

**UNIVERSIDADE FEDERAL DO TOCANTINS  
CAMPUS UNIVERSITÁRIO DE ARAGUAÍNA  
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM CIÊNCIA ANIMAL TROPICAL**

**Milheto e glicerina bruta como fontes energéticas alternativas  
na alimentação de tourinhos Nelore e mestiços de origem  
leiteira**

**LORENA DA MOTA LIMA BRINGEL**

**Tese apresentada para obtenção do título de  
Doutor, junto ao Programa de Pós-  
Graduação em Ciência Animal Tropical da  
Universidade Federal do Tocantins.**

**Área de concentração: Produção Animal**

**Orientador: Prof. Dr. José Neuman Miranda Neiva**

**ARAGUAÍNA  
2014**



**LORENA DA MOTA LIMA BRINGEL**

**MILHETO E GLICERINA BRUTA COMO FONTES ENERGÉTICAS  
ALTERNATIVAS NA ALIMENTAÇÃO DE TOURINHOS NELORE E  
MESTIÇOS DE ORIGEM LEITEIRA**

Tese apresentada para obtenção do título de  
Doutor, junto ao Programa de Pós-graduação  
em Ciência Animal Tropical da Universidade  
Federal do Tocantins.

Área de Concentração: Produção Animal

Orientador: Prof. Dr. José Neuman Miranda Neiva

Araguaína  
2014

B858m Bringel, Lorena da Mota Lima

Milheto e glicerina bruta como fontes energéticas alternativas na alimentação de tourinhos Nelore e mestiços de origem leiteira/ Lorena da Mota Lima Bringel. -- Araguaína: [s. n], 2014. 167f.

Orientador: Prof. Dr. José Neuman Miranda Neiva

Tese (Doutorado em Ciência Animal Tropical) – Universidade Federal do Tocantins, 2014.

1. Bovinocultura 2. Alimento I. Título

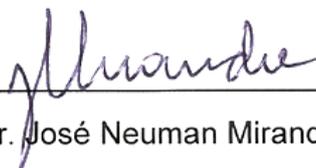
CDD 636.2142

**Milheto e glicerina bruta como fontes energéticas alternativas na  
alimentação de tourinhos Nelore e mestiços de origem leiteira**

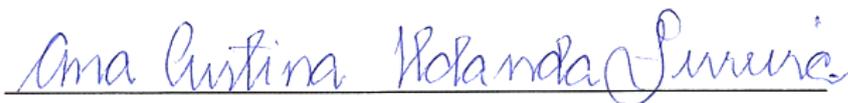
**Por**

**LORENA DA MOTA LIMA BRINGEL**

Tese apresentada como requisito parcial para a obtenção do título de Doutor, sendo julgada e aprovada pela Banca Examinadora formada pelos professores:



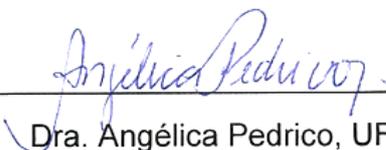
Orientador: Prof. Dr. José Neuman Miranda Neiva, UFT



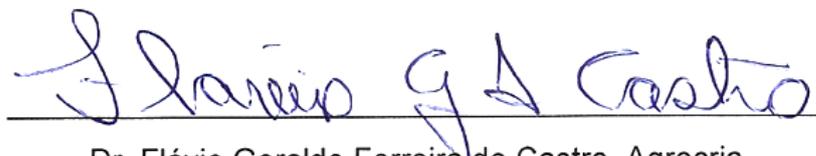
Prof. Dra. Ana Cristina Holanda Ferreira, UFT



Prof. Dra. Fabrícia Rocha Chaves Miotto, UFT



Dra. Angélica Pedrico, UFT



Dr. Flávio Geraldo Ferreira de Castro, Agrocria

ARAGUAÍNA, 12 DE SETEMBRO DE 2014.

## **AGRADECIMENTOS**

À Deus, na pessoa da Santíssima Trindade, Pai, Filho e Espírito Santo, por sempre derramar seu amor, sua força, o entendimento e a persistência que não me deixaram desistir. Por todos os momentos que me fez perceber Sua Onipresença e Onipotência.

À Mãezinha do Céu, mãe fiel e intercessora, sempre presente em minha vida.

Ao Programa de Pós-Graduação em Ciência Animal Tropical da Universidade Federal do Tocantins, pelo aperfeiçoamento de minha formação profissional.

À CAPES, pela concessão da bolsa de estudo.

Ao Conselho Nacional de Desenvolvimento e Pesquisa CNPq, pelos recursos disponibilizados para condução do experimento.

À Granol S/A e ao Frigorífico Boi Forte pela parceria; ao Sindicato Rural de Araguaína por disponibilizar o galpão para condução dos experimentos com ovinos.

Ao Dr. Flávio Geraldo Ferreira de Castro, da Agrocria, pela disponibilidade de participação na banca e contribuição com a Tese.

Ao professor Dr. José Neuman Miranda Neiva, por ter acolhido a orientação durante o curso, pelos ensinamentos, compreensão e paciência. Pela dedicação ao curso de Zootecnia e Programa de Pós-Graduação em Ciência Animal Tropical com grande profissionalismo.

À professora Dra. Ana Cristina Holanda Ferreira, pela amizade, confiança e ensinamentos prestados a mim. Por seu apoio em momentos difíceis, delicadeza e simplicidade que me servem tanto de exemplo.

Ao professor PhD. João Restle, pelos ensinamentos, conselhos e por ser referência de profissionalismo.

À professora Dra. Fabrícia Rocha Chaves Miotto, pela ajuda, ensinamentos e grande contribuição com a Tese.

Ao professor Dr. Luciano Fernandes Sousa pela condução das análises estatísticas, pela paciência e ensinamentos.

À Dra. Angélica Pedrico e Dr. Glauco Moura, por se disponibilizar a participar da banca de qualificação e pela contribuição com a Tese.

Às professoras Dra. Vera Lúcia de Araújo e Dra. Ana Cláudia Rodrigues Gomes Neiva, pela amizade, ajuda e profissionalismo.

Ao prof. José Hugo pela ajuda nos experimentos com ovinos e amizade.

A todos os professores do Programa de Pós-Graduação em Ciência Animal Tropical da Universidade Federal do Tocantins, pela contribuição com minha formação profissional e pessoal.

A todos os funcionários da Universidade Federal do Tocantins, Fênix e Jorima, em especial, seu Elimar, João, Domingos, Graciete e Walquírio, que sempre me ajudaram quando precisei.

Aos amigos e colegas de Curso, Angélica Pedrico, Raquel Martins, Wanderson Martins, Raylon Maciel, Odislei Fagner, Darley Cutrim e Wesley Faccini, pela parceria nas disciplinas cursadas e condução dos trabalhos, pela grande contribuição com a Tese, pela amizade e companheirismo.

Aos colaboradores bolsistas, estagiários e parceiros Elis-Regina Queiroz, Vanessa Pontes (Vanessinha), Wanderson Martins, Beatriz Barroso (Bia linda), Djacir Luiz, Rhaiza Alves, Ranniere Parente, Rafael (Paçoca), Paulo Henrique, Hitácio Milhomem, Vitória Luísa, Wanderson Campos, Marcelo Carneiro e tantos outros que voluntariamente contribuíram grandemente para a realização do trabalho. Muito obrigada!

À minha amiga Eva, que mesmo longe foi tão presente, pelos conselhos e carinho.

Aos meus irmãos do Grupo de Oração Emanuel-RCC, pela compreensão, incentivo e oração. Agradeço às crianças e amigas do Grupinho Emanuel, pelas horas de refrigério e alegria. Deus as abençoe! Obrigada pela força!

À minha sogra, Lênes, por sua amizade e exemplo de força e persistência.

Aos meus pais, Evanir Maria e Euclides Mota, que sempre me apoiaram e ensinaram sobre a riqueza do conhecimento. Por toda ajuda na conciliação entre a maternidade e o doutorado, por serem além de pais, avós admiráveis.

Às minhas irmãs, Luciana e Madelainy Mota, pelo amor e apoio incondicional, pelos exemplos de dedicação e honestidade. Ao meu sobrinho Matheus, cunhado Marcial e compadre Alexandre pelo incentivo e carinho!

Ao meu esposo, parceiro, amigo e grande incentivador nos estudos, Rogério Brito Bringel. Obrigada por toda ajuda na realização dos trabalhos, pela compreensão, cuidado e amor a mim dedicados.

À minha filha, Maria Eduarda, por dar sentido à minha vida, aos meus sonhos e ideais. E desde tão pequena ter que compreender minhas ausências, sacrifícios e cansaço, mamãe te ama!

Enfim, a todos que direta ou indiretamente colaboraram para a conclusão desse trabalho.

*Obrigada!*

## DEDICO

À minha filha **Maria Eduarda**, meu maior tesouro.

Ao meu esposo **Rogério Bringel**, meu porto seguro.

À minha mãe **Evanir Maria**, pela sua força e garra pela vida,  
que me ensinou a não desistir dos meus sonhos.

Ao meu pai **Euclides Mota**, e meu avô **Astero Mota**  
“in memoriam”, dos quais herdei o amor e respeito à  
terra e à produção animal.

Às minhas irmãs, **Luciana** e **Madelainy**, pelo amor,  
dedicação e referência de vida.

*“Tudo é possível ao que crê”.*

*(Mateus 9:23)*

## SUMÁRIO

<b>RESUMO GERAL</b> .....	10
<b>GENERAL ABSTRACT</b> .....	12
<b>LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS</b> .....	14
<b>CAPÍTULO I – CONSIDERAÇÕES INICIAIS</b> .....	16
<b>1. REVISÃO DE LITERATURA</b> .....	17
1.1 Glicerina bruta.....	17
1.2 Caracterização da glicerina bruta proveniente do biodiesel.....	18
1.3 Glicerina bruta na alimentação de ruminantes.....	19
1.3.1 Metabolismo do glicerol em ruminantes.....	20
1.3.2 Consumo, digestibilidade e desempenho.....	22
1.3.3 Características de carcaça e carne.....	26
2. Milheto.....	28
2.1 Caracterização nutricional do milho em grão.....	29
2.2 Milheto como ingrediente energético na alimentação de ruminantes.....	30
2.2.1 Consumo, digestibilidade e desempenho.....	30
2.2.2 Balanço de nitrogênio.....	34
2.2.3 Características de carcaça e carne.....	34
3. Aproveitamento e caracterização de machos de origem leiteira.....	35
3.1 Desempenho produtivo e características da carcaça de animais de raças de corte e mestiços de origem leiteira.....	36
<b>REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS</b> .....	40
<b>CAPÍTULO II - Glicerina bruta em substituição parcial ao milho na dieta: Consumo, digestibilidade aparente e balanço de nitrogênio em ovinos</b> .....	51
<b>RESUMO</b> .....	52
<b>ABSTRACT</b> .....	53
<b>INTRODUÇÃO</b> .....	54
<b>MATERIAL E MÉTODOS</b> .....	55
<b>RESULTADOS E DISCUSSÃO</b> .....	59
<b>CONCLUSÕES</b> .....	70
<b>REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS</b> .....	70
<b>CAPÍTULO III - Milheto em substituição integral ao milho na dieta: Consumo, digestibilidade aparente de nutrientes e balanço de nitrogênio em ovinos</b> .....	75

<b>RESUMO.....</b>	76
<b>ABSTRACT.....</b>	77
INTRODUÇÃO.....	78
MATERIAL E MÉTODOS.....	79
RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	83
CONCLUSÕES.....	
...	93
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	93
<b>CAPÍTULO IV - Desempenho produtivo de tourinhos de diferentes genótipos alimentados com glicerina bruta ou milho como fontes energéticas.....</b>	96
<b>RESUMO.....</b>	97
<b>ABSTRACT.....</b>	98
INTRODUÇÃO.....	99
MATERIAL E MÉTODOS.....	100
RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	106
CONCLUSÕES.....	127
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	128
<b>CAPÍTULO V - Características da carcaça e da carne de tourinhos de diferentes genótipos alimentados com glicerina bruta ou milho como fontes energéticas.....</b>	134
<b>RESUMO.....</b>	135
<b>ABSTRACT.....</b>	136
INTRODUÇÃO.....	137
MATERIAL E MÉTODOS.....	138
RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	144
CONCLUSÕES.....	159
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	159
<b>CONSIDERAÇÕES FINAIS.....</b>	164
<b>ANEXO 1.....</b>	165
<b>ANEXO 2.....</b>	167

## RESUMO GERAL

Objetivou-se avaliar a glicerina bruta e o milho como fontes de energia alternativas ao milho nas dietas sobre o consumo, digestibilidade aparente e balanço de nitrogênio em ovinos e desempenho produtivo e características da carcaça e da carne de tourinhos Nelore e mestiços de origem leiteira. Nos dois ensaios de digestibilidade foram avaliados cinco níveis de substituição do milho pela glicerina bruta (0, 60, 120, 180 e 240 g.kg<sup>-1</sup> da matéria seca) ou pelo milho (0, 250, 500, 750 e 1000 g.kg<sup>-1</sup> da matéria seca) nas dietas de cordeiros distribuídos em delineamento inteiramente casualizado com quatro repetições. No experimento com glicerina bruta, o consumo e o coeficiente de digestibilidade dos nutrientes e teor de nutrientes digestíveis totais não foram alterados com a inclusão da glicerina bruta, com exceção do consumo de extrato etéreo e de carboidratos não fibrosos, que para cada g.kg<sup>-1</sup> de glicerina bruta aumentaram linearmente 0,00938 e 0,095 g.d<sup>-1</sup>, respectivamente. O balanço de nitrogênio aumentou linearmente 0,02 g.d<sup>-1</sup> para cada g.kg<sup>-1</sup> de glicerina bruta em substituição ao milho na dieta. No experimento com milho, o consumo de matéria seca e de proteína bruta não foi influenciado pelos níveis de substituição, com valores médios de 1491,60 e 193,07 g.d<sup>-1</sup>, respectivamente. O consumo de extrato etéreo aumentou linearmente 0,0222 g.d<sup>-1</sup> para cada g.kg<sup>-1</sup> de milho e observou-se comportamento quadrático no consumo de carboidratos não fibrosos com valor mínimo de 598,80 g.d<sup>-1</sup> no nível de 133,5 g.kg<sup>-1</sup> de substituição, e no consumo de nutrientes digestíveis totais, com valor mínimo de 969,65 g.d<sup>-1</sup> no nível de 124,5 g.kg<sup>-1</sup> de substituição. O balanço de nitrogênio e a digestibilidade aparente dos nutrientes não foi alterado pelos níveis de milho, com exceção do coeficiente de digestibilidade da proteína bruta e valores de nutrientes digestíveis totais que aumentaram linearmente 33,33 e 6,20% da dieta com 1000 g.kg<sup>-1</sup> de substituição em relação à dieta padrão, respectivamente. A glicerina bruta em substituição ao milho na dieta até 240 g.kg<sup>-1</sup> da matéria seca e o milho substituindo integralmente o milho podem ser utilizados na alimentação de ovinos sem efeitos negativos no valor nutritivo das dietas. No terceiro experimento, foram utilizados 12 tourinhos Nelore e 12 mestiços de origem leiteira (MOL), com peso médio inicial de 332,7±30,08 kg e 318,8±26,97 kg, respectivamente, distribuídos em delineamento inteiramente casualizado, com arranjo fatorial 3x2 (dieta à base de milho, com inclusão de glicerina bruta a 119 g.kg<sup>-1</sup> da matéria seca e dieta à base de milho, e dois grupos genéticos). Em relação à dieta padrão, a dieta com glicerina bruta proporcionou maior consumo de matéria seca pelos tourinhos Nelore, enquanto a dieta com milho proporcionou menor consumo de matéria seca e coeficiente de digestibilidade da fibra em detergente neutro pelos tourinhos MOL. As variáveis de desempenho não foram alteradas pelas dietas, porém verificou-se maior ganho de peso diário nos tourinhos MOL (1,36 x 1,06 kg.d<sup>-1</sup>) que nos Nelore, mas conversão alimentar semelhantes (6,06 kg MS.kg<sup>-1</sup>PV). As dietas experimentais não influenciaram as características da carcaça e da carne. O peso de carcaça quente, rendimento de carcaça quente e a espessura de gordura subcutânea não foram influenciados pelos genótipos, com valores médios de 231,5 kg; 54,19 kg e 2,91 mm. MOL apresentaram maior percentual de traseiro especial e ponta de agulha, e animais Nelore, maior percentual de dianteiro. Carcaças de MOL apresentaram maior composição em músculos, e as de Nelore, maior composição em gordura. A utilização da glicerina bruta (119 g.kg<sup>-1</sup> de matéria seca) e do milho nas dietas

pode ser realizada, pois não altera o desempenho e as características da carcaça e da carne de bovinos. Tourinhos MOL possuem potencial de serem utilizados para produção de carne, pois proporcionam desempenho produtivo, características da carcaça e da carne satisfatórias, quando terminados em confinamento com dietas de alto concentrado, podendo ser utilizados em alternativa aos animais Nelore.

**Palavras-chave:** ganho de peso, genótipos, *Pennisetum americanum*, rendimento de carcaça, subproduto do biodiesel, valor nutritivo

## GENERAL ABSTRACT

This study aimed to evaluate crude glycerin and pearl millet as alternative energy sources to corn in diets on intake, digestibility and nitrogen balance in sheep, and performance productive and carcass of the characteristics and of the meat of young bulls Nellore and dairy crossbred. In both digestibility trials were evaluated five levels of replacement of corn by crude glycerin (0, 60, 120, 180 and 240 g.kg<sup>-1</sup> dry matter) or by pearl millet (0, 250, 500, 750 and 1000 g.kg<sup>-1</sup> dry matter) in diets of lambs in a completely randomized design with four replications. In the experiment with crude glycerin, intake and digestibility coefficient of nutrients and total digestible nutrient content were not altered with the inclusion of crude glycerin, with the exception of ether extract intake and of the non-fiber carbohydrates that for each g.kg<sup>-1</sup> crude glycerin increased linearly 0.009380 and 0.095 g.d<sup>-1</sup> respectively. The nitrogen balance increased linearly 0.02 g.d<sup>-1</sup> for each g.kg<sup>-1</sup> of crude glycerin replacing corn in the diet. In the experiment with pearl millet, the intake of dry matter and of crude protein were not affected by the replacement levels, with average values of 1491.60 and 193.07 g.d<sup>-1</sup>, respectively. The ether extract intake increased linearly 0.0222 g.d<sup>-1</sup> for each g.kg<sup>-1</sup> of pearl millet and was observed quadratic behavior in the intake of non-fiber carbohydrates with minimum value of 598.80 g.d<sup>-1</sup> in the level of 133.5 and g.kg<sup>-1</sup> of replacement, and intake of total digestible nutrients, with minimum value of 969.65 g.d<sup>-1</sup> in the level of 124.5 g.kg<sup>-1</sup> of replacement. The nitrogen balance and the apparent digestibility of nutrients were not affected by the levels of pearl millet, with the exception of the digestibility coefficient of crude protein and total digestible nutrient, which increased linearly 33.33 and 6.20% of the diet with 1000 g.kg<sup>-1</sup> of replacement in relation for the standard diet, respectively. The crude glycerin in replacing corn in the diet up to 240 g.kg<sup>-1</sup> of dry matter and of the pearl millet in replacement wholly to corn can be used in fed to lambs without negative effects on the nutritional value of diets. In the third experiment, were used 12 young bulls Nellore and 12 young bulls dairy crossbred with an average weight of 332.7±30.08 kg and 318.8±26.97 kg, respectively, distributed in a completely randomized design with a 3x2 factorial arrangement (corn-based diet, diet with inclusion of crude glycerin (119 g.kg<sup>-1</sup>) and pearl millet-based diet, and two genetic groups). In relation to standard diet, the diet with crude glycerin provided greater intake of dry matter by young bulls Nellore, while the diet with pearl millet resulted in less dry matter intake and less digestibility of neutral detergent fiber by crossbred dairy young bulls. The performance variables did not differ between diets, but differences were found in 28.78% of the daily weight gains, higher value for Crossbred dairy young bulls (1.36 x 1.06 kg.d<sup>-1</sup>) than for Nellore, but similar feed conversion averaging 6.06 kg of dry matter.kg<sup>-1</sup> of BW. The dressing percentage, weight hot carcass and subcutaneous fat thickness did not were altered by the genetics groups, with average values of 431.5 kg; 54.19 kg and 2.91 mm. Crossbred dairy young bulls showed higher percentage of hindquarter and spare ribs, while Nellore bulls, higher forequarter. Carcasses of crossbred bulls showed higher composition in muscle, and carcasses of Nellore higher percentage of body fat. The use of crude glycerin (119 g.kg<sup>-1</sup> dry matter) and of pearl millet in the diet can be carried because not alter the performance and characteristics of carcass and meat of cattle. Crossbred dairy young bulls have potential to being used for meat production, as they provide productive performance, carcass characteristics and meat satisfactory when feedlot finished

with high concentrate diets and can be used alternatively to Nellore.

**Keywords:** byproduct of biodiesel, dressing percentage, genotypes, nutritional value, *Pennisetum americanum*, weight gain

## LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

ALD	Área do <i>Longissimus dorsi</i>
AOAC	Association of Official Analytical Chemistry
ATP	Adenosina Trifosfato
ADP	Adenosina Difosfato
BW	Body Weight
°C	Graus Celsius
CA	Conversão alimentar
CB	Comprimento de braço
CC	Comprimento da carcaça
CCNF	Consumo de carboidratos não fibrosos
CDA	Coefficiente de digestibilidade aparente
CEE	Consumo de extrato etéreo
CFDN	Consumo de fibra em detergente neutro
CMS	Consumo de matéria seca
CNDT	Consumo de nutrientes digestíveis totais
CNF	Carboidratos não fibrosos
CDAMS	Coefficientes de digestibilidade aparente da matéria seca
CDAPB	Coefficientes de digestibilidade aparente da proteína bruta
CDAEE	Coefficiente de digestibilidade aparente do extrato etéreo
CDACNF	Coefficientes de digestibilidade aparente de carboidratos não fibrosos
CPB	Consumo de proteína bruta
CP	Comprimento de perna
CV	Coefficiente de variação
d	Dia
DIC	Delineamento Inteiramente Casualizado
EC	Espessura de coxão
EE	Extrato etéreo
EGS	Espessura de gordura subcutânea
FDN	Fibra em detergente neutro
FDN <sub>cp</sub>	Fibra em detergente neutro corrigido para cinzas e proteína
g	Gramas
GB	Glicerina bruta
GG	Grupo genético
GPD	Ganho de peso diário
GPT	Ganho de peso total
h	Hora
HCL	Ácido clorídrico
I	Interação
IOP	Industrial Oil Products Program

IUPAC	International Union of Pure and Applied Chemistry
kg	Quilograma
L	Efeito Linear
MOL	Mestiços de origem leiteira
m <sup>2</sup>	Metro ao quadrado
min	Minuto
mL	Mililitros
mm	Milímetros
MS	Matéria seca
MO	Matéria orgânica
MOL	Mestiços de origem leiteira
MM	Matéria mineral
N	Nitrogênio
NDT	Nutrientes digestíveis totais
NIDN	Nitrogênio insolúvel em detergente neutro
NIDA	Nitrogênio insolúvel em detergente ácido
N-NH <sub>3</sub>	Nitrogênio amoniacal
NRC	National Research Council
O	Osso
P	Nível de significância
PB	Proteína bruta
PA	Peso de abate
PC	Porção comestível
PCQ	Peso de carcaça quente
PB	Perímetro de braço
PCQI	Peso de carcaça quente integral
PF	Peso final
P <sub>Fecal</sub>	Produção fecal
PV	Peso vivo
Q	Efeito Quadrático
R	Coeficiente de determinação
r	Coeficiente de correlação
RC	Recorte de carne
RCQI	Rendimento de carcaça quente integral
RG	Recorte de gordura
RPC	Rendimento da porção comestível
RTE	Rendimento do traseiro especial
SAS	Statistical Analyses System
TE	Traseiro especial
TMP	Tamanho médio de partícula
TNT	Tecido-não-tecido
UNFPA	Fundo de População das Nações Unidas

## **CAPÍTULO I - CONSIDERAÇÕES INICIAIS**

O Brasil é o segundo maior produtor de carne bovina do mundo, e detém atualmente o maior rebanho bovino comercial, com 194,8 milhões de cabeças (ANUALPEC, 2014), porém ainda apresenta baixos índices produtivos. Para atender a demanda por produção e por qualidade de carne no mundo, o sistema de bovinos de corte brasileiro tem intensificado sua produção adotando como estratégia a terminação dos animais em confinamento. Este sistema apresenta como principais vantagens a redução da idade ao abate dos animais e a produção de carne de melhor qualidade (RESTLE et al., 1999; VAZ e RESTLE, 2000), tornando-se cada vez mais importante na pecuária brasileira.

Em função deste aumento da produção de bovinos em sistemas de confinamento, tornou-se comum a utilização de dietas ricas em carboidratos rapidamente fermentáveis a fim de aumentar a conversão alimentar de ruminantes em sistemas de produção intensiva (BERNDT et al., 2013). Sendo o milho a principal fonte energética utilizada neste sistema.

Porém, o preço do milho tem aumentado substancialmente no âmbito nacional e internacional, em função da sua utilização nas usinas de álcool em alguns países e das flutuações nos preços das commodities agrícolas. Além disso, a utilização do milho nas dietas de ruminantes concorre diretamente com a alimentação humana e de outros animais domésticos.

No Brasil, há grande disponibilidade de grãos e subprodutos que mediante pesquisas que avaliem suas características nutricionais e respostas produtivas, podem ser inseridos de forma racional na alimentação dos animais. Dentre estes, o grão de milheto e a glicerina bruta (proveniente da produção de biodiesel), em função de seus elevados valores energéticos, surgem como fontes energéticas alternativas ao milho nas dietas de ruminantes.

O mercado consumidor e a sociedade tem se preocupado cada vez mais com a forma de produção da carne, de forma que esta deve assegurar ao máximo o bem estar dos animais. O aproveitamento de machos leiteiros no sistema de produção de carne pode ser a solução para um problema nas propriedades leiteiras, em que os machos concorrem com a própria atividade, tornando-se fator limitante à criação de bezerras (LIMA et al., 2013), sendo estes muitas vezes descartados, sacrificados ou criados em condições precárias.

