevisan et al., 2006; Calo et al., 2007; Atanasi et al., 2009).

O LLC possui altas concentrações de lipídeos fenólicos que o torna a maior fonte de origem natural dos ácidos anacárdico, cardol e cardanol (Mazzeto & Lomonaco, 2009). As concentrações dos ácidos variam em função do processo de obtenção da amêndoa (Lubi, 2000). O óleo do caju desempenha atividade antimicrobiana (Kubo et al., 2003) e ação antioxidante (Kubo et al., 2006; Oliveira et al., 2011). Ainda de acordo com esses autores, a concentração dos ácidos graxos no LLC natural varia de 71,70 a 82,00% para o ácido anacárdico, de 13,80 a 20,10% para o ácido cardol e 1,60 a 9,20% para o ácido cardanol. Entretanto, o LLC técnico apresenta teores que variam de 1,09 a 1,75% para ácido anacárdico, de 3,80 a 18,86% para o ácido cardol e 67,82 a 94,60% para o ácido cardanol. De modo geral, o LLC técnico é obtido com temperaturas elevadas alterando a estrutura química dos ácidos graxos pela reação de descarboxilação, originando maiores teores do ácido cardanol.

1.6.3. Óleo de mamona

A planta mamona denominada de *Ricinus communis* L (Weiss, 1983) está disseminada principalmente na região Nordeste do Brasil, devido as suas características de adaptação ao clima seco com elevadas temperaturas (Devide et al., 2010).

A mamona contém uma potente toxina (ricina) que representa o principal impedimento para sua adoção na alimentação animal (Oliveira et al., 2010b). A ricina é uma proteína solúvel encontrada principalmente no endosperma da mamona (Bandeira et al., 2004). Apesar da alta toxicidade da semente, o óleo de mamona não é tóxico, pois a ricina não é solúvel em lipídios, permanecendo todo o componente tóxico na torta ou no farelo (Gaillard & Pepin, 1999). De acordo com Costa & Ramos (2004), a extração de óleo da semente da mamona varia de 35 a 55%, com base na MS, o qual apresenta altos teores do ácido ricinoléico (cis-12-hydroxyoctadeca-ácido-9-enóico).

A concentração do ácido ricinoléico no óleo da semente de *Ricinus communis* L. corresponde de 85 a 90%, o qual desempenha ação antimicrobiana semelhante ao ionóforo e ação antiinflamatória (Maenz & Forsyth, 2005), seguido de outros ácidos graxos em menor proporção como o ácido linoléico (4,2%), ácido oléico (3,0%),

esteárico (1,0%), palmítico (1,0%), ácido hidroxi esteárico (0,7%), ácido linolênico (0,3%) e ácido eicosanóico (0,3%) (Ogunniyi, 2006). De acordo com o mesmo autor o processo de extração do óleo de mamona pode ser obtido por prensagem mecânica e utilização de solventes, alterando sua composição química. Segundo Costa et al., (2008), a presença de hidroxila em sua estrutura química aumenta sua densidade e viscosidade em comparação a outros óleos. A versatilidade do ácido ricinoléico permite a utilização do óleo na indústria farmacêutica e cosmética para fabricação de lubrificantes, tintas, sabões e na produção do biodiesel (Costa & Ramos, 2004; Chechetto et al., 2010; Zuchi et al., 2010).

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ABO EL-NOR, S.; ABUGHAZALEH, A.A.; POTU, R.B. et al. Effects of differing levels of glycerol on rumen fermentation and bacteria. **Animal feed Science and Technology**, v.162, n.3, p.99-105, 2010.
- ABRAHÃO, J.J.S.; PRADO, I.N.; PEROTTO, D. et al. Características de carcaças e da carne de tourinhos submetidos a dietas com diferentes níveis de substituição do milho por resíduo úmido da extração da fécula de mandioca. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.34, p.1640-1650, 2005.
- ABUGHAZALEH, A.A.; EL-NOR, S.A.E IBRAHIM, S.A. The effect of replacing corn with glycerol on ruminal bacteria in continuous culture fermenters. **Journal of Animal Physiology and Animal Nutrition**, v.95, n.3, p.313-319, 2011.
- AJANOVIC, A. Biofuels versus food production: Does biofuels production increase food prices? **Energy**, v.36, n.4, p.2070-2076, 2011.
- ANP – Agência Nacional de Petróleo. [2011] **Anuário Estatístico Brasileiro do Petróleo, Gás Natural e Biocombustíveis**. Disponível em: <<http://www.anp.gov.br/?pg=57890>> Acesso em: 03 de fevereiro 2012.
- ANP – Agência Nacional do Petróleo. [2005] **Gás Natural e Biocombustíveis. Lei Nº11.097, de 13 de janeiro de 2005: Dispõe sobre a introdução do biodiesel na matriz energética brasileira (adição de 2% ao Diesel em 3 anos, passando a 5% em 8 anos)**. Disponível em <<http://www.anp.gov.br/?id=478>> Acesso em 19 de março 2012.
- ANP – Agência Nacional do Petróleo. [2011] **Gás Natural e Biocombustíveis. Produção de Biodiesel – Metros Cúbicos**. Disponível em <<http://www.anp.gov.br/?id=472>> Acesso em 25 março 2012.
- ANUALPEC. Anuário da pecuária brasileira. São Paulo: O Estado de São Paulo, 359p. 2012.
- ARBOITTE, M.Z.; RESTLE, J.; ALVES FILHO, D.C. et al. Composição física da carcaça, qualidade da carne e conteúdo de colesterol no músculo *Longissimus dorsi* de novilhos 5/8 Nelore – 3/8 Charolês terminados em confinamento e abatidos em diferentes estádios de maturidade. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.33, n.4, p.959-968, 2004.
- BANDEIRA, D.S.; CARTAXO, W.V.; SEVERINO, L.S. et al. Resíduo industrial da mamona como fonte alternativa na alimentação animal. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE MAMONA, 1., 2004, Campina Grande. **Energia e sustentabilidade**: anais. Campina Grande: Embrapa Algodão, 2004.
- BENCHAAR, C.; GREATHEAD, H. Essential oils and opportunities to mitigate enteric methane emissions from ruminants. **Animal Feed Science and Technology**, v.166–167, p.338–355, 2011.
- BENCHAAR, C.H.V; PETIT, R; BERTHIAUME, T.D. et al. Effects of addition of essential oils and monensin premix on digestion, ruminal fermentation, milk production, and milk composition in dairy cows. **Journal of Dairy Science**, v.89, p.4352–4364, 2006.
- BOUSQUET, J.; BOUSQUET, P.J.; GODARD, P. Daures JP. **Bulletin of the World Health Organization**, v.79, p.971-979, 2005.
- BRISSON, D.; VOHL, M.C.; ST-PIERRE, J. et al. Glycerol: a neglected variable in metabolic process. **Bio Essays**, v. 23, n. 6, p.534-542, 2011.
- BURT, S. Essential oils: their antibacterial properties and potential applications in foods: a review. **International Journal of Food Microbiology**, v.94, n.3, p.223-253, 2004.

- CALO, E.; MAFFEZZOLI, A.; MELE, G. et al. Synthesis of a novel cardanol-based benzoxazine monomer and environmentally sustainable production of polymers and biocomposites. **Green Chemistry**, v.9, p.754, 2007.
- CALSAMIGLIA, S.; BUSQUET, M.; CARDOZO, P.W.; et al. Invited review: Essential oils as modifiers of rumen microbial fermentation. **Journal of Dairy Science**, v.90, p.2580-2595, 2007.
- CARSON, C. F.; MEE, B. J.; RILEY, T. V. Mechanism of action of *Melaleuca alternifolia* (tea tree) oil on *Staphylococcus aureus* determined by time-kill, lysis, leakage and salt tolerance assays and electron microscopy. **Antimicrobial Agents and Chemotherapy**, v.46, p.1914-1920, 2002.
- CHECHETTO, R.G.; SIQUEIRA, R.; GAMERO, C.A. Balanço energético para produção de biodiesel pela cultura da mamona (*Ricinus communis* L.). **Revista Ciência Agrônômica**, v.41, n.4, p.546-553, 2010.
- COSTA, H.M.; RAMOS, V.D.; ABRANTES, T.A.S.A. et al. **Polímeros: Ciência e Tecnologia**, v.14, n.1, p.46-50, 2004.
- COSTA, T.L.; MARTINS, M.E.D.; BELTRÃO, N.E.M. et al. Características do óleo de mamona da Cultivar BRS-188 Paraguaçu. **Pesquisa Aplicada & Agrotecnologia**, v.1, n.1, p.93-99, 2008.
- COSTENARO, H.S. **Hidrólise ácida e retirada de sais da glicerina bruta proveniente da produção de biodiesel**. 2009. 135f. Dissertação. (Mestrado em Engenharia Química). Universidade de São Paulo, São Paulo.
- DEFRAIN, J.M.; HIPPEL, A.R.; KALSCHUR, K.F. et al. Feeding glycerol to transition dairy cows: effects on blood metabolites and lactation performance. **Journal of Dairy Science**, v.87, n.12, p.4195-4206, 2004.
- DEVIDE, A.C.P.; CASTRO, C.M.; SANTOS, R.D.F. et al. Plantio direto de mamona IAC 80 com culturas alimentares. **Ciência e Agrotecnologia**, v.34, n.3, p.653-659, 2010.
- DEWULF, J.; CATRY, B.; TIMMERMAN, T. et al. Tetracycline-resistance in lactose-positive enteric coliforms originating from Belgian fattening pigs: degree of resistance, multiple resistance and risk factors. **Preventive Veterinary Medicine**, v.78, p.339-351, 2007.
- DIAN, P.H.M.; PRADO, I.N.; VALERO, M.V. et al. Levels of replacing corn by cassava starch on performance and carcass characteristics of bulls finished in feedlot. **Semina: Ciências Agrárias**, v.31, n.2, p.497-506, 2010.
- DONKIN, S.S. Glycerol from Biodiesel Production: The New Corn for Dairy Cattle **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.37, suplemento especial, p.280-286, 2008.
- DOPPENBERG, J.; VAN DER A.A.R.P. The nutrition value of biodiesel by-products (Part2: Glycerine). **Feed Business Asia**, p.42-43, 2007.
- DUCATTI, T.; PRADO, I.N.; ROTTA, P.P. et al. Chemical composition and fatty acid profile in crossbred (*Bos taurus* vs. *Bos indicus*) young bulls finished in feedlot. **Asian Australasian Journal of Animal Science**, v.22, p.433-439, 2009.
- FAPRI – Food and Agricultural Policy Research Institute. **FAPRI World Agricultural Outlook Database**. Disponível em: <<http://www.fapri.iastate.edu/tools/outlook.aspx>> Acesso em 19 de março 2012.
- FAPRI - Food and Agricultural Policy Research Institute. World Biofuels: **FAPRI-ISU 2011 Agricultural Outlook**. Ames, Iowa: FAPRI, 2011. Disponível em: <http://www.fapri.iastate.edu/outlook/2011/tables/5_biofuels.pdf> Acesso em: 19 de fevereiro de 2012.

- FARIAS, M.S.; SILVA, R.R; ZAWADZKI, F. et al. Glycerin levels for crossbred heifers supplemented in pasture: intake behavior. **Acta Scientiarum**, v.34, n.1, p.63-69, 2012.
- FATURI, C.; RESTLE, J.; PASCOAL, L.L. et al. Avaliação econômica de dietas com diferentes níveis de substituição do grão de sorgo por grão de aveia preta para terminação de novilhos em confinamento. **Ciência Rural**, v.33, n.5, p.937-942, 2003.
- FERRARI, R.A.; OLIVEIRA, V.S.; SCABIO, A. Biodiesel de soja: Taxa de conversão em ésteres etílicos, caracterização físico-química e consumo em gerador de energia. **Química Nova**, v.28, n.1, p.19-23, 2005.
- FERRARO, S.M.; MENDOZA, G.D.; MIRAANDA, L. et al. In vitro gas production and ruminal fermentation of glycerol, propylene glycol and molasses. **Animal Feed Science and Technology**, v.154, p.112-118, 2009.
- FDA US - Food and Drug Administration. [2010] **Food additives permitted in feed and drinking water of animals. Methyl esters of higher fatty acids**. Disponível em:
<<http://www.accessdata.fda.gov/scripts/cdrh/cfdocs/cfCFR/CFRSearch.cfm?fr=172.225&SearchTerm=fatty%20acids>>Acessoem: 04 de março 2012.
- FREIBURGHHAUS, F.; KAMINSKY, R; NKUNYA, M.H.H. et al. Evaluation of African medicinal trypanocidal activity. **Journal of Ethnopharmacology**, v.55, p.11, 1996.
- GAILLARD, Y.; PEPIN, G. Poisoning by plant material: review of human cases and analytical determination of main toxins by higher-performance liquid chromatography- (tandem) mass spectrometry. **Journal of Chromatography B**, v.733, p.181-229, 1999.
- GRAS – Generally Recognized as Safe. Glycerin, substances Generally Recognized as Safe. 21 CFR Part 182 FDA U.S. Food and Drug Administration <<http://www.fda.gov/Food/FoodIngredientsPackaging/GenerallyRecognizedasSafeGRAS/default.htm>>Acessoem: 10 de março de 2012.
- GUNN, P.J.; NEARY, M.K.; LEMENAGER, R.P. et al. Effects of crude glycerin on performance and carcass characteristics of finishing wether lambs. **Journal Animal Science**, v.88, p.1771-1776, 2010.
- GUZMÁN-BLANCO, M.; CASELLAS, J.M.; SADER, H.S. Bacterial resistance to antimicrobial agents in Latin America. **Infectious Disease Clinical North America**, v.14, p.67-81, 2000.
- HIPPEN, A., DEFRAIN, J.M.; LINKE, P.L. et al. Glycerol and Other Energy Sources for Metabolism and Production of Transition Dairy Cows. In: FLORIDA RUMINANT NUTRITION SYMPOSIUM – Best Western Gateway Grand Gainesville, Flórida, 2008.
- ILSE, B.R.; ANSERSON, V.L.; JESKE et al. Effect of Glycerol Level in Feedlot Diets on Animal Performance and Carcass Traits. **Beef Feedlot Research Report** – North Dakota State University, vol.33, p.24-29, 2009.
- INDURAIN, G.; CARR, T.R.; GOÑI, M.V. et al. The relationship of carcass measurements to carcass composition and intramuscular fat in Spanish beef. **Meat Science**, v.82, n.2 p. 155-161, 2009.
- IPHARRAGUERRE, I.R.; CLARK, J.H. Usefulness of ionophores for lactating dairy cows: A review. **Animal Feed Science and Technology**, v.106, p.39-57, 2003.
- JENSEN, M. D.; CHANDRAMOLULI, V.; SCHUMANN, W. C. et al. Sources of blood glycerol during fasting. **Animal Journal of Physiology-Endocrinology and Metabolic**, v. 281, n. 5, p. 998-1004, 2001.

- JIMÉNEZ-COLMENERO, F.; CARBALLO, J.; COFRADES, S. Healthier meat and meat products: Their role as functional foods. **Meat Science**, v.59, p.5–13, 2001.
- KIJORA, C., BERGNER, H.; KUPSCH, R.-D. et al. Glycerol as feed component in diets of fattening pigs. **Archives of Animal Nutrition**, v.47, p.345-360, 1995.
- KING, S.R.; TEMPESTA, M.S. From chaman to human clinical trials: the role of industry in ethnobotany, conservation and community reciprocity. **Ciba Foundation Symposies**, v.185, p.197-206, 1994.
- KOHLERT, C.; VAN RENSEN, I.; MARZ, R. Bioavailability and pharmokinetics of natural volatile terpenes in animal and humans. **Planta Médica**, v.66, p.495-505, 2000.
- KUBO, I.; MASUOKA, N.; HA, J.T. et al. Antioxidant activity of anacardic acids. **Food Chemistry**, v.99, p.555-562, 2006.
- KUBO, I.; NIIHEI, K.; TSUJIMOTO, K. Antibacterial action of anacardic acids against methicillin resistant *Staphylococcus Aureus* (MRSA). **Journal of Agricultural Food Chemistry**, v.51, p.7624-7628, 2003.
- LAGE, J.F.; PAULINO, P.V.R.; PEREIRA, L.G.R. et al. Glicerina bruta na dieta de cordeiros terminados em confinamento. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v.45, n.9, p.1012-1020, 2010.
- LAMMERS, P.J.; KERR, B.J.; WEBER, T.E. et al. Digestible and metabolizable energy of crude glycerol for growing pigs. **Journal of Animal Science**, v.86, p.602-608, 2008a.
- LAMMERS, P.J.; KERR, B.J.; HONEYRNAN, M.S. et al. Nitrogen corrected apparent metabolizable energy value of crude glycerol for laying hens. **Poultry Science**, v.87, p.104-107, 2008c.
- LUBI, M.C.; THACHIL, E.T. Cashew nut shell liquid (CNSL) – a versatile monmer for polymer synthesis. **Monomers and polymers**, v.3, n.2, p.123-153, 2000.
- MACH, N.; BACH, A.; DEVANT, M. Effects of crude glycerin supplementation on performance and meat quality of Holstein bulls fed high-concentrate diets. **Journal of Animal Science**, v.87, p.632-638, 2009.
- MACHADO, P.F.; MADEIRA, H.M.F. Manipulação de nutrientes em nível de rúmen efeitos do uso de ionóforos. In: Novas tecnologias de produção animal, **Sociedade Brasileira de Zootecnia**, Campinas/SP, p.41-58, 1990.
- MAENZ, D.D.; AND FORSYTH, G.W. Ricinoleate and deoxycholate are calcium ionophores in jejunal brush border vesicles. **Journal Membrane Biology**, v.70, p.12-133, 2005.
- MAGGIONI, D.; MARQUES, J.A.; PEROTTO, D. et al. Bermuda grass hay or sorghum silage with or without yeast addition on performance and carcass characteristics of crossbred young bulls finished in feedlot. **AsianAustralasian Journal of Animal Science**, v.22, n.2, p.206-215, 2009.
- MARINO, M.; BERSANI, C.; COMI, G. Impedance measurements to study the antimicrobial activity of essential oils from *Lamiacea* and *Compositae*. **International Journal of Food Microbiology**, v.67, p.187– 195, 2001.
- MARQUES, J.A.; MAGGIONI, D.; SILVA, R.E. et al. Partial replacement of corn by cassava starch byproduct on performance and carcass characteristics of feedlot heifers. **Archivos latinoamericanos de produccion animal**, v.13, p.103-108, 2005.
- MAZZETO, S. E.; LOMONACO, D., Óleo da castanha de caju: oportunidades e desafios no contexto do desenvolvimento e sustentabilidade industrial. **Química Nova**, v.32, n.3, p.732, 2009.
- MELLOR, S. Alternatives to antibiotic. **Pig Progress**, v. 16, n. 2, p. 18-21, 2000.