Animais originários de rebanhos leiteiros apresentam boa habilidade de ganho de peso e bom desempenho (VELLOSO et al., 1975), no entanto, o seu aproveitamento racional, para corte, requer melhor avaliação do seu potencial de crescimento e das características da carcaça, tendo em vista que as restrições alimentares normalmente impostas aos animais na fase de cria podem ter reflexo sobre o seu desempenho posterior, como animais de abate (ROCHA et al., 1999).

O objetivo com o trabalho foi avaliar a glicerina bruta e o milho como fontes de energia alternativas ao milho nas dietas sobre o consumo, digestibilidade aparente e balanço de nitrogênio em ovinos e desempenho produtivo e características da carcaça e da carne de tourinhos Nelore e mestiços de origem leiteira.

## **1. REVISÃO DE LITERATURA**

### **1.1. Glicerina bruta/glicerol**

O glicerol foi acidentalmente descoberto em 1779, por um químico sueco, K. W. Scheele, que o extraiu de uma mistura aquecida de litargírio e azeite de oliva. Em 1866, com a invenção da dinamite, o uso de glicerina permitiu o transporte seguro de explosivos e passou a ter importância no âmbito militar, com sua primeira aplicação econômica (PARSONS, 2010). Atualmente, a glicerina possui ampla aplicação industrial, sendo muito utilizada na indústria farmacêutica, na composição de cápsulas, supositórios, anestésicos, xaropes e emolientes para cremes e pomadas, antibióticos e antissépticos. Também é utilizada em grandes quantidades no processamento de tabaco e alimentos.

O termo glicerol (1, 2, 3-propanotriol) aplica-se geralmente ao composto puro, enquanto o termo glicerina aplica-se ao produto comercial com pureza acima de 95%. O glicerol pode ser encontrado em todas as gorduras e óleos de origem animal e vegetal ligado a ácidos graxos como esteárico, palmítico, oleico e láurico para formar a molécula de triacilglicerol, portanto, é um intermediário importante no metabolismo dos seres vivos (FELIZARDO, 2003). É um composto orgânico pertencente à função química álcool, e caracteriza-se por ser um líquido viscoso, de cor castanho claro, inodoro, higroscópico, de sabor adocicado à

temperatura ambiente (25 °C), com temperatura de fusão de 17,8 °C e de ebulição de 290 °C e pode ser diluído em água e etanol (IUPAC, 1993).

A expansão rápida da indústria do biodiesel tem aumentado a disponibilidade de glicerina bruta, contribuindo para que estudos sobre sua utilização na alimentação animal que foram alvos no passado sejam novamente foco no cenário mundial. O biodiesel é obtido através de um processo de transesterificação de óleos vegetais ou gorduras animais com um álcool de cadeia curta (metanol ou etanol), na presença de um catalisador ácido ou básico. A glicerina, a lecitina, o farelo e/ou a torta de oleaginosa são os principais subprodutos deste processo (RATHMANN, 2005).

Recentemente, novas aplicações da glicerina vêm sendo descobertas, tal como seu emprego como substrato para fermentações bacterianas com a finalidade de se obter produtos de alto valor agregado como polímeros biodegradáveis, raminolipídeos, biosurfactantes, dentre outros (IOP, 2011), no entanto, são soluções de longo prazo para o excedente de glicerina.

Desta forma, surge a utilização da glicerina na alimentação animal como destino econômico a este subproduto contribuindo para a viabilidade da produção de biodiesel. A glicerina bruta possui potencial como ingrediente energético em dietas de animais ruminantes, uma vez que apresenta valor energético semelhante ao do milho (MACH et al., 2009; DONKIN, 2008).

## **1.2. Caracterização da glicerina bruta proveniente do biodiesel**

A glicerina disponível para ser comercializada pode estar na sua forma bruta, sem qualquer purificação (natural), ou purificada (FELIZARDO, 2003). A glicerina bruta pode ser comercializada em dois tipos classificados de acordo com o grau de pureza (teor de glicerol): glicerina de baixa pureza (50 a 70% de glicerol) e de média pureza (80 a 90% de glicerol), sendo os outros componentes ácidos graxos, água, minerais e álcool. Já a glicerina purificada é também classificada como glicerina de alta pureza (geralmente acima de 99%) (SÜDEKUM, 2008). O processo de obtenção e a fonte de produção do biodiesel são determinantes para o grau de pureza e composição física, química e nutricional da glicerina (GOTT e EASTRIDGE, 2010; RIVALDI et al., 2007).

A glicerina bruta disponível no Brasil apresenta grande variação em função de falhas no processo de separação entre biodiesel e glicerol, fato observado principalmente em agroindústrias de biodiesel de pequeno porte, resultando na contaminação com metais pesados, excesso de ácidos graxos e metanol (LAGE et al., 2010). Em função destas impurezas, os impactos no consumo, na digestibilidade dos componentes da dieta e no desempenho animal podem ser diferentes com a utilização da glicerina bruta, obtida do processo de transesterificação do ácido graxo, em relação aos obtidos com a glicerina purificada, de custo mais elevado (RODRIGUES e RONDINA, 2013).

O Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento (MAPA), em maio de 2010, determinou os padrões de qualidade para fins de registro da glicerina como ingrediente em dietas animais, sendo estabelecido o mínimo de 80% de glicerol, o máximo de 13% de umidade e o máximo de 150 ppm de metanol, enquanto os teores mínimos de sódio e matéria mineral devem ser garantidos pelo fabricante, podendo variar de acordo com o processo produtivo.

A composição da glicerina bruta pode variar de 78 a 85% de glicerol, 8 a 15% de água, 2 a 10% de sal (NaCl ou KCl), 0,5% de ácidos graxos livres e  $\leq$  0,5% de metanol (KERR et al., 2007). Hales et al. (2013) ao verificar diferenças na composição química da glicerina bruta oriunda de mesma fonte e utilizada em dois experimentos, destacaram a necessidade de uma amostragem rigorosa e controle de qualidade quando se utiliza subprodutos na alimentação dos animais.

### **1.3. Glicerina bruta na alimentação de ruminantes**

Os primeiros estudos sobre a utilização de glicerina na alimentação animal são voltados para o seu uso no tratamento de cetose em vacas leiteiras (GOFF e HORST, 2001) e prevenção de problemas metabólicos relacionados com vacas em transição (DEFRAIN et al., 2004; DONKIN, 2008). Porém, Bodarski et al. (2005) avaliaram os efeitos da suplementação com 300 e 500 ml/animal/dia de glicerina em vacas leiteiras do pré-parto aos 70 dias de lactação, e encontraram que a suplementação com glicerina não foi efetiva na prevenção de cetose, pois, não elevou os níveis de glicose, nem tão pouco reduziu os níveis de  $\beta$ -hidroxibutirato (BHB) do sangue, porém teve bons resultados no consumo voluntário, na produção de leite e no teor de proteína do leite, que foram maiores

para os grupos com glicerina quando comparado ao controle, além de apresentarem melhor escore de condição corporal aos 70 dias. Resultados como estes despertaram o interesse da glicerina bruta como macronutriente nas dietas dos ruminantes.

### 1.3.1. Metabolismo do glicerol em ruminantes

Do glicerol que chega ao rúmen, 44% são fermentados pelas bactérias ruminais, principalmente a propionato, 13% passam com a digesta alimentar e 43% são absorvidos pela parede ruminal (KREHBIEL, 2008). O glicerol ou o propionato absorvido ao chegarem ao fígado serão transformados em glicose pela via da gliconeogênese, o que representa vantagem metabólica porque entra na rota gliconeogênica ao nível de triose fosfato, metabolicamente mais próximo à glicose, local diferente de outros precursores glicogênicos (DEFRAIN et al., 2004). Portanto, o glicerol não depende das enzimas piruvato carboxilase ou fosfoenolpiruvato carboxilase, para ser convertido em glicose via glicerol quinase. Desta forma, a glicerol quinase converte glicerol e ATP a glicerol-3-fosfato e ADP, uma fase intermediária onde glicerol é direcionado ou para gliconeogênese ou para glicólise (DEFRAIN et al., 2004).

As bactérias ruminais fermentam rapidamente parte do glicerol que chega ao rúmen em ácidos graxos voláteis, principalmente propionato (KREHBIEL, 2008), e por este motivo a inclusão de glicerol nas dietas promove aumento da rota fermentativa glicogênica (RICO et al., 2012), aumentando, portanto, a eficiência do uso da energia dos alimentos pelos ruminantes (SE-YOUNG LEE et al., 2011).

Em vários estudos foi verificada a produção de propionato e butirato mais proeminente que a de acetato resultantes da fermentação de dietas com glicerina em sua composição. Rémond et al. (1993) em estudos *in vitro* e *in vivo*, avaliaram os efeitos da glicerina na fermentação ruminal e observaram aumento na proporção de propionato e butirato com redução de acetato, resultados consistentes com os de Donkin (2008) em estudos *in vitro*. Ao contrário dos resultados de Ávila et al. (2011), que apesar do aumento nas proporções de propionato e redução da relação acetato:propionato, encontraram redução nas proporções de butirato dos ácidos graxos voláteis totais com o aumento nos

níveis de glicerol em substituição a cevada aos níveis de 0, 7, 17 e 24% de matéria seca. Mach et al. (2009) avaliaram níveis de glicerina bruta a 0, 4, 8 e 12% da matéria seca de dietas de alto concentrado em touros holandeses e não encontraram diferenças nas proporções molares ruminais de acetato, butirato e propionato. Se-Young Lee et al. (2011) observou aumento na proporção de propionato e redução da relação acetato:propionato na fermentação *in vitro*, quando o glicerol foi adicionado a alfafa e ao milho.

Os microrganismos ruminais parecem se adaptar ao fornecimento de glicerol, já que se constatou que com o aumento nos dias de fornecimento do glicerol, aumenta-se a taxa de desaparecimento do mesmo no rúmen (KREHBIEL, 2008). Donkin e Doane (2007) também observaram que vacas alimentadas com glicerina bruta até 15% da matéria seca total da ração, requerem um período de adaptação à inclusão da mesma, cerca de 7 dias, para que não haja nenhum impacto negativo da alimentação com glicerina. Entretanto, a habilidade do líquido ruminal em degradar o glicerol aumentou com a quantidade administrada, sendo a taxa de degradação máxima encontrada no primeiro dia, não sendo afetada, pelo tempo de adaptação dos microrganismos ruminais ao glicerol em experimento de Rémond et al. (1993). De acordo com Se-Young Lee et al. (2011), a fermentação cinética do glicerol pode ser alterada pela adaptação da população microbiana ao glicerol. As diferenças nos resultados com a inclusão da glicerina podem ser justificadas pelas diferentes condições experimentais, porém, sugerem mudanças ou interações entre as espécies microbianas (DONKIN, 2008).

A extensão da fermentação da glicerina no rúmen depende do nível de inclusão de glicerina na dieta (DONKIN, 2008). Abo El-Nor et al. (2010) ao avaliarem glicerina bruta em substituição ao milho em baixos níveis, observaram que não houve efeitos adversos na fermentação, digestão ou população de bactérias ruminais. No entanto, segundo os mesmos autores, altos níveis de glicerina bruta na dieta podem ter efeitos negativos na fermentação ruminal, reduzindo a digestão da fibra, a produção de acetato e de populações bacterianas. AbuGhazaleh et al. (2010) verificaram que até 15% de glicerina bruta em substituição ao milho na matéria seca da dieta não provocou efeitos adversos no processo de fermentação ou na população de bactérias ruminais. Porém, níveis mais elevados de substituição de 30 e 45% foram associados à

redução de acetato e de populações de bactérias fibrolíticas (*Butyrivibrio fibrisolvens*) e não fibrolíticas (*Selenomonas ruminantium*).

### 1.3.2. Consumo, digestibilidade e desempenho

As divergências nos resultados dos estudos com glicerina bruta podem ser explicadas em função da pureza e composição da glicerina utilizada que varia com o processo de obtenção e fonte de produção (FÁVARO, 2010; GOTT e EASTRIDGE, 2010). Desta forma, os resultados dos diversos trabalhos avaliando a inclusão da glicerina bruta na dieta sobre o consumo de matéria seca são variáveis, pois seus efeitos estão relacionados principalmente com a qualidade da glicerina utilizada, mas também com o nível de glicerina na dieta, bem como as diferentes estratégias de administração e a relação volumoso:concentrado das dietas (OMAZIC, 2013).

Apesar destes fatores, em vários trabalhos o consumo de matéria seca não foi alterado pela inclusão da glicerina bruta nas dietas de ovinos (BENSIMON et al., 2011; TERRÉ et al., 2011; MEALE et al., 2013) e bovinos (MORIEL et al., 2011; BARTOŇ et al., 2013; VAN CLEEF et al., 2014). Mach et al. (2009) avaliaram níveis de glicerina a 0, 4, 8 e 12% de matéria seca no concentrado em dietas de alto concentrado de touros holandeses, e o consumo de matéria seca total não foi alterado. Resultados que corroboram com os de Hales et al. (2013), que não observaram efeitos no consumo de matéria seca em experimento com novilhos cruzados em crescimento alimentados com glicerina a níveis de 0; 2,5; 5,0; 7,5 e 10% da matéria seca em substituição ao milho floculado nas dietas. Leão et al. (2012) avaliaram níveis de glicerina bruta de 0, 16, 18 e 24% de matéria seca em dietas de vacas de descarte e novilhos de aptidão leiteira e não encontraram alteração no consumo de matéria seca. Gunn et al. (2010a) trabalhando com carneiros da raça Sulffock alimentados com 0, 5, 10, 15 e 20% de glicerina bruta na dieta também não verificaram alteração no consumo de matéria seca.

A glicerina bruta, em função de seu sabor adocicado e aroma suave, pode melhorar a palatabilidade das dietas (ELAM et al., 2008), e em consequência, aumentar o consumo dos alimentos. Maciel (2014) avaliou bezerros de origem leiteira alimentados com níveis de glicerina bruta de 0, 8, 16 e 24% de matéria

seca no concentrado inicial, os animais apresentaram aumento no consumo de matéria seca, pois além de seu sabor relativamente doce, o concentrado apresentou aspecto de textura grosseira, úmida e com os componentes bem agregados com a inclusão da glicerina bruta, o que segundo o autor pode ter contribuído para o maior consumo de concentrado. Essa agregação das partículas pode ocorrer em função da glicerina bruta aumentar a capacidade de retenção de água das rações por ter natureza higroscópica (ELAM et al., 2008).

No entanto, apesar destes resultados, efeitos adversos da glicerina bruta no consumo de matéria seca são encontrados na literatura, e geralmente, estão relacionados com a pureza da glicerina utilizada. Lage et al. (2010) verificaram redução no consumo de matéria seca de cordeiros não castrados da raça Santa Inês alimentados com 0, 3, 6, 9 e 12% da matéria seca em função da glicerina bruta utilizada ser de baixa pureza e apresentar elevados níveis de ácidos graxos (46,48%) em sua composição, o que foi explicado pelos autores por falhas no processo de separação entre biodiesel e glicerol, e portanto, o alto nível de lipídeos nas dietas com inclusão de glicerina bruta pode ter contribuído para a redução no consumo de matéria seca dos ovinos. Barros (2012) observou redução no consumo de matéria seca de cordeiros mestiços Santa Inês x Dorper alimentados com dietas com inclusão de 0; 2,65; 5,33; 8,06 e 10,84% de glicerina bruta, explicou tal fato pela baixa pureza da glicerina, provavelmente os níveis de glicerol (43,9%), metanol (6%) e ácidos graxos (33,6%) da glicerina podem ter contribuído de forma isolada ou em conjunto para a redução no consumo de matéria seca pelos animais.

Além dos níveis de glicerol, metanol e ácidos graxos, o teor de sódio presente na glicerina, que varia com o processo de transesterificação do biodiesel, pode reduzir o consumo alimentar. Gunn et al. (2010b) verificaram redução no consumo de matéria seca ao avaliarem níveis de 0, 15, 30 e 45% de glicerina bruta na matéria seca das dietas de cordeiros em função do teor de sódio da glicerina bruta utilizada no trabalho. Recentemente, Maciel (2014) observou redução no consumo de matéria seca em função dos níveis de sódio na glicerina bruta em experimento com bezerros leiteiros, porém, quando se avaliou a inclusão da glicerina bruta em novilhos mestiços leiteiros não houve efeitos no consumo de matéria seca, justificando que animais jovens são mais sensíveis ao teor de sódio nas dietas que animais adultos (BERGER E RASBY,

2011).

Não houve alterações no consumo de matéria seca de novilhas em terminação quando glicerina foi fornecida até 2% da matéria seca, porém, houve redução no consumo de matéria seca com o aumento dos níveis de glicerina a dieta (4, 8, 12 e 16%) em Parsons et al. (2009). O aumento nos níveis de glicerina na dieta pode levar a um ambiente ruminal desfavorável (GUNN et al., 2010b), resultando em decréscimo no consumo de matéria seca (PARSONS et al., 2009). Segundo Trabue et al. (2007), o aumento nas concentrações de ácido láctico pode deprimir a fermentação do glicerol no rúmen, e reduzir o consumo de matéria seca.

DeFrain et al. (2004) observaram diferentes respostas no consumo de matéria seca quando forneceram glicerina bruta em alto e baixo nível na dieta, em vacas no pré-parto observaram redução no consumo de matéria seca, e no pós-parto, não houve alteração no consumo. Estes resultados demonstram que fatores como nível de glicerina bruta na dieta, estado fisiológico e categoria animal, componentes da dieta e formas de inclusão da glicerina bruta podem interferir na rota metabólica do glicerol no ambiente ruminal, assim como no seu metabolismo intermediário.

Segundo Musselman et al. (2008), a glicerina (90% de glicerol) pode ser adicionada até 15% da matéria seca em dietas de cordeiros confinados sem alterar o ganho de peso diário, eficiência alimentar e número de dias em alimentação. Porém, animais submetidos a dietas controle e com 15% de glicerina bruta tiveram maior desempenho que os alimentados com 30 e 45% de glicerina bruta na dieta. Gunn et al. (2010a), adicionaram níveis de 0, 5, 10, 15 e 20% de glicerina (88% de glicerol) com base na matéria seca, em dietas de cordeiros castrados em terminação, e observaram que ao nível de 15% de glicerina houve melhor desempenho. Apesar da redução no consumo de novilhas em terminação à medida que se substituiu milho floculado por glicerina bruta à base de soja (0, 2, 4, 8, 12 e 16% da matéria seca), a adição de glicerina até ao nível de 8% da matéria seca melhorou o ganho de peso e a eficiência alimentar, com benefícios máximos sendo alcançados ao nível de 2% da matéria seca (PARSONS et al., 2009).

A substituição do milho pela glicerina bruta (0, 10, 20 e 30% de matéria seca) nos suplementos de cordeiros lactentes a pasto, não influenciou o ganho

de peso diário dos animais, o que foi atribuído a não variação no consumo de suplemento com o uso da glicerina bruta (PELLEGRIN et al., 2012). Segundo os autores, estes resultados indicam a viabilidade de inclusão de até 30% de glicerina bruta no suplemento para ovinos, e pode estar relacionado à capacidade dos microrganismos ruminais se adaptarem ao fornecimento de glicerol (KREHBIEL, 2008). A inclusão de glicerina bruta às dietas até 24% da matéria seca não afetou o ganho de peso diário de vacas de descarte e novilhos de aptidão leiteira, em função de não ter sido observado efeitos no consumo de matéria seca (LEÃO et al., 2012).

A digestibilidade da matéria seca não foi afetada pelos níveis de 0, 7, 14 e 21% de glicerol nas dietas de cordeiros em Ávila-Stagno et al. (2012). Lage et al. (2010) também não observaram alteração no coeficiente de digestibilidade da matéria seca quando avaliaram níveis de inclusão da glicerina bruta de 0, 3, 6, 9 e 12% na matéria seca em substituição ao milho na dieta de cordeiros. A inclusão da glicerina bruta na dieta de ruminantes não influenciou o coeficiente de digestibilidade da matéria seca em vários outros trabalhos (SHIN et al., 2012; FARIAS et al., 2012; WILBERT et al., 2013; BOYD et al., 2013; VAN CLEEF et al., 2014).

Parsons e Drouillard (2010) avaliaram a digestibilidade aparente da matéria seca, matéria orgânica, proteína bruta, amido e gordura, e encontraram resultados similares nos diferentes tratamentos, com exceção da digestibilidade aparente da fibra em detergente neutro que foi de 60,4; 51,8 e 48,1% para respectivamente, 0, 2 e 4% de inclusão de glicerina bruta às dietas de novilhos cruzados. Entretanto, Farias et al. (2012) avaliando níveis de adição da glicerina bruta no concentrado (0; 2,8; 6,1 e 9,0%) para ovinos a pasto, não observaram efeito da glicerina bruta nos coeficientes de digestibilidade da fibra em detergente neutro. Resultados que consonam com Almeida (2011); Ávila-Stagno et al. (2012) e Wilbert et al. (2013). Avaliando dietas sem glicerol, e com baixo, médio e alto nível de glicerol, Wang et al. (2009) verificaram digestibilidade da fibra em detergente neutro maior nas dietas com médio glicerol, intermediárias nas dietas com baixo e alto glicerol e reduzidas nas dietas sem glicerol. Os autores explicaram tal fato pela melhora na degradação ruminal constatada no trabalho que teria provocado melhora na digestibilidade da matéria seca e da fibra.

Porém, estudos confirmam os resultados encontrados por Parsons e

Drouillard (2010), evidenciando efeitos negativos da glicerina bruta sobre a digestibilidade da fibra em detergente neutro (SERRANO, 2011; SHIN et al., 2012). Estudos de Abo El-Nor et al. (2010), confirmaram que níveis mais elevados de glicerina reduzem a digestão da fibra e a produção de acetato, pois causa efeitos deletérios no crescimento e na atividade celulolítica de bactérias e fungos ruminais. Em níveis de 5%, houve inibição do crescimento e atividade celulolítica das principais bactérias e fungos do rúmen, porém, em concentrações menores (0,1-1%), o glicerol não apresentou efeitos *in vitro* no crescimento, adesão ou atividade celulolítica das bactérias e fungos ruminais (ROGER et al., 1992). Resultados constatados por Krueger et al. (2010), em que a glicerina bruta utilizada até 20% da matéria seca da dieta não teve efeitos negativos na digestibilidade da fibra em detergente neutro, porém acima de 20%, pode afetar negativamente a digestão da fração fibrosa, confirmado pela redução na taxa de fermentação ruminal e alteração do perfil de ácidos graxos voláteis.

### **1.3.3. Características de carcaça e carne**

O peso e rendimento de carcaça e cortes comerciais são medidas de interesse dos frigoríficos na avaliação do valor do produto e nos custos operacionais, pois carcaças de pesos diferentes demandam de mão-de-obra e tempo de processamento similar (PASCOAL et al., 2011). Diversos trabalhos têm encontrado relação do peso de carcaça quente com o peso de abate (FERREIRA et al., 2009; MIOTTO et al., 2012; MACIEL, 2014), desde que o rendimento de carcaça não tenha sido alterado (MENEZES et al., 2005).

Leão et al. (2013); van Cleef et al. (2014) e Maciel (2014) não verificaram variação no peso ao abate e peso de carcaça quente com a inclusão da glicerina bruta nas dietas. Entretanto, Parsons et al. (2009), ao avaliarem níveis de 0, 2, 4, 8, 12 e 16% de glicerina bruta na dieta de novilhas mestiças, observaram efeito no peso ao abate e peso de carcaça quente, que aumentaram até o nível de 8%, porém, nas dietas a partir de 12% de glicerina bruta houve redução nestas variáveis. Mach et al. (2009) avaliaram níveis de até 12% de glicerina bruta no concentrado, e as características da carcaça e qualidade da carne de touros holandeses alimentados com dietas de alto concentrado não foram alteradas.

Segundo Musselman et al. (2008), a glicerina bruta (90% de glicerol) pode ser adicionada até 15% da matéria seca em dietas de cordeiros confinados sem efeitos negativos nas características da carcaça, porém menor rendimento de carcaça e espessura de gordura subcutânea foram observados quando a glicerina bruta foi adicionada a 30 e 45% da matéria seca da dieta em relação às dietas controle e com 15% de inclusão. Gunn et al. (2010a), adicionaram níveis de 0, 5, 10, 15 e 20% de glicerina bruta (88% de glicerol) com base na matéria seca, em dietas de cordeiros castrados em terminação, sem nenhum efeito concomitante nas características da carcaça.

O rendimento de carcaça expressa à relação percentual entre o peso da carcaça e o peso corporal do animal, sendo importante na avaliação por estar relacionado à comercialização dos animais (SANTELLO et al., 2006). Bartoň et al. (2013) avaliaram a inclusão de glicerina bruta a 0; 5 e 10% e dieta sem glicerina até os 118 dias do confinamento e depois 10% de glicerina bruta na outra metade do período de confinamento, e não observou diferenças no rendimento de carcaça de touros. Resultados que corroboram com os de van Cleef et al. (2014) e Mach et al. (2009), em que não verificaram alteração no rendimento de carcaça com a inclusão da glicerina bruta na dieta. Leão et al. (2013) também observaram que os rendimentos de carcaça quente integral e de carcaça quente não foram influenciados pelos níveis de inclusão de até 24% de glicerina bruta na dieta, com valores médios para vacas de 54,15 e 50,38%, e para os novilhos de 53,81 e 50,65%, respectivamente.

Segundo Ferreira et al. (2009) as dietas podem influenciar o rendimento de carcaça quando estas possuem diferentes taxas de passagem e poder de enchimento, com conseqüente variação no conteúdo gastrintestinal, desde que os animais utilizados sejam do mesmo padrão racial (FATURÍ et al., 2002). Maciel (2014) observou aumento linear no rendimento de carcaça fria com a inclusão de glicerina bruta nas dietas, e explicou este fato ao provável menor conteúdo gastrintestinal, proporcionado pelo menor consumo numérico com a inclusão acima de 8% de glicerina bruta, além da grande quantidade de recorte de gordura das carcaças, provavelmente em função do longo período que os animais receberam dietas com alta energia.

Apesar do aumento no rendimento de carcaça fria, a inclusão da glicerina bruta nas dietas (0, 8, 16 e 24% da matéria seca) de novilhos mestiços leiteiros

avaliada por Maciel (2014) não afetou o peso da carcaça quente (218,95 kg), peso de carcaça quente integral (233,10 kg), peso de carcaça fria (215,20 kg), rendimento de carcaça quente (50,38%) e rendimento de carcaça quente integral (53,60%), recorte de gordura das carcaças (14,13 kg) e espessura de gordura subcutânea (4,05 mm).