- MEYER, J.J.M.; AFOLAYAN, A.J.; TAYLOR, M.B. et al. Antiviral activity of galangin from the aerial parts of *Helichrysum aureonitens*. **Journal of Ethnofarmacology**, v.56, p.165-169, 1997.
- MOREIRA, F.B.; PRADO, I.N.; CECATO, U. et al. Suplementação com Sal Mineral Proteinado para Bovinos de Corte, em Crescimento e Terminação, Mantidos em Pastagem de Grama Estrela Roxa (*Cynodon plectostachyus Pilger*), no Inverno. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.32, n.2, p.449-455, 2003.
- MOREIRA, F.B.; PRADO, I.N.; CECATO, U. et al. Níveis de suplementação com sal mineral proteinado para novilhos Nelore terminados em pastagem no período de baixa produção forrageira. **Revista Brasileira de Zootecnia**, Viçosa, v.33, n.6, p.1814-1821, 2004.
- MOREIRA, F.B.; MIZUBUTI, I.Y.; PRADO, I.N. et al. Níveis de uréia em suplementos protéicos para novilhos mantidos em pastagem de capim Mombaça no inverno. **Acta Scientiarum Animal Science**, v.28, n.1, p.63-71, 2006.
- MOTA, C.J.A., da SILVA C.X.A., GONÇASLVES, V.L.L. Glicerolquímica: Novos produtos e processos a partir da glicerina de produção de biodiesel. **Química Nova**, v.32, p.639-648, 2009.
- MORRISON, L.R. Glycerol. In: **Encyclopedia of Chemical Technology**. New York: Wiley, p. 921-932, 1994.
- OGUNNIYI, D.S. Castor oil: A vital industrial raw material. **Bioresource Technology**, v.97, p.1086-1091, 2006.
- OLIVEIRA, A.S.; OLIVEIRA, M.R.C.; CAMPOS, J.M.S. et al. In vitro ruminal degradation of ricin and its effect on microbial growth. **Animal Feed Science and Technology**, v.157, p.41-54, 2010b.
- OLIVEIRA, M.S.C.; MORAIS, S.M.; MAGALHÃES, D.V. et al. Antioxidant, larvicidal and antiacetyl cholinesterase activities of cashew nut shell liquid constituents. **ActaTropica**, v.117, p.165-170, 2011.
- PEROTTO, D.; ABRAHÃO, J.J.S.; MOLETTA, J.L. Características Quantitativas de Carcaça de Bovinos Zebu e de Cruzamentos *Bos taurus* x *Zebu*. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.29, p.2019-2029, 2000. Suplemento 1.
- PRADO, I.N.; ROTTA, P.P.; PRADO, R.M. et al. Carcass characteristics and chemical composition of the *Longissimus* muscle of Purunã and ½ Puruna vs. ½ Canchin bulls. **Asian Australasian Journal of Animal Science**, v.21, p.1296-1302, 2008a.
- PRADO, I.N.; ARICETTI, J.A.; ROTTA, P.P. et al. Carcass characteristics, chemical composition and fatty acid profile of the *Longissimus* muscle of Bulls (*Bos taurus indicus* vs. *Bos taurus taurus*) finished in pasture systems. **Asian Australasian Journal of Animal Science**, v.21, p.1449-1457, 2008b.
- PRADO, I.N.; ITO, R.H.; PRADO, J.M. et al. The influence of dietary soyabean and linseed on the chemical composition and fatty acid profile of the *Longissimus* muscle of feedlot-finished bulls. **Journal of Animal and Feed Science**, v.17, p.307-317, 2008c.
- PRADO, I.N.; MOREIRA, F.B.; CECATO, U. et al. Desempenho de bovinos em crescimento e terminação mantidos em pastagem durante o verão e suplementados com sal proteinado. **Acta Scientiarum**, v.24, n.4, p.1059-1064, 2002.
- RASOOLI, I.; ABYANEH, M.R. Inhibitory effects of Thyme oils on growth and aflatoxin production by *Aspergillus parasiticus*. **Food Control**, v.15, p.479-483, 2004.
- RAY, K.A.; WARNICK, L.D.; MITCHELL, R.M. et al. Prevalence of antimicrobial resistance among *Salmonella* on Midwest and northeast USA dairy farms. **Preventive Veterinary Medicine**, n.79, p.204-223, 2007.

- REGULAMENTO (CE) N°.1831/2003 DO PARLAMENTO EUROPEU E DO CONSELHO de 22 de setembro de 2003 relativo aos aditivos destinados à alimentação animal Jornal Oficial da União Europeia L 268/29, 18.10.2003.
- RESTLE, J.; ALVES FILHO, D.C.; FATURI, C. et al. Desempenho da fase de crescimento de machos bovinos inteiros ou castrados de diferentes grupos genéticos. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.29, p.1036-1043, 2000.
- RESTLE, J., VAZ, F.N. Confinamento de bovinos definidos e cruzados. In: LOBATO, J.F.P., BARCELLOS, J.O.J., KESSLER, A.M. (Eds.). **Produção de bovinos de corte**. Porto Alegre: EDIPUCRS. p.141-168, 1999.
- ROBERFROID, M.B. Concepts and strategy of functional food science: the European perspective. **American Journal of Clinical Nutrition**, Bethesda, v.71, supl.6, p.1660-1664, 2000.
- ROTTA, P.P.; PRADO, I.N.; PRADO, R.M. et al. Carcass characteristics and chemical composition of the Longissimus muscle of Nelore, Caracu and Holstein-Friesian bulls finished in feedlot. **Asian Australasian Journal of Animal Science**, Seoul, v.22, n.4, p.598-604, 2009a.
- ROTTA, P.P.; PRADO, R.M.; PRADO, I.N. et al. The effects of genetic groups, nutrition, finishing systems and gender of Brazilian cattle on carcass characteristics and beef composition and appearance: a review. **Asian Australasian Journal of Animal Science**, Seoul, v.22, n.2, p.1718-1734, 2009b.
- RUSSELL, J.B.; HOULIHAN, A.J. Ionophore resistance of ruminal bacteria and its potential impact on human health. **FEMS Microbiology Reviews**, Amsterdam, v.27, p.65-74, 2003.
- SILVA, R.R.; PRADO, I.N.; CARVALHO, G.G.P. et al. Níveis de suplementação na terminação de novilhos Nelore em pastagens: aspectos econômicos. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.39, n.9, p.2091-2097, 2010.
- SKRZYDLEWSKA, E. Toxicological and metabolic consequences of methanol poisoning. **Toxicology Mechanisms Methods**, v.13, p.277-293, 2003.
- STERN, J.L.; HAGERMAN, A.E.; STEINBERG, P.D. et al. Phlorotannin in protein interactions. **Journal of Chemical Ecology**, v.22, p.1887-1899, 1996.
- THOMPSON J. C.; HE B. B. Characterization of crude glycerol from biodiesel production from multiple feedstocks. **Applied Engineering in Agriculture**, v. 22, n. 2, p. 261-265, 2006.
- TREVISAN, M.T.S.; PFUNDSTEIN, B.; HAUBNER, R. et al. Characterization of alkyl phenols in cashew (*Anacardium occidentale*) products and assay of their antioxidant capacity. **Food and Chemical Toxicology**, n.44, p.188-197, 2006.
- VELUTTI, A.; SANCHIS, V.; RAMOS, A.J. et al. Inhibitory effect of cinnamon, clove, lemongrass, oregano and palmarose essential oils on growth and fumonisin B1 production by *Fusarium proliferatum* in maize grain. **International Journal of Food Microbiology**, v.89, p.145-154, 2003.
- VISSER, E.M.; FILHO OLIVEIRA, D.; MARTINS, M.A. et al. Bioethanol production potential from Brazilian biodiesel co-products. **Biomass and Bioenergy**, v.35, p.489-494, 2011.
- WANG, C.; LIU, Q.; HUO, W.J. et al. Effects of glycerol on rumen fermentation, urinary excretion of purine derivatives and feed digestibility in steers. **Livestock Science**, v.121, p.15-20, 2009.
- WEDEKIN, V.S.P.; BUENO, C.R.F.; AMARAL, A.M.P. Análise econômica do confinamento de bovinos. **Informações econômicas**, v.24, n.9, p.123-131, 1994.
- WEIS, E. A. **Oilseed crops**. London: Longman, p.659, 1983.

- ZHANG, H.; KONG, B; XIONG, Y.L.; SUN, X. Antimicrobial activities of spice extracts against pathogenic and spoilage bacteria in modified atmosphere packaged fresh pork and vacuum packaged ham slices stored at 4° C. **Meat Science**, v.81, n.4, p.686-692, 2009.
- ZHANG, Y. & LEWIS, K. Fabaatins: New antimicrobial plant peptides. **FEMS Microbiological Letters**, v.149, p.59-64, 1997.
- ZUCHI, J.; BEVILAQUA, G.A.P.; ZANUNCIO, J.C. et al. Características agronômicas de cultivares de mamona em função do local de cultivo e da época de semeadura no Rio Grande do Sul. **Ciência Rural**, v.40, n. 3, p.501-506, 2010.

II. OBJETIVOS GERAIS

Avaliar a substituição parcial do milho pela glicerina (15% da MS da dieta total) e a adição de óleos funcionais à base de óleos de mamona e caju (OligoBasics - Essential[®]) sobre o desempenho animal, ingestão de alimentos, digestibilidade aparente total, com uso de três diferentes indicadores (LIPE[®], MSi e FDNi) e comportamento ingestivo de bovinos Nelores terminados em confinamento.

III. GLICERINA E ÓLEOS FUNCIONAIS EM DIETAS DE BOVINOS EM CONFINAMENTO SOBRE O DESEMPENHO ANIMAL

Resumo: Este trabalho foi realizado com o objetivo de avaliar a substituição parcial do milho (15% da MS da dieta total) pela glicerina e adição de óleos funcionais de caju e de mamona sobre o desempenho animal, ingestão de alimentos e digestibilidade aparente total de bovinos Nelores em confinamento. Foram utilizados 30 bovinos, não castrados, com 24 ± 2 meses de idade, com peso médio de 400 ± 34 kg. Os animais foram distribuídos em um delineamento inteiramente casualizado (10 animais por tratamento) e alojados em baias coletivas. As dietas foram: Controle – CON; Glicerina – GLI e Glicerina + óleos funcionais – GOF. A substituição parcial do milho pela glicerina e a adição de óleos funcionais às dietas não influenciaram o desempenho animal, conversão alimentar da matéria seca e ingestão de alimentos, exceto para a ingestão do extrato etéreo que foi superior para os animais alimentados com a dieta controle. Não houve diferença entre os indicadores lignina purificada, isolada e enriquecida (LIPE[®]), matéria seca indigestível (MSi) e fibra em detergente neutro indigestível (FDNi) para a digestibilidade aparente total da matéria seca e dos demais nutrientes. A substituição parcial do milho pela glicerina não teve efeito sobre a digestibilidade aparente total da proteína bruta e do extrato etéreo, todavia gerou um aumento da digestibilidade aparente total da matéria seca, matéria orgânica e dos nutrientes digestíveis totais e uma redução da digestibilidade dos componentes fibrosos e não fibrosos das dietas.

Palavras chave: Biodiesel, co-produto, extratos vegetais, indicadores, ruminantes

III. GLYCERIN AND FUNCTIONAL OILS IN DIETS FOR BULLS IN FEED LOT ON ANIMAL PERFORMANCE

Abstract: This work was carried out to evaluate the partial replacement of corn (15% of dry matter in the total diet) for glycerin and the addition of cashew and castor functional oils on animal performance, feed intake and total apparent digestibility of Nellore bulls in feedlot. Thirty bulls with 24 ± 2 months old and 400 ± 34 kg live weight were used. The bulls were distributed in a completely randomized design with 10 animals per treatment kept in pens. The experimental diets were: Control – CON; Glycerin – GLI and Glycerin + functional oils – GOF. The partial substitution of corn for glycerin and the addition of functional oils to the diets did not affect animal performance, feed dry matter intake and food intake except for ether extract which was higher for the animals fed the control diet. There was no difference among the purified, isolated and enriched lignin (LIPE[®]) markers, indigestible dry matter (iDM) and indigestible neutral detergent fiber (iNDF) in relation to apparent digestibility of dry matter and other nutrients. The partial substitution of corn by glycerin did not affect the total apparent digestibility of crude protein and ether extract, however it generated an increase in the apparent digestibility of dry matter, organic matter and total digestible nutrients and a reduction in the digestibility of fibrous and non-fiber components of the diets.

Keywords: Biodiesel, co-product, markers, plant extracts, ruminant

1. Introdução

O Brasil está entre os maiores produtores e exportadores de carne bovina do mundo (FAPRI, 2013), mas apresenta baixa produtividade e qualidade da carne, principalmente, dos animais terminados em pastagens (Moreira et al., 2003; Aricetti et al., 2008). Assim, observa-se a necessidade de investimentos em tecnologias que promovam a produção de carne de forma econômica e com qualidade para manter e conquistar novos mercados. O confinamento é uma alternativa para melhorar os índices de produtividade, pois reduz a idade de abate e melhora a qualidade da carne. No entanto, o sistema intensivo de produção de carne bovina, com animais terminados em semi confinamento ou confinamento apresentam maior custo de produção (Silva et al., 2010) em função da necessidade de se aumentar a densidade energética, o nível de proteína e a adição de ionóforos, aditivos ou antioxidantes às dietas (Beyreuther et al., 2002; Zawadzki et al., 2011).

A fonte convencional de energia usada na dieta de bovinos terminados em confinamento ou suplementados a pasto é o milho. No entanto, o mesmo é valorizado uma vez que é utilizado na alimentação humana e de animais monogástricos. Desta forma, outras fontes de energia são estudadas para serem utilizadas em substituição ao milho na alimentação de ruminantes. Porém, a escolha de fontes alternativas de energia na dieta destes animais depende da disponibilidade e preço. A glicerina, por apresentar alta densidade energética, está sendo utilizada na alimentação dos ruminantes em substituição ao milho (Biesalski, 1989; Muehlmann et al., 1997; Calsamiglia et al., 2007; Ruiz-Capillas et al., 2012). Sua utilização para este fim teve um crescimento nos últimos anos, com a expansão das plantas industriais do biodiesel e o excedente de glicerina no mercado (Biesalski & Nohr, 2004). Há estudos cujos resultados indicam a possibilidade de uso deste co-produto como fonte de energia na dieta animal, pois possui em torno de 4.320 kcal de energia bruta por kg para o glicerol puro (Kijora et al., 1998).

Por outro lado, para maximizar a produção animal e assegurar que os nutrientes sejam ingeridos, digeridos, protegidos da degradação microbiana, absorvidos e transportados às células do organismo, são incluídos na dieta aditivos, na sua maioria, não nutritivos, com a finalidade de melhorar a eficiência alimentar (Russell & Strobel, 1989; Russell & Wallace, 1997). Todavia, a utilização indiscriminada de antibióticos e promotores de crescimento na alimentação animal tem preocupado a saúde pública por

causar o aparecimento de populações bacterianas resistentes, levando ao desequilíbrio na simbiose entre microrganismos patogênicos e o animal (Benchaar et al., 2006b).

Deste modo, houve estímulo para a busca de produtos substitutivos como, por exemplo, os a base de extratos vegetais tende a ser a nova alternativa com propósito de substituição dos aditivos sintéticos (Biesalski, 2004). Compostos químicos provenientes de extratos vegetais, isolados ou em sinergia, na nutrição e manejo de ruminantes, tornou-se importante nos últimos anos, apesar dos dados obtidos ainda não serem conclusivos (Benchaar et al., 2006b). Algumas pesquisas demonstram que esses compostos possuem função antimicrobiana (Marino et al., 2001; Burt, 2004) e antifúngicas (Rosooli & Abyaneh). Contudo, poucos são os trabalhos encontrados na literatura que buscam respostas quanto ao uso de óleos funcionais no desempenho produtivo de bovinos.

Este trabalho foi realizado para avaliar a substituição parcial do milho pela glicerina (15% da MS da dieta total) e a inclusão dos óleos funcionais oriundos do caju e da mamona como aditivo alimentar sobre o desempenho animal, ingestão de alimentos e a digestibilidade aparente total de bovinos Nelores em confinamento.

2. Material e Métodos

2.1. Local

Este experimento foi aprovado pelo Departamento de Produção Animal da Universidade Estadual de Maringá (CIOMS/OMS, 1985). Foi conduzido na Estância JAE, localizada no município de Santo Inácio PR, região noroeste do Estado do Paraná. As análises dos alimentos, sobras e fezes foram realizadas no Laboratório de Análises de Alimentos e Nutrição Animal do Departamento de Zootecnia da Universidade Estadual de Maringá e as análises de concentração de LIPE[®] foram realizadas no Laboratório de Nutrição Animal da Escola de Veterinária da Universidade Federal de Minas Gerais.

2.2. Animais, dietas e manejo

Foram utilizados 30 bovinos da raça Nelore, não castrados, com 24 ± 2 meses de idade, pesando em média $400 \text{ kg} \pm 34$. Os animais foram alojados em baias coletivas

(10 animais/baia), as quais continham 200 m² (10 m x 20 m) de área útil, com chão batido, coberta parcialmente por sombreamento natural (árvores) na parte posterior. Cada baia possuía dois comedouros descobertos (3 m lineares cada) e bebedouros com capacidade de 250 litros de água, dispostos a cada duas baias. Os bovinos foram identificados com brincos de plástico, vacinados contra febre aftosa (Aftobov[®] – Merial do Brasil) e vermifugados (Ivermectina[®] – Merial do Brasil) no início do período experimental.

Após a pesagem, os animais foram distribuídos em um delineamento inteiramente casualizado (10 repetições por tratamento). Os tratamentos consistiam em: Controle – CON: silagem de milho e ração controle a base de milho; Glicerina – GLI: silagem de milho e substituição de 15% do milho por glicerina na matéria seca da dieta total; Glicerina + óleos funcionais – GOF: silagem de milho e substituição de 15% do milho por glicerina na matéria seca da dieta total + 3 gramas animal/dia de óleos funcionais a base de mamona e caju.

O produto comercial Essential Oils[®] utilizado para fornecer os óleos funcionais era composto por (9,00%) óleo de rícino ou de mamona (*ácido ricinoléico*) e (36,00%) óleo de caju (*ácido anacárdico, cardol e cardanol*) associado ao veículo vermiculita expandida e foi incorporado ao concentrado no momento de sua produção de acordo com o fabricante. Composição bromatológica das dietas experimentais na Tabela 1.

Tabela 1

Composição bromatológica dos alimentos e das dietas experimentais (%/MS).

Alimentos	MS ¹	MO ²	MM ³	PB ⁴	EE ⁵	FDN ⁶	FDA ⁷	CT ⁸	CNF ⁹	CF ¹⁰	NDT ¹¹
Silagem milho	31,50	95,50	4,41	7,78	2,88	52,40	29,40	84,90	32,46	52,47	56,00
Milho grãos	88,59	98,64	1,36	8,40	4,03	9,63	4,08	86,21	76,80	9,63	90,00
Farelo de soja	89,25	92,76	7,24	47,33	1,13	13,89	9,86	44,30	30,41	13,89	81,54
Glicerina *	88,00	94,50	5,50	1,00	1,00	-	-	-	-	-	90,00
Calcário	99,20	2,67	97,33	-	-	-	-	-	-	-	-
Sal mineral	99,00	2,00	98,00	-	-	-	-	-	-	-	-
Ureia	97,50	-	100,00	282,00	-	-	-	-	-	-	-
Óleos funcionais	98,00	98,00	2,00	-	-	-	-	-	-	-	-
Dieta total	MS	MO	MM	PB	EE	FDN	FDA	CT	CNF	CF	NDT
CON ¹²	46,44	94,60	4,43	11,62	3,12	31,19	17,10	80,12	49,01	31,10	70,44
GLI ¹³	46,42	93,55	5,47	10,73	2,66	29,73	16,52	67,06	53,54	23,52	70,03
GOF ¹⁴	46,43	93,55	5,47	10,73	2,66	29,73	16,52	67,06	53,54	23,52	70,03

¹Matéria Seca, ²Matéria Orgânica, ³Matéria Mineral, ⁴Proteína Bruta, ⁵Extrato Etéreo, ⁶Fibra em Detergente Neutro, ⁷Fibra em Detergente Ácido, ⁸Carboidratos Totais, ⁹Carboidratos Não Fibrosos, ¹⁰Carboidratos Fibrosos, ¹¹Nutrientes Digestíveis Totais, ¹²Controle, ¹³Glicerina, ¹⁴Glicerina + Óleos funcionais. *Análise química fornecida pela indústria de biocombustíveis BIOPAR.

As dietas foram calculadas segundo (NRC, 2000) para atender às exigências nutricionais para ganho de 1,2 kg/dia, com uma razão volumoso:concentrado de 50:50%. A alimentação dos animais *ad libitum* foi dividida em duas refeições diárias (8:30h e 16:30h) de modo a permitir sobras de 5% do fornecido. A composição das dietas está apresentada na Tabela 2.

Tabela 2
Composição percentual das dietas experimentais (%MS).

Alimentos	CON ¹	GLI ²	GOF ³
Silagem de milho	49,91	49,91	49,91
Milho em grãos	40,10	24,62	24,62
Farelo de soja	8,93	8,93	8,93
Glicerina	0,00	15,03	15,03
Calcário	0,50	0,50	0,50
Sal mineral	0,50	0,50	0,50
Ureia	0,10	0,54	0,54
Óleos funcionais	0,00	0,00	0,04
Total	100	100	100

¹Controle, ²Glicerina, ³Glicerina + Óleos funcionais.

A glicerina foi concedida pela empresa BIOPAR localizada no município de Rolândia – PR, classificada como de média pureza, proveniente da extração de óleo vegetal e de gordura animal (Tabela 3), a qual foi pesada diariamente e misturada aos demais alimentos diretamente no comedouro.

Tabela 3
Composição química da glicerina.

Análises	Resultados
Teor de Água*	232,00mg/kg
Teor de Cinzas	4,76 % massa
Glicerol Total	81,20 % massa
Teor de Álcool – Metanol	0,33 % massa
Proteína Bruta	0,12 % massa
Ácidos graxos totais	0,13% massa
Sódio	11634,40 mg/kg
Potássio	79,10 mg/kg
Cálcio	35,80 mg/kg
Magnésio	16,30 mg/kg
Fósforo	239,80 mg/kg

Ensaio físico-químico em Glicerina realizados pelo Instituto de Tecnologia do Paraná – TECPAR, divisão de biocombustíveis, localizada no município de Curitiba-Paraná. *Karl Fischer.

2.3. Coleta de amostras

O trabalho foi realizado em um período de 63 dias, subdividido em três períodos experimentais de 21 dias cada. O período de adaptação às dietas e baias foi de 16 dias.

A quantidade de ração oferecida e das sobras foi registrada diariamente e para cada baia separadamente. As amostras dos alimentos e dos volumosos foram coletadas nos últimos 5 dias de cada período experimental, posteriormente formando amostras compostas por período, com base no peso pré-seco, para determinação da composição química da dieta. Os alimentos concentrados foram amostrados diretamente na fábrica de rações da Universidade Estadual de Maringá, durante a mistura dos concentrados. Ao final do experimento, foi feita uma amostra composta dos alimentos (farelo de soja e milho moído). As amostras foram secas em estufa ventilada (55°C), por 72 horas e moídas em moinho tipo *Willey*, equipado com peneira de malha de 2 mm. Posteriormente, as amostras foram acondicionadas em frascos hermeticamente fechados e identificados para realização das análises no Laboratório de Nutrição Animal da Universidade Estadual de Maringá.

2.4. Desempenho animal e ingestão de alimentos

Ao final de cada período experimental, todos os animais foram pesados após jejum alimentar de sólidos de 12 horas, com objetivo de avaliar o ganho de peso e proporcionar o ajuste da quantidade de alimento fornecido. O ganho médio diário (GMD) foi determinado pela diferença entre o peso vivo inicial (PVI) e o peso vivo final (PVF) dividido pelo período experimental em dias (63 dias). A ingestão individual de matéria seca (IMS) ao dia foi calculada através da ingestão total da baia dividido por 10 (número de animais na baia coletiva), dividido pelo peso vivo individual de cada animal e multiplicado por 100. A conversão alimentar da MS (CAMS) foi calculada em função da ingestão de MS (kg/dia) e do ganho de peso dos animais através da equação: $CAMS = (IMS/GMD)$.

2.5. Digestibilidade aparente total

O coeficiente de digestibilidade aparente da matéria seca e demais nutrientes foi determinado com o auxílio de três indicadores, um externo – lignina purificada, isolada

e enriquecida - LIPE[®], e dois internos - matéria seca indigestível – MSi e fibra em detergente neutro indigestível - FDNi (Zeoula et al., 2002).

Para a estimativa do coeficiente de digestibilidade aparente com utilização do indicador LIPE[®] (Ferreira et al., 2009), no segundo período experimental, foi administrada diariamente 1 cápsula de 500 mg/animal, diretamente na boca dos animais, após contenção em tronco apropriado, antes da primeira alimentação. O fornecimento do indicador externo iniciou-se dois dias antes do início do período de coleta de fezes (5 dias) e durante todo o período de coleta. As fezes foram coletadas diretamente da ampola retal, uma vez por dia, em diferentes horários (6 h, 8 h, 10 h, 12 h e 14 h) durante cinco dias consecutivos; iniciando-se no terceiro dia após o início do seu fornecimento. As amostras coletadas foram imediatamente congeladas a -15°C. Posteriormente essas amostras foram colocadas em bandejas de alumínio, identificadas e levadas para a estufa de ventilação a 55°C. Após 24 horas na estufa, as amostras foram viradas e, após 48 horas, foram quebradas para facilitar a moagem. Ao completar 72 horas, as amostras foram retiradas da estufa e moídas em moinho tipo *Willey*, equipado com peneira de malha de 1mm. Em seguida, as amostras foram compostas, com base no peso pré-seco, por animal.

Para determinação do coeficiente de digestibilidade com uso dos indicadores internos MSi e FDNi, as amostras dos alimentos e das fezes foram coletadas durante 5 dias no segundo período experimental, em seguida, foram secas e moídas, assim como as amostras utilizadas para a determinação da concentração do indicador LIPE[®]. Após, foram acondicionadas em saquinhos ANKOM (obtidos na empresa fabricante do sistema ANKOM) previamente pesados, utilizando-se três repetições por cada amostra, sendo acondicionados nestes saquinhos seguindo uma relação de 20 mg de MS por centímetro quadrado de superfície (Nocek, 1988). Posteriormente, os saquinhos foram incubados por 240 horas (Detmann et al., 2001) no rúmen de uma vaca mestiça (Holandês x Zebu) alimentada com dieta contendo, com base na MS, 70% de silagem de milho e 30% de concentrado (composto por milho moído, farelo de soja e mistura mineral). Após o período de incubação, os saquinhos foram retirados, lavados com água corrente até o total clareamento desta. Posteriormente os saquinhos foram secos em estufa de ventilação forçada (60°C por 72 horas) e em estufa não ventilada (105°C por 45 minutos), acondicionados em dessecador até atingirem a temperatura ambiente e pesados para a obtenção das taras, determinando-se assim, por diferença entre o peso inicial e o final, o resíduo de MSi.

No equipamento ANKOM, foram introduzidos os saquinhos juntamente com o saquinho controle (vazio), necessário para se efetuar a correção nos cálculos finais. A manipulação do equipamento ANKOM foi realizada conforme recomendação do fabricante, mas caracteriza-se basicamente pela imersão dos materiais contidos nos saquinhos, em solução de FDN, em meio fechado sob aquecimento (100° C) e agitação, por aproximadamente 60 minutos. Após a retirada da solução, os saquinhos foram submetidos a três enxágües com água destilada quente durante cinco minutos cada, quando então foram retirados, escorridos e deixados imersos em acetona por três a cinco minutos. A secagem dos saquinhos foi realizada em estufa de ventilação forçada a 65°C durante 24 horas e logo após, os mesmos foram acondicionados em dessecador até atingirem a temperatura ambiente e pesados para a obtenção das taras, determinando-se, assim, o resíduo de FDNi através da equação:

$$\% \text{ FDN} = \frac{(P_3 - (P_1 \times C_1)) \times 100}{P_2}$$

Em que P₁ = tara do saquinho; P₂ = peso da amostra; P₃ = peso após o processo de extração; e C₁ = correção do saquinho branco (peso final do saquinho após secagem/peso do saquinho original).

A concentração de LIPE[®] nas fezes foi determinada no Laboratório de Nutrição Animal da Escola de Veterinária da Universidade Federal de Minas Gerais, em espectrofotômetro munido com detector Infravermelho FTIV modelo Varian 099-2243, segundo metodologia descrita por Ferreira et al. (2009).

Para a determinação da produção de matéria seca fecal (PMSF) com a utilização dos indicadores internos MSi e FDNi, foi utilizada a seguinte fórmula:

$$\text{PMSF (g/dia)} = \frac{(\text{gramas de indicador ingerido}) \times 100}{(\text{concentração de indicador nas fezes})}$$

Os coeficientes de digestibilidade aparente total de matéria seca (CDMS) e dos nutrientes (CDN) foram determinados pela equação:

$$\text{CDMS} = \frac{(\text{MS ingerida} - \text{MS excretada nas fezes}) \times 100}{(\text{MS ingerida})}$$

$$\text{CDN} = \frac{(\text{nutriente ingerido} - \text{nutriente excretado nas fezes}) \times 100}{(\text{nutriente ingerido})}$$

2.6. Análises químicas

As análises de matéria seca (MS), matéria orgânica (MO), nitrogênio total (NT), extrato etéreo (EE), fibra em detergente neutro (FDN), fibra em detergente ácido (FDA) e cinzas foram realizadas conforme metodologia descrita pela AOAC, (1990). O teor de proteína bruta (PB) foi calculado multiplicando-se o valor obtido na análise de determinação do teor de nitrogênio total pelo fator 6,25. Os teores de carboidratos totais (CT), carboidratos não fibrosos (CNF) e nutrientes digestíveis totais (NDT) foram obtidos pelas equações abaixo, conforme descrito por Sniffen et al. (1992):

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

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

$$NDT = PBD\% + FDND\% + CNFD\% + (EED\% \times 2,25)$$

Em que PBD, FDND, CNFD e EED significam proteína bruta digestível, fibra em detergente neutro digestível, carboidratos não fibrosos digestíveis e extrato etéreo digestível, respectivamente, os quais foram determinados no presente trabalho.

2.7. Análise estatística

Para análise dos dados obtidos no experimento foi utilizado o pacote do (SAS, 2004). Os resultados foram interpretados estatisticamente por meio de análises de variância e as diferenças entre as médias foram comparadas pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade, sendo as variáveis analisadas de acordo com o seguinte modelo: $Y_{ij} = \mu + t_i + e_{ij}$, onde: Y_{ij} = observação do animal j submetido à dieta i ; μ = média dos tratamentos; t_i = efeito da dieta i ; variando de 1 a 3; e_{ij} = erro aleatório associado a cada observação Y_{ij} .

3. Resultados e discussão

3.1. Desempenho animal e ingestão de alimentos

A substituição parcial do milho pela glicerina (15% da MS da dieta total) e a adição de óleos funcionais às dietas de bovinos Nelore em confinamento não influenciaram ($P > 0,05$) o peso vivo final (PVF), ganho médio diário (GMD), ingestão

de matéria seca (kg/dia ou em razão do peso vivo) e a conversão alimentar da matéria seca (CAMS, Tabela 4). Os valores médios destas variáveis foram de 482,2 kg; 1,28 kg/dia; 9,95 kg/dia; 2,25% do peso vivo e 8,20, respectivamente.

Tabela 4
Desempenho de bovinos Nelores em confinamento.

Variáveis	Tratamentos			CV, % ⁴	P>F
	CON ¹	GLI ²	GOF ³		
n	10	10	10		
PVI ⁵ , kg	399,60	399,50	403,80	8,77	0,05
PVF ⁶ , kg	477,20	477,60	491,80	8,74	0,38
GMD ⁷ , kg	1,23	1,23	1,39	25,81	0,78
IMS ⁸ , kg/dia	9,82	9,78	10,25	8,60	0,60
IMS, %/PV	2,24	2,23	2,28	0,78	0,45
IMO ⁹ , kg	9,29	9,15	9,59	8,60	0,76
IPB ¹⁰ , kg	1,14	0,91	0,91	8,61	0,34
IEE ¹¹ , kg	0,30a	0,25b	0,25b	8,75	0,01
IFDN ¹² , kg	3,06	2,91	3,04	8,58	0,3
IFDA ¹³ , kg	1,68	1,61	1,69	8,59	0,86
ICT ¹⁴ , kg	7,87	7,71	8,08	8,55	0,25
ICNF ¹⁵ , kg	4,81	4,80	5,03	8,56	0,31
ICF ¹⁶ , kg	3,06	2,90	3,04	8,51	0,36
INDT ¹⁷ , kg	6,92	6,80	6,86	8,60	0,81
CAMS ¹⁸ , (%)	8,69	8,32	7,60	26,54	0,64

¹Controle, ²Glicerina, ³Glicerina + Óleos Funcionais. ⁴Coefficiente de Variação. ⁵Peso vivo inicial, ⁶Peso vivo final, ⁷Ganho médio diário, ⁸Ingestão de matéria seca, ⁹Ingestão de matéria orgânica, ¹⁰Ingestão de proteína bruta, ¹¹Ingestão de extrato etéreo, ¹²Ingestão de fibra em detergente neutro, ¹³Ingestão de fibra em detergente ácido, ¹⁴Ingestão de carboidratos totais, ¹⁵Ingestão de carboidratos não fibrosos, ¹⁶Ingestão de carboidratos fibrosos, ¹⁷Ingestão de nutrientes digestíveis totais, ¹⁸Conversão alimentar da matéria seca = (kg de MS/kg de GMD) e GMD = Ganho médio diário em confinamento (kg/dia). Médias seguidas de letras diferentes na mesma linha são diferentes (P<0,05).