Leão et al. (2013) trabalhando com glicerina bruta aos níveis de inclusão de 0, 6, 12 e 24% da matéria seca das dietas, não observaram efeitos na espessura de gordura subcutânea das carcaças de vacas de descarte (13,8 mm) e novilhos de origem leiteira (5,2 mm). Bartoň et al. (2013), não observaram efeitos da inclusão de glicerina bruta a 0; 5 e 10% e dieta sem glicerina até os 118 dias do confinamento e depois 10% de glicerina bruta na outra metade do período de confinamento, nas características de abate, composição da carcaça ou composição química da área do *Longissimus dorsi* (ALD).

A glicose parece ser quantitativamente o precursor primário de lipídeos no tecido adiposo intramuscular, porém o precursor lipogênico na deposição de tecido adiposo subcutâneo é o acetato (PETHICK et al., 2004). Parsons et al. (2009), ao incluir glicerina bruta nos níveis de 0; 2; 4; 8; 12 e 16% da matéria seca da dieta fornecida para novilhas cruzadas em terminação, recebendo 6% de matéria seca da dieta composta por feno de alfafa, esperavam melhoria na qualidade das carcaças em função do aumento de substrato glicogênico, o que não ocorreu, pois, a espessura de gordura subcutânea foi inferior na dieta com glicerina bruta que na dieta padrão, principalmente nos níveis de 2 e 16% de glicerina bruta.

## **2. Milheto**

É uma planta de ciclo anual da família das gramíneas, originada da África e da Índia, de clima tropical, apresenta crescimento ereto, com porte alto, é cultivada no semiárido e apresenta alto rendimento produtivo. Normalmente, o milheto é utilizado em sistemas de plantio direto em sucessão à soja, e devido a essa finalidade seu cultivo expandiu na região Centro-Oeste, por ser uma espécie promissora às condições do cerrado brasileiro (DA SILVA et al., 2012).

O milheto vem ganhando destaque nos últimos anos devido principalmente aos híbridos de alto potencial produtivo, oriundos do melhoramento genético, o

que fez com que a cultura deixasse de ser apenas para cobertura ou produção de palha para o plantio direto, passando a ser considerada uma cultura de valor econômico para produção de grãos e forragem, tornando-se difundida na região Centro-Oeste (DAN et al., 2010), e na região Norte em função de sua adaptação no bioma dos cerrados. Na região Nordeste, seu cultivo tem aumentado por ser uma alternativa alimentar para as famílias de pequenos produtores, sendo muito utilizada como forrageira na alimentação dos animais (PEREIRA FILHO et al., 2003; MOREIRA et al., 2003).

Portanto, há boas perspectivas para o cultivo do milheto nestas regiões em função de suas características como boa tolerância a solos ácidos, com alta saturação de alumínio, baixa fertilidade (principalmente fósforo), além de resistência a seca e altas temperaturas (STRINGHINI et al., 1997), além de crescimento rápido e alto potencial de massa e grãos (MARTINS NETTO, 1998; MUSTAFA e DANGALADIMA, 2008), o que significa economia de implantação da cultura, comparado aos investimentos para produção de milho e sorgo (STRINGHINI et al., 1997).

### **2.1. Caracterização nutricional do milheto em grão**

O grão de milheto apresenta, em média, 75% de endosperma, 15% de gérmen e 10% de farelo. Como o grão é pequeno, o gérmen representa proporção significativa em relação ao grão total, resultando em teores elevados de proteína, óleo e fibra e menores teores de amido, quando comparado ao milho (RIBEIRO JÚNIOR et al., 2009).

O conteúdo de proteína pode variar de 8 a 24% devido à grande influência de condições ambientais, mas normalmente apresenta conteúdo de proteína de aproximadamente 12%; carboidratos, 69%; lipídios, 5%; minerais, 2,5%; cinza, 2,5%, e umidade, 21% (ANDREWS e KUMAR, 1992). O nível de lipídeos normalmente é considerado alto (3,0 a 7,0%), o que contribui para o alto valor calorífico do milheto. O perfil de aminoácidos é melhor que o do milho e sorgo, sendo comparável ao dos pequenos grãos, trigo, cevada e arroz (amido) em relação ao milho (EJETA et al., 1987).

Segundo Valadares Filho et al. (2002), o milheto possui em média 88,47% de matéria seca, 13,55% de proteína bruta, 5,13% de extrato etéreo, 15,93% de

fibra em detergente neutro e 76,37% de nutrientes digestíveis totais. De acordo com Huntington et al. (1997), o milho apresenta 72% de amido em sua composição e o milheto, 57 a 58%, enquanto Ribeiro et al. (2004) encontraram 71,7% e 62% de amido no milho e no milheto, respectivamente.

Quanto ao valor energético do milheto, segundo Hill et al. (1996), em dietas para bovinos de corte em crescimento, o milheto supriu entre 85 e 90% do valor energético do milho. Em experimento com cabritos em crescimento, a energia metabolizável do milheto foi somente 92% àquela encontrada no milho (TERRILL et al., 1998). No entanto, ao considerar o custo do milheto em relação ao do milho, e sua disponibilidade na região, o milheto é uma potencial fonte energética alternativa ao milho (TERRILL et al., 1998). Segundo os resultados encontrados por Bergamaschine et al. (2011), o milheto tem valor equivalente ao do milho, e pode substituir ainda o concentrado proteico nas rações. Estes resultados de Bergamaschine et al. (2011) permitem sugerir a redução nos custos com os ingredientes nas dietas, principalmente quando se leva em consideração o menor custo do milheto em relação ao do milho no período de entressafra (BASTOS et al., 2004).

As variações na composição química do milheto estão relacionadas ao cultivar utilizado, às diferenças no solo e nos tratos culturais (adubação, fertilização nitrogenada, data de plantio) e às condições ambientais (temperatura e disponibilidade de água) (RIBEIRO JÚNIOR et al., 2009).

## **2.2. Milheto como fonte energética na alimentação de ruminantes**

### **2.2.1. Consumo, digestibilidade e desempenho**

O grão de milheto (*Pennisetum americanum*) atualmente vem despertando interesse como fonte de energia em substituição aos grãos convencionais, principalmente o milho. De acordo com Bergamaschine et al. (2011), é possível substituir o milho e o farelo de algodão por milheto em rações para bovinos em confinamento sem afetar o consumo de matéria seca dos animais. Corroborando com Gonçalves et al. (2010), que não verificaram alteração no consumo de matéria seca quando substituíram grão de milho moído por grão de milheto moído a 0, 50 e 100% da matéria seca total de dietas de novilhos Nelore.

Resultados consistentes com outros estudos encontrados na literatura, com novilhos confinados (HILL et al., 1996) e vacas leiteiras (RIBEIRO et al., 2004; MUSTAFA, 2010).

A substituição do milho por milheto em até 40% de matéria seca da dieta também não proporcionou efeitos no consumo alimentar de cabras em lactação como observado por Gelaye et al. (1997). Em estudo recente, Moura (2013) avaliou dietas com substituição parcial de grão de milho pelo grão de milheto inteiro em ovinos castrados sem raça definida, e não observou influência no consumo de matéria seca.

Porém, Bergamaschine et al. (2011) verificaram redução linear no consumo de matéria seca com aumento do nível de milheto nas dietas em bezerros mestiços de origem leiteira, indicando que provavelmente há menor aceitabilidade do milheto em relação ao milho quando fornecido a animais jovens. Resultados similares aos encontrados por Gelaye et al. (1997), em experimento com cabritos em crescimento e Hill e Hanna (1990), em experimento com novilhas jovens, quando observaram redução no consumo alimentar com aumento das concentrações de milheto nas dietas.

Aumento no consumo de matéria seca foi verificado por Hill et al. (1996), em dietas de novilhos confinados com milheto substituindo milho e farelo de soja, e por Terrill et al. (1998), quando avaliaram dietas com 40% de concentrado em caprinos em terminação e observaram que os animais ingeriram 28% a mais das dietas com milheto a fim de atender seus requerimentos energéticos, já que as dietas com milheto apresentaram menor densidade energética em comparação às dietas com milho.

Recentemente, Alencar (2014) avaliando dietas à base de milho ou milheto em novilhos mestiços de origem leiteira, não verificou diferenças no consumo de matéria seca. Dados concordantes com os de Silva et al. (2014), quando substituiu grão de milho pelo grão de milheto na dieta (0, 33, 66 e 100%) de novilhos mestiços confinados. Porém, Silva et al. (2014) verificou aumento linear na ingestão de fibra em detergente neutro e redução na ingestão de carboidratos não fibrosos pelo aumento do grão de milheto na dieta, mas não houve diferença significativa para o consumo de nutrientes digestíveis totais quando substituiu grão de milheto pelo grão de milho (0, 33, 66 e 100%) em dietas de alto concentrado para novilhos mestiços confinados. Este fato foi explicado pelo

autor pelo menor teor de amido das dietas com milho, o que poderia ter contribuído para melhorar a digestão ruminal dos nutrientes.

A utilização do milho em substituição ao milho nas dietas de bovinos não alterou o coeficiente de digestibilidade aparente da matéria seca em vários trabalhos com bovinos (HILL et al., 1996; GONÇALVES et al., 2010; BERGAMASCHINE et al., 2011). Porém, em ovinos castrados sem raça definida, Moura (2013) observou digestibilidade da matéria seca de dietas com milho em grão inteiro semelhante ao do grão de sorgo inteiro, entretanto, menor em relação às dietas com grão de milho inteiro, o que foi justificado pelo maior teor de fibra em detergente neutro (30,63% vs 11,78%) e menor tamanho de partículas do grão de milho inteiro. O autor destaca que estes resultados são diferentes de outros da literatura pelo uso dos grãos sem processamento.

A digestibilidade da matéria seca, proteína bruta e carboidratos totais não foram influenciados pela inclusão do milho nas dietas, porém, houve redução na digestibilidade do extrato etéreo, e a digestibilidade da fibra aumentou linearmente à medida que se substituiu milho nas dietas nos níveis de 0, 23, 49, 80 e 96% da matéria natural do concentrado de bezerros mestiços de origem leiteira (BERGAMASCHINE et al., 2011). Dietas contendo 0, 50 e 100% de grão de milho em novilhos Nelore foram avaliadas por Gonçalves et al. (2010), e estes não observaram diferenças na digestibilidade dos nutrientes, com exceção apenas para a digestibilidade do extrato etéreo, que aumentou linearmente em função da maior digestibilidade do amido do milho no intestino delgado. Os dados encontrados na literatura a respeito da digestibilidade do extrato etéreo nas dietas com a inclusão do milho são inconclusivos, com grande variação nos resultados, em função das diferenças na composição dos grãos, no efeito do consumo de matéria seca pelos animais e nos teores de inclusão dos grãos nas dietas (GONÇALVES et al., 2010).

Hill e Hanna (1990) compararam o milho com o milho e grão de sorgo em dietas de bovinos de corte, e verificaram digestibilidade da proteína bruta e do extrato etéreo similar para as dietas contendo grãos de milho e de milho. No entanto, a digestibilidade da matéria seca, da matéria orgânica e das frações fibrosas foi maior nas dietas com milho que nas dietas com milho, e estes resultados podem explicar os maiores valores de nutrientes digestíveis totais das dietas com milho. Estes autores encontraram valores de 73,9; 69 e 69,2% de

nutrientes digestíveis totais nas dietas com milho, milheto e grão de sorgo, respectivamente, e justificaram a redução no aproveitamento das frações fibrosas em função do aumento na taxa de fermentação do amido na dieta com milheto. Alencar (2014) não verificou diferenças na digestibilidade dos nutrientes entre dietas à base de milho e de milheto em novilhos mestiços de origem leiteira.

Gelaye et al. (1997), trabalharam com cabritos em crescimento, e observaram menor coeficiente de digestibilidade da matéria seca, proteína bruta e fibra em detergente neutro da dieta com milheto a 50 e 100% de substituição em relação à dieta com milho, e explicaram tais resultados em função das maiores frações fibrosas e maior lignificação das dietas com milheto, evidenciando os efeitos negativos da lignina na digestão da parede celular.

Bergamaschine et al. (2011) avaliaram a substituição do milho pelo milheto (0; 23; 49; 80 e 96% da matéria natural) no concentrado de dietas com relação volumoso:concentrado de 65:35, em que o volumoso era silagem de milho e milheto (50:50), e não observaram alteração no ganho de peso vivo (1,0 kg/d) e conversão alimentar de novilhos Guzerá em confinamento. Alencar (2014) verificou que não houve diferenças no ganho de peso diário, peso final e conversão alimentar entre dietas à base de milho e milheto em novilhos mestiços de origem leiteira.

Silva et al. (2014) avaliou o desempenho de novilhos mestiços confinados alimentados com níveis de 0, 33, 66 e 100% de substituição do milho pelo milheto nas dietas, e não encontrou alteração no ganho de peso diário, peso corporal final e escore de condição corporal final, porém, a conversão alimentar aumentou linearmente com os níveis de grão de milheto em substituição ao grão de milho nas dietas.

A substituição do milho pelo milheto não alterou o desempenho de vacas holandesas em lactação, assim como as concentrações de acetato, propionato, ácidos graxos voláteis totais e pH ruminal não foram alteradas em trabalho de Ribeiro et al. (2004). A utilização do milheto como fonte de energia alternativa ao milho foi avaliada em dois experimentos por Terrill et al. (1998), e estes constataram que dependendo do nível de substituição do milheto nas dietas, da relação volumoso:concentrado e da composição dos grãos, a relação proteína:energia das dietas varia, assim como a fermentação ruminal (taxa de

passagem, atividade da população microbiana, concentrações de ácidos graxos voláteis, concentração de amônia e pH ruminal), e conseqüentemente, o consumo e desempenho animal.

### **2.2.2. Balanço de nitrogênio**

Terrill et al. (1998) observaram que não houve diferenças no nitrogênio retido de caprinos alimentados com dietas com 100% de grão e 40% de grão à base de milho, com 50 e 100% de milheto na matéria seca. Porém, nas dietas com 40% de grão, o nitrogênio ingerido e a excreção total foram maiores nas dietas com milheto em relação ao milho. Quando expressa como percentagem do nitrogênio ingerido, a retenção de nitrogênio foi menor nas dietas com milheto que nas dietas com milho (31,8 e 38,6%, respectivamente), o que sugere que a proteína do milheto foi menos eficientemente utilizada pelo animal.

Avaliando diferenças nas dietas à base de milho, milheto ou sorgo, Hill et al. (1996) não verificaram diferenças no balanço de nitrogênio em novilhos, porém, o nitrogênio retido como percentual do nitrogênio ingerido foi menor nas dietas com milheto em relação às dietas com milho (24,8 x 30,7). A substituição do milho pelo milheto em dietas de vacas holandesas em lactação proporcionou redução linear na concentração de N-NH<sub>3</sub> (RIBEIRO et al., 2004). Os níveis de nitrogênio do fluido ruminal de cabras em lactação em Gelaye et al. (1997) também foram reduzidos à medida que se substituiu o milho pelo milheto.

Hill e Hanna (1990) verificaram que novilhos alimentados com dietas à base de milheto apresentaram maiores concentrações de nitrogênio ingerido, urinário e excreção total de nitrogênio em relação aos alimentados com dietas à base de milho, apesar disso, a retenção de nitrogênio não apresentou diferença entre os tratamentos.

### **2.2.3. Características de carcaça e carne**

Níveis de milheto (0, 25, 50, 75 e 100% da matéria seca) em substituição ao milho nas dietas foram avaliados por Oliveira et al. (2008) sobre o peso ao abate, pesos e rendimentos de carcaça quente e fria, cortes comerciais, área do músculo *Longissimus dorsi*, perdas por resfriamento, espessura de gordura

subcutânea e marmoreio da carne de cordeiros Santa Inês, e estes autores não observaram efeitos do milho nestas características da carcaça e carne dos animais. Peron (2012) avaliou a inclusão do milho em substituição parcial e integral ao milho na dieta de ovinos em confinamento e não observou diferença no peso final, peso de carcaça e rendimento de carcaça quente e fria e área do *Longissimus dorsi*.

Alencar (2014) comparou por meio de estudo de contraste dieta à base de milho ou milho em novilhos mestiços de origem leiteira em confinamento, e constatou que o milho foi eficiente em substituir integralmente o milho nas dietas, pois não alterou as características quantitativas da carcaça, apresentando valores médios para peso de carcaça quente, rendimento de carcaça quente e área do *Longissimus dorsi* de 242,3 kg; 49,5% e 53,02 cm<sup>2</sup>, respectivamente.

A espessura de gordura subcutânea deve apresentar valor mínimo de 3 mm como requerido pelos frigoríficos (RESTLE et al., 1999). Alencar (2014) não observou diferenças na espessura de gordura subcutânea (4,55 mm) das carcaças de animais alimentados com dietas com milho ou milho, verificando valores maiores que o requerido para um grau de acabamento mínimo das carcaças, que funciona como um isolante térmico, diminuindo a velocidade de resfriamento da carcaça, evitando a desidratação e o encurtamento das fibras musculares.

A composição física da carcaça foi similar entre animais alimentados com milho ou milho nas dietas avaliadas por Alencar (2014). O mesmo autor observou proporções de músculo, gordura e osso de 62; 22 e 16,5% nas carcaças. As características qualitativas da carne, cor, textura e marmoreio, também não foram alteradas pelas diferentes fontes energéticas nas dietas (ALENCAR, 2014).

Há poucos trabalhos na literatura avaliando características da carcaça e da carne de animais alimentados com milho como fonte alternativa de energia nas dietas.

### **3. Aproveitamento e caracterização dos mestiços de origem leiteira**

Nos mercados da América do Norte e Europa, a utilização de machos leiteiros para a produção de carne é uma realidade (ROMA JÚNIOR. et al., 2008), representando uma parcela significativa da carne consumida pela população (CARVALHO et al., 2003).

Com o crescimento da produção leiteira no Brasil, a disponibilidade de machos de origem leiteira tem aumentado. No entanto, nos sistemas de produção de leite brasileiros, animais machos oriundos de rebanho leiteiro recebem menor atenção em relação à fêmea e isto é justificado pelo fato do foco principal do sistema ser a produção leiteira e, portanto, a fêmea acaba recebendo um tratamento especial (CARVALHO et al., 2003). Desta forma, estes animais são geralmente submetidos à restrição nutricional na fase inicial de cria, tendo seu crescimento retardado, o que pode comprometer permanentemente seu desenvolvimento posterior (RYAN, 1990).

Das vacas ordenhadas no Brasil, estima-se que 80% são mestiças de raças europeias e zebuínas (GOMES, 2007). Desta forma, mestiços de origem leiteira são animais nascidos a partir de cruzamentos de raças de aptidão leiteira como a Holandesa principalmente, Jersey e Pardo Suíço, com animais zebuínos, principalmente, Gir e Guzerá, também com aptidão para produção de leite, ou Nelore (ALVES, 2010; BOMFIM, 2001 *apud* MELO et al. 2006).

Apesar do potencial destes animais, mestiços de origem leiteira, principalmente oriundos de cruzamento com raças de grande porte (Holandesa), possuem elevadas exigências nutricionais, por isso, se mantidos exclusivamente sob condições de pastagens tropicais, certamente não expressarão seu verdadeiro potencial genético para crescimento (ALVES, 2010). Porém, estes animais quando bem manejados na fase de cria podem ter potencial para produção de carne em confinamento, podendo ser utilizados em alternativa aos animais de raça de corte padrão, como a Nelore, o que pode resultar em maior eficiência do sistema em função do menor preço de aquisição dos animais. Há poucas pesquisas na literatura que avaliam o desempenho e as características da carcaça e da carne destes animais.

### **3.1. Desempenho produtivo e características da carcaça de animais de raças de corte e mestiços de origem leiteira**

Animais originários de rebanhos leiteiros apresentam boa habilidade para ganho de peso e bom desempenho (VELLOSO et al., 1975), além de bom rendimento e qualidade de carcaça (SIGNORETTI et al., 1999), apresentando potencial para produção de carne em confinamento. Dados condizentes com os de Roma Júnior et al. (2008), que avaliaram animais da raça Holandês e mestiços HolandêsxZebu, e verificaram consumo de matéria seca, peso vivo final e ganho em perímetro torácico e altura de cernelha semelhantes entre os grupos genéticos, porém, ganho de peso diário (1,45 x 1,16) maior para os animais mestiços que para os holandeses, resultando em melhor conversão alimentar (2,77 x 3,48) nos mestiços. Apesar do rendimento de carcaça (46,58%) não ter sido alterado pelos grupos genéticos, animais mestiços HolandêsxZebu proporcionaram maior percentual de porção comestível na carcaça que os da raça holandesa (67,86 x 65,66%), o que permitiu menor custo de produção por quilo de carne que o custo de produção dos animais holandeses (ROMA JÚNIOR et al., 2008). O consumo médio diário e o ganho de peso diário não foram alterados pelos machos Holandeses puros por cruzas e mestiços 7/8 e 15/16 Holandês x Zebu avaliados por Rocha e Fontes (1999).

Alves et al. (2004), avaliando diferentes grupos genéticos com sangue holandês ( $\frac{1}{2}$ Holandês-Gir e  $\frac{1}{2}$ Holandês-Guzerá) observaram rendimento médio de carcaça quente de 55,19%, recebendo dieta com relação volumoso: concentrado de 60:40, com base na matéria seca, utilizando como volumoso feno de Tifton-85, o que denota o potencial destes animais para produção de carne.

Animais de aptidão leiteira foram selecionados intensivamente para produção de leite, o que exige aumento no consumo de alimentos (SIGNORETTI et al., 1999), e portanto, estes possuem maior peso do trato gastrointestinal em relação aos de corte (PERON et al., 1993). Backes et al. (2010) não verificaram diferenças quanto ao peso total de intestinos e órgãos entre animais Indubrasil e mestiços leiteiros em fase de engorda, no entanto, animais mestiços leiteiros apresentaram órgãos (rins, baço e coração) mais pesados do que os animais zebu em fase de recria (BACKES et al., 2006). Ferrel et al. (1976) observaram que os órgãos internos (intestino, fígado, coração e rins) de novilhas de raças leiteiras (Jersey e Holandês) são, proporcionalmente, maiores que os de novilhas de corte (Hereford), e este fato justifica as maiores exigências de

energia de animais com aptidão leiteira do que as raças para corte, pois segundo os autores, o total de energia para manutenção exigida pelo tecido muscular é menor que o da energia exigida pelos órgãos internos.

O peso dos componentes não-carcaça interferem no rendimento de carcaça. Animais da raça Indubrasil apresentaram maior conjunto cabeça-pés-couro que os mestiços leiteiros em fase de recria e engorda (BACKES et al., 2006; BACKES et al., 2010), porém não foi observada diferença significativa no rendimento de carcaça entre mestiços leiteiros e zebu em fase de recria (BACKES et al., 2006).

Rocha Júnior et al. (2010) avaliaram dois grupos genéticos, Nelore e mestiços ( $\frac{1}{2}$ Holandês $\frac{1}{4}$ Gir $\frac{1}{4}$ Nelore), e não observaram diferença significativa no peso final e ganho de peso diário (1,28 kg) entre os grupos genéticos, porém, o rendimento de carcaça quente foi maior para os animais Nelore (52,96 x 51,53), com peso médio de abate de 512 kg. Os cortes primários da carcaça em peso absoluto não apresentaram diferenças significativas, porém, em percentual, os Nelore apresentaram maior traseiro especial que os mestiços, enquanto mestiços apresentaram maior percentual de dianteiro, e o corte ponta de agulha foi similar entre os grupos genéticos. As porcentagens dos cortes comerciais, contrafilé e picanha, foram semelhantes entre animais Nelore e mestiços, no entanto, a picanha dos animais Nelore foi mais pesada que a dos mestiços em 0,11 kg (ROCHA JÚNIOR et al., 2010).

Costa et al. (2007) não encontraram diferenças no rendimento dos cortes primários em relação à carcaça quente e à carcaça fria entre animais Nelore e  $\frac{1}{2}$ Nelore x Holandês, resultado justificado pelos autores em função da distribuição uniforme de gordura nas carcaças. De acordo com Castillo Estrada et al. (1997), em geral, as diferenças entre Nelore e mestiços ( $F_1$ Nelore x Holandês e  $F_1$ Nelore x Angus) aumentam à medida que se aumenta o peso dos animais.

Alves et al. (2004), avaliaram diferentes grupos genéticos e observaram 62,72 e 52,80 cm<sup>2</sup>, respectivamente, de ALD para animais  $\frac{1}{2}$ Holandês x Guzerá e  $\frac{1}{2}$ Holandês x Gir em sistema de recria, e valor médio de ALD de 76,89 cm<sup>2</sup> para ambos grupos genéticos em terminação. Costa et al. (2007) não observaram diferenças na ALD entre animais Nelore e  $F_1$  Nelore x Holandês, com valores médios de 56,71 cm<sup>2</sup>. Pacheco et al. (2010) verificaram baixa

eficiência nas características relacionadas com a musculidade da carcaça em novilhos Nelore. Rocha Júnior et al. (2010) avaliaram ALD de Nelore e mestiços  $\frac{1}{2}$ Holandês $\frac{1}{4}$ Gir $\frac{1}{4}$ Nelore, e não observaram diferenças na ALD, com valor médio de 67,38 cm<sup>2</sup>, porém na avaliação subjetiva da musculidade, os Nelore apresentaram maior musculidade que os mestiços.

Rocha Júnior et al. (2010) avaliaram dois grupos genéticos, Nelore e mestiços ( $\frac{1}{2}$  Holandês $\frac{1}{4}$ Gir $\frac{1}{4}$ Nelore), e não verificaram diferenças significativas para espessura de gordura (2,09 mm), porém na avaliação subjetiva do escore de gordura, animais Nelore apresentaram maior escore de gordura que os mestiços. Segundo Marquat (1964) *apud* Magalhães et al. (2005) a porcentagem de gordura na carcaça de novilhos mestiços de raças leiteiras aumenta após os animais atingirem aproximadamente 454 kg de peso vivo.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ABO EL-NOR, S.; ABUGHAZALEH, A. A.; POTU, R. B.; HASTINGS, D.; KHATTAB, M. S. A. Effects of differing levels of glycerol on rumen fermentation and Bacteria. **Animal Feed Science and Technology**. (2010). doi: 10.1016/j.anifeedsci.2010.09.012.

ABUGHAZALEH, A. A.; ABO EL-NOR, S.; 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, p. 313–319, 2010.

ALENCAR, W. M. **Desempenho produtivo e características de carcaça e carne de novilhos terminados com dietas contendo milho e níveis de inclusão de farelo do mesocarpo do babaçu**. 2014. Dissertação (Mestrado em Ciência Tropical). Universidade Federal do Tocantins. Araguaína. 2014.

ALMEIDA, V. V. S. **Glicerina bruta em suplementos para novilhas mestiças em pastagens**. 2011. 114 f. Tese (Doutorado em Zootecnia). Universidade Federal de Viçosa, Viçosa. 2011.

ALVES D. D.; PAULINO M. F.; BACKES A. A.; VALADADARES FILHO, S. C.; RENNÓ, L. N. Características de Carcaça de Bovinos Zebu e Cruzados Holandês-Zebu (F1) nas Fases de Recria e Terminação. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.33, n.5, p.1274-1284, 2004.

ALVES, V. A. **Desempenho a pasto de novilhos mestiços de origem leiteira suplementados com níveis energéticos**. 2010. 37f. Dissertação (Mestrado em Ciência Animal). Universidade Federal do Tocantins, Araguaína. 2010.

ANDREWS, D.J., KUMAR, K.A. Pearl millet for food, feed and forage. **Advances in Agronomy**, v.48, p.89-139, 1992.

ANUALPEC - **Anuário da Pecuária Brasileira**. Informa Economics/FNP. 2014.

AVILA, J. S.; CHAVES, A. V.; HERNANDEZ-CALVA, M.; BEAUCHEMIN, K. A.; MCGINN, S. M.; WANG, Y.; HARSTAD, O. M.; MCALLISTER, T. A. Effects of replacing barley grain in feedlot diets with increasing levels of glycerol on *in vitro* fermentation and methane production. **Animal Feed Science and Technology**. 166–167, p.265–268, 2011.

ÁVILA-STAGNO, J.; CHAVES, A. V.; HE, M. L.; HARSTAD, O. M.; BEAUCHEMIN, K. A.; MCGINN, S. M.; MCALLISTER, T. A. Effects of increasing concentrations of glycerol in concentrate diets on nutrient digestibility, methane emissions, growth, fatty acid profiles, and carcass traits of lambs. **Journal of Animal Science**, v.91, p.829-837, 2012.

BACKES, A. A.; PAULINO, M. F.; ALVES, D. D.; RENNÓ, L. N.; VALADARES FILHO, S. de C.; LANA, R. de P. Tamanho relativo dos órgãos internos e do

trato gastrointestinal de bovinos Zebu e mestiços leiteiros em sistema de recria. **Ciência Rural**, Santa Maria, v. 36, n. 2, p. 594-598, 2006.

BACKES, A. A.; PAULINO, M. F.; ALVES, D. D.; VALADARES FILHO, S. C. Tamanho relativo dos órgãos internos e do trato gastrointestinal de bovinos indubrasil e mestiços leiteiros em fase de engorda. **Ciência Rural**, Santa Maria, v.40, n.5, p.1160-1165, 2010.

BARROS, M. C. C. **Glicerina bruta na dieta de ovinos confinados**. 2012. Tese (Doutorado em Zootecnia). Universidade Estadual do Sudoeste da Bahia. Itapetinga. 2012.

BARTOŇ, L.; BUREŠ, D.; HOMOLKA, P.; MAROUNEK, M.; ŘEHÁK, D. Effects of long-term feeding of crude glycerin on performance, carcass traits, meat quality, and blood and rumen metabolites of finishing bulls. **Livestock Science**. 2013. Disponível em: <<http://dx.doi.org/10.1016/j.livsci.2013.04.010>>. Acesso em: 15 de Setembro, 2013.

BASTOS A. O.; MOREIRA, I.; MURAKAMI, A. E.; OLIVEIRA, G. C.; PAIANO, D.; DIOVANI PAIANO; KUTSCHENKO M. Utilização do milheto (*Pennisetum glaucum* (L.) R. Brown) grão na alimentação de suínos na fase inicial (15-30kg de peso vivo). **Ciência Rural**, v.34, n.6, p.1915-1919, 2004.

BENSIMON, M. A. G.; MORAES, G. V.; MATAVELI, M.; MACEDO, F. A. F.; CARNEIRO, T. C.; ROSSI, R. M. Performance and carcass characteristics of lambs fed on diets supplemented with glycerin from biodiesel production. **Revista Brasileira de Zootecnia**. v.40, n.10, p.2211-2219, 2011.

BERGAMASCHINE, A. F.; FREITAS, R. L.; FILHO, W. V.; BASTOS, J. F. P.; MELLO, S. Q. S. CAMPOS, Z. R. Substituição do milho e farelo de algodão pelo milheto no concentrado da dieta de novilhos em confinamento. **Revista Brasileira de Zootecnia**. v. 40, n.1, p.154-159, 2011.

BERGER, A. L.; RASBY, R. J. Limiting feed intake with salf in beef cattle diets. University of Nebraska-Lincoln Extension, Institute of Agriculture and Natural Resources. In: **Beef feeding and nutrition**. 2011.

BERNDT, A.; SOLÓRZANO, L. A. R.; SAKAMOTO, L. S. Pecuária de corte frente à emissão de gases de efeito estufa e estratégias diretas e indiretas para mitigar a emissão de metano. In: **Anais do VI Simpósio de Nutrição de Ruminantes – Nutrição de precisão para sistemas intensivos de produção de carne: Alto desempenho e baixo impacto ambiental**. Botucatu, São Paulo. p. 3-19, 2013.

BODARSKI, R., WERTELECKI, T.; BOMMER F.; GOSIEWSKI, S. The Changes of Metabolic Status and Lactation Performance in Dairy Cows Under Feeding TMR With Glycerin (Glycerol) Supplement At Periparturient Period. **Electronic Journal of Polish Agricultural Universities**, Animal Husbandry, v.8, p.1-9, 2005.

BOYD, J.; BERNARD, J. K. AND WEST, J. W. Effects of feeding different amounts of supplemental glycerol on ruminal environment and digestibility of lactating dairy cows. **Journal of Dairy Science**, v.96, p.470–476, 2013.

CARVALHO, P A.; SANCHEZ, L. M. B.; VELHO, J. P.; JULIO VIÉGAS, J.; JAURIS, G. C.; RODRIGUES, M. B. Características Quantitativas, Composição Física Tecidual e Regional da Carcaça de Bezerros Machos de Origem Leiteira ao Nascimento, 50 e 110 Dias de Idade. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.32, n.6, p.1476-1483, 2003.

CASTILLO ESTRADA, L. H.; FONTES, C. A. A.; JORGE, A. M.; MARTINS, M.; FREITAS, J. A.; QUEIROZ, A. C. Exigências Nutricionais de Bovinos Não-Castrados em Confinamento. 1. Conteúdo Corporal e Exigências Líquidas de Proteína e Energia para Ganho de Peso. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.26, n.3, p.575-583, 1997.

COSTA, D.; ABREU, J. B. R.; MOURÃO, R. C.; SILVA, J. C. G.; RODRIGUES, V. C.; SOUSA, J. C. D. E MARQUES, R. A. F. S. Características de carcaça de novilhos inteiros Nelore x Holandês. **Ciência Animal Brasileira**, vol. 8, n. 4, p. 687-696, 2007.

DAN, H.A.; BARROSO, A.L.L.; PROCÓPIO, S.O.; DAN, L.G.M.; FINOTTI, T.R.; ASSIS, R.L. Seletividade do Atrazine à cultura do milheto (*Pennisetum glaucum*). **Planta Daninha**, Viçosa-MG, v. 28, p. 1117-1124, 2010. Número Especial.

DA SILVA, A. G.; FARIAS JÚNIOR, O. L.; FRANÇA, A. F. S.; MIYAGI, E. S.; RIOS, L. C.; FILHO, C. G. M.; FERREIRA, J. L. Rendimento forrageiro e composição bromatológica de milheto sob adubação nitrogenada. **Ciência Animal Brasileira**. v.13, n. 1, p.67-75, 2012.

DEFRAIN, J.M.; HIPPEN, R.; KALSCHEUR, K.F.; JARDON, P.W. Feeding glycerol to transition dairy cows: effects on blood metabolites and lactation performance. **Journal Dairy Science**, v.87, p.4195–4206, 2004.

DONKIN, S.S., DOANE, P. Glycerol as a feed ingredient in dairy rations. In: **Tri-state dairy nutrition conference**, p.97-103, 2007.

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.

ELAM, N. A.; ENG, K. S.; BECHTEL, B.; HARRIS, J. M.; CROCKER, R. Glycerol from Biodiesel Production: Considerations for feedlot diets. Proceedings of the Southwest Nutrition Conference, Tempe AZ, 21. 2008.

EJETA, G.; HANSEN, M. M.; MERTZ, E. T. In vitro digestibility and amino acid composition of pearl millet (*Pennisetum typhoides*) and others cereals. In: **Proceedings of National Academy of USA**, v.84, p.6016-6019, 1987.

FARIAS, M. S.; PRADO, I. N.; VALERO, M. V.; ZAWADZKI, F.; SILVA, R. R.; EIRAS, C. E.; RIVAROLI, D. C.; LIMA, B. S. Níveis de glicerina para novilhas suplementadas em pastagens: desempenho, ingestão, eficiência alimentar e digestibilidade. **Ciência Agrônômica**. v.33, n.3, p.1177-1188, 2012.

FATURI, C.; RESTLE, J.; BRONDANI, I.L.; SILVA, J. H. S.; ARBOITTE, M. Z.; CARRILHO, C. O.; PEIXOTO, L. A. O. Características da carcaça e da carne de novilhos de diferentes grupos genéticos alimentados em confinamento com diferentes proporções de grão de aveia e grão de sorgo no concentrado. **Revista Brasileira de Zootecnia**. v.31, n. 5, p.2024-2035, 2002.

FÁVARO, V. R. **Utilização da glicerina, subproduto do biodiesel na alimentação de bovinos**. 2010. Dissertação (Mestrado em Zootecnia). Universidade Estadual Paulista, Jaboticabal. 2010.

FELIZARDO, P.M.G. **Produção de biodiesel a partir de óleos usados de fritura**. Relatório de estágio submetido ao Departamento de Engenharia Química para obtenção do grau de Licenciatura em Engenharia Química do Instituto Superior Técnico. 2003.

FERRELL, C. L.; GARRETT, W. N.; HINMAN N. Estimation of body composition in pregnant and non-pregnant heifers. **Journal of Animal Science**, v.42, n.5, p.1158-1166, 1976.

FERREIRA, J. J.; MENEZES, L. F. G.; RESTLE, J.; BONDANI, I. L.; FILHO, D. C. A.; CALLEGARO, A. M.. Características de carcaça de vacas de descarte e novilhos mestiços Charolês x Nelore em confinamento sob diferentes frequências de Alimentação. **Revista Brasileira de Zootecnia**. v.38, n. 10, p.1974-1982, 2009.

GELAYE, S.; TERRILL, T.; AMOAH, E. A.; MILLER, S.; GATES, R. N.; HANNA, W. W. Nutritional value of pearl millet for lactating and growing goats. **Journal of Animal Science**. v.75, p.1409-1414, 1997.

GOFF, J. P.; HORST, R. L. Oral glycerol as an aid in the treatment of ketosis/fatty liver complex. **Journal of Dairy Science**, v.84 (Suppl. 1). p.153, 2001.

GOMES, S. T. 2007. Mestiçagem das vacas e rentabilidade da produção de leite. Disponível em: <http://www.milkpoint.htm>. Acesso em: Junho, 2013.

GONÇALVES, J. R. S.; PIRES, A. V.; SUSIN, I.; LIMA, L. G.; MENDES, C. Q.; FERREIRA, E. M. Substituição do grão de milho pelo grão de milheto em dietas contendo silagem de milho ou silagem de capim-elefante na alimentação de bovinos de corte. **Revista Brasileira de Zootecnia**. v.39, n.9, p.2032-2039, 2010.

GOTT, P. N.; EASTRIDGE, M. L. Variation in the chemical composition of crude glycerin. p. 153. In: **Proceedings Tri-State Dairy Nutrition Conference**. Ohio State University Extension. 2010.

GUNN, P. J.; NEARY, M. K.; LEMENAGER, R. P.; LAKE, S. L. Effects of crude glycerin on performance and carcass characteristics of finishing wether lambs. **Journal of Animal Science**. v.88, p.1771–1776, 2010a.

GUNN, P. J.; SCHULTZ, A. F.; VAN EMON, M. L.; NEARY, M. K.; LEMENAGER, R. P.; RUSK, C. P.; LAKE, S. L. Effects of elevated crude glycerin concentrations on feedlot performance, carcass characteristics, and serum metabolite and hormone concentrations in finishing ewe and wether lambs. **The Professional Animal Scientist**, v.26, p.298-306, 2010b.

HALES, K. E.; BONDURANT, R. G.; LUEBBE, M. K.; COLE, N. A.; MACDONALD, J. C. 2013. Effects of crude glycerin in steam-flaked corn-based diets fed to growing feedlot cattle. **Journal of Animal Science**. Disponível em: <http://www.journalofanimalscience.org/content/early/2013/05/08/jas.2012-5944> Acesso em: Maio, 2014.

HILL, G. M.; HANNA, W. W. Nutritive characteristics of pearl millet grain in beef cattle diets. **Journal of Animal Science**, v.68, p.2061-2066, 1990.

HILL, G. M.; NEWTON, G. L.; STREETER, M. N.; HANNA, W. W.; UTLEY, P. R.; MATHIS, M. J. Digestibility and utilization of pearl millet diets fed to finishing beef cattle. **Journal of Animal Science**, v.74, p.1728-1735, 1996.

HUNTINGTON, G. B. Starch utilization by ruminants: From basics to the bunk. **Journal of Animal Science**, v.75, p.852-867, 1997.

IOP - INDUSTRIAL OIL PRODUCTS PROGRAM. New Uses of Glycerol. Disponível em: [www.aocs.org/archives/am2006/techprog.asp](http://www.aocs.org/archives/am2006/techprog.asp). Acesso em: Fevereiro/2011.

IUPAC - INTERNATIONAL UNION OF PURE AND APPLIED CHEMISTRY. 1993. Disponível em: <http://www.iupac.org>. Acesso em: Agosto/2011.

KERR, B.J.; DOZIER, W.A.; BREGENDAHL, K. Nutritional Value of Crude Glycerin for Nonruminants. In: **Proceedings of 23rd Annual Carolina Swine Nutrition Conference**, November 13, 2007, Raleigh, North Carolina. p. 6-18, 2007.

KREHBIEL, C.R. Ruminal and physiological metabolism of glycerin. **Journal Dairy Science**. Champion. v.86, n.1, p. 392, 2008.

KRUEGER, N. A.; ANDERSON, R. C.; TEDESCHI, L. O.; CALLAWAY, T. R.; EDRINGTON, T. S.; NISBET, D. J. Evaluation of feeding glycerol on free-fatty acid production and fermentation kinetics of mixed ruminal microbes in vitro. **Bioresource Technology**, v.101, p.8469-8472, 2010.

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. Glicerina

bruta na dieta de cordeiros terminados em confinamento. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v.45, n.9, p.1012-1020, 2010.

LEÃO, J. P.; NEIVA, J. N. M.; RESTLE, J. PAULINO, P. V. R.; SANTANA, A. E. M.; MIOTTO, F. R. C.; MISSIO, R. L. Consumo e desempenho de bovinos de aptidão leiteira em confinamento alimentados com glicerol. **Ciência Animal Brasileira**, v.13, n. 4, p.421-428, 2012.

LEÃO, J. P.; NEIVA, J. N. M.; RESTLE, J.; MISSIO, R. L.; PAULINO, P. V. R.; SANTANA, A. E. M.; SOUSA, L. F.; ALEXANDRINO, E. Carcass and meat characteristics of different cattle categories fed diets containing crude glycerin. **Ciências Agrárias**, v.34, n.1, p.431-444, 2013.

LIMA, P. O.; CÂNDIDO, M. J. D.; MONTE, A. L. S.; LIMA, R. N.; MIRANDA, M. V. F. G.; AQUINO, R. M. S.; MOREIRA, R. H. R.; LEITE, H. M. S. Características de carcaça e componentes de peso vivo de bezerros recebendo diferentes dietas líquidas. **Ciência Rural**, Santa Maria, v.43, n.11, p.2056-2062, 2013.

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.

MACIEL, R. P. **Glicerina bruta na alimentação de machos de Origem Leiteira**. 2014. 163f. Tese (Doutorado em Ciência Animal Tropical). Universidade Federal do Tocantins. Araguaína. 2014.

MAGALHÃES, K. A.; VALADARES FILHO, S. C.; PAULINO, M. F.; VALADARES, R. F. D.; PAULINO, P. V. R.; CHIZOTTI, M. L.; PORTO, M. O.; MARCONDES, M. I.; ANDREATTA, K. Desempenho, Composição Física e Características da Carcaça de Novilhos Alimentados com Diferentes Níveis de Casca de Algodão, em Confinamento. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.34, n.6, p.2466-2474, 2005 (supl.).

MEALE, S. J.; CHAVES, A. V.; DING, S.; BUSH, R. D. B.; MCALLISTER, T. A. Effects of crude glycerin supplementation on wool production, feeding behavior, and body condition of Merino ewes. **Journal of Animal Science**, v.91, p.878-885, 2013.

MELO, W. S.; VÉRAS, A. S. C.; FERREIRA, M. A.; JUNIOR, W. M. D.; ANDRADE; D. K. B.; PEREIRA, K. P. Desempenho e características de carcaça de bovinos mestiços de origem leiteira em condições de pastejo, restrito ou "ad libitum", período das águas. **Acta Scientiarum. Animal Science**, Maringá, v.28, n.2, p. 223-230, April/June, 2006.

MENEZES, L. F. G.; RESTLE, J.; BRONDANI, I. L.; RESTLE, J.; ARBOITTE, M. Z.; FREITAS, L. S.; PAZDIORA, R. D. Características da carcaça de novilhos de gerações avançadas do cruzamento alternado entre as raças Charolês e Nelore, terminados em confinamento. **Revista Brasileira de Zootecnia**. v.34, n. 5, p. 934-945, 2005.

MIOTTO, F. R. C.; RESTLE, J.; NEIVA, J. N. M.; LAGE, M. E.; CASTRO, K. J.; ALEXANDRINO, E. Farelo do mesocarpo de babaçu na terminação de tourinhos: características da carcaça e cortes secundários do traseiro especial. **Ciência Animal Brasileira**. v.13, n. 4, p. 440-449, 2012.

MOREIRA, L. B.; MALHEIROS, M. G.; CRUZ, B. B. G.; ALVES, R. E. A.; OLIVEIRA, K. R. S. Efeito da população de plantas sobre as características morfológicas e agrônômicas de milho pérola. **Agronomia**, v.37, p.05-09, 2003.

MORIEL P.; NAYIGIHUGU, V.; CAPPELLOZZA, B. I.; GONÇALVES, E. P.; KRALL, J. M.; FOULKE, T.; CAMMACK, K. M.; HESS, B. W. Camelina meal and crude glycerin as feed supplements for developing replacement beef heifers. **Journal of Animal Science**, v.89, p.4314-4324, 2011.

MOURA, L. G. P. **Valor Nutritivo de Dietas Contendo Sorgo, Milheto e Farelo do Mesocarpo de Babaçu em Substituição ao Milho em Ovinos**. 2013. 68 f. Dissertação (Mestrado em Ciência Animal Tropical). Universidade Federal do Tocantins, Araguaína. 2013.

MUSSELMAN, A.F.; VAN EMON, M.L.; GUNN, P.J.; RUSK, C. P.; NEARY, M. K.; LEMENAGER, R. P.; SAKE, S. L. Effects of crude glycerin on feedlot performance and carcass characteristics market lambs. In: **Proceedings, Western Section, American Society of Animal Sciences**. v. 59, 2008.

MUSTAFA, A. B.; DANGALADIMA, W. The Effect of Socio-Economic Factors on Pearl Millet (*Pennisetum glaucum* L.). Production in Magumeri Local Government Area of Borno State, Nigeria. **Nigerian Journal of Basic and Applied Sciences**, v.16, p.249-252, 2008.

MUSTAFA, A. F. Short communication: Performance of lactating dairy cows fed pearl millet grain. **Journal of Dairy Science**, v.93, p.733–736, 2010.

MARTINS NETTO, D. A. **A cultura do milheto**. EMBRAPA/Centro Nacional de Pesquisa de Milho e Sorgo. n. 11, Sete Lagoas–MG, 1998.

OLIVEIRA, A. B. M.; ORRICO, A. C. A.; ORRICO JÚNIOR, M. A. P.; CENTURION, S. R.; PENNA, A. B. O. Características da carcaça de cordeiros Santa Inês alimentados com diferentes níveis de milheto em substituição ao milho. In: **Congresso Brasileira de Zootecnia**. João Pessoa, Paraíba. 2008.

OMAZIC, A. W. **Glycerol Supplementation in Dairy Cows and Calves**. 2013. Thesis (Doctor of Philosophy). Swedish University of Agricultural Sciences, Uppsala. 2013.

PACHECO, P. S.; RESTLE, J.; BRONDANI, I. L.; FILHO, D. C. A.; PADUA, J. T.; MIOTTO, F. R. C. Grupo genético, sistema de acasalamento e efeitos genéticos aditivos e não-aditivos nas características de musculabilidade da

carcaça de novilhos oriundos do cruzamento rotativo Charolês x Nelore. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v. 39, n. 5, p. 494-502, 2010.

PARSONS, G. L.; SHELOR, M. K.; DROUILLARD, J. S. Performance and carcass traits of finishing heifers fed crude glycerin. **Journal of Animal Science**, v.87, p.653-657, 2009.

PARSONS, G. L. **Effects of crude glycerin in feedlot cattle**. An Abstract of Dissertation (Doctor of Philosophy). Kansas State University. Manhattan, Kansas. 2010.

PARSONS, G.L.; DROUILLARD, J.S. **Effects of crude glycerin on ruminal metabolism and diet digestibility in flaked corn finishing diets**. Abstract. 43<sup>rd</sup> Midwestern Meeting of Am. Dairy Sci. Assn. and Am. Soc. of Animal Sci., Des Moines, IA., March 15-17, 2010.

PASCOAL, L. L.; VAZ, F. N.; VAZ, R. Z.; RESTLE, J.; PACHECO, P. S.; SANTOS, J. P. A. Relações comerciais entre produtor, indústria e varejo e as implicações na diferenciação e precificação de carne e produtos bovinos não-carcaça. **Revista Brasileira de Zootecnia**. v.40, p.82-92 (Supl. especial), 2011.

PELLEGRIN, A. C. R. S.; PIRES, C. C.; CARVALHO, S.; PACHECO, P. S.; PELEGRINI, L. F. V.; GRIEBLER, L.; VENTURINI, R. S. Glicerina bruta no suplemento para cordeiros lactentes em pastejo de azevém. **Ciência Rural**. Santa Maria. 2012.

PEREIRA FILHO, I. A.; FERREIRA, A. S.; COELHO, A. M.; CASELA, C. R.; KARAM, D.; RODRIGUES, J. A. S.; CRUZ, J. C.; WAQUIL, J. M. 2003. Manejo da Cultura do Milheto. Embrapa Milho e Sorgo. Disponível em: <[http://www.infoteca.cnptia.embrapa.br/bitstream/CNPMS/16182/1/Circ\\_29.pdf](http://www.infoteca.cnptia.embrapa.br/bitstream/CNPMS/16182/1/Circ_29.pdf)>. > Acesso em: Agosto, 2013.

PERON, A. J.; FONTES, C. A. A.; LANA, R. P.; SILVA, D. J.; QUEIROZ, A. C.; PAULINO, M. Tamanho de órgãos internos e distribuição de gordura corporal em novilhos de cinco grupos genéticos, submetidos à alimentação restrita e “*ad libitum*”. **Revista da Sociedade Brasileira de Zootecnia**, v. 22, n. 5, p.813-819, 1993.

PERON, H. J. M. **Substituição do grão de milho pelo grão de milheto moído em dietas de ovinos de corte em confinamento**. 2012. 56f. Dissertação (Mestrado em Ciência Animal) - Escola de Medicina Veterinária e Zootecnia, Universidade Federal de Goiás, Goiânia. 2012.

PETHICK, D. W.; HARPER, G. S.; ODDY, V. H. Growth, development and nutritional manipulation of marbling in cattle: a review. **Australian Journal Experimental Agriculture**. v.44, p.704-715, 2004.

RATHMANN, R.; BENEDETTI, O.; PLÁ, J. A.; PADULA, A. D. 2005. **Biodiesel: uma alternativa estratégica na matriz energética brasileira?** Disponível:

[http://www.sottili.xpg.com.br/publicacoes/pdf/iisem/sistemas/sistemas\\_03.pdf](http://www.sottili.xpg.com.br/publicacoes/pdf/iisem/sistemas/sistemas_03.pdf). Acesso em: Nov. 2013.

RÉMOND, B., SOUDAY, E.; JOUANY, J. P. *In vitro* and *in vivo* fermentation of glycerol by rumen microbes. **Animal Feed Science Technology**, v.41, p.121–132, 1993.

RESTLE, J.; BRONDANI, I. L.; BERNARDES, R. A. C. 1999. **O novilho superprecoce**. In: RESTLE, J. (Ed.) Confinamento, pastagens e suplementação para produção de bovinos de corte. Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria.

RIBEIRO, C. V. DI M.; PIRES, A. V.; SIMAS, J. M. C.; SANTOS, F. A. P.; SUSIN, I.; JÚNIOR, R. C. O. Substituição do grão de milho pelo milheto (*Pennisetum americanum*) na dieta de vacas holandesas em lactação. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.33, p.1351-1359, 2004.

RIBEIRO JÚNIOR, G. O.; GONÇALVES, L. C.; GUIMARÃES JÚNIOR, R.; PÔSSAS, F. P.; MAURÍCIO, R. M. O milheto como opção para gado de leite. p. 65-87. In: **Alimentos para gado de leite**. Gonçalves, L. C.; Borges, I. e Ferreira, P. D. S. FEPMVZ, Belo Horizonte. 2009.

RICO, D. E.; CHUNG, Y.-H.; MARTINEZ, C. M.; CASSINDY, T. W.; HEYLER, K. S.; VARGA, G. A. Effects of partially replacing dietary starch with dry glycerol in a lactating cow diet on ruminal fermentation during continuous culture. **Journal of Dairy Science**, v.95, p.3310-3317, 2012.