Como no presente estudo, Schneider (2010) também não observou efeito da adição da glicerina (4, 8, 12 e 16% da MS) sobre o desempenho animal, ingestão de alimentos e eficiência alimentar de bovinos terminados em confinamento e alimentados com dieta com alto teor de concentrado. Ao contrário, Pyatt et al. (2007) relataram que a substituição de 10% do milho pela glicerina (80% de glicerol) melhorou em 11,4% o desempenho de bovinos terminados em confinamento. Aumento no desempenho animal e melhora na eficiência alimentar também foram observados por Mach et al. (2009) e Parsons et al. (2009) com adição de glicerina à dieta de bovinos terminados em confinamento. Por outro lado, Gunn et al. (2010) observaram que a adição acima de 15% de glicerina (88% de glicerol) à dieta de cordeiros reduziu o desempenho animal e alongou o período de confinamento. Inclusão acima deste limite reduziu o desempenho

animal e alongou o período de confinamento. Em trabalho recente, Farias et al. (2012) observaram uma redução linear no desempenho, ingestão de alimentos e eficiência alimentar em novilhas terminadas a pasto em função do aumento dos níveis de glicerina (0; 3; 6,1 e 9,9% da MS) na dieta. Os diferentes resultados na literatura, observados com inclusão de glicerina à dieta de ruminantes, pode ser explicados pela pureza do produto, em função do seu processo de obtenção.

Poucos estudos têm sido publicados sobre o uso de óleos funcionais como aditivo nas dietas de bovino de corte sobre a ingestão de alimentos e eficiência alimentar. Benchaar et al. (2006a) avaliaram o desempenho de animais alimentados com silagem de milho e suplementados com 2 ou 4 gramas/dia de um composto a base de timol, eugenol, vanilina e limoneno não observaram efeito da inclusão de óleos funcionais sobre a ingestão de alimentos e desempenho animal. No entanto, a eficiência alimentar foi melhor para os animais alimentados com 2 gramas/dia do composto de óleos funcionais. Embora pesquisas mostrem que os óleos funcionais tenham propriedades atrativas e palatáveis que influenciam na ingestão dos animais (Cardozo et al., 2006), neste estudo não foram observadas respostas positivas neste sentido. Meyer et al. (2010) trabalhando com bovinos recebendo dietas alto grão à base de milho testaram um produto (Crina Ruminants[®]) composto por vários princípios ativos de inúmeros óleos funcionais, como o timol, eugenol, vanilina, guaiacol e limoleno e com um controle (sem administração de aditivo) não observaram diferença na ingestão de alimentos.

A ingestão do extrato etéreo foi inferior ($P>0,05$) para os bovinos alimentados com as dietas, com substituição parcial do milho pela glicerina, isso pode ser devido aos baixos níveis de extrato etéreo contido na glicerina.

3.2. Uso de diferentes indicadores para estimar a digestibilidade aparente

Para estimar a digestibilidade aparente da MS e demais nutrientes, foram usados três indicadores (LIPE[®], MSi e FDNi, Tabela 5), uma vez que os resultados podem ser influenciados pela sinergia dos alimentos (Berchielli et al., 2000; Zeoula et al., 2000; Ferreira et al., 2009). No presente experimento, o coeficiente de digestibilidade aparente da matéria seca e demais nutrientes foram determinados com a mesma precisão com os três indicadores usados, não apresentando diferença ($P>0,05$) entre eles para as variáveis analisadas (Tabela 5).

Tabela 5

Produção fecal e coeficientes de digestibilidade aparente total (%) da matéria seca (CDMS) e demais nutrientes de bovinos Nelores em confinamento (média dos três tratamentos).

Parâmetros	Indicadores			CV,% ⁴	P>F
	LIPE ¹	MSi ²	FDNi ³		
n	30	30	30		
PF, kg/dia	3,94	3,51	3,77	17,53	0,35
CDMS	61,39	65,74	63,27	9,49	0,28
CDMO	63,75	67,78	65,45	9,20	0,33
CDPB	61,60	65,53	62,99	14,76	0,31
CDEE	69,74	74,99	73,15	10,13	0,88
CDFDN	56,99	59,61	58,00	5,64	0,21
CDCF	52,85	58,62	55,65	9,84	0,20
CDCNF	76,58	79,54	78,06	4,39	0,17
CDCT	57,78	62,57	59,86	10,98	0,78
CDNDT	63,80	64,74	65,22	9,76	0,48

¹Lignina purificada e enriquecida, ²Matéria seca indigestível, ³Fibra em detergente neutro indigestível, ⁴Coefficiente de Variação. Médias seguidas de letras diferentes na mesma linha são diferentes (P<0,05).

O indicador externo LIPE[®] estimou de forma satisfatória a digestibilidade dos nutrientes, que não diferiu (P>0,05) da digestibilidade determinada com a utilização dos dois indicadores internos MSi e FDNi. Da mesma forma, Ferreira et al. (2009) verificaram que não houve diferença para digestibilidade da MS do feno de capim Tifton quando compararam os dados obtidos por meio do LIPE[®] e por coleta total de fezes.

O LIPE[®] tem sido avaliado e considerado um indicador com características relevantes, apresentando resultados acurados em estudos de digestibilidade (Ferreira et al., 2009). A principal vantagem do LIPE[®] é apresentar maior estabilidade durante a passagem pelo trato gastrintestinal do animal, sendo que sua concentração e seu trajeto pouco variam, ademais, mostra-se totalmente recuperável nas fezes. Sua utilização tem sido considerada promissora em diversas espécies como coelhos, ovinos, equinos, suínos, aves e bovinos (Rodrigues et al., 2010). Ferreira et al. (2009), em experimento para avaliação do LIPE[®] com vacas em lactação alimentadas com silagem de milho e 4 kg/dia de concentrado, encontraram valores de produção fecal semelhantes aos obtidos com a coleta total de fezes, método mais utilizado para a determinação da digestibilidade por apresentar valores mais exatos (Araújo et al., 2000).

Por outro lado, Detmann et al. (2001) sugeriram a utilização da matéria seca indigestível como indicador interno, uma vez que os processos digestivos removem quase a totalidade dos compostos solúveis e dos insolúveis potencialmente digestíveis.

Os mesmos autores avaliaram os indicadores internos MSi, FDNi e FDAi encontraram que FDNi e MSi constituíram a melhor alternativa para a determinação indireta da digestibilidade da dieta. Diante do comportamento semelhante dos indicadores MSi e FDNi, ao se optar pelo uso do primeiro, pode-se contar com a vantagem de não necessitar de análises do sistema detergente, o que pode levar à redução de custos e procedimentos laboratoriais. Contudo, segundo Huhtanen et al. (1994), embora a MSi possa produzir resultados satisfatórios, a presença de contaminantes pode comprometer os resultados obtidos. Esses contaminantes ficam aderidos à malha dos tecidos pós-incubação, mesmo após a lavagem até o total clareamento da água. A FDAi demonstrou comportamento variável e os autores salientam que esse resultado poderia ser em decorrência da técnica de análise da FDA, obtida pelo método seqüencial, que possibilitaria o acúmulo de erros.

De acordo com Berchielli et al. (2000), a digestibilidade é influenciada por efeitos associativos, pelo nível de consumo, a taxa de passagem e as interações destes fatores. Os autores relataram ainda que a digestibilidade dos nutrientes, quando incubados durante um tempo insuficiente, principalmente a MSi, é reduzida ao se reduzir o tempo de exposição da amostra à microbiota ruminal, ocasionando a irreal reprodução da fração indigestível das amostras. Tendo em vista que não existe na literatura consenso sobre o tempo de incubação ruminal que permita representar melhor a fração indigestível das amostras, observam-se períodos variáveis, como: 96 (Ruiz et al., 2001), 144 (Freitas et al., 2002; Zeoula et al., 2002), 240 (Clipes et al., 2006) e 288 horas (Huhtanen et al., 1994).

Berchielli et al. (2000) quando avaliaram indicadores internos em ensaios de digestibilidade concluíram que a FDNi, apresentou resultados semelhantes para estimativa da digestibilidade ao ser comparado com a estimativa da digestibilidade pelo método de coleta total de fezes. Da mesma forma Zeoula et al., (2002), verificaram que a recuperação fecal da FDNi não diferiu, proporcionando a obtenção de coeficiente de digestibilidade aparente de MS e de MO semelhante ao da coleta total de fezes.

Diante do exposto, no presente experimento, o indicador que satisfaz de forma abrangente as necessidades para a obtenção da digestibilidade das dietas fornecidas aos animais foi o indicador externo FDNi.

3.3. Efeito dos aditivos sobre a digestibilidade aparente

A tabela 6 apresenta os dados médios dos três indicadores usados para a determinação da digestibilidade aparente das três diferentes dietas, uma vez que não houve diferença entre os mesmos.

Tabela 6

Produção fecal (PF) e coeficientes de digestibilidade aparente total (%) da matéria seca (CDMS) e demais nutrientes em bovinos Nelores em confinamento (média dos três indicadores).

Parâmetros	Tratamentos			CV% ⁴	P>F
	CON ¹	GLI ²	GOF ³		
n	10	10	10		
PF, kg/dia	3,74	3,73	3,72	11,27	0,08
CDMS	61,75b	64,69a	63,20a	4,32	0,01
CDMO	64,91b	65,84a	66,12a	7,49	0,02
CDPB	63,05	64,00	64,98	10,06	0,28
CDEE	72,53	74,07	73,94	9,48	0,08
CDFDN	59,09a	58,00b	58,45ab	3,52	0,04
CDCF	56,34a	55,01b	55,36ab	8,93	0,02
CDCNF	79,02a	77,98b	78,76ab	4,64	0,03
CDCT	61,05a	59,81b	60,83ab	9,75	0,04
CDNDT	62,96b	64,71a	65,02a	7,81	0,01

¹Controle, ²Glicerina, ³Glicerina + Óleos Funcionais. ⁴Coefficiente de Variação. Médias seguidas de letras diferentes na mesma linha são diferentes (P<0,05).

A substituição parcial do milho pela glicerina (15% na MS da dieta total) e a adição de óleos funcionais às dietas de bovinos Nelores confinamento não alteraram (P>0,05) a produção fecal dos animais, assim como as digestibilidades da proteína bruta e do extrato etéreo. Por outro lado, os coeficientes de digestibilidade da matéria seca, da matéria orgânica e dos nutrientes digestíveis totais foram superiores (P<0,05) nas dietas onde houve a substituição do milho pela glicerina.

Os resultados do presente trabalho foram semelhantes aos obtidos por Donkin (2008) que observaram CDMS de 63,10% para inclusão de 15% de glicerina em dietas para vacas leiteiras. Entretanto, os dados observados neste estudo foram inferiores aos obtidos por Parsons et al. (2009) de 84,5% com baixa adição de glicerina (4%) às dietas de novilhas terminadas em confinamento.

Esse maior (P<0,05) coeficiente de digestibilidade da MS, MO e NDT nas dietas, onde houve substituição parcial do milho pela glicerina, pode ser explicado pelo metabolismo do glicerol no rúmen, que se dá de maneira rápida, levando a uma maior digestibilidade de alguns nutrientes da dieta. Trabue et al. (2007) observaram que 80%

da glicerina da dieta desapareceram no rúmen 24 horas após a alimentação. Dados superiores de desaparecimento da glicerina foram observados por Rémond et al. (1993) e Bergner et al. (1995), onde a sua totalidade foi fermentada no rúmen 4 horas após a alimentação. Esses dados mostram que o glicerol tem alta taxa de fermentação no rúmen com aumento dos níveis de ácidos graxos de cadeia curta.

No entanto, alguns trabalhos realizados com diferentes níveis de glicerina na dieta de ruminantes não mostrou efeito sobre a digestibilidade aparente até limite máximo de 10% de inclusão da glicerina (Donkin et al., 2009; Parsons et al., 2009). Níveis superiores a 15% reduziram o coeficiente de digestibilidade aparente de todos os nutrientes da dieta (Lage et al., 2010; Farias et al., 2012; Ramos & Kerley, 2012). Desta forma, o nível máximo de substituição do milho pela glicerina sobre a digestibilidade aparente dos ruminantes estaria entre 10 e 15% da MS da dieta. Todavia, este nível máximo de substituição depende, também, de outros fatores como, por exemplo, a qualidade (pureza) da glicerina (Farias et al., 2011).

Os coeficientes de digestibilidade aparente da FDN, FDA, CT, CF e CNF foram superiores ($P < 0,05$) para os animais da dieta CON quando comparados com os animais da dieta onde houve a substituição parcial do milho (15% na MS da dieta total) pela glicerina GLI. Isto pode ser devido à natureza física da glicerina, por ser um produto viscoso com características adstringentes, no rúmen pode se aderir à superfície dos alimentos, principalmente do volumoso, e dificultar a aderência dos microrganismos nas fibras, reduzindo a sua digestibilidade.

A inclusão de óleos funcionais à dieta não apresentou efeito significativo ($P > 0,05$) no coeficiente de digestibilidade da MS e dos demais nutrientes. De acordo com Benchaar et al (2008) a suplementação de dietas de ruminantes com óleos funcionais pode aumentar a concentração de ácidos graxos de cadeia curta no rúmen o que poderia indicar um aumento na eficiência alimentar em um número limitado de estudos. Todavia, assim como no presente experimento, estudos *in vivo* a adição de óleos funcionais às dietas não apresentou efeito na concentração final e proporção de ácidos graxos ruminal de bovinos e ovinos (Newbold et al., 2004)

4. Conclusão

A glicerina oriunda da produção de biodiesel pode substituir até 15% do milho na MS da dieta total, sem influenciar o desempenho animal, ingestão de alimentos,

conversão alimentar e a digestibilidade aparente total dos nutrientes. Todavia, a adição de óleos funcionais à dieta de bovinos Nelores em confinamento não mostrou efeito sobre as mesmas variáveis. Os indicadores internos MSi e FDNi permitem estimar a produção fecal e a digestibilidade aparente dos nutrientes de maneira semelhante ao indicador externo LIPE[®] em bovinos em confinamento, com vantagem por demandar menor mão de obra e uso de reagentes. A substituição parcial do milho (15% da MS da dieta total) pela glicerina não apresentou efeito sobre a digestibilidade aparente total da proteína bruta e do extrato etéreo das dietas, porém, a dieta onde houve a adição de óleos funcionais se comportou de maneira semelhante à dieta controle para os coeficientes de digestibilidade aparente total dos componentes fibrosos e não fibrosos da dieta. Todavia, o coeficiente de digestibilidade aparente total da matéria seca, matéria orgânica e dos nutrientes digestíveis totais foi superior para os animais que receberam as dietas com substituição parcial do milho pela glicerina.