RIVALDI, J. D.; SARROUB, B. F.; FIORILO, R.; SILVA, S. S. Glicerol de biodiesel: Estratégias biotecnológicas para o aproveitamento do glicerol gerado da produção de biodiesel. **Biotecnologia, Ciência e Tecnologia**, v.37, p.44-51, 2007.

ROCHA, E. O.; FONTES, C. A. A.; PAULINO, M. F.; LADEIRA, M. M. Ganho de Peso, Eficiência Alimentar e Características da Carcaça de Novilhos de Origem Leiteira. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.28, n.1, p.148-158, 1999.

ROCHA JÚNIOR, V. R.; SILVA, F. V.; BARROS, R. C.; REIS, S. T.; COSTA, M. D.; SOUZA, A. S.; CALDEIRA, L. A.; OLIVEIRA, T. S.; OLIVEIRA, L. L. S. Desempenho e características de carcaça de bovinos Nelore e Mestiços terminados em confinamento. **Revista Brasileira de Saúde e Produção Animal**, v. 11, n.3, p.865-875, 2010.

RODRIGUES, F. V.; RONDINA, D. Alternativas de uso de subprodutos da cadeia do biodiesel na alimentação de ruminantes: glicerina bruta. **Acta Veterinária Brasília**, v.7, p.91-99, 2013.

ROGER, V.; FONTY, G.; ANDRÉ, C.; GOUET, P. Effects of glycerol on the growth, adhesion and cellulolytic bacteria and anaerobic fungi. **Current Microbiology**, v.25, p. 197-201, 1992.

ROMA JÚNIOR, L. C.; SAVASTANO JÚNIOR, H.; MARTELLO, L. S.; LEME, P. R.; PINHEIRO, M. G. Produção de vitelos a partir de bezerros leiteiros mestiços e da raça Holandesa. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.37, n.6, p.1088-1093, 2008.

RYAN, W. J. Compensatory growth in cattle and sheep. **Nutrition Abstracts and Reviews**, v.60, n.9, p. 653-664. 1990.

SANTELO, G. A.; MACEDO, F. A.; MEXIA, F. A. A.; SAKAGUTI, E. S.; DIAS, F. J.; PEREIRA, M. F. Características de carcaça e análise do custo de sistemas de produção de cordeiras ½ Dorset Santa Inês. **Revista Brasileira de Zootecnia**. v.35, Suplemento, p.1852-1859, 2006.

SERRANO, R. D. C. **Glicerina bruta e uréia de liberação lenta na alimentação de bovinos de corte**. 2011. Tese (Doutorado em Zootecnia). Universidade Estadual de Maringá, Maringá.

SE-YOUNG LEE, S.-Y.; LEEA, S.-M., CHOA, Y.-B.; KAMB, D.-K.; LEEC, S.-C.; KIMD, C.-H.; SEO, S. Glycerol as a feed supplement for ruminants: In vitro fermentation characteristics and methane production. **Animal Feed Science and Technology**, 166–167 269– 274, 2011.

SHIN, J. H.; WANG, D.; KIM, S. C.; ADESOGAN, A. T.; STAPLES, C. R. Effects of feeding crude glycerin on performance and ruminal kinetics of lactating Holstein cows fed corn silage- or cottonseed hull-based, low-fiber diets. **Journal of Dairy Science**, v.95, p.4006-4016, 2012.

SIGNORETTI, R. D.; ARAÚJO, G. G. L.; SILVA, J. F. C.; VALADARES FILHO, S. C.; CECON, P. R.; FERREIRA, M. A. Composição física da carcaça de bezerros da raça Holandesa alimentados com dietas contendo diferentes níveis de concentrado. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v. 28, n.4, p.883-888, 1999.

SILVA, A. H. G.; RESTLE, J.; MISSIO, R. L.; BILEGO, U. O.; FERNANDES, J. J. R.; REZENDE, P. L. P.; SILVA, R. M.; PEREIRA, M. L. R. E LINO, F. A. Milheto em substituição ao milho na dieta de novilhos confinados. **Ciências Agrárias**, v.35, n. 4, p. 2077-2094, 2014.

STRINGHINI, J. H.; FRANÇA, A. F. S.; NUNES, R. C.; BANDEIRA, M. N. Níveis de lisina e energia digestível para suínos em crescimento/ terminação recebendo rações à base de milheto grão (*Pennisetum americanum* L. Leeke). **Anais de Agronomia e Veterinária**, v.27, n.2, p. 49-59, 1997.

SÜDEKUM, K-H. Co-products from biodiesel production. In: GARNSWORTHY, P.C.; WISEMAN, J. (Eds.). In: **Recent advances in animal nutrition**. Nottingham: Nottingham University Press, p.210-219, 2008.

TRABUE, S.; SCOGGIN K.; TJANDRAKUSUMA S.; RASMUSSEN, M. A.; REILLY, P. J. Ruminal Fermentation of Propylene Glycol and Glycerol. **Journal Agriculture and Food Chemistry**, v.55, p.7043-7051, 2007.

- TERRÉ, M.; NUDDA, A.; CASADO, P. AND BACH, A. The use of glycerine in rations for light lamb during the fattening period. **Animal Feed Science and Technology**, v.164, p.262–267, 2011.
- TERRILL, T. H., GELAYE, S., AMOAH, E. A.; KOUAKOU, B.; GATES, R. N.; HANNA, W. W. Protein and energy value of pearl millet grain for mature goats. **Journal of Animal Science**, v.76, p.1964–1969, 1998.
- VALADARES FILHO, S. C.; ROCHA JR, V. R.; CAPELLE, E. R. **Tabela Brasileira de composição de alimentos para bovinos**. UFV, Viçosa, MG. 2002.
- VAN CLEEF, E. H. C. B.; EZEQUIEL, J. M. B.; D'AUREA, A. P.; FÁVARO, V. R.; SANCANARI, J. B. D. Crude glycerin in diets for feedlot Nellore cattle. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.43, p.86-91, 2014.
- VAZ, F. N. E RESTLE, J. Aspectos qualitativos da carcaça e da carne de machos Hereford, inteiros ou castrados, abatidos aos quatorze meses. **Revista Brasileira Zootecnia**. v. 29, p.1894 -1901, 2000.
- VELLOSO, L.; SILVA, L.R.M.; BOIN, C. et al. Desenvolvimento de bovinos mestiços holandeses inteiros e castrados, em regime de confinamento e as características das carcaças. **Boletim da Indústria Animal**, v.32, n.1, p.37-45, 1975.
- WANG, C.; LIU, Q.; HUO, W. J.; YANG, W.Z.; DONG, K. H.; HUANG, Y. X.; GUO, G. Effects of glycerol on rumen fermentation, urinary excretion of purine derivatives and feed digestibility in steers. **Livestock Science**, v.12, p.15–20, 2009.
- WILBERT, C. A.; PRATES, Ê. R.; BARCELLOS, J. O. J.; SCHAFHÄUSER, J. Crude glycerin as an alternative energy feedstuff for dairy Cows. **Animal Feed Science and Technology**, v.183, p.116–123, 2013.

**CAPÍTULO II – Glicerina bruta em substituição parcial ao milho na dieta: Consumo, digestibilidade aparente e balanço de nitrogênio em ovinos**

O CONTEÚDO DESTE CAPÍTULO SEGUE AS NORMAS DE FORMATAÇÃO  
DA REVISTA BRASILEIRA DE ZOOTECNIA

**Glicerina bruta em substituição parcial ao milho na dieta: Consumo, digestibilidade aparente e balanço de nitrogênio em ovinos**

**RESUMO:** Objetivou-se com o trabalho avaliar os efeitos da inclusão da glicerina bruta em substituição ao milho na dieta sobre o consumo, digestibilidade aparente dos nutrientes e balanço de nitrogênio em ovinos. Foram utilizados 20 ovinos castrados, sem raça definida, com peso médio de  $48,27 \pm 4,69$  kg, e distribuídos em delineamento inteiramente casualizado com cinco níveis de glicerina bruta (0, 60, 120, 180 e  $240 \text{ g.kg}^{-1}$  da matéria seca) em substituição ao milho na dieta e quatro repetições. O consumo de matéria seca, expresso em gramas por dia ( $\text{g.d}^{-1}$ ) e  $\text{g.kg}^{-1}$  de peso vivo (PV), não foi alterado com a inclusão da glicerina bruta, com valor médio de  $1488,02 \text{ g.d}^{-1}$ . O consumo de proteína bruta e de nutrientes digestíveis totais não foram alterados pelos tratamentos, e apresentaram valores médios de 171,65 e  $1106,91 \text{ g.d}^{-1}$ , respectivamente, assim como o consumo de fibra em detergente neutro, com média de  $8,8 \text{ g.kg}^{-1}$  de PV. Para cada  $\text{g.kg}^{-1}$  de glicerina bruta em substituição ao milho, o consumo de extrato etéreo aumentou linearmente  $0,0094 \text{ g.d}^{-1}$  e  $0,00032 \text{ g.kg PV}^{-1}$  e o consumo de carboidratos não fibrosos aumentou linearmente  $0,095 \text{ g.d}^{-1}$  e  $0,0032 \text{ g.kg PV}^{-1}$ . Os coeficientes de digestibilidade aparente da matéria seca, proteína bruta, extrato etéreo, fibra em detergente neutro, carboidratos não fibrosos e teor de nutrientes digestíveis totais não foram alterados com a inclusão da glicerina bruta. O balanço de nitrogênio aumentou linearmente  $0,02 \text{ g.d}^{-1}$  para cada  $\text{g.kg}^{-1}$  de glicerina bruta em substituição ao milho na dieta. A glicerina bruta pode ser utilizada em substituição ao milho na dieta até  $240 \text{ g.kg}^{-1}$  da matéria seca, sem afetar negativamente o consumo e coeficientes de digestibilidade aparente dos nutrientes, além de melhorar o balanço de nitrogênio em ovinos.

**Palavras-chave:** biodiesel, glicerol, ruminantes, subprodutos, valor nutritivo

## **Crude glycerin replacing partial corn in the diet: Intake, apparent digestibility and nitrogen balance in lambs**

**ABSTRACT:** The aim of this research was to evaluate the effects of replacing corn by crude glycerin on intake, apparent digestibility of nutrients and nitrogen balance in lambs. Were used twenty lambs castrated, undefined breed, with average weight of  $48.27 \pm 4.69$  kg and distributed in a completely randomized design with five levels of crude glycerin (0, 60, 120, 180 and 240 g.kg<sup>-1</sup> of dry matter) replacing corn and four replications. The dry matter intake in grams per day (g.d<sup>-1</sup>) and g.kg<sup>-1</sup> of body weight (BW) has not changed with the inclusion of crude glycerin with an average value of 1488.02 g.d<sup>-1</sup>. The intake of crude protein and total digestible nutrients were not influenced by treatments, with average values of 171.65 and 1106.91 g.d<sup>-1</sup>, respectively, as well as the intake of neutral detergent fiber, with average value of 8.8 g.kg<sup>-1</sup> of BW. For each g.kg<sup>-1</sup> of crude glycerin replacement corn, the intake of ether extract increasing linearly 0.0094 g.d<sup>-1</sup> and 0.00032 g.kg BW<sup>-1</sup> and the intake of non-fibrous carbohydrates increasing linearly 0.095 g.d<sup>-1</sup> and 0.0032 g.kg BW<sup>-1</sup>. No significant effect of crude glycerin inclusion was observed about apparent digestibility of dry matter, crude protein, ether extract, neutral detergent fiber, non-fiber carbohydrate and content total digestible nutrients. The nitrogen balance increased linearly 0.02 g.d<sup>-1</sup> for each g.kg<sup>-1</sup> of inclusion of crude glycerin in the diet. The crude glycerin can replace the corn in the diet up to 240 g.kg<sup>-1</sup> of dry matter without negatively affecting the intake and the apparent digestibility of nutrients, as well as improving the nitrogen balance in lambs.

**Keywords:** biofuel, byproduct, glycerol, nutritive value, ruminants

## Introdução

A demanda por alimentos deve continuar aumentando nos próximos anos em virtude do aumento no crescimento populacional mundial, pois em 2050 estima-se que serão 9,3 bilhões de habitantes (UNFPA, 2012). Este aumento na demanda por alimentos tem influenciado o agronegócio da carne, pois tem pressionado a intensificação do sistema de produção, além disso, o aumento no poder aquisitivo do consumidor tem resultado em maior procura por proteína animal de qualidade.

Por outro lado, fatores como as mudanças climáticas e a degradação dos solos e escassez de água, tem provocado grande pressão por parte da sociedade, restringindo-se cada vez mais a expansão da fronteira agrícola, o que exige sistemas de produção de carne mais intensivos e sustentáveis. Além disso, a volatilidade dos preços dos grãos convencionalmente utilizados na alimentação animal tem aumentado a procura por subprodutos que os substituam nas dietas dos animais e minimizem o custo de produção sem afetar a produtividade dos sistemas.

Uma opção interessante é a utilização de subprodutos gerados da cadeia produtiva do biodiesel. O crescimento da demanda por energia e a pressão ambiental têm pressionado o mercado de fontes de energia limpas e renováveis, como os biocombustíveis, o que proporcionou uma expansão na produção do biodiesel e, portanto, um excedente de glicerina bruta no mercado, já que para cada 90 m<sup>3</sup> de biodiesel produzido por transesterificação são gerados, aproximadamente, 10 m<sup>3</sup> de glicerina (Mota et al., 2009). Esta glicerina deve ser aproveitada em outros setores para evitar que seja eliminada em pátios e se torne poluente ambiental de rios e mananciais de água, além de agregar valor ao mercado do biodiesel, de forma que a produção deste biocombustível possa ser obtida a preço competitivo ao do óleo diesel (Costa Neto et al., 2000).

A glicerina bruta é resultante do processo de transesterificação dos óleos vegetais, e,

portanto, é o principal subproduto direto da produção do biodiesel. Uma aplicação que tem despertado interesse para a glicerina bruta é como ingrediente energético na alimentação dos animais ruminantes. Diversas pesquisas têm avaliado esse potencial e, portanto, a sua utilização em substituição ao milho nas dietas (Donkin et al., 2009; Parsons et al., 2009; Wang et al., 2009a; Bensimon et al., 2011; Leão et al., 2012; van Cleef et al., 2014).

Apesar de ser uma valiosa fonte de energia para ruminantes, há questões não esclarecidas, como o manuseio, níveis de inclusão, impacto e nível de contaminantes e valor nutritivo da glicerina bruta com relação a outras fontes de energia (Donkin, 2008). Portanto, são necessários mais estudos para esclarecer questões relacionadas à sua avaliação nutricional, de forma que a utilização da glicerina bruta não altere o desempenho dos animais e minimize os custos com a alimentação. Objetivou-se com o presente trabalho avaliar o consumo, a digestibilidade aparente de nutrientes e o balanço de nitrogênio em ovinos alimentados com dietas contendo níveis de glicerina bruta em substituição ao milho.

### **Material e métodos**

Todos os procedimentos e protocolos utilizados neste experimento estão de acordo com as normas éticas estabelecidas pela Lei de Procedimentos para o Uso Científico de Animais como determinado pela Comissão de Ética em Pesquisa Animal da Universidade Federal do Tocantins (Anexo 2).

O experimento foi realizado no Parque de Exposições Dair José Lourenço, em Araguaína, município localizado na região Norte do Tocantins, 07°11'28'' de Latitude Sul, e 48°12'26'' de Longitude Oeste, no período de 16 de outubro a 05 de novembro de 2011. Foram avaliados cinco níveis de glicerina bruta (0; 60; 120; 180 e 240 g.kg<sup>-1</sup> de matéria seca (MS)) em substituição ao milho na dieta.

Foram utilizados 20 ovinos castrados, sem raça definida, com peso vivo médio inicial de  $48,27 \pm 4,69$  kg, distribuídos em um delineamento inteiramente casualizado (DIC) com cinco tratamentos e quatro repetições. Previamente ao experimento, os animais foram devidamente vermifugados e receberam vitaminas A, D e E injetável, foram identificados, pesados e alojados em gaiolas metabólicas individuais com livre acesso a bebedouro e comedouro.

As dietas foram formuladas para serem isoproteicas e calculadas de acordo com o NRC (2007), com base nas exigências de ovinos de 40 kg de peso vivo (PV) e ganho de peso de  $250 \text{ g.d}^{-1}$  (Tabela 1). A relação volumoso:concentrado foi de 40:60, com base na matéria seca, sendo o volumoso utilizado silagem de milho.

A glicerina bruta (GENPA<sup>®</sup> – Glicerol Energético Nutricional para Alimentação Animal) utilizada apresentava  $899,2 \text{ g.kg}^{-1}$  de matéria seca;  $11,9 \text{ g.kg}^{-1}$  de extrato etéreo;  $803,5 \text{ g.kg}^{-1}$  de glicerol;  $<0,1 \text{ g.kg}^{-1}$  de metanol,  $74,7 \text{ g.kg}^{-1}$  de cloreto de sódio e densidade de  $1,27 \text{ g.cm}^{-3}$ , era oriunda de óleo de soja e foi fornecida pela empresa Granol S/A.

O ensaio teve duração de 21 dias, sendo 14 dias para adaptação dos animais ao ambiente e às dietas experimentais, e 7 dias para coleta de amostras. As dietas foram fornecidas à vontade em dois períodos, às 9 horas e às 16 horas, de forma que houvesse sobras de aproximadamente 10% do total fornecido.

Durante o período de coleta, amostras da silagem de milho, dos concentrados e das sobras foram coletadas. Foi realizada também coleta total de fezes e urina, que após pesadas foram amostradas em 10% do coletado para posteriores análises laboratoriais. As amostras foram acondicionadas em sacos plásticos, identificadas e armazenadas em congelador a  $-10 \text{ }^{\circ}\text{C}$ . Após o término do ensaio, as amostras referentes a cada animal, foram descongeladas e homogeneizadas, sendo retirada uma amostra composta de

aproximadamente 300 g, para posteriores análises laboratoriais.

Tabela 1 – Proporção dos ingredientes e composição química da silagem de milho e das dietas experimentais

Ingredientes	Níveis de glicerina bruta em substituição ao milho (g.kg <sup>-1</sup> )				
	0	60	120	180	240
Silagem de milho	391,46	389,26	391,17	395,54	399,34
Milho grão moído	489,52	461,53	430,27	397,55	365,69
Farelo de soja	107,65	108,60	107,88	106,60	105,62
Glicerina bruta	0,00	29,47	58,69	87,30	115,52
Ureia	0,00	0,83	1,72	2,87	3,73
Suplemento mineral <sup>1</sup>	10,28	10,31	10,26	10,18	10,10
Cloreto de sódio	1,10	0,00	0,00	0,00	0,00

Item	Silagem de milho	Composição química (g.kg <sup>-1</sup> )				
		0	60	120	180	240
Matéria seca <sup>2</sup>	236,53	610,75	610,41	605,29	593,01	583,31
Matéria orgânica <sup>3</sup>	909,65	934,21	939,37	933,10	928,82	931,85
Matéria mineral <sup>3</sup>	90,35	65,79	60,63	66,90	71,18	68,15
Proteína bruta <sup>3</sup>	83,53	115,41	117,53	116,96	111,86	113,97
Extrato etéreo <sup>3</sup>	29,80	41,33	40,61	41,26	45,02	42,16
Fibra em detergente neutro <sup>3</sup>	614,62	319,27	321,55	327,58	318,41	318,72
Fibra em detergente ácido <sup>3</sup>	387,05	179,44	178,06	180,50	181,28	179,54
Hemicelulose <sup>3</sup>	227,57	139,83	143,48	147,08	137,13	139,18
Celulose <sup>3</sup>	299,80	142,98	142,85	143,19	141,73	139,51
Lignina <sup>3</sup>	74,90	30,10	32,74	33,65	32,03	33,41
NIDN <sup>4</sup>	150,58	104,10	98,11	100,96	106,80	102,40
NIDA <sup>4</sup>	81,42	48,28	48,81	44,82	49,28	41,31
Carboidratos não fibrosos <sup>3</sup>	181,69	458,20	444,79	447,30	456,89	457,00

<sup>1</sup>Na dieta padrão: Cálcio, 140 g; Fósforo, 65 g; Magnésio, 10 g; Enxofre, 12 g; Sódio, 130 g; Cobalto, 80 mg; Ferro, 1000 mg; Iodo, 60 mg; Manganês, 3.000 mg; Selênio, 10 mg; Zinco, 5.000 mg; Flúor (máx), 650 mg; Vitamina A 50.000 U.I.; Vitamina E, 312 U.I.; Nas dietas com glicerina bruta: suplemento mineral formulado sem cloreto de sódio. <sup>2</sup>g.kg<sup>-1</sup> do alimento; <sup>3</sup>g.kg<sup>-1</sup> da matéria seca; <sup>4</sup>NIDN e NIDA, nitrogênio insolúvel em detergente neutro e nitrogênio insolúvel em detergente ácido em g.kg<sup>-1</sup> do nitrogênio total.

O volume total de urina foi medido em proveta de vidro graduada e uma alíquota de 100 mL por dia foi retirada e acondicionada em vasilhames plásticos devidamente

identificados e armazenadas em freezer a -10 °C. Na coleta de urina, 20 mL de ácido clorídrico (HCL 1 N) foram adicionados nos baldes coletores, para evitar as perdas de nitrogênio por volatilização.

As amostras foram pré-secas em estufa de ar forçado a 55 °C por 72 horas e trituradas em moinho tipo Willey com malha de 1 mm. As análises bromatológicas foram realizadas no laboratório de Nutrição Animal da Universidade Federal do Tocantins (UFT), localizado na Escola de Medicina Veterinária e Zootecnia, Campus Universitário de Araguaína, seguindo as recomendações da AOAC (1995). Para as análises de fibra em detergente neutro e fibra em detergente ácido foram utilizados sacos de tecido-não-tecido (TNT - 100 g.m<sup>-2</sup>) nas dimensões de 4x5 cm, utilizando metodologia recomendada pelo fabricante do aparelho ANKON.

O teor de carboidratos não fibrosos (CNF) e nutrientes digestíveis totais (NDT) foram determinados segundo Sniffen et al. (1992) em que: %CNF = 100 - (%PB +% EE +%MM +%FDN) e %NDT = %PB digestível + %FDNcp digestível + %CNF digestível + (2,25 x %EE digestível), que representam proteína bruta digestível, fibra em detergente neutro digestível corrigido para cinzas e proteína, carboidratos não fibrosos digestíveis e extrato etéreo digestível.

Foram avaliadas as seguintes variáveis: consumo de matéria seca, de proteína bruta, de extrato etéreo, de fibra em detergente neutro, de carboidratos não fibrosos e de nutrientes digestíveis totais e a digestibilidade aparente da matéria seca, da proteína bruta, do extrato etéreo, da fibra em detergente neutro e dos carboidratos não fibrosos e nutrientes digestíveis totais.

A utilização do nitrogênio (N) foi avaliada, determinando-se o nitrogênio ingerido, nitrogênio fecal e nitrogênio urinário. O nitrogênio absorvido foi calculado pela diferença entre nitrogênio ingerido e nitrogênio fecal, e o balanço de nitrogênio (BN), expresso em

$\text{g.d}^{-1}$ , foi calculado a partir da equação:  $\text{BN} = \text{N ingerido} - (\text{N fecal} + \text{N urinário})$ , de acordo com Decandia et al. (2000).

Para análise estatística, foram realizados os testes Shapiro-Wilk e de Cochran e Bartlett, respectivamente, para verificar se as pressuposições de distribuição normal e homocedasticidade das variáveis foram atendidas, para posteriormente, proceder às análises de variância. O nível ótimo de substituição do milho pela glicerina bruta na dieta foi avaliado através de análises de regressão a 0,05 de probabilidade de erro, utilizando-se o programa SAS (Statistical Analyses System).

Foi utilizado o peso inicial como co-variável, sendo verificado efeito significativo para o consumo de matéria seca, proteína bruta, extrato etéreo, fibra em detergente neutro, carboidratos não fibrosos e nutrientes digestíveis totais, quando expressos em  $\text{g.d}^{-1}$ , em que estas variáveis seguiram ao modelo seguinte:  $y_{ij} = \mu + \tau_i + \alpha(x_{ij} - \bar{X}) + \varepsilon_{ij}$ , em que  $y_{ij}$  é a variável dependente;  $\mu$  é a média geral;  $\tau_i$  é o efeito fixo do nível de substituição do milho pela glicerina bruta  $i$ ; em que  $i = 0, 60, 120, 180, 240 \text{ g.kg}^{-1}$  de MS e  $j$  é o número de repetições ( $j = 1, 2, 3, 4$ );  $\alpha(x_{ij} - \bar{X})$  é o efeito da co-variável;  $\varepsilon_{ij}$  é o erro experimental. As demais variáveis foram analisadas pelo seguinte modelo, sem constar a co-variável:  $y_{ij} = \mu + \tau_i + \varepsilon_{ij}$ , em que  $y_{ij}$  é a variável dependente;  $\mu$  é a média geral;  $\tau_i$  é o efeito fixo dos níveis de substituição do milho pela glicerina bruta  $i$ ; em que  $i = 0, 60, 120, 180, 240 \text{ g.kg}^{-1}$  de MS,  $j$  é o número de repetições ( $j = 1, 2, 3, 4$ ) e  $\varepsilon_{ij}$  é o erro experimental.

### **Resultados e discussão**

O consumo de matéria seca, expresso em  $\text{g.d}^{-1}$  e  $\text{g.kg}^{-1}$  de PV, não foi influenciado ( $P > 0,05$ ) pelos níveis de glicerina bruta em substituição ao milho (Tabela 2). O consumo de matéria seca médio foi de  $1488,02 \text{ g.d}^{-1}$ , valor que atende ao sugerido pelo NRC (2007), de  $1300 \text{ g.d}^{-1}$  para cordeiros de 40 kg e ganho de peso de  $250 \text{ g.d}^{-1}$ .