6. Referências Bibliográficas

- AOAC, 1990. Association of Official Analytical Chemists, Official Methods of Analysis, 14th, Inc., Arlington, VA, U.S.A.
- Araújo, K.V., Lima, J.A.F., Fialho, E.T., Teixeira, J.C., 2000. Comparação da técnica do saco de náilon móvel com o método de coleta total para determinar a digestibilidade dos nutrientes de alimentos volumosos em eqüinos. *Revista Brasileira de Zootecnia* 29, 752-761.
- Aricetti, J.A., Rotta, P.P., Prado, R.M., Perotto, D., Moletta, J.L., Matsushita, M., Prado, I.N., 2008. Carcass characteristics, chemical composition and fatty acid profile of *Longissimus* muscle of bulls and steers finished in a pasture system. *Asian-Australasian Journal of Animal Science* 21, 1441-1448.
- Benchaar, C., Duynisveld, J.L., Charmley, E., 2006a. Effects of monensin and increasing dose levels of a mixture of essential oil compounds on intake, digestion and growth performance of beef cattle. *Canadian Journal of Animal Science* 86, 91-96.
- Benchaar, C., Petit, H.V., Berthiaume, R., Whyte, T.D., Chouinard, P.Y., 2006b. Effects of addition of essential oils and monensin premix on digestion, ruminal fermentation, milk production, and milk composition in dairy cows. *Journal of Dairy Science* 89, 4352-4364.
- Berchielli, T.T., Andrade, P., Furlan, C.L., 2000. Avaliação de indicadores internos em ensaios de digestibilidade. *Revista Brasileira de Zootecnia* 29, 830-833.
- Bergner, H., Kijora, C., Ceresnakova, Z., Szakacs, J., 1995. In vitro studies on glycerol transformation by rumen microorganisms. *Archiv für Tierernaehrung* 48, 245-256.
- Beyreuther, K., Biesalski, H.K., Dingermann, T., Kretschmar, H., Multhaupt, G., Tatzelt, J., Wolfram, G., 2002. Hohenheim Consensus talks on bovine spongiform encephalopathy (BSE). *Hohenheimer konsensusgespräch "BSE"* 27, 304-314.
- Biesalski, H.K., 1989. Comparative assessment of the toxicology of vitamin A and retinoids in man. *Toxicology* 57, 117-161.
- Biesalski, H.K., 2004. Diabetes preventive components in the Mediterranean diet. *European Journal of Nutrition* 43, 26-30.
- Biesalski, H.K., Nohr, D., 2004. New aspects in vitamin A metabolism: The role of retinyl esters as systemic and local sources for retinol in mucous epithelia. *Journal of Nutrition* 134, 3453S-3457S.
- Burt, S., 2004. Essential oils: their antibacterial properties and potential applications in foods—a review. *International Journal of Food Microbiology* 94, 223-253.
- Calsamiglia, S., Busquet, M., Cardozo, P.W., Castillejos, L., Ferret, A., 2007. Invited Review: Essential Oils as Modifiers of Rumen Microbial Fermentation. *Journal of Dairy Science* 90, 2580-2595.
- Cardozo, P., Calsamiglia, S., Ferret, A., Kamel, C., 2006. Effects of alfalfa extract, anise, capsicum, and a mixture of cinnamaldehyde and eugenol on ruminal fermentation and protein degradation in beef heifers fed a high-concentrate diet. *Journal of Animal Science* 84, 2801-2808.
- CIOMS/OMS, 1985. Council for International Organizations of Medical Services, International Guiding Principles for Biomedical Research Involving Animals, WHO Distribution and sales service, 1211 Geneva 27, Switzerland.
- Clipes, R.C., Detmann, E., Silva, J.F.C., Vieira, R.A.M., Nunes, L.B.M., Lista, F.N., Ponciano, N.J., 2006. Evaluation of acid detergent insoluble protein as an estimator

- of rumen non-degradable protein in tropical grass forages. *Arquivo Brasileiro de Medicina Veterinária e Zootecnia* 58, 694-697.
- Detmann, E., Paulino, M.F., Zervoudakis, J.T., Valadares Filho, S.C., Euclides, R.F., Lana, R.P., Queiroz, D.S., 2001. Cromo e indicadores internos na determinação do consumo de novilhos mestiços, suplementados, a pasto. *Revista Brasileira de Zootecnia* 30, 1600-1609.
- Donkin, S.S., 2008. Glycerol from biodiesel production: the new corn for dairy cattle. *Revista Brasileira de Zootecnia* 37, 280-286.
- Donkin, S.S., Koser, S.L., White, H.M., Doane, P.H., Cecava, M.J., 2009. Feeding value of glycerol as a replacement for corn grain in rations fed to lactating dairy cows. *Journal of Dairy Science* 92, 5111-5119.
- FAPRI, 2013. Food and Agricultural Policy Research Institute, In: Database, W.A.O. (Ed.), Food and Agricultural Policy Research Institute.
- Farias, M.S., Prado, I.N., Valero, M.V., Zawadzki, F., Silva, R.R., Eiras, C.E., Rivaroli, D.C., Lima, B.S., 2012. Níveis de glicerina para novilhas suplementadas em pastagens: desempenho, ingestão, eficiência alimentar e digestibilidade. *Semina: Ciências Agrárias* 33, 1177-1188.
- Ferreira, M.A., Valadares Filho, S.C., Inácio, M., Marcondes, M.L.P., Paulino, M.F., Valadares, R.F.D., 2009. Avaliação de indicadores em estudos com ruminantes: digestibilidade. *Revista Brasileira de Zootecnia* 38, 1568-1573.
- Freitas, D., Berchielli, T.T., Silveira, R.N., Soares, J.P.G., Fernandes, J.J.R., Pires, A.V., 2002. Produção fecal e fluxo duodenal de matéria seca e matéria orgânica estimados por meio de indicadores. *Revista Brasileira de Zootecnia* 31, 1521-1530.
- Gunn, P., Neary, M., Lemenager, R., Lake, S., 2010. Effects of crude glycerin on performance and carcass characteristics of finishing wether lambs. *Journal of Animal Science* 88, 1771-1776.
- Huhtanen, P., Kaustell, K., Jaakkola, S., 1994. The use of internal markers to predict total digestibility and duodenal flow of nutrients in cattle given six different diets. *Animal Feed Science and Technology* 48, 211-227.
- Kijora, C., Bergner, H., Götz, K.P., Bartelt, J., Szakacs, J., Sommer, A., 1998. Investigation on the metabolism of glycerol in the rumen of bulls. *Arch Tieremahr* 51, 341-348.
- Lage, J.F., Paulino, P.V.R., Pereira, L.G.R., Valadares Filho, S.C., Oliveira, A.S., Detmann, E., Souza, N.K.P., Lima, J.C.M., 2010. Glicerina bruta na dieta de cordeiros terminados em confinamento. *Pesquisa Agropecuária Brasileira* 45, 1012-1020.
- Mach, N., Bach, A., Devant, M., 2009. Effects of crude glycerin supplementation on performance and meat quality of Holstein bulls fed high-concentrate diets. *Journal of Animal Science* 87, 632-638.
- Marino, M., Bersani, C., Comi, G., 2001. Impedance measurements to study the antimicrobial activity of essential oils from Lamiaceae and Compositae. *International Journal of Food Microbiology* 67, 187-195.
- Meyer, U., Schwabe, A., Dänicke, S., Flachowsky, G., 2010. Effects of by-products from biofuel production on the performance of growing fattening bulls. *Animal Feed Science and Technology* 161, 132-139.
- Moreira, F.B., Prado, I.N., Cecato, U., Wada, F.Y., Nascimento, W.G., Souza, N.E., 2003. Suplementação com sal mineral proteinado para bovinos de corte, em crescimento e terminação, mantidos em pastagem de grama estrela roxa (*Cynodon plectostachyus* Pilger) no inverno. *Revista Brasileira de Zootecnia* 32, 449-455.

- Muehlmann, L.D., Rocha, M.G., Restle, J., 1997. Utilização de pastagens de estação quente com bovinos desmamados precocemente. *Revista Brasileira de Zootecnia* 26, 584-589.
- Nocek, J.E., 1988. In situ and other methods to estimate ruminal protein and energy digestibility: a review. *Journal of Dairy Science* 71, 2051-2069.
- NRC, 2000. *Nutrient Requirements of Beef Cattle*. 7th ed. Natl. Acad. Press, Washington, DC.
- Parsons, G.L., Shelor, M.K., Drouillard, J.S., 2009. Performance and carcass traits of finishing heifers fed crude glycerin. *Journal of Animal Science* 87, 653-657.
- Pyatt, A., Doane, P., Cecava, M., 2007. Effect of crude glycerin in finishing cattle diets. *Journal of Animal Science* 85, 412.
- Ramos, M.H., Kerley, M.S., 2012. Effect of dietary crude glycerol level on ruminal fermentation in continuous culture and growth performance of beef calves. *Journal of Animal Science* 90, 892-899.
- Rasooli, I., Abyaneh, M.R., 2004. Inhibitory effects of Thyme oils on growth and aflatoxin production by *Aspergillus parasiticus*. *Food Control* 15, 479-483.
- Rémond, B., Souday, E., Jouany, J.P., 1993. *In vitro* and *in vivo* fermentation of glycerol by rumen microbes. *Animal Feed Science and Technology* 41, 121-132.
- Rodrigues, P.H.M., Gomes, R.C., Siqueira, R.F., Meyer, P.M., Rodrigues, R.R., 2010. Accuracy, precision and robustness of in vivo dry matter digestibility estimates by different markers in ovine. *Revista Brasileira de Zootecnia* 39, 1118-1126.
- Ruiz-Capillas, C., Pintado, T., Jiménez-Colmenero, F., 2012. Biogenic amine formation in refrigerated fresh sausage "chorizo" keeps in modified atmosphere. *Journal of Food Biochemistry* 36, 449-457.
- Ruiz, R., Van Soest, P.J., Van Amburgh, M.E., Fox, D.G., Robertson, J.B., 2001. Use of chromium mordanted neutral detergent residue as a predictor of fecal output to estimate intake in grazing high producing Holstein cows. *Animal Feed Science and Technology* 89, 155-164.
- Russell, J.B., Strobel, H.J., 1989. Effect of ionophores on ruminal fermentation. *Applied and Environmental Microbiology* 55, 1-6.
- Russell, J.B., Wallace, R.J., 1997. Energy-yielding and energy-consuming reactions. In: *The Rumen Microbial Ecosystem*. Springer.
- SAS, 2004. Institute Inc., SAS/STAT® 9.1 User's Guide. SAS, Cary, NC.
- Schneider, C.J., 2010. Crude glycerin in feedlot cattle diets and as a solvent in Maillard reaction processes intended for manufacturing value-added protein meals, Kansas State University.
- Silva, R.R., Prado, I.N., Carvalho, G.G.P., Júnior, S., Paixão, M.L., Filho, G.A., 2010. Níveis de suplementação na terminação de novilhos Nelores em pastagens: aspectos econômicos. *Revista Brasileira de Zootecnia* 39, 2091-2097.
- Sniffen, C.J., O'Connor, J.D., Van Soest, P.J., Fox, D.G., Russell, J.B., 1992. A net carbohydrate and protein system for evaluating cattle diets: II. Carbohydrate and protein availability. *Journal of Animal Science* 70, 3562-3577.
- Trabue, S., Scoggin, K., Tjandrakusuma, S., Rasmussen, M.A., Reilly, P.J., 2007. Ruminal fermentation of propylene glycol and glycerol. *Journal of Agricultural and Food Chemistry* 55, 7043-7051.
- Zawadzki, F., Prado, I.N., Marques, J.A., Zeoula, L.M., Rotta, P.P., Sestari, B.B., Valero, M.V., Rivaroli, D.C., 2011. Sodium monensin or propolis extract in the diets of feedlot-finished bulls: effects on animal performance and carcass characteristics. *Journal of Animal and Feed Sciences* 20, 16-25.

- Zeoula, L.M., Kassies, M.P., Fregadolli, F.L., Prado, I.N., Caldas Neto, S.F., Dalponte, A.O., 2000. Uso de indicadores na determinação da digestibilidade parcial e total em bovinos. *Acta Scientiarum. Animal Sciences* 22, 771-777.
- Zeoula, L.M., Prado, I.N., Dian, P.H.M., Geron, L.J.V., Caldas Neto, S.F., Maeda, E.M., Pra Peron, P.D., Marques, J.A., Falcão, A.J.S., 2002. Fecal recuperation of internal markers in assay with ruminants. *Revista Brasileira de Zootecnia* 31, 1865-1874.

IV. GLICERINA E ÓLEOS FUNCIONAIS EM DIETAS DE BOVINOS EM CONFINAMENTO SOBRE O COMPORTAMENTO INGESTIVO

Resumo: Este trabalho foi realizado com o objetivo de avaliar a substituição parcial do milho (15% da MS da dieta total) pela glicerina e adição de óleos funcionais de caju e de mamona sobre o comportamento ingestivo de bovinos Nelores em confinamento. Foram utilizados 30 bovinos, não castrados, com 24 ± 2 meses de idade, pesando em média 400 ± 34 kg. Os animais foram distribuídos em um delineamento inteiramente casualizado (10 animais por tratamento) e alojados em baias coletivas. As dietas experimentais foram: Controle – CON; Glicerina – GLI e Glicerina + óleos funcionais – GOF. As escalas de observação não influenciaram a determinação dos tempos de alimentação, ruminação, ócio e o tempo de mastigação total; porém o número de períodos e o tempo por período para tais atividades diferiram entre as escalas. Não houve diferença entre o número de turnos de observações. A inclusão de glicerina às dietas causou uma diminuição no tempo de ruminação e um aumento no tempo de ócio dos animais. O número de período de alimentação e de ócio diferiu entre as dietas, sendo superior para os animais das dietas com substituição parcial do milho pela glicerina, por outro lado a inclusão de glicerina às dietas reduziu o tempo por período de alimentação e de ócio dos bovinos. A inclusão de glicerina e óleos funcionais às dietas gerou uma resposta semelhante aos animais da dieta controle para o número de bolos ruminados por dia, número de mastigações por dia e tempo de mastigação total dos bovinos, sendo superior aos animais da dieta com inclusão de glicerina e óleos funcionais.

Palavras chave: Aditivos, biodiesel, co-produtos, etologia, extratos vegetais, ruminantes

IV. GLYCERIN AND FUNCTIONAL OILS IN THE DIETS FOR BULLS IN FEED LOT ON INGESTIVE BEHAVIOR

Abstract: This study was carried out to evaluate the partial substitution of corn (15% of total diet DM) for glycerin and the addition of cashew and castor functional oils on the ingestive behavior of Nellore bulls in feedlot. Thirty bulls with 24 ± 2 months old and 400 ± 34 kg live weight were used. The bulls were distributed in a completely randomized design (10 bulls per treatment) and housed in collective pens. The experimental diets were: Control – CON; Glycerin – GLI and Glycerin + Functional oils. The scales of observation did not influence the determination of the time spent eating, ruminating and idling and the total number of chews, however the number of periods and the time period for such activities differed among the scales. There was no difference among the number of observation shifts. The inclusion of glycerin to diets caused a decrease in the ruminating time and an increase in the idling time of the animals. The number of feeding and idle periods differed among diets, being higher for the animals fed with diets with partial substitution of corn for glycerin, on the other hand the inclusion of glycerin to the diets decreased the time per feeding and idling periods of bulls. The inclusion of glycerin and functional oils to the diets generated a similar response to animals in the control diet for the number of ruminated bolus per day, number of chews per day and total chewing time of bulls, being superior to the animals fed with diets containing glycerin and functional oils.

Key words: Additives, biodiesel, co-products, ethology, plants extracts, ruminant

1. Introdução

O biodiesel é produto da transformação química por transesterificação do óleo ou gordura por adição de álcool (metanol ou etanol) na presença de catalisador NaOH ou KOH (Dasari et al., 2005). O processo gera o biodiesel e a glicerina; além de co-produtos como a torta ou farelo (Ooi et al., 2004). A glicerina é usada em produtos alimentícios e farmacêuticos. No entanto, o excesso de produção de glicerina pela indústria demanda novas formas de inclusão da mesma, uma delas é a adição na alimentação animal (Parsons et al., 2009; Farias et al., 2012; Ramos & Kerley, 2012; Françoze et al., 2013 in press). Na realidade, a glicerina é usada desde a década de 50 na alimentação animal (Johns, 1953; Johnson, 1954). Há estudos cujos resultados indicam a possibilidade de uso deste co-produto como fonte de energia na dieta animal, pois possui em torno de 4.320 kcal de energia bruta por kg para o glicerol puro (Kijora et al., 1998). Schröder & Südekum (1999) observaram que a glicerina de diferentes níveis de pureza pode substituir carboidratos rapidamente fermentáveis (amido) em dietas para ruminantes em até 10% da matéria seca da dieta, sem alterar a ingestão de alimentos, a degradação ruminal ou a digestibilidade de nutrientes.

Por outro lado, a terminação de bovinos em confinamento com dietas com densidade energética mais elevada exige a inclusão de substâncias que controle de modo eficaz a fermentação ruminal (Benchaar et al., 2007; Zawadzki et al., 2011). A monensina sódica tem sido utilizada como um ionóforo que melhora a eficiência alimentar há mais de 30 anos da alimentação de ruminantes (Goodrich et al., 1984). Os ionóforos são antibióticos que atuam sobre a população microbiana do rúmen inibindo as bactérias gram-positivas (Goodrich et al., 1984). No entanto, desde 2006 através do "princípio da precaução" a União Europeia proibiu o uso da monensina na alimentação de ruminantes. Desta forma, outras substâncias com ação semelhante às da monensina estão sendo pesquisadas, como por exemplo, os extratos de óleos funcionais oriundos de diversas plantas (Benchaar et al., 2007; Benchaar et al., 2008; Valero et al., 2011; Zawadzki et al., 2011).

O grau de entendimento dos fatores que influenciam o comportamento dos animais nas diferentes fases da vida e sistemas de criação é importante para manejar, planejar, executar e interpretar resultados das pesquisas (Albright, 1993); isso possibilita o ajuste de técnicas de manejo e alimentação para a melhoria do desempenho zootécnico e bem-estar animal. As atividades diárias dos animais são caracterizadas por

três comportamentos básicos: alimentação, ruminação e ócio (Silva et al., 2006b). A duração e distribuição de cada uma dessas atividades podem ser influenciadas pelas características da dieta, manejo, condições climáticas e atividade dos animais em grupo (Fischer et al., 1997; Silva et al., 2005b; Silva et al., 2010). Cada um desses processos é resultado de uma complexa interação entre metabolismo animal e propriedades físicas e químicas das dietas (Thiago et al., 1992).

O objetivo deste trabalho foi avaliar os aspectos comportamentais de bovinos Nelores em confinamento e alimentados com dietas com substituição parcial do milho (15% da MS da dieta total) pela glicerina e a adição de óleos funcionais oriundos do caju e da mamona como aditivo alimentar.