Tabela 2 - Consumo de nutrientes de ovinos alimentados com glicerina bruta em substituição ao milho na dieta

Item	Níveis de substituição (g.kg <sup>-1</sup> )					CV	Valor-P*	
	0	60	120	180	240		L	Q
	g.d <sup>-1</sup>							
Matéria seca	1285,75	1530,46	1595,95	1541,48	1486,45	10,99	0,128	0,312
Proteína bruta	150,76	181,56	185,59	173,26	167,06	9,52	0,360	0,638
Extrato etéreo	56,11	64,56	67,40	72,02	64,10	9,37	0,025 <sup>1</sup>	0,084
Carboidratos não fibrosos	619,75	686,13	739,61	733,06	714,62	9,99	0,046 <sup>2</sup>	0,139
Nutrientes digestíveis totais	947,43	1117,56	1186,22	1161,93	1121,43	12,09	0,080	0,217
	g.kg <sup>-1</sup> de peso vivo							
Matéria seca	24,53	28,12	31,70	30,72	31,19	16,85	0,056	0,086
Extrato etéreo	1,08	1,19	1,34	1,44	1,35	17,23	0,036 <sup>3</sup>	0,064
Fibra em detergente neutro	7,09	8,82	9,86	9,13	9,29	18,78	0,090	0,070
Carboidratos não fibrosos	11,88	12,62	14,69	14,61	14,97	17,15	0,042 <sup>4</sup>	0,109

\*L e Q, Efeito de ordem linear e quadrática, no que se refere aos níveis de glicerina bruta na dieta; CV, coeficiente de variação. <sup>1</sup> $\hat{Y} = 60,14770 + 0,009380X$  ( $r^2 = 0,25$ ); <sup>2</sup> $\hat{Y} = 651,30096 + 0,094667X$  ( $r^2 = 0,20$ ); <sup>3</sup> $\hat{Y} = 1,192 + 0,00031580X$  ( $r^2 = 0,22$ ); <sup>4</sup> $\hat{Y} = 12,1202 + 0,0032X$  ( $r^2 = 0,21$ ).

O consumo de alimentos determina o nível de nutrientes ingeridos e, conseqüentemente, a resposta animal (Van Soest, 1994), o que torna interessante os resultados deste estudo, uma vez que a glicerina bruta foi utilizada como fonte alternativa de energia em substituição parcial ao milho na dieta, e não alterou o consumo de matéria seca. Os resultados do presente estudo corroboram com os de Gunn et al. (2010a) trabalhando com carneiros da raça Sulffock pesando em média 44 kg, os autores não verificaram alteração no consumo de matéria seca quando alimentaram os animais com 0, 50, 100, 150 e 200 g.kg<sup>-1</sup> de glicerina bruta na dieta, apresentando valor médio de 1510 g.d<sup>-1</sup>. A inclusão da glicerina bruta na dieta fornecida a ovinos também não alterou o consumo de matéria seca em trabalhos de Bensimon et al. (2011); Terré et al. (2011) e Meale et al. (2013).

Entretanto, em alguns trabalhos, a inclusão da glicerina bruta na dieta de ovinos

apresentou efeitos adversos no consumo de matéria seca dos animais (Lage et al., 2010; Gunn et al., 2010b; Barros, 2012). As divergências nos resultados dos estudos com glicerina bruta têm sido em razão da pureza e composição da glicerina utilizada que varia com o processo de obtenção e fonte de produção (Fávaro, 2010; Gott e Eastridge, 2010).

Desta forma, Lage et al. (2010) verificaram redução no consumo de matéria seca de cordeiros não castrados da raça Santa Inês alimentados com 0, 30, 60, 90 e 120 g.kg<sup>-1</sup> da MS em função da glicerina bruta utilizada ser de baixa pureza e apresentar elevados níveis de ácidos graxos (464,8 g.kg<sup>-1</sup>) em sua composição, o que foi explicado pelo autor por falhas no processo de separação entre biodiesel e glicerol, e portanto, o alto nível de lipídeos nas dietas com inclusão de glicerina bruta pode ter contribuído para a redução no consumo de matéria seca dos ovinos. Barros (2010) observou redução no consumo de matéria seca de cordeiros mestiços Santa Inês x Dorper alimentados com dietas com inclusão de 0; 26,5; 53,3; 80,6; 108,40 g.kg<sup>-1</sup> de glicerina bruta e explicou tal fato pela baixa pureza da glicerina, em que provavelmente os níveis de glicerol, metanol e ácidos graxos da glicerina podem ter contribuído de forma isolada ou em conjunto para a redução no consumo de matéria seca pelos animais. No presente estudo, a glicerina bruta utilizada era de média pureza com níveis dentro dos limites impostos pelo MAPA (Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento) para fins de registro para uso na alimentação animal (mínimo de 800 g.kg<sup>-1</sup> de glicerol, máximo de 130 g.kg<sup>-1</sup> de umidade e mínimo de 150 ppm de metanol). Portanto, este fato pode ter contribuído para que o consumo de matéria seca não fosse alterado.

Outro fator que pode influenciar o consumo de matéria seca das dietas com glicerina bruta é o alto teor de cloreto de sódio, proveniente do processo de transesterificação dos óleos vegetais, porém, este efeito foi minimizado no trabalho quando se formulou as rações concentradas, utilizando-se sal mineral sem cloreto de sódio na composição das

rações com glicerina bruta. Maciel (2014) observou redução no consumo de matéria seca em função dos níveis de sódio na glicerina bruta em experimento com bezerros, porém quando se avaliou os mesmos níveis de inclusão da glicerina bruta (0; 80; 160 e 240 g.kg<sup>-1</sup> da MS) em novilhos mestiços, não houve efeitos no consumo de matéria seca, justificando estes resultados em função da categoria animal mais jovem ser mais sensível às concentrações de sódio que os animais adultos. Mach et al. (2009) avaliaram níveis de 0, 40, 80 e 120 g.kg<sup>-1</sup> de glicerina bruta em dietas de touros holandeses e não encontraram diferenças no consumo de matéria seca, já que a concentração de sódio foi normalizada entre os tratamentos, como no trabalho.

A glicerina bruta pode também influenciar no consumo de matéria seca em função dos seus efeitos no metabolismo ruminal. Segundo Krehbiel (2008), os diferentes efeitos encontrados nos trabalhos podem estar relacionados com as diferenças nas condições entre os estudos, mas também com as mudanças ou interações entre as espécies microbianas com a inclusão da glicerina bruta.

Do glicerol que chega ao rúmen 44% é rapidamente fermentado pelas bactérias ruminais, principalmente a propionato, 13% passam com a digesta alimentar e 43% são absorvidos pela parede ruminal (Krehbiel, 2008). Segundo este mesmo autor, os microrganismos ruminais parecem se adaptar ao fornecimento de glicerol, já que se constatou que com o aumento nos dias de fornecimento do glicerol aumenta-se a taxa de desaparecimento do mesmo no rúmen. No estudo, além da adaptação dos microrganismos ruminais ao glicerol, uma boa sincronização entre os componentes da dieta total pode ter contribuído para que o consumo de matéria seca dos animais não fosse alterado.

Os níveis de glicerina bruta em substituição ao milho não alteraram ( $P>0,05$ ) o consumo de proteína bruta, expresso em g.d<sup>-1</sup> (Tabela 2), o que pode ser explicado pelo fato das dietas terem sido isoproteicas e do consumo de matéria seca não ter sido

influenciado. O valor médio diário de consumo de proteína bruta foi de 171,65 gramas, valor que atende ao sugerido pelo NRC (2007), de 160 g.d<sup>-1</sup> de ingestão de proteína bruta para cordeiros com peso médio de 40 kg e ganho de peso de 250 g.d<sup>-1</sup>.

O consumo de extrato etéreo aumentou linearmente ( $P < 0,05$ ) com os níveis de glicerina bruta em substituição ao milho, quando expresso em g.d<sup>-1</sup> e g.kg<sup>-1</sup> de PV (Tabela 2). Para cada g.kg<sup>-1</sup> de matéria seca da glicerina bruta em substituição ao milho, o consumo de extrato etéreo aumentou 0,0094 g.d<sup>-1</sup> e 0,00032 g.kg<sup>-1</sup> de PV, de acordo com a equação de regressão. Portanto, verificou-se aumento de 3,74 e 6,36% no consumo de extrato etéreo, em g.d<sup>-1</sup> e g.kg<sup>-1</sup> de PV, respectivamente, da dieta com 240 g.kg<sup>-1</sup> de substituição em relação à dieta padrão.

O consumo de carboidratos não fibrosos aumentou linearmente ( $P < 0,05$ ) 0,095 g.d<sup>-1</sup> e 0,0032 g.kg<sup>-1</sup> de PV para cada g.kg<sup>-1</sup> de matéria seca de glicerina bruta em substituição ao milho (Tabela 2). Desta forma, a substituição de 240 g.kg<sup>-1</sup> do milho pela glicerina bruta na matéria seca proporcionou aumento de 3,49 e 6,34% no consumo de carboidratos não fibrosos expresso em g.d<sup>-1</sup> e g.kg<sup>-1</sup> de PV, respectivamente, em relação à dieta padrão. A glicerina bruta pode aumentar o consumo do concentrado, pois agrega as partículas menores das rações, por ter natureza higroscópica, sabor adocicado e aroma suave (Elam et al., 2008), deixando a ração concentrada com textura mais grosseira à medida que o nível de substituição do milho pela glicerina bruta foi sendo aumentado. Estas características da glicerina bruta pode ter contribuído para aumentar o CCNF e CEE, pelo aumento do consumo de concentrado, apesar do consumo de matéria seca não ter sido alterado.

O consumo de fibra em detergente neutro não foi alterado ( $P > 0,05$ ) pela inclusão da glicerina bruta em substituição ao milho (Tabela 2), reflexo do comportamento do consumo de matéria seca. Os animais apresentaram ingestão média de 8,8 g.kg<sup>-1</sup> de PV

de fibra em detergente neutro, valor abaixo do recomendado por Mertens (1987) como ótimo para animais em crescimento, considerado de 10 g.kg<sup>-1</sup> de PV, que garante ingestão de fibra suficiente para a fermentação e saúde do ambiente ruminal.

O consumo de nutrientes digestíveis totais não foi alterado ( $P < 0,05$ ) com os níveis de glicerina bruta (Tabela 2), com valor médio de 1106,91 g.d<sup>-1</sup>. Segundo o NRC (2007), para cordeiros em terminação com peso de 40 kg e ganho de peso de 250 g.d<sup>-1</sup>, são necessários 860 g.d<sup>-1</sup> de nutrientes digestíveis totais na dieta. Portanto, o atendimento das exigências energéticas dos animais em questão não foi prejudicado com a inclusão da glicerina bruta em substituição ao milho nas dietas, com valores acima do sugerido pelo NRC (2007).

A glicerina é altamente energética em função dos níveis de glicerol em sua composição e quando incluída na dieta pode suprir a demanda energética dos animais, apresentando valor de energia semelhante ao do milho (Donkin, 2008). O glicerol absorvido pela parede no rúmen pode ser convertido em glicose no fígado. A enzima glicerol quinase converte glicerol e ATP a glicerol-3-fosfato e ADP, direcionando o glicerol para a gliconeogênese. Isso se constitui numa vantagem metabólica, uma vez que entra na via gliconeogênica ao nível de triose fosfato (Krehbiel, 2008), que é metabolicamente mais próximo à glicose e, portanto, a alimentação com glicerina melhora a eficiência energética da dieta (DeFrain et al., 2004; Donkin et al., 2009).

A inclusão da glicerina bruta em substituição ao milho não influenciou ( $P > 0,05$ ) os coeficientes de digestibilidade aparente da matéria seca, proteína bruta, extrato etéreo, fibra em detergente neutro, carboidratos não fibrosos e os valores de nutrientes digestíveis totais (Tabela 3). A digestibilidade é a quantidade do alimento que foi utilizada pelo animal, sendo uma característica inerente ao alimento e não ao animal (Coelho da Silva e Leão, 1979), portanto, os resultados do estudo são interessantes, pois demonstram que

a substituição da fonte energética na dieta nos níveis e condições do trabalho não altera o aproveitamento da matéria seca dos alimentos. A digestibilidade da matéria seca não foi afetada pela inclusão de 0, 70, 140 e 210 g.kg<sup>-1</sup> de glicerina nas dietas para cordeiros em Ávila-Stagno et al. (2012), apresentando valor médio de 0,72, próximo ao deste trabalho. Os resultados do presente trabalho também são consistentes com outros (Farias et al., 2012; Shin et al., 2012; Wilbert et al., 2013; Boyd et al., 2013; van Cleef et al., 2014), nos quais a inclusão da glicerina bruta na dieta de ruminantes não alterou o coeficiente de digestibilidade da matéria seca.

Tabela 3 - Coeficientes de digestibilidade aparente dos nutrientes em ovinos alimentados com glicerina bruta em substituição ao milho na dieta

Item	Níveis de glicerina bruta em substituição ao milho (g.kg <sup>-1</sup> )					CV	Valor-P <sup>1</sup>	
	0	60	120	180	240		L	Q
Matéria seca	0,72	0,72	0,72	0,74	0,73	5,55	0,583	0,847
Proteína bruta	0,63	0,65	0,67	0,67	0,65	9,07	0,513	0,490
Extrato etéreo	0,92	0,88	0,88	0,90	0,89	3,35	0,484	0,288
Fibra em detergente neutro	0,43	0,48	0,49	0,47	0,46	21,38	0,705	0,640
Carboidratos não fibrosos	0,98	0,98	0,96	0,98	0,97	2,07	0,320	0,442
Nutrientes digestíveis totais <sup>2</sup>	733,48	726,65	740,73	751,03	741,90	5,21	0,597	0,873

L e Q, Efeito de ordem linear e quadrática, no que se refere aos níveis de glicerina bruta na dieta; CV, coeficiente de variação. <sup>1</sup>g.kg<sup>-1</sup> da matéria seca.

Os coeficientes de digestibilidade aparente da proteína bruta apresentaram valores inferiores aos observados por Lage et al. (2010) de 0,77. Este fato pode ser explicado pela menor proporção de silagem de milho (30%) utilizada e maior teor de proteína bruta (180 g.kg<sup>-1</sup> na MS) das dietas com relação às do presente trabalho. A glicerina bruta utilizada no presente trabalho apresentava baixo conteúdo de ácidos graxos (11,9 g.kg<sup>-1</sup>), o que explica o coeficiente de digestibilidade do extrato etéreo não ter sido alterado.

Outro resultado relevante no estudo é que não houve influência da glicerina bruta

sobre a digestibilidade das frações fibrosas da dieta, resultados concordantes com os de Farias et al. (2012) avaliando níveis de adição da glicerina bruta no concentrado (0; 2,8; 6,1 e 9,0%) para ovinos a pasto. Porém, resultados discrepantes de alguns trabalhos (Serrano, 2011; Lage et al., 2010; Shin et al., 2012) em que a inclusão da glicerina bruta influenciou negativamente a digestibilidade das frações fibrosas.

Níveis mais elevados de glicerina bruta podem reduzir a digestão da fibra e a produção de acetato (Abo El-Nor et al., 2010), pois causa efeitos deletérios no crescimento e na atividade celulolítica de bactérias e fungos ruminais (Roger et al., 1992; Abo El-Nor et al., 2010). Abughazaleh et al. (2010) verificaram que até 150 g.kg<sup>-1</sup> de glicerina bruta em substituição ao milho na matéria seca da dieta não provocou efeitos adversos no processo de fermentação ou nas bactérias ruminais. Porém, níveis mais elevados de substituição de 300 e 450 g.kg<sup>-1</sup> da matéria seca foram associados à redução de acetato e de populações de bactérias fibrolíticas (*Butyrivibrio fibrisolvens*) e não fibrolíticas (*Selenomonas ruminantium*).

A disponibilidade de nutrientes é limitada pela extensão ruminal e pela competição entre as taxas de digestão e passagem (Van Soest, 1994), sendo que a extensão da fermentação da glicerina no rúmen depende do nível de inclusão da glicerina na dieta (Donkin et al., 2009). Desta forma, inclusão de até 200 g.kg<sup>-1</sup> de glicerina bruta na dieta não causou efeitos negativos na digestibilidade da fibra em detergente neutro, resultados constatados por Krueger et al. (2010), porém, acima de 200 g.kg<sup>-1</sup> de glicerina bruta na dieta pode afetar negativamente a digestão da fração fibrosa, fato confirmado pela redução na taxa de fermentação ruminal e alteração do perfil de ácidos graxos de cadeia curta.

No entanto, Wang et al. (2009b) avaliaram dietas sem glicerol, e com baixo, médio e alto nível de glicerol, a digestibilidade da fibra em detergente neutro foi maior nas dietas

com médio glicerol, intermediárias nas dietas com baixo e alto glicerol e reduzidas nas dietas sem glicerol. Os autores explicaram tal fato pela melhora na degradação ruminal constatada no trabalho que teria provocado melhora na digestibilidade da matéria seca e da fibra.

De acordo com Se-Young Lee et al. (2011), a fermentação cinética do glicerol pode ser alterada pela adaptação da população microbiana ao glicerol. Entretanto, em estudos de Rémond et al. (1993), a taxa de degradação máxima do glicerol foi encontrada no primeiro dia, não sendo afetada pelo tempo de adaptação dos microrganismos ruminais ao glicerol, porém, a habilidade do líquido ruminal em degradar o glicerol aumentou com a quantidade de glicerol administrada. Tais fatores justificam os diferentes resultados dos trabalhos com glicerina bruta quanto ao aproveitamento da fração fibrosa. Com relação a este estudo, fatores como o período de adaptação dos animais às dietas, o nível de substituição do milho pela glicerina bruta, a relação volumoso:concentrado (40:60) e os componentes das dietas podem ter conferido aos microrganismos do rúmen a adaptação ao fornecimento de glicerina bruta (Krehbiel, 2008; Donkin et al., 2009), não causando efeitos prejudiciais ao aproveitamento da fibra.

Os coeficientes de digestibilidade aparente dos carboidratos não fibrosos apresentaram valor médio de 0,97. A inclusão da glicerina bruta na dieta também não alterou os coeficientes de digestibilidade dos carboidratos não fibrosos em trabalhos anteriores (Serrano, 2011; Farias et al., 2012; Santana Júnior et al., 2013), provavelmente porque o glicerol quando chega ao rúmen é rapidamente fermentado e tem o comportamento semelhante a uma fonte de carboidratos rapidamente fermentável (DeFrain et al., 2004; Berry, 2007).

Quanto aos valores de nutrientes digestíveis totais, não foram alterados com a inclusão da glicerina bruta, o que pode ser evidenciado pelos coeficientes de

digestibilidade aparente dos nutrientes que não foram influenciados pelos níveis de glicerina bruta nas dietas. Santana Júnior et al. (2013), avaliaram a inclusão da glicerina bruta (0; 94; 191; 289; 389 g.kg<sup>-1</sup> da matéria seca) em suplementos de vacas primíparas lactantes em pastagem tropical, e não encontraram efeitos nos valores de nutrientes digestíveis totais. A manutenção do nível energético das dietas com o aumento dos níveis de glicerina bruta no estudo demonstra a eficiência do metabolismo energético da glicerina bruta (DeFrain et al., 2004), e o seu valor energético semelhante ao do milho (Mach et al., 2009).

O balanço de nitrogênio apresentou aumento linear ( $P < 0,05$ ) com a substituição do milho pela glicerina bruta na dieta (Tabela 4). De acordo com a equação de regressão, houve aumento de 0,02 g.d<sup>-1</sup> de nitrogênio para cada g.kg<sup>-1</sup> de glicerina bruta em substituição ao milho na dieta. A glicerina bruta é desprovida de proteína bruta em sua composição, desta forma, o ajuste no balanceamento proteico das dietas foi realizado aumentando a quantidade de ureia nos concentrados à medida que se substituiu o milho pela glicerina bruta. Como o glicerol é rapidamente fermentado no rúmen (Rémond et al., 1993; Krehbiel, 2008), e a ureia, uma fonte de nitrogênio prontamente disponível no ambiente ruminal, o aumento concomitante destes ingredientes pode ter proporcionado uma sincronização ao nível de energia e proteína aos microrganismos ruminais, o que foi evidenciado pelo balanço de nitrogênio positivo.

Os microrganismos ruminais dependem de esqueletos de carbono, disponibilidade de energia e de um simultâneo fornecimento de amônia e peptídeos para que haja síntese microbiana (Pereira et al., 2005). Moreno et al. (2010), observaram este mesmo efeito utilizando ureia aliada ao amido da silagem de milho e sacarose da cana-de-açúcar, e observaram melhor utilização de fontes de proteína e maior retenção de nitrogênio, ao avaliarem o balanço de nitrogênio em cordeiros Ile de France sob dois tipos e níveis de

volumoso (silagem de milho ou cana-de-açúcar) (40 ou 60%) nas dietas.

Tabela 4 – Balanço de nitrogênio em ovinos alimentados com dietas contendo glicerina bruta em substituição ao milho na dieta

Item <sup>1</sup>	Níveis de glicerina bruta em substituição ao milho (g.kg <sup>-1</sup> )					CV	Valor-P <sup>2</sup>	
	0	60	120	180	240		L	Q
N ingerido	24,12	29,05	27,96	28,44	26,74	-	-	-
N urina	7,61	10,52	9,99	8,13	6,42	-	-	-
N fecal	9,00	10,01	8,86	8,86	8,95	-	-	-
N absorvido	15,12	19,04	19,10	19,57	17,78	-	-	-
Balanço de nitrogênio	7,51	8,52	9,11	11,44	11,37	27,78	0,039 <sup>3</sup>	0,492

<sup>1</sup>g.dia<sup>-1</sup> da matéria seca. <sup>2</sup>L e Q, Efeito de ordem linear e quadrática, no que se refere aos níveis de glicerina bruta na dieta; CV, coeficiente de variação. <sup>3</sup>Y= 7,47+ 0,02x.

Van Cleef et al. (2014) avaliando a inclusão de 0; 75; 150; 225 e 300 g.kg<sup>-1</sup> de glicerina bruta na matéria seca da dieta de bovinos Nelore, observaram que os componentes das dietas parecem ter proporcionado um sinergismo, devido à associação de proteína rapidamente degradável no rúmen e/ou fibras de baixa e alta qualidade, tais como farelo de girassol e casca de soja associados com a rápida fermentação do glicerol no rúmen, aumentando a eficiência da glicerina bruta bem como dos outros ingredientes, motivo pelo qual o autor justifica o fato do consumo de matéria seca não ter sido alterado no estudo. Estes resultados corroboram com os do estudo em que um provável sincronismo entre energia e proteína foi proporcionado pelos componentes das dietas, o que provavelmente eliminou os possíveis efeitos deletérios da glicerina bruta sobre a microbiota ruminal (Hales et al., 2013).

Além da glicerina bruta melhorar a eficiência do metabolismo energético (Defrain et al., 2004), o glicerol que passa intacto pelo rúmen e entra na via gliconeogênica no fígado, poupará proteína, uma vez que seu carbono será utilizado preferencialmente (Oliveira, 2013), o que pode ter contribuído também para o aumento no balanço de

nitrogênio com a inclusão da glicerina bruta.

### Conclusões

A glicerina bruta pode ser utilizada em substituição ao milho na dieta até 240 g.kg<sup>-1</sup> da matéria seca, sem afetar negativamente o valor nutritivo das dietas, além de melhorar o balanço de nitrogênio em ovinos.

### Referências bibliográficas

- Abo El-Nor, S.; Abughazaleh, A. A.; Potu, R. B.; Hastings, D. and Khattab, M. S. A. 2010. Effects of differing levels of glycerol on rumen fermentation and Bacteria. *Animal Feed Science and Technology* 162:99-105.
- AbuGhazaleh, A. A.; Abo El-Nor, S. and Ibrahim S. A. 2010. The effect of replacing corn with glycerol on ruminal bacteria in continuous culture fermenters. *Journal of Animal Physiology and Animal Nutrition* 95:313–319.
- AOAC - Association of Official Analytical Chemistry. 1995. *Official Methods of Analysis*, 16th ed. AOAC International, Arlington, VA.
- Avila-Stagno, J.; Chaves, A. V.; He, M. L.; Harstad, O. M.; Beauchemin, K. A.; McGinn, S. M. and McAllister, T. A. 2013. Effects of increasing concentrations of glycerol in concentrate diets on nutrient digestibility, methane emissions, growth, fatty acid profiles, and carcass traits of lambs. *Journal of Animal Science* 91:829-837.
- Barros, M. C. C. 2012. Glicerina bruta na dieta de ovinos confinados. Tese (D.Sc.). Universidade Estadual do Sudoeste da Bahia. Itapetinga.
- Bensimon, M. A. G.; Moraes, G. V.; Mataveli, M.; Macedo, F. A. F.; Carneiro, T. C. e Rossi, R. M. 2011. Performance and carcass characteristics of lambs fed on diets supplemented with glycerin from biodiesel production. *Revista Brasileira de Zootecnia* 40:2211-2219.
- Berry, G. 2007. Effects of feeding glycerol with different levels of non-fiber carbohydrates. College of Food, Agricultural, and Environmental Sciences The Ohio State University Columbus, Ohio. Disponível em: <http://kb.osu.edu/dspace/bitstream/1811/5219/Gina%2520Berry's%2520Final%2520Research%2520Report.pdf>. Acesso em: Maio, 2014.
- Boyd, J.; Bernard, J. K. and West, J. W. 2013. Effects of feeding different amounts of supplemental glycerol on ruminal environment and digestibility of lactating dairy cows. *Journal of Dairy Science* 96:470–476.
- Coelho da Silva, J. F. e Leão, M. I. 1979. *Fundamentos da Nutrição dos Ruminantes*. Livrerveres 191-237.