2. Material e métodos

2.1. Local e manejo

Este experimento foi aprovado pelo Departamento de Produção Animal da Universidade Estadual de Maringá (CIOMS/OMS, 1985). Foi conduzido na estância JAE, localizada no município de Santo Inácio PR, região noroeste do Estado do Paraná.

As análises dos alimentos, sobras e fezes foram realizadas no Laboratório de Análises de Alimentos e Nutrição Animal do Departamento de Zootecnia da Universidade Estadual de Maringá.

2.2. Animais, dietas e manejo

Foram utilizados 30 bovinos da raça Nelore, não castrados, com 24 ± 2 meses de idade, pesando em média $400 \text{ kg} \pm 34$. Os animais foram alojados em baias coletivas (10 animais/baia), as quais continham 200 m^2 (10 m x 20 m) de área útil, com chão batido, coberta parcialmente por sombreamento natural (árvores) na parte posterior. Cada baia possuía dois comedouros descobertos (3 m lineares cada) e bebedouros em alvenaria com capacidade de 250 litros de água, dispostos a cada duas baias.

Os bovinos foram identificados com brincos de plástico, vacinados contra febre aftosa (Aftobov[®] – Merial do Brasil) e vermifugados (Ivermectina[®] – Merial do Brasil), no início do período experimental.

Após a pesagem, os animais foram distribuídos em um delineamento inteiramente casualizado (10 repetições por tratamento). Os tratamentos consistiam em: Controle – CON: silagem de milho e ração controle a base de milho; Glicerina – GLI: silagem de milho e substituição de 15% do milho por glicerina na matéria seca da dieta total; Glicerina + óleos funcionais – GOF: silagem de milho e substituição de 15% do milho por glicerina na matéria seca da dieta total + 3 gramas animal/dia de óleos funcionais a base de mamona e caju.

O produto comercial Essential Oils[®] utilizado para fornecer os óleos funcionais era composto por (9,00%) óleo de rícino ou de mamona (*ácido ricinoleico*) e (36,00%) óleo de caju (*ácido anacárdico, cardol e cardanol*) associado ao veículo vermiculita expandida, e foi incorporado ao concentrado no momento de sua produção de acordo com o fabricante. Composição bromatológica das dietas experimentais na Tabela 1.

Tabela 1

Composição bromatológica dos alimentos e das dietas experimentais (%/MS).

Alimentos	MS ¹	MO ²	MM ³	PB ⁴	EE ⁵	FDN ⁶	FDA ⁷	CT ⁸	CNF ⁹	CF ¹⁰	NDT ¹¹
Silagem milho	31,50	95,50	4,41	7,78	2,88	52,40	29,40	84,90	32,46	52,47	56,00
Milho grãos	88,59	98,64	1,36	8,40	4,03	9,63	4,08	86,21	76,80	9,63	90,00
Farelo de soja	89,25	92,76	7,24	47,33	1,13	13,89	9,86	44,30	30,41	13,89	81,54
Glicerina*	88,00	94,50	5,50	1,00	1,00	-	-	-	-	-	90,00
Calcário	99,20	2,67	97,33	-	-	-	-	-	-	-	-
Sal mineral	99,00	2,00	98,00	-	-	-	-	-	-	-	-
Ureia	97,50	-	100,00	282,00	-	-	-	-	-	-	-
Óleos funcionais	98,00	98,00	2,00	-	-	-	-	-	-	-	-
Dieta total	MS	MO	MM	PB	EE	FDN	FDA	CT	CNF	CF	NDT
CON ¹²	46,44	94,60	4,43	11,62	3,12	31,19	17,10	80,12	49,01	31,10	70,44
GLI ¹³	46,42	93,55	5,47	10,73	2,66	29,73	16,52	67,06	53,54	29,52	70,03
GOF ¹⁴	46,43	93,55	5,47	10,73	2,66	29,73	16,52	67,06	53,54	29,52	70,03

¹Matéria Seca, ²Matéria Orgânica, ³Matéria Mineral, ⁴Proteína Bruta, ⁵Extrato Etéreo, ⁶Fibra em Detergente Neutro, ⁷Fibra em Detergente Ácido, ⁸Carboidratos Totais, ⁹Carboidratos Não Fibrosos, ¹⁰Carboidratos Fibrosos, ¹¹Nutrientes Digestíveis Totais. ¹²Controle, ¹³Glicerina, ¹⁴Glicerina + Óleos funcionais. *Análise química fornecida pela indústria de biocombustíveis BIOPAR.

As dietas foram calculadas segundo NRC (2000) para atender às exigências nutricionais para ganho de 1,2 kg/dia, com uma razão volumoso:concentrado de 50:50%. A alimentação dos animais *ad libitum* foi dividida em duas refeições diárias (8:30h e 16:30h), de modo a permitir sobras de 5 a 10% do fornecido. A composição das dietas está apresentada na Tabela 2.

Tabela 2

Composição percentual das dietas experimentais (%MS)

Alimentos	CON ¹	GLI ²	GOF ³
Silagem de milho	49,91	49,91	49,91
Milho em grãos	40,10	24,62	24,62
Farelo de soja	8,93	8,93	8,93
Glicerina	0,00	15,03	15,03
Calcário	0,50	0,50	0,50
Sal mineral	0,50	0,50	0,50
Ureia	0,10	0,54	0,54
Óleos funcionais	0,00	0,00	0,04

¹Controle, ²Glicerina, ³Glicerina + Óleos funcionais.

A glicerina foi concedida pela empresa BIOPAR localizada no município de Rolândia – PR, classificada como sendo de média pureza, proveniente da extração de óleo vegetal e de gordura animal (Tabela 3), a qual foi pesada diariamente e misturada aos demais alimentos diretamente no comedouro.

Tabela 3

Composição química da glicerina.

Análises	Resultados
Teor de Água*	232 mg/kg
Teor de Cinzas	4,76 % massa
Glicerol Total	81,20 % massa
Teor de Álcool – metanol	0,33 % massa
Proteína Bruta	0,12 % massa
Ácidos graxos totais	0,13% massa
Sódio	11634,40 mg/kg
Potássio	79,10 mg/kg
Cálcio	35,80 mg/kg
Magnésio	16,30 mg/kg
Fósforo	239,80 mg/kg

Ensaio físico-químico em Glicerina realizados pelo Instituto de Tecnologia do Paraná – TECPAR, divisão de biocombustíveis, localizada no município de Curitiba-PR. *Karl Fischer.

2.3. Coleta de amostras

O trabalho foi realizado em um período de 63 dias, subdividido em três períodos experimentais de 21 dias cada. O período de adaptação às dietas e baias foi de 16 dias.

A quantidade de ração oferecida e das sobras foi registrada diariamente e para cada baia, separadamente. As amostras dos alimentos e dos volumosos foram coletadas e compostas por período de 21 dias, com base no peso pré-seco, para determinar a composição química da dieta. Os alimentos concentrados foram amostrados diretamente

na fábrica de rações da Universidade Estadual de Maringá, durante a produção dos concentrados. Ao final do experimento, foi feita uma amostra composta dos alimentos (farelo de soja e milho moído). As amostras foram secas em estufa ventilada (55°C), por 72 horas e moídas em moinho tipo *Willey* equipado com peneira de malha de 2 mm. Posteriormente, as amostras foram acondicionadas em frascos hermeticamente fechados e identificados para realização das análises no Laboratório de Nutrição Animal da Universidade Estadual de Maringá.

2.4. *Comportamento ingestivo*

A observação do comportamento ocorreu no último dia do segundo e do terceiro período experimental, totalizando 48 horas de observação. Para facilitar a visualização, os animais foram enumerados de 1 a 10 por tratamento, com auxílio de tinta tipo spray, de cor preta, sendo marcados nos dois lados do quarto traseiro. No período noturno, o ambiente recebeu iluminação artificial, sendo que os animais foram adaptados ao mesmo durante três dias que antecederam a observação comportamental.

Os bovinos foram submetidos a dois períodos integrais de 24 horas de observação visual a intervalos de cinco minutos, perfazendo 288 observações diárias por animal (Gary et al., 1970) para identificação dos tempos destinados às atividades de alimentação, ruminação e ócio (horas/dia).

Outras cinco escalas 10; 15; 20; 25 e 30 minutos entre os intervalos de observações também foram realizadas a fim de se avaliar o tempo destinado às atividades ingestivas nos referidos intervalos (Silva et al., 2006b). No mesmo dia, de acordo com a metodologia descrita por Bürger et al. (2000), foi realizada a contagem do número de mastigações por bolo (NMB, n°/bolo) que é o número de vezes que o bolo é mastigado após ser regurgitado. Da mesma forma, foi avaliado o tempo de ruminação de cada bolo (TBR, seg/bolo) que é o tempo usado pelo animal para mastigar cada bolo após ser regurgitado. Tais observações foram realizadas com a utilização de cronômetros digitais.

Ainda de acordo com metodologia descrita por Bürger et al. (2000), foram determinados o número de bolos ruminados por dia (NBRD, n°/dia) e o tempo de mastigação total (TMT, min/dia) dos animais calculados com o auxílio das seguintes equações:

$$\text{NBRD} = \text{TRD (seg/dia)} / \text{TBR (seg/bolo)}$$

$$\text{TMT} = \text{TAD (min/dia)} + \text{TRD (min/dia)}$$

Em que TRD, TBR e TAD significam tempo de ruminação por dia, tempo por bolo ruminado e tempo de alimentação por dia respectivamente.

O número de mastigações diárias (NMD, n°/dia) foi calculado através da equação:

$$\text{NMD} = \text{NMB (n°/bolo)} \times \text{NBRD (n°/dia)}$$

Para a determinação do número exato de turnos de observações que devem ser realizados ao se avaliar o comportamento ingestivo dos animais, dados referentes às variáveis de número de mastigações por bolo (NMB), tempo por bolo ruminado (TBR), números de bolos ruminados por dia (NBRD), e número de mastigações por dia (NMD) foram coletados em quatro turnos distintos, divididos em manhã, tarde, noite e madrugada, sendo que os quatro turnos integrais (intervalo das 7h às 06h55min) foram considerados como testemunha - 4T; apenas um turno de observações - manhã (intervalo das 7h às 12h55min) - 1T; dois turnos de observações - manhã e tarde (intervalo das 7h às 18h55min) - 2T; e três turnos de observações - manhã, tarde e noite (intervalo das 7h às 00h55min) - 3T, sendo que, para cada turno, foram realizadas quatro observações por animal para as variáveis em questão.

A discretização das séries temporais foi realizada diretamente nas planilhas de coleta de dados, com a contagem dos períodos discretos de alimentação (NPA), ruminação (NPR) e ócio (NPO), conforme descrito por Silva et al. (2004). Também, pela divisão dos tempos diários (horas/dia) de cada uma das atividades pelo número de períodos discretos, foram obtidos os tempos médios por período destinados à atividade de alimentação (TPA), ruminação (TPR) e ócio (TPO).

2.5. Análises químicas

Os teores de matéria seca (MS), matéria orgânica (MO), nitrogênio total (NT), extrato etéreo (EE), fibra em detergente neutro (FDN), fibra em detergente ácido (FDA) e cinzas foram determinados conforme metodologia da AOAC, (1990). O teor de proteína bruta (PB) foi calculado multiplicando-se o valor obtido na análise de determinação do teor de nitrogênio total pelo fator 6,25. Os teores de carboidratos totais (CT), carboidratos não fibrosos (CNF) e nutrientes digestíveis totais (NDT) foram calculados pelas equações abaixo, conforme descrito por Sniffen et al. (1992):

$$\text{CT} = 100 - (\text{PB}\% + \text{EE}\% + \text{Cinzas}\%)$$

$$\text{CNF} = 100 - (\text{PB}\% + \text{EE}\% + \text{FDN}\% + \text{Cinzas}\%)$$

$$\text{NDT} = \text{PBD}\% + \text{FDND}\% + \text{CNFD}\% + (\text{EED}\% \times 2,25)$$

Onde PBD, FDND, CNFD e EED significam proteína bruta digestível, fibra em detergente neutro digestível, carboidratos não fibrosos digestíveis e extrato etéreo digestível, respectivamente, os quais foram determinados no presente trabalho.

2.6. Análise estatística

Para as análises estatísticas dos dados, foi utilizado o programa SAS (2004). Os resultados foram interpretados estatisticamente por meio de análises de variância e as diferenças entre as médias foram comparadas pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade, sendo as variáveis analisadas de acordo com o seguinte modelo: $Y_{ij} = \mu + t_i + e_{ij}$, onde: Y_{ij} = observação do animal j submetido à dieta i ; μ = média dos tratamentos; t_i = efeito da dieta i ; variando de 1 a 3; e_{ij} = erro aleatório associado a cada observação Y_{ij} .

3. Resultados e discussão

3.1. Aspectos metodológicos

Não houve efeito significativo ($P > 0,05$) das escalas de registro do tempo para as atividades de alimentação, ruminação e ócio (Tabela 4). Indicando que, para estas variáveis comportamentais, podem ser utilizadas escalas de até 30 minutos entre as observações.

De Boever et al. (1990) mencionam que a ingestão de bovinos ocorre de maneira mais concentrada durante o dia, e a duração da refeição varia mais quando comparada com a duração dos períodos de ruminação e ócio. Isto poderia mostrar que a discretização das séries temporais realizadas em escala superior a cinco minutos de intervalo resultaria em uma maior perda de observações e, conseqüentemente, diminuiria a precisão das observações. No entanto, Silva et al. (2005a) avaliando o comportamento ingestivo de novilhas mestiças suplementadas em pastejo recomendaram escala de até 30 minutos para avaliação das atividades diárias de ALI, RUM e OCI. Da mesma forma, Silva et al. (2005b), testaram escalas de 10, 15, 20, 25 e 30 minutos em novilhas mestiças confinadas e alimentadas com silagem de capim-

elefante e farelo de mandioca não encontraram diferenças quando comparadas com o intervalo de 5 minutos para as mesmas atividades comportamentais.

Tabela 4

Atividades ingestivas de acordo com os intervalos de observações em bovinos Nelores em confinamento.

Intervalos*	ALI ¹	RUM ²	OCI ³	NPA ⁴	NPR ⁵	NPO ⁶	TPA ⁷	TPR ⁸	TPO ⁹	TMT ¹⁰
5	199	375	865	17a	19a	32a	11a	19a	26a	569
10	186	352	901	11b	15b	23b	16b	23b	39b	539
15	184	361	894	8b	13b	19b	20b	26b	46b	545
20	195	358	886	7b	11b	16b	26b	30b	56b	554
25	184	366	872	5b	10b	13b	30b	34b	64b	550
30	186	346	906	5b	9b	12b	33b	35b	73b	532
Média	189	360	887	9	13	19	23	28	51	548
CV, % ¹¹	19,33	16,50	15,65	16,42	19,06	14,17	13,64	17,91	19,77	15,58

¹Alimentação, ²Ruminação, ³Ócio, ⁴Número de períodos de alimentação, ⁵Número de períodos de ruminação, ⁶Número de períodos de ócio, ⁷Tempo por período de alimentação, ⁸Tempo por período de ruminação, ⁹Tempo por período de ócio, ¹⁰Tempo de mastigação total. ¹¹Coefficiente de Variação. *Intervalos em minutos. Médias seguidas de letras diferentes na mesma coluna são diferentes (P<0,05).

De acordo com Pinheiro et al. (2011a), o intervalo de cinco minutos resultou em menor perda do número de observações em novilhas Holandês x Zebu confinadas. Estes autores recomendaram, para estas variáveis, intervalos de observações de 30 minutos.

A escolha do intervalo para discretizar às séries temporais, ou seja, o tempo despendido em ALI, RUM e OCI, deve ser uma ponderação entre o poder de detectar mudanças na ocorrência das atividades e a precisão, sem incorrer em erros de avaliação (Fischer et al., 2000). Alguns pesquisadores têm trabalhado com escalas diferentes e utilizado cinco minutos (Ítavo et al., 2008; Freitas et al., 2010), 10 minutos (Bremm et al., 2008) e uma hora entre as observações (Borja et al., 2009). Ao preconizar uma avaliação mais detalhada do comportamento ingestivo, considerando o número de períodos discretos das atividades, a escala de observação de cinco minutos é mais utilizada, pois permite detectar melhor a frequência diária de cada atividade o que diminuiria as perdas de observações (Silva et al., 2006b). Todavia, o presente estudo mostra que o registro das ALI, RUM e OCI pode ser feito a intervalos de até 30 minutos. A escolha dessa metodologia é confiável, o que é um fator muito importante, uma vez que a observação visual, com intervalos menores entre observações é um processo que eleva a quantidade de mão-de-obra.

Para as variáveis do número de período de alimentação (NPA), número do período de ruminação (NPR) e número do período de ócio (NPO) os valores das escalas de tempo de observações de 10, 15, 20, 25 e 30 minutos foram semelhantes (P>0,05)

entre eles e inferiores ($P < 0,05$) aos valores observados para a escala de 5 minutos (Tabela 4). Ao contrário, para as variáveis de tempo de períodos de alimentação (TPA), tempo de período de ruminção (TPR) e tempo de período de ócio (TPO) os valores das escalas de tempo de observações de 10, 15, 20, 25 e 30 minutos foram semelhantes ($P > 0,05$) entre eles e superiores ($P < 0,05$) aos valores observados para a escala de 5 minutos. demonstrando que valores médios para os números de períodos foram subestimados com as escalas de 10, 15, 20, 25 e 30 minutos; enquanto que foram superestimados para o tempo de períodos nas mesmas escalas.

Estes dados evidenciam que o intervalo de cinco minutos resulta em menor perda do número de observações. Enquanto na escala de cinco minutos para o número de períodos de alimentação foram colhidas 15 observações instantâneas, nas escalas de 10, 15, 20, 25 e 30 minutos foram 11, oito, sete, cinco e cinco observações, respectivamente. Essa redução na frequência de observações ocorre porque os animais intercalam várias vezes durante o dia as atividades de ALI, RUM e OCI. Assim, ao aumentar os intervalos entre observações, muitas dessas atividades não são registradas. Os valores observados entre os intervalos testados indicam que não é indicado o uso de intervalos superiores a cinco minutos quando o objetivo é estudar o número e tempo de períodos das ALI, RUM e OCI.

Não houve diferença ($P > 0,05$) entre os intervalos de observação para a variável de tempo de mastigação total (TMT). Em estudo, Marques et al. (2008) trabalhando com bovinos mestiços não castrados, recebendo dietas com diferentes níveis de inclusão de concentrado não observaram diferenças entre os intervalos analisados para a TMT. Estes resultados corroboram com os dados observados por Silva et al. (2006b) que também não verificaram diferenças quando compararam escalas entre cinco e 30 minutos na observação de novilhas confinadas e novilhas suplementadas em pastejo, respectivamente.

Não foram observadas diferenças ($P > 0,05$) entre os valores de número de mastigação por bolo (NMB), tempo por bolo ruminado (TBR), número de bolo ruminado por dia (NBRD) e o número de mastigação por dia (NMD) entre os turnos de observações (Tabela 5). Resultados similares foram relatados por Pinheiro et al. (2011a) que ao analisar o comportamento ingestivo em quatro diferentes turnos de observações de novilhas mestiças confinadas e alimentadas com diferentes níveis de inclusão de farelo de cacau não observaram diferenças entre os turnos para as variáveis estudadas.

Tabela 5

Atividades ingestivas de acordo com turnos de observação em bovinos Nelores em confinamento.

Variáveis n	Turnos de observações*				CV, % ⁵	P>F
	4T ¹	3T ²	2T ³	1T ⁴		
	30	30	30	30		
NMB ⁶ , n°/bolo	58,95	58,62	58,12	58,53	12,84	0,22
TBR ⁷ , seg/bolo	71,19	70,90	70,50	68,88	17,94	0,28
NBRD ⁸ , n°/dia	324,54	526,63	331,77	340,90	20,95	0,63
NMD ⁹ , n°/dia	19.133	19.146	19.181	19.621	21,10	0,87

¹Quatro turnos de observação, ²Três turnos, ³Dois turnos, ⁴Um turno. ⁵Coefficiente de variação. ⁶Número de mastigações por bolo, ⁷Tempo por bolo ruminado, ⁸Número de bolos ruminados por dia, ⁹Número de mastigações por dia. Número por dia. Médias seguidas de letras diferentes na mesma linha são diferentes (P<0,05).

Segundo Mertens (1994), o componente fibroso dos alimentos estimula a ruminação com a finalidade de diminuir o tamanho das partículas e aumentar degradação ruminal dos nutrientes. Esse entendimento leva à conclusão de que a semelhança entre as médias é oriunda da composição bromatológica da dieta, logo, independentemente se as repetições forem ou não coletadas seqüencialmente em um mesmo período de ruminação, a composição da dieta será a mesma, e, conseqüentemente, não haverá diferença entre os valores.

3.2. Efeito das dietas

A substituição parcial do milho pela glicerina (15% na MS da dieta total) e a adição de óleos funcionais às dietas dos bovinos não tiveram efeito (P>0,05) sobre o tempo de alimentação (Tabela 6).

Tabela 6

Médias (horas/dia) para as atividades de alimentação, ruminação e ócio de bovinos Nelores em confinamento.

Atividade n	Tratamentos			CV%, ⁴	P>F
	CON ¹	GLI ²	GOF ³		
	10	10	10		
Alimentação	3,21	3,22	3,55	25,05	0,20
Ruminação	6,46a	5,36b	6,95a	14,47	0,04
Ócio	14,34b	15,42a	13,51b	8,41	0,02

¹Controle, ²Glicerina, ³Glicerina + Óleos Funcionais. ⁴Coefficiente de Variação. Médias seguidas de letras diferentes na mesma linha são diferentes (P<0,05).

O comportamento ingestivo de ruminantes mantidos em pastagens caracteriza-se por longos períodos de alimentação (quatro a 12 horas por dia) concentrando-se nos inícios de manhã e finais de tardes. Entretanto, para animais confinados, os períodos variam de uma hora, para alimentos ricos em energia, há seis horas ou mais horas, para alimentos com baixo teor de energia (Bürger et al., 2000).

O tempo de ruminação foi inferior ($P < 0,05$) para os bovinos da dieta GLI. Por outro lado, os animais desta dieta apresentaram um maior ($P < 0,05$) tempo destinado ao ócio.

A ruminação é uma atividade que permite a regurgitação, mastigação e a passagem do bolo alimentar previamente ingerido para o rúmen. Durante essa atividade, os animais ficam relaxados e, de acordo com Van Soest (1994), tal atividade comportamental é influenciada pela natureza da dieta, principalmente pelo teor de parede celular dos alimentos volumosos, e de acordo com Mertens (1994), a RUM reduz linearmente quando o teor de FDN da dieta é reduzido. A inclusão de glicerina alterou a composição química e física da dieta, levando a uma menor necessidade de trituração das partículas, que resultaram em menor tempo despendido (horas/dia) nas atividades de RUM.

Da mesma forma Bürger et al. (2000), trabalhando com bezerros holandeses, recebendo diferentes níveis de inclusão de concentrado (30 a 90%), observaram que os tempos de ALI foram de 1,92 a 4,92 horas/dia, RUM de 4,92 a 7,52 horas/dia e de OCI de 10,92 a 16,79 horas/dia, corroborando com os dados deste trabalho, os quais se encontram dentro da amplitude observada pelo autor acima citado. Estes resultados mostram que o tempo de RUM reduz de forma linear quando o teor de FDN da dieta é menor, como observado neste experimento. Estes dados estão de acordo com outros trabalhos, nos quais foram observados maiores tempos gastos com a RUM em dietas com maior teor de fibra, comparados às dietas com teores inferiores deste nutriente (Miranda et al., 1999; Queiroz et al., 2001).

O tempo de ócio foi superior ($P < 0,05$) para os animais do tratamento GLI, uma vez que essas variáveis não são excludentes. Desta forma, a redução do tempo de ruminação induz o aumento do tempo de ócio.

Os animais da dieta GOF se comportou de maneira semelhante aos animais da dieta CON para os tempos de ruminação e ócio, sendo a primeira variável superior ($P < 0,05$) e, a segunda, inferior ($P < 0,05$) aos valores observados para os animais alimentados com a dieta GLI. A adição de óleos funcionais à dieta ocasionou um

aumento ($P<0,05$) no tempo de ruminação e redução, por consequência, do tempo de ócio. Esse comportamento poderia ser explicado pela ação dos óleos funcionais sobre os microrganismos presentes no rúmen, ação esta semelhante a dos ionóforos. Os ionóforos modulam a microbiota ruminal com interação da membrana celular microbiana, inibindo as bactérias gram-positivas (Goodrich et al., 1984). Desta forma, com a redução da população microbiana no rúmen, é necessário maior tempo de ruminação para que a digestão dos alimentos seja completa.

O NPA foi semelhante ($P>0,05$) para os bovinos dos tratamentos com inclusão de glicerina nas dietas GLI e GOF e superior ($P<0,05$) em relação ao NPA dos bovinos da dieta CON (Tabela 7). Desta forma, a adição de glicerina às dietas aumentou o NPA. No entanto, a adição de óleos funcionais não teve efeito sobre a mesma variável. O valor médio de NPA foi de 17,81 vezes ao dia, o qual pode ser modificado pela natureza da dieta, porém, de modo geral, o NPA em bovinos confinados varia de 14 a 20 vezes ao dia (Bürger et al., 2000).

Tabela 7

Médias dos números de períodos e tempo por períodos das atividades comportamentais de bovinos Nelores em confinamento.

Variáveis	Tratamentos			CV, % ⁴	P>F
	CON ¹	GLI ²	GOF ³		
n	10	10	10		
NPA ⁵ , nº/dia	14,55b	20,20a	18,70a	14,62	0,03
NPR ⁶ , nº/dia	19,42	18,85	20,80	14,00	0,27
NPO ⁷ , nº/dia	28,83b	35,50a	34,30a	10,69	0,02
TPA ⁸ , min./dia	13,36a	9,62b	11,58b	22,37	0,04
TPR ⁹ , min./dia	20,17	17,37	20,26	17,61	0,37
TPO ¹⁰ , min./dia	29,84a	26,69b	24,04b	17,28	0,02

¹Controle, ²Glicerina, ³Glicerina + Óleos Funcionais, ⁴Coefficiente de Variação. ⁵Número de períodos de alimentação, ⁶Número de períodos de ruminação, ⁷Número de períodos de ócio, ⁸Tempo por período de alimentação, ⁹Tempo por período de ruminação, ¹⁰Tempo por período de ócio. Médias seguidas de letras diferentes na mesma linha são diferentes ($P<0,05$).

O maior ($P<0,05$) NPA apresentado pelos animais que receberam dietas com substituição parcial (15% na MS da dieta total) do milho pela glicerina pode, em partes, ser explicado pelas características físicas deste co-produto. A glicerina é um produto incolor, denso, adocicado e adstringente, quando entra em contato com a boca e língua do animal, dificulta a ingestão de alimentos. Assim sendo, o animal é obrigado a retornar várias vezes ao comedouro para saciar a fome. Por outro lado, os bovinos alimentados com as dietas GLI e GOF apresentaram um TPA inferior ($P<0,05$) aos animais da dieta CON. Uma teoria que poderia explicar este comportamento seria a rota

metabólica do glicerol no metabolismo animal. O glicerol é transformado em ácidos graxos de cadeia curta pelas bactérias ruminais e quando em excesso pode inibir a ingestão de alimentos por um curto período de tempo (Garton et al., 1961).

A substituição parcial do milho pela glicerina e adição de óleos funcionais às dietas não tiveram efeito ($P>0,05$) sobre o NPR e o TPR (Tabela 8), apresentando um valor médio de 19,7 vezes/dia e 19,26 minutos/dia, respectivamente. Segundo Mertens (1994), o comportamento ingestivo dos animais varia de acordo com as características do alimento, porém, visando sempre manter o consumo de nutrientes e o seu potencial produtivo. Esse autor observou, no entanto, que esta capacidade adaptativa é limitada e que o aumento do fornecimento de fibra não incrementa o TPR em mais de oito ou nove horas por dia.

O NPO foi superior ($P<0,05$) para os bovinos das dietas com substituição parcial do milho pela glicerina GLI e GOF, por outro lado, tais dietas apresentaram um TPO inferior ($P<0,05$) quando comparados à dieta CON, evidenciando que a inclusão de glicerina nas dietas gera um aumento no número de períodos de ócio dos animais, porém, com um tempo reduzido destinado à tal atividade. O TPO apresentou um valor médio de 26,9 min./dia. Valores próximos aos obtidos também foram verificados por Pinheiro et al. (2011b) que, trabalhando com vacas mestiças Holandês \times Zebu alimentadas com dietas com quatro níveis de inclusão de bagaço de mandioca (0; 5; 10 e 15% na matéria seca), observaram uma média de 25 min./dia para cada período de ócio.

O número de mastigações por bolo (NMB) e o tempo médio de mastigação, em segundos, por bolo ruminado (TBR) foram semelhantes ($P>0,05$) para os animais das três dietas (Tabela 8). Foram observados valores médios de 58,9 mastigações por bolo e 71,2 segundos por bolo ruminado, respectivamente.

O NMB e TBR variam em função da dieta, do sexo e da idade. Polli et al. (1996), trabalhando com diferentes fontes de volumoso (silagem de milho ou cana-de-açúcar), não encontraram diferenças para o NMB (55 vezes) e TBR (55 segundos) por bolo, sendo seus valores inferiores aos do presente trabalho. Por outro lado Bürger et al. (2000), observaram valores superiores para NMB, o qual variou de 51,5 a 76,1 vezes por bolo em vacas leiteiras. Da mesma forma, Mendes Neto et al. (2007), trabalhando com novilhas Holandesas confinadas e alimentadas com quatro níveis de substituição (0; 16,6; 33,3 e 50%) do feno de tifton 85 por polpa cítrica, observaram média de 63,0 vezes de mastigação por bolo. Estes diferentes dados observados na literatura mostram

que estes parâmetros apresentam grande variação em função dos vários fatores que influenciam as variáveis em questão.

Tabela 8

Aspectos comportamentais ingestivos de acordo com as dietas de bovinos Nelores em confinamento.

Variáveis	Tratamentos			CV, % ⁴	P>F
	CON ¹	GLI ²	GOF ³		
n	10	10	10		
NMB ⁵ , n°/bolo	60,21	58,29	58,36	12,34	0,56
TBR ⁶ , seg/bolo	73,86	68,59	71,11	22,89	0,73
NBRD ⁷ , n°/dia	328,12a	285,77b	359,75a	20,05	0,04
NMD ⁸ , n°/dia	19.753a	16.655b	20.990a	17,37	0,03
TMT ⁹ , min./dia	569,50a	512,00b	626,00a	17,22	0,03

¹Controle, ²Glicerina, ³Glicerina + Óleos Funcionais, ⁴Coefficiente de Variação. ⁵Número de mastigações por bolo, ⁶Tempo por bolo ruminado, ⁷Número de bolos ruminados por dia, ⁸Número de mastigações diárias, ⁹Tempo de mastigação total. Médias seguidas de letras diferentes na mesma linha são diferentes (P<0,05).

A substituição parcial do milho pela glicerina (15% na MS da dieta total) na dieta GLI gerou uma redução (P<0,05) sobre o número de bolo ruminado ao dia (NBRD), número de mastigações ao dia (NMD) e tempo de mastigação total (TMT) dos bovinos (Tabela 9). Como já citado, isso pode ser devido às características físicas da glicerina, por ser um produto líquido e viscoso, acarretou em uma menor necessidade de trituração das partículas, resultando em menor tempo despendido para às atividades de mastigação.

Por outro lado, os animais que foram alimentados com a dieta com adição de óleos funcionais GOF se comportou de maneira semelhante (P<0,05) aos animais da dieta CON para as variáveis NBRD, NMD e TMT. Tal comportamento dos animais da dieta GOF pode ser explicado através da ação dos óleos funcionais no rúmen, por causar defaunação da microbiota ruminal (Goodrich et al., 1984) gerou um maior tempo destinados às atividades de mastigação para que a digestão dos alimentos fosse completa. O valor médio observado para NBRD foi de 324,5 bolos. Da mesma forma, Beauchemin & Iwaasa (1993), trabalhando com novilhas Hereford relataram 350 a 397 bolos ruminados/dia para animais em pastejo, o que se aproxima do que foi encontrado no trabalho atual. O valor médio de NMD foi de 19.133 vezes. Os valores obtidos neste trabalho são inferiores aos observados por Pinheiro et al. (2011a), que ao analisar o comportamento ingestivo de novilhas mestiças confinadas, recebendo 4 níveis de inclusão de farelo de cacau, observaram uma média de 31.589 mastigações por dia. Da

mesma forma, Costa et al. (2011), avaliando o comportamento ingestivo de vacas mestiças alimentadas com dietas com diferentes níveis de suplementação, observaram valores médios entre 35.967 e 31.806 mastigações por dia.

O TMT é a soma do tempo de alimentação e do tempo de ruminação durante as 24 horas de observação, o qual apresentou um valor médio de 569 minutos ao dia. Macleod et al. (1994) observaram 603 minutos diários destinados à mastigação em bovinos confinados. O valor do TMT se encontra na amplitude de 368 a 746 minutos relatados por Bürger et al. (2000).

4. Conclusões

Para a determinação das atividades de alimentação, ruminação, ócio e tempo de mastigação total de bovinos terminados em confinamento, intervalos de até 30 minutos podem ser utilizados, porém, para a discretização das séries temporais do comportamento ingestivo, recomenda-se a escala de até cinco minutos entre as observações. O estudo dos aspectos do comportamento ingestivo de bovinos terminados em confinamento pode ser realizado em apenas um turno de observação. A substituição parcial do milho pela glicerina (15% da MS da dieta total) não influenciou o número de períodos e o tempo por período de ruminação, no entanto, gerou um aumento no número de períodos de alimentação e de ócio e reduziu o tempo por período destinado a tais atividades. A adição de óleos funcionais às dietas, assim como a dieta controle, apresentou um valor superior para o número de bolos ruminados por dia, número de mastigações diárias e tempo de mastigação total dos animais.

5. Agradecimentos

Ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq). À Fundação Araucária. À empresa Oligo Basics[®] Indústria e Comércio de Rações Ltda, pela disponibilização dos óleos funcionais. À empresa BIOPAR – Bioenergia do Paraná Ltda, pela disponibilização da glicerina. A menção às marcas ou produtos comerciais nesta publicação é exclusivamente para a finalidade de fornecer informações específicas e não implica em recomendações ou endosso pelo Departamento de Zootecnia da Universidade Estadual de Maringá-Paraná.