- Costa Neto, P. R.; Rossi, L. F. S.; Zagonel, G. F. e Ramos, L. P. 2000. Produção de biocombustível alternativo ao óleo diesel através da transesterificação de óleo de soja usado em frituras. *Química Nova* 24:531-537.
- Decandia, M.; Sitzia, M.; Cabiddu, A.; Kababya, D. and Mollem G. 2000. The use of polyethylene glycol to reduce the anti-nutritional effects of tannins in goat fed woody species. *Small Ruminant Research* 38: 157-164.
- DeFrain, J.M., A.R. Hippen, K.F. Kalscheur, and P.W. Jardon. 2004. Feeding glycerol to transition dairy cows: Effects on blood metabolites and lactation performance. *Journal of Dairy Science* 87: 4195-4206.
- Donkin, S. S. 2008. Glycerol from Biodiesel Production: The New Corn for Dairy Cattle. *Revista Brasileira de Zootecnia* 37: 280-286. Suplemento especial.
- Donkin, S. S.; Kooser, S. L.; White, H. M.; Doane, P. H. and 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.
- Elam, N. A.; Eng, K. S.; Bechtel, B.; Harris, J. M. and Crocker, R. 2008. Glycerol from Biodiesel Production: Considerations for feedlot diets. *Proceedings of the Southwest Nutrition Conference, Tempe AZ, 21.*
- Farias, M. S.; Prado, I. N.; Valero, M. V.; Zawadzki, F.; Silva, R. R.; Eiras, C. E.; Rivaroli, D. C. e Lima, B. S. 2012. Níveis de glicerina para novilhas suplementadas em pastagens: desempenho, ingestão, eficiência alimentar e digestibilidade. *Ciência Agrônômica* 33: 1177-1188.
- Fávaro, V. R. 2010. Utilização da glicerina, subproduto do biodiesel na alimentação de bovinos. *Dissertação (M. Sc.). Universidade Estadual Paulista, Jaboticabal.*
- Gott, P. N. e Eastridge, M. L. 2010. Variation in the chemical composition of crude glycerin p.153. In: *Proceedings Tri-State Dairy Nutrition Conference. Ohio State University Extension.*
- Gunn, P. J.; Neary, M. K.; Lemenager, R. P. and Lake, S. L. 2010a. Effects of crude glycerin on performance and carcass characteristics of finishing wether lambs. *Journal Animal Science* 88: 1771–1776.
- Gunn, P. J.; Schultz, A. F.; Van Emon, M. L.; Neary, M. K.; Lemenager, R. P.; Rusk, C. P. and Lake, S. L. 2010b. Effects of elevated crude glycerin concentrations on feedlot performance, carcass characteristics, and serum metabolite and hormone concentrations in finishing ewe and wether lambs. *The Professional Animal Scientist* 26: 298-306.
- Hales, K. E.; Bondurant, R. G.; Luebke, M. K.; Cole, N. A. and MacDonald, J. C. 2013. Effects of crude glycerin in steam-flaked corn-based diets fed to growing feedlot cattle. *Journal Animal of Science*. Disponível em: <http://www.Journalofanimalscience.org/content/early/2013/05/08/jas.2012-5944>. Acesso em: Maio, 2014.

- Krehbiel, C. R. 2008. Ruminant and physiological metabolism of glycerin. *Journal Dairy Science* 86:392.
- Krueger, N. A.; Anderson, R. C.; Tedeschi, L. O.; Callaway, T. R.; Edrington, T. S. and Nisbet, D. J. 2010. Evaluation of feeding glycerol on free-fatty acid production and fermentation kinetics of mixed ruminal microbes in vitro. *Bioresource Technology* 101:8469-8472.
- Lage, J. F.; Paulino, P. V. R.; Pereira, L. G. R.; Valadares Filho, S. C.; Oliveira, A. S.; Detmann, E.; Souza, N. K. P. e Lima, J. C. M. 2010. Glicerina bruta na dieta de cordeiros terminados em confinamento. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, Brasília 45:1012-1020.
- Leão, J. P.; Neiva, J. N. M.; Restle, J. Paulino, P. V. R.; Santana, A. E. M.; Miotto, F. R. C. e Missio, R. L. 2012. Consumo e desempenho de bovinos de aptidão leiteira em confinamento alimentados com glicerol. *Ciência Animal Brasileira* 13:421-428.
- Mach, N.; Bach, A. and 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.
- Maciel, R. P. Glicerina bruta na alimentação de machos de Origem Leiteira. 2014. Tese (D.Sc.). Universidade Federal do Tocantins. Araguaína.
- Meale, S. J.; Chaves, A. V.; Ding, S.; Bush, R.D.B. and McAllister, T. A. 2013. Effects of crude glycerin supplementation on wool production, feeding behavior, and body condition of Merino ewes. *Journal of Animal Science* 91:878-885.
- Mertens, D. R. 1987. Predicting intake and digestibility using mathematical models of ruminal function. *Journal of Animal Science* 64:1548-1558.
- Moreno, G. M. B.; Sobrinho, A. G. S.; Leão, A. G.; Loureiro, C. M. B.; Perez, H. L. e Rossi, R. C. 2010. Desempenho, digestibilidade e balanço de nitrogênio em cordeiros alimentados com silagem de milho ou cana-de-açúcar e dois níveis de concentrado. *Revista Brasileira de Zootecnia* 39: 853-860.
- Mota, C. J. A.; Silva, C. X. A.; Gonçalves, V. L. C. 2009. Gliceroquímica: novos produtos e processos a partir da glicerina de produção de biodiesel. *Química Nova*: 32:639-648.
- NRC - National Research Council. 2007. Nutrient requirements of small ruminants. Washington, D.C.: National Academy Press.
- Parsons, G. L.; Shelor, M. K. and Drouillard, J. S. 2009. Performance and carcass traits of finishing heifers fed crude glycerin. *Journal of Animal Science* 87: 653-657.
- Pereira, E. S.; Arruda, A. M. V.; Miranda, L. F.; Mizubuti, I. Y.; Muniz, E. B.; Pinto, A. P. 2005. Importância da inter-relação carboidrato e proteína em dietas de ruminantes. *Semina: Ciências Agrárias* 26: 125-134.

- Oliveira, I. M. Glicerina bruta na dieta de bovinos Nelore e F1 Red Angus x Nelore: desempenho, características de carcaça e avaliação qualitativa de nove músculos, maturados ou não. 2013. Tese (D.Sc.). Universidade Federal de Viçosa. Minas Gerais.
- Rémond, B., Souday, E. and Jouany, J. P. 1993. In vitro and in vivo fermentation of glycerol by rumen microbes. *Animal Feed Science Technology* 41:121–132.
- Roger, V.; Fonty, G.; André, C. and Gouet, P. 1992. Effects of glycerol on the growth, adhesion and cellulolytic bacteria and anaerobic fungi. *Current Microbiology* 25:197-201.
- Santana Júnior, R. H. A.; Figueiredo, M. P.; Cardoso, E. O.; Mendes, F. B. L.; Filho, G. A.; Pinheiro, A. A.; Viana, P. T. and Roseira, J. P. S. 2013. Crude glycerin in supplement to primiparous lactating cows grazing on tropical pasture: nutritional and productive characteristics. *Revista Brasileira de Zootecnia* 42:117-124.
- Serrano, R. D. C. Glicerina bruta e uréia de liberação lenta na alimentação de bovinos de corte. 2011. Tese (D.Sc.). Universidade Estadual de Maringá, Maringá.
- Se-Young Lee, S.-Y.; Leea, S.-M., Choa, Y.-B.; Kamb, D.-K.; Leec, S.-C.; Kimd, C.-H. and Seo, S. 2011. Glycerol as a feed supplement for ruminants: In vitro fermentation characteristics and methane production. *Animal Feed Science and Technology* 166–167 (2011) 269– 274.
- Shin, J. H.; Wang, D.; Kim, S. C.; Adesogan, A. T. and Staples, C. R. 2012. Effects of feeding crude glycerin on performance and ruminal kinetics of lactating Holstein cows fed corn silage- or cottonseed hull-based, low-fiber diets. *Journal of Dairy Science* 95: 4006-4016.
- Sniffen, C. J.; Oconnor, J. D.; Van Soest, P.J.; Fox, D. G. and Russel, J. B. 1992. A net carbohydrate and protein system for evaluating cattle diets. 2. Carbohydrate and protein availability. *Journal of Animal Science* 70: 3562-3577.
- Terré, M.; Nudda, A.; Casado, P. and Bach, A. 2011. The use of glycerine in rations for light lamb during the fattening period. *Animal Feed Science and Technology* 164: 262–267.
- UNFPA - Fundo de População das Nações Unidas. Relatório sobre a situação da população mundial. 2012. Por escolha, não por acaso. Planejamento familiar, direitos humanos e desenvolvimento. Disponível em: < [http://www.un.org/files/BOOK\\_SWOP\\_2012.pdf](http://www.un.org/files/BOOK_SWOP_2012.pdf)>. Acesso em: Fev. 25, 2014.
- Van Cleef, E. H. C. B.; Ezequiel, J. M. B.; D`Aurea, A. P.; Fávoro, V. R. e Sancanari, J. B. D. 2014. Crude glycerin in diets for feedlot Nellore cattle. *Revista Brasileira de Zootecnia* 43:86-91.
- Van Soest, P. J. 1994. Nutritional ecology of the ruminant. Cornell University. 2. ed.
- Wang, C.; Liu, Q.; Yang, W. Z.; Huo, W. J.; Dong, K. H.; Huang, Y. X.; Yang, X. M. and He, D. C. 2009a. Effects of glycerol on lactation performance, energy balance and

metabolites in early lactation Holstein dairy cows. *Animal Feed Science and Technology* 151:12–20.

Wang, C.; Liu, Q.; Huo, W. J.; Yang, W.Z.; Dong, K. H.; Huang, Y. X. and Guo, G. 2009b. Effects of glycerol on rumen fermentation, urinary excretion of purine derivatives and feed digestibility in steers. *Livestock Science* 121:15–20.

Wilbert, C. A.; Prates, Ê. R.; Barcellos, J. O. J. and Schafhäuser, J. 2013. Crude glycerin as an alternative energy feedstuff for dairy Cows. *Animal Feed Science and Technology* 183:116–123.

**CAPÍTULO III - Milheto em substituição integral ao milho na dieta:  
Consumo, digestibilidade aparente de nutrientes e  
balanço de nitrogênio em ovinos**

O CONTEÚDO DESTE CAPÍTULO SEGUE AS NORMAS DE FORMATAÇÃO  
DA REVISTA BRASILEIRA DE ZOOTECNIA

**Milheto em substituição integral ao milho na dieta: Consumo, digestibilidade aparente de nutrientes e balanço de nitrogênio em ovinos**

**RESUMO:** Objetivou-se com o trabalho avaliar os efeitos da substituição integral do milho pelo milheto nas dietas sobre o consumo, digestibilidade aparente dos nutrientes e balanço de nitrogênio em ovinos. Foram utilizados 20 ovinos castrados, sem raça definida, com peso médio de  $47,11 \pm 6,34$  kg, distribuídos em delineamento inteiramente casualizado com cinco níveis de substituição (0, 250, 500, 750, 1000 g.kg<sup>-1</sup> de matéria seca) do milho pelo milheto e quatro repetições. O consumo de matéria seca não foi influenciado pelos tratamentos, com valores médios de 1491,60 gramas por dia (g.d<sup>-1</sup>) e 3,09 g.kg<sup>-1</sup> de peso vivo (PV), assim como o consumo de proteína bruta, com valores médios de 193,07 g.d<sup>-1</sup> e 0,40 g.kg<sup>-1</sup> de PV. O consumo de extrato etéreo aumentou linearmente 0,0222 g.d<sup>-1</sup> para cada g.kg<sup>-1</sup> de milheto na matéria seca em substituição ao milho. Houve comportamento quadrático no consumo de carboidratos não fibrosos e de nutrientes digestíveis totais, com valores mínimos de 598,80 e 969,65 g.d<sup>-1</sup> nos níveis de 133,5 e 124,5 g.kg<sup>-1</sup> de milheto em substituição ao milho, respectivamente. Os coeficientes de digestibilidade aparente da matéria seca, extrato etéreo, fibra em detergente neutro e carboidratos não fibrosos não foram alterados pelos níveis de milheto. Porém, os coeficientes de digestibilidade da proteína bruta e valores de nutrientes digestíveis totais aumentaram linearmente 33,33 e 6,20%, respectivamente, da dieta com 1000 g.kg<sup>-1</sup> de substituição em relação à dieta padrão. O balanço de nitrogênio não foi influenciado pelos níveis de milheto nas dietas. O milheto pode melhorar o valor energético das dietas, sem alterar o consumo de matéria seca e o balanço de nitrogênio de cordeiros e, portanto, pode ser utilizado como fonte energética alternativa ao milho nas dietas.

**Palavras-chave:** alternativas alimentares, *Pennisetum americanum*, ruminantes, valor nutritivo

## **Pearl millet wholly replacing corn in the diets: Intake, apparent digestibility and nitrogen balance in lambs**

**ABSTRACT:** The aim of this research was to evaluate the effects of wholly replacing corn by pearl millet in diets on intake, apparent digestibility of nutrients and nitrogen balance in sheep. Were used twenty lambs castrated, undefined breed, with average weight of  $47.11 \pm 6.34$  kg and distributed in a completely randomized design with five levels (0, 250, 500, 750, 1000 g.kg<sup>-1</sup> of dry matter) of pearl millet in replacing corn and four replicates. The intake of dry matter was not influenced by treatments, with average values of 1491.60 in grams per day (g.d<sup>-1</sup>) and 3.09 g.kg<sup>-1</sup> of body weight (BW), as well as the intake of crude protein, with average values of 193.07 g.d<sup>-1</sup> and 0.40 g.kg<sup>-1</sup> of BW. The ether extract intake increased linearly 0.0222 g.d<sup>-1</sup> for each g.kg<sup>-1</sup> of dry matter of pearl millet in replacement to corn. There was quadratic behavior in the intake of non-fiber carbohydrates and of total digestible nutrients, with minimum values of 598.80 and 969.65 g.d<sup>-1</sup> at levels of 133.5 and 124.5 g.kg<sup>-1</sup> of dry matter of pearl millet in replacing corn, respectively. The coefficient apparent digestibility of dry matter, ether extract, neutral detergent fiber and non-fiber carbohydrates were not influenced by levels of pearl millet in the diets. However, the digestibility of crude protein and the total digestible nutrients were increased in 33.33 and 6.20%, respectively, in the diet with 1000 g.kg<sup>-1</sup> of replacement in relation to standard diet. The nitrogen balance was not influenced by the levels of pearl millet in the diets. The pearl millet can improve the energetic value of the diets without affect the dry matter intake and nitrogen balance in lambs and therefore can be used as an alternative energy source to corn in the diets.

**Keywords:** food alternatives, *Pennisetum americanum*, ruminants, nutritive value

## Introdução

A utilização de fontes alternativas de energia que substituam o milho nas dietas dos animais tem se tornado cada vez mais necessário, devido ao alto preço deste cereal, considerado alimento padrão para animais ruminantes, e também de grande importância na alimentação humana. A atual pressão da sociedade contra a abertura de novas áreas de pastagens para a exploração pecuária exige sistemas mais intensivos, de forma que a utilização de grãos na suplementação nutricional dos ruminantes vem se tornando pertinente.

O aumento na produção animal depende, entre outros fatores, do fornecimento adequado de nutrientes, no entanto, este incremento produtivo geralmente representa elevação de custos, já que a alimentação animal é um dos fatores que mais onera a atividade pecuária, principalmente em um sistema intensivo de criação (Dantas Filho et al., 2007; Bosa et al., 2012), representando em média 77,2%, quando se desconsidera o custo de compra do animal (Restle et al., 2007). Assim, para que estes sistemas sejam economicamente viáveis, busca-se a utilização de alimentos alternativos para minimizar os custos.

Atualmente, o milheto (*Pennisetum americanum*) vem despertando interesse como ingrediente energético em substituição ao milho, quando utilizado na forma de grãos, e pode substituir parcial ou integralmente, tanto o milho como o sorgo, nas rações dos animais, pois apresenta alto valor nutritivo (Buso et al., 2011). O milheto apresenta em sua composição, segundo Valadares Filho et al. (2002), em média, 884,7 g.kg<sup>-1</sup> de matéria seca, 135,5 g.kg<sup>-1</sup> de proteína bruta, 51,3 g.kg<sup>-1</sup> de extrato etéreo, 159,3 g.kg<sup>-1</sup> de fibra em detergente neutro e 763,7 g.kg<sup>-1</sup> de nutrientes digestíveis totais.

A maioria das pesquisas com grão de milheto é da década de 90, e atualmente em função da expansão do cultivo do milheto nas regiões Centro-Oeste e Norte em sistemas

de plantio direto em sucessão à soja, despertou-se novo interesse pelo uso do grão de milho na alimentação animal, porém, há poucos trabalhos avaliando seu uso na alimentação de ruminantes. Portanto, o presente trabalho foi realizado com o objetivo de avaliar os efeitos da inclusão do milho em substituição integral ao milho nas dietas sobre o consumo, coeficiente de digestibilidade aparente dos nutrientes e balanço de nitrogênio em ovinos.

### **Material e métodos**

Todos os procedimentos e protocolos utilizados neste experimento estão de acordo com as normas éticas estabelecidas pela Lei de Procedimentos para o Uso Científico de Animais, de 8 de Outubro de 2008, como declarado pela Comissão de Ética em Pesquisa Animal da Universidade Federal do Tocantins (Anexo 2).

O experimento foi realizado no Parque de Exposições Dair José Lourenço, em Araguaína, município localizado na região Norte do Tocantins, 07°11'28'' de Latitude Sul, e 48°12'26'' de Longitude Oeste, no período de 07 a 27 de setembro de 2011. Foram avaliados cinco níveis de milho (0; 250; 500; 750; 1000 g.kg<sup>-1</sup> de matéria seca) em substituição ao milho nas dietas.

Foram utilizados 20 ovinos castrados, sem raça definida, com peso médio inicial de 47,11±6,34 kg distribuídos em um delineamento inteiramente casualizado (DIC) com cinco tratamentos e quatro repetições. Previamente ao experimento, os animais foram devidamente vermifugados e receberam suplemento vitamínico A, D e E injetável, foram identificados, pesados e alojados em gaiolas metabólicas individuais com livre acesso a bebedouro e comedouro.

As dietas foram calculadas de acordo com o NRC (2007), com base nas exigências de ovinos de 40 kg de PV e ganho de peso de 250 g.d<sup>-1</sup> (Tabela 1). A relação volumoso: concentrado foi de 40:60, com base na matéria seca, sendo o volumoso utilizado silagem

de milho.

Tabela 1 – Proporção dos ingredientes e composição química da silagem de milho e das dietas experimentais

Ingrediente	Níveis de substituição do milho pelo milheto (g.kg <sup>-1</sup> )				
	0	250	500	750	1000
	Milho grão moído	477,64	419,52	280,21	141,58
Milheto grão moído	0,00	141,68	280,21	419,20	562,82
Farelo de soja	116,82	27,62	33,58	35,20	41,43
Uréia	0,00	9,93	6,80	4,19	1,02
Suplemento mineral <sup>1</sup>	33,10	29,56	28,75	27,66	26,97
Silagem de milho	372,43	371,69	370,44	372,17	367,76

Item	Silagem de milho	Níveis de substituição				
		0	250	500	750	1000
		Matéria seca <sup>2</sup>	225,21	630,49	630,48	630,05
Matéria orgânica <sup>3</sup>	875,80	894,57	903,33	908,67	907,05	903,72
Matéria mineral <sup>3</sup>	124,20	105,43	96,67	91,33	92,95	96,28
Proteína bruta <sup>3</sup>	71,90	131,08	128,52	123,32	119,51	118,15
Extrato etéreo <sup>3</sup>	31,36	31,52	40,30	39,42	41,50	42,83
Fibra em detergente neutro <sup>3</sup>	654,99	328,33	323,13	324,90	320,68	313,45
Fibra em detergente ácido <sup>3</sup>	407,16	177,53	175,17	176,79	177,10	169,61
Hemicelulose <sup>3</sup>	247,83	150,81	147,96	148,10	143,58	143,84
Celulose <sup>3</sup>	335,34	145,09	142,12	133,81	145,27	135,13
Lignina <sup>3</sup>	37,20	14,68	17,93	17,93	19,43	17,58
NIDN <sup>4</sup>	230,77	169,48	176,04	191,03	236,75	278,95
NIDA <sup>4</sup>	87,68	53,26	62,88	65,41	105,66	121,34
Carboidratos não fibrosos <sup>3</sup>	105,22	397,44	406,62	413,94	426,18	430,32
Carboidratos totais <sup>3</sup>	760,21	725,77	729,75	738,84	746,86	743,77

<sup>1</sup>Cálcio, 140 g; Fósforo, 65 g; Magnésio, 10 g; Enxofre, 12 g; Sódio, 130 g; Cobalto, 80 mg; Ferro, 1000 mg; Iodo, 60 mg; Manganês, 3.000 mg; Selênio, 10 mg; Zinco, 5.000 mg; Flúor (máx), 650 mg; Vitamina A 50.000 U.I.; Vitamina E, 312 U.I.; <sup>2</sup>g.kg<sup>-1</sup> do alimento; <sup>3</sup>g.kg<sup>-1</sup> da matéria seca; <sup>4</sup>NIDN e NIDA, nitrogênio insolúvel em detergente neutro e nitrogênio insolúvel em detergente ácido em g.kg<sup>-1</sup> do nitrogênio total.

O milheto utilizado no presente estudo apresentava em sua composição 865 g.kg<sup>-1</sup> de matéria seca, 135,8 g.kg<sup>-1</sup> de proteína bruta, 58,3 g.kg<sup>-1</sup> de extrato etéreo, 24,9 g.kg<sup>-1</sup>

de matéria mineral, 133,8 g.kg<sup>-1</sup> de fibra em detergente neutro, 37,8 g.kg<sup>-1</sup> de fibra em detergente ácido, 96,0 g.kg<sup>-1</sup> de hemicelulose, 36,4 g.kg<sup>-1</sup> de celulose, 7 g.kg<sup>-1</sup> de lignina, 587,3 g.kg<sup>-1</sup> de nitrogênio insolúvel em detergente neutro como parte do nitrogênio total, 124,8 g.kg<sup>-1</sup> de nitrogênio insolúvel em detergente ácido como parte do nitrogênio total, 647,2 g.kg<sup>-1</sup> de carboidratos não fibrosos.

O ensaio teve duração de 21 dias, sendo 14 dias para adaptação dos animais ao ambiente e às dietas experimentais, e 7 dias para coleta de amostras. As dietas foram fornecidas à vontade em dois períodos, às 9 horas e às 16 horas, de forma que houvesse sobra de aproximadamente 10% do total fornecido.

Durante o período de coleta, amostras da silagem de milho, dos concentrados e das sobras foram coletadas. Foi realizada também coleta total de fezes, que após pesadas foram amostradas em 10% do coletado para posteriores análises laboratoriais. As amostras foram acondicionadas em sacos plásticos, identificadas e armazenadas em congelador a -10 °C. Após o término do ensaio, as amostras dos alimentos, sobras e fezes referentes a cada animal, foram descongeladas e homogeneizadas, sendo retirada uma amostra composta de aproximadamente 300 g, para posteriores análises laboratoriais.

O volume total de urina foi medido em proveta de vidro graduada e uma alíquota de 100 mL por dia foi retirada e acondicionada em vasilhames plásticos devidamente identificados e armazenadas em freezer a -10 °C. Na coleta de urina, 20 mL de ácido clorídrico (HCL 1 N) foram adicionados nos baldes coletores, para evitar as perdas de nitrogênio por volatilização.

As amostras foram pré-secas em estufa de ar forçado a 55 °C por 72 horas e trituradas em moinho tipo Willey com malha de 1 mm. As análises bromatológicas foram realizadas no laboratório de Nutrição Animal da Universidade Federal do Tocantins (UFT), localizado na Escola de Medicina Veterinária e Zootecnia, Campus Universitário

de Araguaína, seguindo as recomendações da AOAC (1995). Para as análises de fibra em detergente neutro e fibra em detergente ácido foram utilizados sacos de tecido-não-tecido (TNT - 100 g.m<sup>-2</sup>) nas dimensões de 4x5 cm, utilizando metodologia recomendada pelo fabricante do aparelho ANKON.

Os valores que compõem carboidratos não fibrosos (CNF) e nutrientes digestíveis totais (NDT) foram determinados segundo Sniffen et al. (1992) em que: %CNF = 100 - (%PB +% EE +%MM +%FDN) e NDT = PBD + FDNcpD + CNFD + (2,25 x EED), que representam proteína bruta digestível, fibra em detergente neutro digestível corrigido para cinzas e proteína, carboidratos não fibrosos digestíveis e extrato etéreo digestível.

Foram avaliados os consumos de matéria seca, de proteína bruta, de extrato etéreo, de fibra em detergente neutro, de carboidratos não fibrosos e de nutrientes digestíveis totais e os coeficientes de digestibilidade aparente da matéria seca, da proteína bruta, do extrato etéreo, da fibra em detergente neutro, dos carboidratos não fibrosos e os valores de nutrientes digestíveis totais.

A utilização do nitrogênio (N) foi avaliada, determinando-se o nitrogênio ingerido, nitrogênio fecal e nitrogênio urinário. O nitrogênio absorvido foi calculado pela diferença entre nitrogênio ingerido e nitrogênio fecal, e o balanço de nitrogênio (BN), expresso em g.d<sup>-1</sup>, foi calculado a partir da equação: BN = N ingerido - (N fecal + N urinário), de acordo com Decandia et al. (2000).

Para análise estatística, foram realizados os testes Shapiro Wilk e de Cochran e Bartlett, respectivamente, para avaliação das pressuposições de distribuição normal e homocedasticidade das variáveis, para posteriormente proceder às análises de variância. O nível ótimo de substituição do milho pelo milheto foi avaliado através de análises de regressão a 5% de probabilidade de erro, utilizando-se o programa SAS (Statistical Analyses System).

Foi utilizado o peso inicial como co-variável, sendo verificado efeito significativo para o consumo de matéria seca (MS), proteína bruta (PB), fibra em detergente neutro (FDN), carboidratos não fibrosos (CNF) e nutrientes digestíveis totais (NDT), quando expressos em grama por dia, entrando, portanto, estas variáveis ao modelo seguinte:  $y_{ij} = \mu + \tau_i + \alpha(x_{ij} - \bar{x}) + \varepsilon_{ij}$ , em que  $y_{ij}$  é a variável dependente;  $\mu$  é a média geral;  $\tau_i$  é o efeito fixo do nível de substituição do milho  $i$ ; em que  $i = 0, 250, 500, 750, 1000$  e  $j$  é o número de repetições ( $j = 1, 2, 3, 4$ );  $\alpha(x_{ij} - \bar{x})$  é o efeito da co-variável;  $\varepsilon_{ij}$  é o erro experimental. As demais variáveis foram analisadas pelo seguinte modelo, sem constar a co-variável:  $y_{ij} = \mu + \tau_i + \varepsilon_{ij}$ , em que  $y_{ij}$  é a variável dependente;  $\mu$  é a média geral;  $\tau_i$  é o efeito fixo dos níveis de substituição do milho  $i$ ; em que  $i = 0, 250, 500, 750, 1000$ ;  $j$  é o número de repetições ( $j = 1, 2, 3, 4$ ) e  $\varepsilon_{ij}$  é o erro experimental.