6. Referências bibliográficas

- Albright, J.L., 1993. Nutrition, feeding and calves: feeding behaviour of dairy cattle. *Journal of Dairy Science* 76, 485-498.
- AOAC, 1990. Association of Official Analytical Chemists, Official Methods of Analysis, 14th, Inc., Arlington, VA, U.S.A.
- Beauchemin, K.A., Iwaasa, A.D., 1993. Eating and ruminating activities of cattle fed alfalfa or orchard-grass harvested at two stages of maturity. *Canadian Journal of Animal Science* 73, 79-88.
- Benchaar, C., Calsamiglia, S., Chaves, A.V., Fraser, G.R., Colombatto, D., McAllister, T.A., Beauchemin, K.A., 2008. A review of plant-derived essential oils in ruminant nutrition and production. *Animal Feed Science and Technology* 145, 209-228.
- Benchaar, C., Chaves, A.V., Fraser, G.R., Wang, Y., Beauchemin, K.A., McAllister, T.A., 2007. Effects of essential oils and their components on *in vitro* rumen microbial fermentation. *Canadian Journal of Animal Science* 87, 413-419.
- Borja, M.S., Garcez Neto, A.F., Oliveira, R.L., Lima, L.S., Bagaldo, A.R., Barbosa, L.P., Faria, E.F.S., 2009. Óleo de licuri no concentrado administrado a vacas Holandês X Zebu, sobre o comportamento ingestivo e conforto térmico. *Revista Brasileira de Saúde e Produção Animal* 10, 344-355.
- Bremm, C., ROCHA, M.G., Freitas, F., Macari, S., Elejalde, D.A.G., Roso, D., 2008. Comportamento ingestivo de novilhas de corte submetidas a estratégias de suplementação em pastagens de aveia e azevém. *Revista Brasileira de Zootecnia* 37, 1161-1167.
- Bürger, P.J., Pereira, J.C., Queiroz, A.C., Coelho, J.F., Agostini, P.S., Valadares Filho, S.C., Cecon, P.R., Casali, A.D.P., 2000. Comportamento ingestivo em bezerros holandeses alimentados com dietas contendo diferentes níveis de concentrado. *Revista Brasileira de Zootecnia* 29, 236-242.
- Carvalho, G.G.P., Pires, A.J.V., Silva, H.G.O., Veloso, C.M., Silva, R.R., 2007. Aspectos metodológicos do comportamento ingestivo de cabras lactantes alimentadas com farelo de cacau e torta de dendê. *Revista Brasileira de Zootecnia* 36, 103-110.
- CIOMS/OMS, 1985. Council for International Organizations of Medical Services, International Guiding Principles for Biomedical Research Involving Animals, WHO Distribution and sales service, 1211 Geneva 27, Switzerland.
- Costa, L.T., Silva, F.F., Veloso, C.M., Pires, A.J.V., Rocha Neto, A.L., Bonomo, P., Mendes, F.B.L., Oliveira, J.S., Azevêdo, S.T., Silva, V.L., 2011. Comportamento ingestivo de vacas alimentadas com cana-de-açúcar e diferentes níveis de concentrado. *Archivos de Zootecnia* 60, 265-273.
- Dado, R.G., Allen, M.S., 1995. Intake limitations, feeding behavior, and rumen function of cows challenged with rumen fill from dietary or inert bulk. *Journal of Dairy Science* 78, 119-133.
- Dasari, M.A., Kiatsimkul, P., Sutterlin, W.R., Suppes, G.J., 2005. Low-pressure hydrogenolysis of glycerol to propylene glycol. *Applied Catalysis A: General* 281, 225-231.
- De Boever, J.L., Andries, J.I., De Brabander, D.L., Cottyn, B.G., Buysse, F.X., 1990. Chewing activity of ruminants as a measure of physical structure—a review of factors affecting it. *Animal Feed Science and Technology* 27, 281-291.

- Elam, N., Eng, K., Bechtel, B., Harris, J., Crocker, R., 2008. Glycerol from biodiesel production: Considerations for feedlot diets, Proceedings of the Southwest Nutrition Conference, pp. 1-13.
- Farias, M.S., Prado, I.N., Valero, M.V., Zawadzki, F., Silva, R.R., Eiras, C.E., Rivaroli, D.C., Lima, B.S., 2012. Níveis de glicerina para novilhas suplementadas em pastagens: desempenho, ingestão, eficiência alimentar e digestibilidade. *Semina: Ciências Agrárias* 33, 1177-1188.
- Fischer, V., Deswysen, A.G., Despres, L., Dutilleul, P., Lobato, J.F.P., 1997. Comportamento ingestivo de ovinos recebendo dieta a base de feno durante um período de seis meses. *Revista Brasileira de Zootecnia* 26, 1032-1038.
- Fischer, V., Dutilleul, P., Deswysen, A.G., Despres, L., Lobato, J.F.P., 2000. Aplicação de probabilidades de transição de estado dependentes do tempo na análise quantitativa do comportamento ingestivo de ovinos. Parte I. *Revista Brasileira de Zootecnia* 29, 1811-1820.
- Forbes, T.D.A., 1988. Researching the plant-animal interface: the investigation of ingestive behavior in grazing animals. *Journal of Animal Science* 66, 2369-2379.
- Françoço, M.C., Prado, I.N., Cecato, U., Valero, M.V., Zawadzki, F., Ribeiro, O.L., Prado, R.M., Visentainer, J.V., 2013 in press. Growth performance, carcass characteristics and meat quality of finishing bulls fed crude glycerine-supplemented diets. *Brazilian Archives of Biology and Technology*.
- Freitas, L.S., Silva, J.H.S., Segabinazzi, L.R., Silva, V.S., Filho, D.C.A., Brondani, I.L., 2010. Substituição da silagem de milho por silagem de girassol na dieta de novilhos em confinamento: comportamento ingestivo. *Revista Brasileira de Zootecnia* 39, 225-232.
- Garton, G., Lough, A., Vioque, E., 1961. Glyceride hydrolysis and glycerol fermentation by sheep rumen contents. *Journal of General Microbiology* 25, 215-225.
- Gary, L.A., Sherritt, G.W., Hale, E.B., 1970. Behavior of Charolais cattle on pasture. *Journal of Animal Science* 30, 203-206.
- Goodrich, R., Garrett, J., Gast, D., Kirick, M., Larson, D., Meiske, J., 1984. Influence of monensin on the performance of cattle. *Journal of Animal Science* 58, 1484.
- Ítavo, L.C.V., Souza, S.R.M.B.O., Rímoli, J., Ítavo, C.C.B.F., Dias, A.M., 2008. Comportamento ingestivo diurno de bovinos em pastejo contínuo e rotacionado. *Archivos de Zootecnia* 57, 43-52.
- Johns, A.T., 1953. Fermentation of glycerol in the rumen of sheep. *New Zealand Journal of Science and Technology* 35, 262-269.
- Johnson, R.B., 1954. The treatment of ketosis with glycerol and propylene glycol. *The Cornell Veterinarian* 44, 6.
- Kijora, C., Bergner, H., Götz, K.P., Bartelt, J., Szakacs, J., Sommer, A., 1998. Investigation on the metabolism of glycerol in the rumen of bulls. *Arch Tieremahr* 51, 341-348.
- Macleod, G.K., Colucci, P.E., Moore, A.D., Grieve, D.G., Lewis, N., 1994. The effects of feeding frequency of concentrates and feeding sequence of hay on eating behavior, ruminal environment and milk production in dairy cows. *Canadian Journal of Animal Science* 74, 103-113.
- Marques, J.A., Pinto, A.P., Santos, A.J.J., Nascimento, W.G., 2008. Intervalo de tempo entre observações para avaliação do comportamento ingestivo de tourinhos em confinamento. *Semina: Ciências Agrárias* 29, 955-960.
- Mendes Neto, J., Campos, J.M.S., Valadares Filho, S.C., Lana, R.P., Queiroz, A.C., Euclides, R.F., 2007. Comportamento ingestivo de novilhas leiteiras alimentadas

- com polpa cítrica em substituição ao feno de capim-tifton 85. *Revista Brasileira de Zootecnia* 36.
- Mendonça, S.S., Campos, J.M.S., Valadares Filho, S.C., Valadares, R.F.D., Soares, C.A., Lana, R.P., Queiroz, A.C., Assis, A.J., Pereira, M.L.A., 2004. Comportamento ingestivo de vacas leiteiras alimentadas com dietas à base de cana-de-açúcar ou silagem de milho. *Revista Brasileira de Zootecnia* 33, 723-728.
- Mertens, D.R., 1994. Regulation of Forage Intake, In: J.R., F. (Ed.), *Forage Quality, Evaluation, and Utilization*, Madison: American Society of Agronomy, pp. 450-493.
- Miranda, L.F., Queiroz, A.C., Valadares Filho, S.C., Cecon, P.R., Pereira, E.S., Campos, J.M.S., Lanna, R.P., Miranda, J., 1999. Comportamento ingestivo de novilhas leiteiras alimentadas com dietas à base de cana-de-açúcar. *Revista Brasileira de Zootecnia* 28, 614-620.
- NRC, 2000. *Nutrient Requirements of Beef Cattle*. 7th ed. Natl. Acad. Press, Washington, DC.
- Ooi, T.L., Yong, K.C., Hazimah, A.H., Dzulkefly, K., Yunus, W.M.Z.W., 2004. Glycerol residue - a rich source of glycerol and medium chain fatty acids. *Journal of Oleo Science* 53, 29-33.
- Parsons, G.L., Shelor, M.K., Drouillard, J.S., 2009. Performance and carcass traits of finishing heifers fed crude glycerin. *Journal of Animal Science* 87, 653-657.
- Pinheiro, A.A., Veloso, C.M., Santana Júnior, H.A., Lima, L.P., Silva, F.F., Silva, R.R., Mendes, F.B.M., Oliveira, H.C., Cardoso, E.O., 2011a. Intervalos de observações com diferentes escalas de tempo no comportamento ingestivo de vacas leiteiras confinadas. *Revista Brasileira de Saúde e Produção Animal* 12, 670-679.
- Pinheiro, A.A., Veloso, C.M., Santana Júnior, H.A., Rocha Neto, A.L., Silva, R.R., Lima, F.B.M., Oliveira, L.N., Azevedo, S.T., Cecato, U., 2011b. Avaliação dos intervalos e números de observações no comportamento ingestivo de novilhas leiteiras confinadas. *Revista Brasileira de Saúde e Produção Animal* 12, 480-490.
- Polli, V.A., Restle, J., De Senna, D.B., De Almeida, S.R.S., 1996. Rumination of bovine and bubaline steers in feedlot regimen. *Aspectos relativos à ruminação de bovinos e bubalinos em regime de confinamento* 25, 987-993.
- Queiroz, A.C., Neves, J.S., Miranda, L.F., Pereira, J.C., Pereira, E.S., Dutra, A.R., 2001. Efeito do nível de fibra e da fonte de proteína sobre o comportamento alimentar de novilhas mestiças Holandês-Zebu. *Arquivo Brasileiro de Medicina Veterinária e Zootecnia* 53, 84-88.
- Rabelo, M.M.A., Pires, A.V., Susin, I., Mendes, C.Q., Oliveira JR, R.C., Gentil, R.S., Ferreira, E.M., 2008. Avaliação do efeito do bagaço de cana-de-açúcar in natura obtido por dois métodos sobre o desempenho eo comportamento ingestivo de bovinos de corte. *Arquivo Brasileiro de Medicina Veterinária e Zootecnia* 60, 698-704.
- Ramos, M.H., Kerley, M.S., 2012. Effect of dietary crude glycerol level on ruminal fermentation in continuous culture and growth performance of beef calves. *Journal of Animal Science* 90, 892-899.
- SAS, 2004. Institute Inc., SAS/STAT® 9. 1 User's Guide. SAS, Cary, NC.
- Schröder, A., Südekum, K.H., 1999. Glycerol as a by-product of biodiesel production in diets for ruminants. Wratten, N., Salisbury, PA (Eds.), *New Horizons for an Old Crop*. Proc. 10th Int. Rapeseed Congr., Canberra, Australia. Paper no. 241. The Regional Institute Ltd., Gosford, New South Wales, Australia.
- Silva, R.R.; Magalhães, A.F.; Carvalho, G.G.P.; Silva, F.F.; Franco, I.L.; Nascimento, P.V.; Bonomo, P. 2004. Comportamento ingestivo de novilhas mestiças de holandês

- suplementadas em pastejo de *Brachiaria decumbens*. Aspectos metodológicos. Revista Electrónica de Veterinária, v. 5, p. 1-6.
- Silva, R., Carvalho, P.C.F., Magalhães, F., Prado, I., Franco, S.L., Veloso, C., Chaves, M., Panizza, J., 2005a. Comportamento ingestivo de novilhas mestiças de holandês em pastejo. Archivos de Zootecnia 54, 63-74.
- Silva, R., Silva, F., Carvalho, G., Franco, I., Veloso, C., Chaves, M., Bonomo, P., Prado, I., Almeida, V., 2005b. Comportamento ingestivo de novilhas mestiças de Holandês x Zebu confinadas. Archivos de Zootecnia 54, 75-85.
- Silva, R.R., Prado, I.N., Silva, F.F., Almeida, I.C.C., Santana Júnior, H.A., Queiroz, A.C., Carvalho, G.G.P., Barroso, D.S., 2010. Comportamento ingestivo diurno de novilhos Nelores recebendo níveis crescentes de suplementação em pastejo de capim braquiária. Revista Brasileira de Zootecnia 39, 2073-2080.
- Silva, R.R.; Silva, F.F.; Prado, I.N.; Carvalho, G.G.P.; Franco, I.L.; Mendes, F.B.L.; Pinheiro, A.A.; Oliveira, A.P.; Souza, D.R. 2006b. Methodology for studying the behavior of calves in confinement during the post-weaning phase. Archivos Latinoamericanos de Producción Animal, v. 14, p. 135-138.
- Sniffen, C.J., O'Connor, J.D., Van Soest, P.J., Fox, D.G., Russell, J.B., 1992. A net carbohydrate and protein system for evaluating cattle diets: II. Carbohydrate and protein availability. Journal of Animal Science 70, 3562-3577.
- Thiago, L.R., Gill, M., Dhanoa, M.S., 1992. Studies of method of conserving grass herbage and frequency of feeding in cattle. 1. Voluntary feed intake, digestion and rate of passage. The British Journal of Nutrition 67, 305.
- Traxler, M.J., Fox, D.G., Perry, T.C., Dickerson, R.L., Williams, D.L., 1995. Influence of roughage and grain processing in high-concentrate diets on the performance of long-fed Holstein steers. Journal of Animal Science 73, 1888-1900.
- Valero, M.V., Zawadzki, F., Françoço, M.C., Farias, M.S., Rotta, P.P., Prado, I.N., Visantainer, J.V., Zeoula, L.M., 2011. Sodium monensin or propolis extract in the diet of crossbred (½ Red Angus vs. ½ Nelore) bulls finished in feedlot: chemical composition and fatty acid profile of the Longissimus muscle. Semina: Ciências Agrárias 32, 1617-1626.
- Van Soest, P.J., 1994. Nutritional ecology of the ruminant. Ithaca: Cornell University Press, 476.
- Zawadzki, F., Prado, I.N., Marques, J.A., Zeoula, L.M., Rotta, P.P., Sestari, B.B., Valero, M.V., Rivaroli, D.C., 2011. Sodium monensin or propolis extract in the diets of feedlot-finished bulls: effects on animal performance and carcass characteristics. Journal of Animal and Feed Sciences 20, 16-25.

V. CONSIDERAÇÕES FINAIS

A alimentação de animais confinados demanda o aumento da densidade energética da dieta. De modo geral, o aumento desta densidade é realizado com uso de grãos de cereais e gordura animal ou vegetal. No entanto, estes produtos podem ser usados para outras finalidades, tornando-se, portanto onerosos para alimentação dos ruminantes. Com o incentivo dos programas de Biodiesel no Brasil, ocorre à geração de um co-produto, a glicerina de diferentes graus de pureza, rica em energia que poderia ser utilizada na alimentação de bovinos confinados. A substituição parcial do milho (15% da MS da dieta total) pela glicerina pode ser viável na terminação de bovinos em crescimento, uma vez que a mesma não alterou negativamente o desempenho animal, ingestão de alimentos, digestibilidade de matéria seca e outros nutrientes e comportamento animal. Para estimar a digestibilidade aparente foram usados três diferentes indicadores: LIPE[®], MSi e FDNi. Os resultados mostraram que não foram obtidas diferenças entre os três indicadores. No entanto, o LIPE[®] apresenta custo mais elevado que os demais. Ainda, o FDNi demanda uma maior manipulação para sua determinação. Como os resultados com a MSi apresentaram dados semelhantes do LIPE[®] e FDNi, por apresentar menor custo e manipulação, a mesma poderia ser usada para determinação da digestibilidade aparente em bovinos confinados com a mesma acérea e menor investimento. Para a determinação das atividades comportamentais de bovinos em confinamento, intervalos de cinco minutos entre as observações é o mais indicado por abranger as necessidades de todas as atividades. Sendo que tais variáveis comportamentais podem ser avaliadas em apenas um turno de observação, sem implicar em perda da acurácia dos dados. As características física e química da glicerina geraram uma alteração no comportamento ingestivo dos animais. Da mesma forma, os óleos funcionais influenciaram as atividades de ruminação e mastigação dos bovinos.