### Resultados e discussão

O consumo de matéria seca, expresso em  $\text{g.d}^{-1}$  e  $\text{g.kg}^{-1}$  de PV, não foi influenciado ( $P > 0,05$ ) pelos níveis de substituição do milho pelo milheto nas dietas experimentais (Tabela 2). O consumo de matéria seca apresentou valor médio de  $1491,60 \text{ g.d}^{-1}$  e  $30,9 \text{ g.kg}^{-1}$  de peso vivo (PV). Este valor está acima do sugerido pelo NRC (2007), de  $1300 \text{ g.d}^{-1}$  de ingestão de matéria seca para animais de 40 kg e ganho de peso diário de  $250 \text{ g.d}^{-1}$ .

Animais submetidos a dietas palatáveis, com baixa capacidade de enchimento e prontamente digestíveis, como em dietas com alta energia e baixo conteúdo de fibra, o consumo é regulado pela demanda energética do animal (Mertens, 1996). Geralmente, dietas com mais de 60% de concentrado na matéria seca elevam o consumo, desde que não ocorra interferência negativa sobre os processos fermentativos ruminais, dependendo da digestibilidade do volumoso e concentrado utilizado (Gonçalves et al., 2009). Neste estudo, as dietas foram compostas por 60% de concentrado e o volumoso utilizado foi

silagem de milho, considerado de boa qualidade.

Tabela 2 – Consumo de nutrientes de ovinos alimentados com milho em substituição ao milho nas dietas

Item	Níveis de substituição do milho (g.kg <sup>-1</sup> )					CV	Valor-P*	
	0	250	500	750	1000		L	Q
	g.d <sup>-1</sup>							
Matéria seca	1482,56	1421,53	1412,93	1462,86	1678,13	9,79	0,077	0,087
Proteína bruta	210,84	193,56	190,05	175,99	194,90	8,95	0,087	0,095
Extrato etéreo	48,02	60,43	59,79	58,58	76,64	18,10	0,005 <sup>1</sup>	0,020
Carboidratos não fibrosos	610,01	603,37	614,38	635,26	746,00	8,62	0,003	0,006 <sup>2</sup>
Nutrientes digestíveis totais	986,52	1004,66	966,27	1006,97	1229,03	8,56	0,003	0,005 <sup>3</sup>
	g.kg <sup>-1</sup> de peso vivo							
Matéria seca	27,61	32,42	30,86	28,89	34,53	14,40	0,159	0,378
Proteína bruta	3,93	4,42	4,15	3,48	4,02	14,93	0,427	0,711
Fibra em detergente neutro	8,56	9,71	9,17	8,83	10,32	13,91	0,084	0,444

\*L e Q, Efeito de ordem linear e quadrática, no que se refere aos níveis de milho na dieta; CV, coeficiente de variação. <sup>1</sup> $\hat{Y} = 49,61265 + 0,0222x$  ( $r^2 = 0,36$ ); <sup>2</sup> $\hat{Y} = 601,759993 - 0,442954x + 0,016585x^2$  ( $r^2 = 0,45$ ); <sup>3</sup> $\hat{Y} = 969,672 - 0,646x + 0,025953x^2$  ( $r^2 = 0,46$ ).

A substituição da fonte energética não alterou o consumo de matéria seca dos animais, o que torna interessante a utilização do milho como alternativa ao milho, já que o consumo é um dos fatores de maior influência no desempenho animal (Van Soest, 1994). Estes resultados corroboram com os de Moura (2013) avaliando dietas com substituição parcial de grão de milho pelo grão de milho inteiro em ovinos castrados sem raça definida. A substituição do milho por milho em até 400 g.kg<sup>-1</sup> de matéria seca da dieta também não proporcionou efeitos no consumo alimentar de cabras em lactação como observado por Gelaye et al. (1997). Resultados concordantes com os Hill et al. (1996), Gonçalves et al. (2010) e Bergamaschine et al. (2011), trabalhando com novilhos confinados e Ribeiro et al. (2004) e Mustafa (2010), trabalhando com vacas leiteiras.

A composição do milho utilizado nesta pesquisa pode ter contribuído para os

resultados de consumo de matéria seca. O teor de fibra em detergente neutro do milheto (Tabela 1) foi inferior ao verificado por Ribeiro Júnior et al. (2009), Mustafa (2010) e Bergamaschine et al. (2011). Segundo Ribeiro Júnior et al. (2009), os fatores responsáveis pelo menor valor energético do milheto em relação ao milho e sorgo são os maiores percentuais das frações fibrosas e menores teores de carboidratos não fibrosos do milheto. Resultados diferentes da composição do milheto utilizado neste trabalho, em que houve pouca variação no teor de fibra em detergente neutro e aumento nos teores de carboidratos não fibrosos das dietas com o aumento dos níveis de substituição do milho pelo milheto (Tabela 1).

As variações na composição química do milheto estão relacionadas ao cultivar utilizado, às diferenças no solo e nos tratos culturais (adubação, fertilização nitrogenada, data de plantio) e às condições ambientais (temperatura e disponibilidade de água) (Ribeiro Júnior et al., 2009). Estas variações na composição do milheto podem explicar os diferentes resultados encontrados nos trabalhos com relação aos seus efeitos no consumo alimentar.

Resultados distintos aos do presente trabalho foi verificado por Hill et al. (1996), que observaram aumento no consumo de matéria seca de dietas contendo milheto substituindo o milho e farelo de soja em novilhos confinados, e por Terrill et al. (1998), que avaliaram dietas com 40% de concentrado em caprinos em terminação e observaram que os animais ingeriram 28% a mais das dietas com milheto a fim de atender seus requerimentos energéticos, em função da redução na densidade energética das dietas com milheto.

O consumo de proteína bruta, expresso em  $\text{g.d}^{-1}$  e  $\text{g.kg}^{-1}$  de PV, não foi influenciado ( $P>0,05$ ) pelos níveis de substituição do milho pelo milheto (Tabela 2), o que pode ser explicado pelo fato do consumo de matéria seca não ter sido alterado. Moura (2013) não

encontrou diferenças no consumo de proteína bruta de carneiros castrados, sem raça definida, alimentados com dietas contendo milho em substituição parcial ao milho e dietas à base de milho. Mustafa (2010) não verificou alteração no consumo de proteína bruta em dietas com níveis de 500 e 1000 g.kg<sup>-1</sup> de substituição do milho pelo milho na matéria seca em dietas fornecidas a vacas leiteiras, dados que corroboram com os do presente estudo.

Os valores médios de consumo de proteína bruta estão acima do requerido para cordeiros com peso médio de 40 kg, ganho de peso de 250 g.d<sup>-1</sup> e recebendo dietas semelhantes às deste estudo, que de acordo com o NRC (2007) são de 160 g.d<sup>-1</sup> de ingestão de proteína bruta.

O consumo de extrato etéreo aumentou linearmente ( $P < 0,05$ ) com os níveis de milho nas dietas, expresso em g.d<sup>-1</sup> (Tabela 2). De acordo com a equação de regressão, para cada g.kg<sup>-1</sup> de matéria seca do milho em substituição ao milho houve aumento de 0,0222 g.d<sup>-1</sup> no consumo de extrato etéreo, assim, as médias estimadas para consumo de extrato etéreo foram 49,61; 55,15; 60,69; 66,23 e 71,77 g.d<sup>-1</sup> para os respectivos níveis de substituição de 0, 250, 500, 750, 1000 g.kg<sup>-1</sup> de matéria seca, respectivamente.

Portanto, houve aumento de 44,66% no consumo de extrato etéreo quando se substituiu 1000 g.kg<sup>-1</sup> de matéria seca do milho pelo milho em relação à dieta padrão. Este fato pode ser explicado pelo aumento no conteúdo de extrato etéreo nas dietas à medida que se aumentou os níveis de milho (Tabela 1), visto o elevado teor de extrato etéreo do milho (58,3 g.kg<sup>-1</sup> da matéria seca). Valor este próximo ao encontrado por Hill e Hanna (1990) de 51 g.kg<sup>-1</sup> da matéria seca, maior que o valor encontrado no milho de 46 g.kg<sup>-1</sup> da matéria seca como reportado pelo mesmo autor.

O consumo de fibra em detergente neutro não foi influenciado ( $P > 0,05$ ) pelos níveis de substituição do milho pelo milho nas dietas, expresso em g.kg<sup>-1</sup> de PV (Tabela 2).

Este resultado pode ser explicado por não ter tido efeitos no consumo de matéria seca e pela pouca variação dos teores de fibra em detergente neutro com a substituição da fonte energética, não sendo suficiente para causar efeitos no consumo de fibra em detergente neutro. A média de consumo de fibra em detergente neutro em  $\text{g.kg}^{-1}$  de PV de ovinos foi de 9,30, valor próximo ao recomendado por Mertens (1987) como ótimo para animais em crescimento, considerado de  $10 \text{ g.kg}^{-1}$  de PV, como ingestão de fibra mínima para garantir a fermentação e saúde do ambiente ruminal.

O consumo de carboidratos não fibrosos expresso em  $\text{g.d}^{-1}$  apresentou comportamento quadrático ( $P < 0,05$ ) (Tabela 2). Segundo a equação de regressão, foi observado valor mínimo de  $598,80 \text{ g.kg}^{-1}$  ao nível de  $133,5 \text{ g.kg}^{-1}$  de matéria seca de substituição, aumentando o consumo de carboidratos não fibrosos a partir deste nível. Tal comportamento teve influência dos teores de carboidratos não fibrosos, os quais aumentaram à medida que se substituiu milho por milheto nas dietas (Tabela 1).

Quanto ao consumo de nutrientes digestíveis totais, em  $\text{g.d}^{-1}$ , observou-se comportamento quadrático ( $P < 0,05$ ) (Tabela 2), com valor mínimo ao nível de  $124,5 \text{ g.kg}^{-1}$  de matéria seca de milheto em substituição ao milho, obtendo-se neste nível  $969,65 \text{ g.d}^{-1}$  de nutrientes digestíveis totais ingeridos, de acordo com a equação de regressão.

O provável aumento no consumo de nutrientes digestíveis totais, a partir do nível de  $124,5 \text{ g.kg}^{-1}$  de matéria seca, pode ter sido influenciado pelo consumo de extrato etéreo e de carboidratos não fibrosos, que foram maiores nos níveis com maior proporção de milheto nas dietas, uma vez que estes nutrientes são de alta digestibilidade e elevado valor energético (Souza et al., 2006), e que portanto, podem afetar o consumo de nutrientes digestíveis totais, como reportado por Souza et al. (2006) e Maciel et al. (2012), avaliando casca de café e torta de dendê, respectivamente, em dietas de novilhas leiteiras.

O consumo de nutrientes digestíveis totais em todas as dietas avaliadas apresentou

valor superior ao sugerido pelo NRC (2007), de 860 g.d<sup>-1</sup> para cordeiros em terminação pesando 40 kg e ganho de peso de 250 g.d<sup>-1</sup>, recebendo dietas semelhantes às do presente estudo (661,5 g.d<sup>-1</sup> de NDT e 123,1 g.d<sup>-1</sup> de PB). Pressupõe-se, portanto, que a substituição da fonte energética nas dietas não afetou o fornecimento de energia aos microrganismos ruminais e aos animais, sendo o milho eficiente em aumentar o consumo de nutrientes digestíveis totais. Este fato pode ter contribuído para o consumo de matéria seca não ter sido alterado pelos níveis de substituição, já que o milho foi eficiente em atender aos requerimentos energéticos dos animais. Dados contraditórios aos de Terrill et al. (1998), em que animais caprinos aumentaram o consumo de matéria seca com a inclusão do milho às dietas para compensar a redução na densidade energética das dietas com milho, a fim de atender seus requerimentos energéticos.

Os coeficientes de digestibilidade aparente da matéria seca não foram influenciados (P>0,05) pelos níveis de substituição do milho pelo milho nas dietas experimentais (Tabela 3).

Tabela 3 - Coeficientes de digestibilidade aparente dos nutrientes em ovinos alimentados com milho em substituição ao milho nas dietas

Item	Níveis de substituição do milho (g.kg <sup>-1</sup> )					CV	Valor-P*	
	0	250	500	750	1000		L	Q
Matéria seca	0,72	0,70	0,67	0,67	0,71	7,96	0,663	0,375
Proteína bruta	0,43	0,55	0,58	0,63	0,59	21,54	0,049 <sup>1</sup>	0,070
Extrato etéreo	0,88	0,91	0,90	0,75	0,87	8,75	0,173	0,372
Fibra em detergente neutro	0,49	0,42	0,43	0,39	0,45	23,07	0,534	0,447
Carboidratos não fibrosos	0,95	0,99	0,90	0,97	0,98	4,04	0,400	0,242
Nutrientes digestíveis totais**	668,70	707,30	681,47	685,83	731,68	4,09	0,032 <sup>2</sup>	0,082

\*L e Q, Efeito de ordem linear e quadrática, no que se refere aos níveis de milho na dieta; CV, coeficiente de variação. \*\*g.kg<sup>-1</sup> da matéria seca. <sup>1</sup>Y= 0,477 + 0,00016x (r<sup>2</sup> = 0,20); <sup>2</sup>Y= 674,57 + 0,0418x (r<sup>2</sup> = 0,23).

Os resultados deste trabalho são consistentes com os de outros estudos (Hill et al., 1996; Gonçalves et al., 2010; Bergamaschine et al., 2011) em que a utilização do milho

em substituição ao milho não alterou o coeficiente de digestibilidade aparente da matéria seca em ruminantes. Alimentos alternativos são interessantes quando permitem digestibilidade e desempenho animal em níveis similares aos das fontes convencionais, podendo melhorar a eficiência e economia da produção de carne (Hill e Hanna, 1990). Desta forma, os resultados deste trabalho evidenciam o potencial do milho como ingrediente energético alternativo ao milho nas dietas de ovinos.

Os coeficientes de digestibilidade aparente da proteína bruta aumentaram linearmente ( $P < 0,05$ ) à medida que se substituiu milho por milho nas dietas (Tabela 3). De acordo com a equação de regressão, para cada  $\text{g.kg}^{-1}$  de matéria seca em substituição do milho pelo milho nas dietas houve acréscimo de 0,00016 unidades no coeficiente de digestibilidade aparente da proteína bruta. Portanto, houve aumento de 33,33% no coeficiente de digestibilidade da proteína bruta da dieta com  $1000 \text{ g.kg}^{-1}$  de MS de milho em substituição ao milho em relação à dieta padrão, segundo as médias estimadas de coeficiente de digestibilidade da proteína bruta de 0,48; 0,52; 0,56; 0,60 e 0,64, para os respectivos níveis de substituição de 0, 250, 500, 700 e  $1000 \text{ g.kg}^{-1}$  de matéria seca.

Os conteúdos de nitrogênio insolúvel em detergente neutro e nitrogênio insolúvel em detergente ácido aumentaram com a substituição do milho pelo milho nas dietas experimentais (Tabela 1). Houve aumento de mais de 100% nos teores de nitrogênio insolúvel em detergente ácido da dieta com  $1000 \text{ g.kg}^{-1}$  de matéria seca de substituição do milho pelo milho em comparação à dieta padrão, o que poderia ter afetado a disponibilidade da proteína aos microrganismos ruminais, interferindo na digestibilidade da mesma (Van Soest, 1994). No entanto, o contrário foi verificado, uma vez que a digestibilidade da proteína bruta aumentou à medida que o percentual de milho nas dietas foi sendo elevado, resultado este relevante, pois evidencia o potencial do milho como substituto energético nas dietas de ovinos.

Ao avaliarem bovinos em pastejo recebendo suplemento à base de milho ou milheto, Nascimento et al. (2009), observaram coeficiente de digestibilidade aparente da proteína bruta maior para o suplemento com milheto em relação àquele com milho. Este resultado foi explicado pelos autores pela existência da  $\alpha$ -zeína na fração proteica do milho, reduzindo a degradação ruminal do mesmo.

O nitrogênio de escape do milho, milheto e sorgo são de 74,2, 57,9 e 87,9%, respectivamente, o que demonstra que proporções menores de nitrogênio do milheto escapam do rúmen (Mathis, 1993 *apud* Hill et al., 1996). O nitrogênio do alimento que chega ao duodeno é 33,9% mais baixo no grão de milheto que no grão de sorgo, mas o fluxo de nitrogênio microbiano para o duodeno é similar para o milho e milheto, e maiores que no sorgo (90, 89 e 76 g.d<sup>-1</sup>, respectivamente), porém, o fluxo de aminoácidos essenciais bacterianos no duodeno é mais alto nos animais alimentados com milheto, em relação ao sorgo, e intermediário no milho segundo resultados verificados por Mathis (1993) *apud* Hill et al. (1996). Bergamaschine et al. (2011) observaram maior digestibilidade da fibra com o aumento de milheto nas dietas de bezerros mestiços, e explicaram tal resultado, em função da possível maior degradabilidade da proteína do milheto, e conseqüente maior oferta de amônia para os microrganismos celulolíticos. Podendo-se sugerir que o menor conteúdo de nitrogênio de escape ruminal do milheto apresentou maior aproveitamento do conteúdo proteico pelos microrganismos ruminais, apesar do conteúdo de nitrogênio ligado às frações fibrosas do milheto (NIDN e NIDA).

A substituição da fonte energética nas dietas não alterou os coeficientes de digestibilidade do extrato etéreo, de carboidratos não fibrosos e da fibra em detergente neutro ( $P > 0,05$ ) (Tabela 3). O que permite constatar que o maior aproveitamento ruminal da proteína nas dietas com milheto não alterou os padrões fermentativos da fibra, como observado por Bergamaschine et al. (2011), que observaram maior digestibilidade da

fibra em função da maior oferta de amônia para os microrganismos celulolíticos das dietas com maior nível de substituição do milho pelo milheto. Em experimentos com cabritos em crescimento, Gelaye et al. (1997) verificaram aumento de 16 e 20% nas concentrações de fibra em detergente neutro nas dietas com 500 e 1000 g.kg<sup>-1</sup> de substituição do milho pelo milheto em comparação à dieta padrão, respectivamente, este aumento foi acompanhado da maior lignificação da parede celular destas dietas, sendo estes fatores responsáveis pela redução na digestibilidade dos nutrientes com a inclusão do milheto, como explicado pelos autores. Neste estudo, os teores de frações fibrosas não apresentaram grandes variações entre os tratamentos (Tabela 1), reflexo da composição do milheto utilizado no trabalho.

Houve efeito das dietas sobre os valores de nutrientes digestíveis totais ( $P < 0,05$ ), que aumentaram linearmente com os níveis de substituição do milho pelo milheto (Tabela 3), com acréscimo de 0,0418 unidades de nutrientes digestíveis totais para cada g.kg<sup>-1</sup> de milheto na matéria seca em substituição ao milho nas dietas.

O aumento nos valores de nutrientes digestíveis totais, segundo a equação de regressão, foi de 6,20% na dieta com 1000 g.kg<sup>-1</sup> de matéria seca de milheto em substituição ao milho em relação à dieta padrão. Este aumento pode ser explicado pelos percentuais de extrato etéreo e de carboidratos não fibrosos mais elevados nas dietas com maior nível de milheto, e aumento linear nos coeficientes de digestibilidade aparente da proteína bruta. Além disso, os coeficientes de digestibilidade aparente da fibra em detergente neutro não foram alterados com a inclusão do milheto. Hill e Hanna (1990) encontraram maior valor de nutrientes digestíveis totais na dieta com milho, apesar dos coeficientes de digestibilidade aparente do extrato etéreo e da proteína bruta terem sido similares entre as dietas à base de milho e de milheto, os autores explicaram o maior valor de nutrientes digestíveis totais em função dos melhores coeficientes de digestibilidade

das frações fibrosas na dieta com milho. Os componentes fibrosos são preponderantes na digestibilidade dos outros nutrientes, e usualmente diminuem a densidade calórica das dietas (Van Soest, 1994).

O valor de nutrientes digestíveis totais das dietas à base de milho e de milheto foram similares em diversos estudos (Ribeiro et al., 2004; Nascimento et al., 2009; Bergamaschine et al., 2011), o que sugere que o milheto apresenta valor energético similar ao do milho (Bergamaschine et al., 2011). Desta forma, pressupõe-se que o valor energético do milheto foi superior ao do milho no presente estudo, ao contrário dos resultados observados por Terrill et al. (1998), que encontraram valor energético do milheto equivalente a 92% ao do milho nas dietas de cabras adultas.

O balanço de nitrogênio não foi alterado ( $P>0,05$ ) com a substituição do milho pelo milheto nas dietas (Tabela 4). Pode-se sugerir com estes resultados que a disponibilidade dos compostos nitrogenados não foi afetada negativamente pela inclusão do milheto, atendendo aos requerimentos proteicos dos animais, não limitando, portanto, o aproveitamento dos alimentos. Segundo Van Soest (1994), dietas com baixa disponibilidade de compostos nitrogenados podem limitar a digestão dos nutrientes pela limitação ao crescimento dos microrganismos ruminais. Como verificado no trabalho, os coeficientes de digestibilidade dos nutrientes não foram alterados (Tabela 3), com exceção da digestibilidade aparente da proteína bruta, que aumentou com os níveis de substituição do milho pelo milheto, o que foi evidenciado pelo balanço de nitrogênio positivo em todas as dietas experimentais.

Terrill et al. (1998) não observaram diferenças no balanço de nitrogênio de cabras adultas alimentadas com dietas com 100% de grãos e dietas com relação volumoso:concentrado de 60:40, avaliando níveis de milheto de 0; 500 g.kg<sup>-1</sup> e 1000 g.kg<sup>-1</sup> em substituição ao milho. Porém, nas dietas com 40% de grão, o nitrogênio ingerido e

a excreção total de nitrogênio foram maiores nas dietas com milho. Quando expresso como percentagem do nitrogênio ingerido, a retenção de nitrogênio foi menor nas dietas com milho que nas dietas com milheto (31,8 e 38,6%, respectivamente), o que sugere que a proteína do milheto foi menos eficientemente utilizada pelo animal nestas dietas.

Tabela 4 – Balanço de nitrogênio em ovinos alimentados com milheto em substituição ao milho nas dietas

Variáveis <sup>1</sup>	Níveis de substituição do milheto (g.kg <sup>-1</sup> )					CV <sup>2</sup> (%)	Valor-P <sup>3</sup>	
	0	250	500	750	1000		L	Q
Nitrogênio ingerido	33,73	30,97	30,41	28,16	31,18	-	-	-
Nitrogênio fecal	9,63	8,57	9,00	10,03	9,35	-	-	-
Nitrogênio absorvido	24,10	22,40	21,41	18,13	21,83	-	-	-
Nitrogênio urinário	11,11	10,15	9,48	9,31	9,53	-	-	-
Balanço de nitrogênio	12,99	12,24	11,93	8,82	12,30	33,81	0,454	0,454

<sup>1</sup>g.dia<sup>-1</sup> da matéria seca. <sup>2</sup>CV, coeficiente de variação; <sup>3</sup>L e Q, Efeito de ordem linear e quadrática, no que se refere aos níveis de substituição do milho pelo milheto.

### Conclusões

O milheto pode ser utilizado como fonte energética alternativa ao milho nas dietas em ovinos, uma vez que pode melhorar o valor energético das mesmas, sem alterar o consumo de matéria seca e balanço de nitrogênio dos animais.

### Referências Bibliográficas

- AOAC - Association of Official Analytical Chemistry. 1995. Official Methods of Analysis, 16th ed. AOAC International, Arlington, VA.
- Bergamaschine, A. F.; Freitas, R. L.; Filho, W. V.; Bastos, J. F. P.; Mello, S. Q. S. e Campos, Z. R. 2011. Substituição do milho e farelo de algodão pelo milheto no concentrado da dieta de novilhos em confinamento. Revista Brasileira de Zootecnia 40:154-159.
- Bosa, R.; Faturi, C.; Vasconcelos, H. G. R.; Cardoso, A. M.; Ramos, A. F. O. e Azevedo, J. C. 2012. Consumo e digestibilidade aparente de dietas com diferentes níveis de inclusão de torta de coco para alimentação de ovinos. Acta Scientiarum. Animal Sciences 34:57-62.

- Buso, W. H. D.; Machado, A. S.; Silva, L. B. e França, A. F. S. 2011. Uso do milheto na alimentação animal. PUBVET. N° 22. Vol. 5. Ed. 169. Londrina.
- Dantas Filho, L. A.; Lopes, J. B.; Vasconcelos, V. R.; Oliveira, M. E.; Alves, A. A.; Araújo, D. L. C. e Conceição, W. L. F. 2007. Inclusão de polpa de caju desidratada na alimentação de ovinos: desempenho, digestibilidade e balanço de nitrogênio. Revista Brasileira de Zootecnia 36:147-154.
- Decandia, M.; Sitzia, M.; Cabiddu, A.; Kababya, D. and Mollem G. 2000. The use of polyethylene glycol to reduce the anti-nutritional effects of tannins in goat fed woody species. Small Ruminant Research 38: 157-164.
- Gelaye, S.; Terrill, T.; Amoah, E. A.; Miller, S.; Gates, R. N. and Hanna, W. W. 1997. Nutritional value of pearl millet for lactating and growing goats. Journal of Animal Science 75:1409-1414.
- Gonçalves, L. C.; Borges, I. e Ferreira, P. D. S. 2009. Alimentos para gado de leite. FEPMVZ, Belo Horizonte.
- Gonçalves, J. R. S.; Pires, A. V.; Susin, I.; Lima, L. G.; Mendes, C. Q. e Ferreira, E. M. 2010. Substituição do grão de milho pelo grão de milheto em dietas contendo silagem de milho ou silagem de capim-elefante na alimentação de bovinos de corte. Revista Brasileira de Zootecnia 39:2032-2039.
- Hill, G. M. and Hanna, W. W. 1990. Nutritive characteristics of pearl millet grain in beef cattle diets. Journal of Animal Science 68:2061-2066.
- Hill, G. M.; Newton, G. L.; Streeter, M. N.; Hanna, W. W.; Utley, P. R. and Mathis, M. J. 1996. Digestibility and utilization of pearl millet diets fed to finishing beef cattle. Journal of Animal Science 74:1728-1735.
- Maciel, R. P.; Neiva, J. N. M.; Araújo, V. L.; Cunha, O. F. C.; Paiva, J.; Restle, J.; Mendes, C. Q. e Lôbo, R. N. B. 2012. Consumo, digestibilidade e desempenho de novilhas leiteiras alimentadas com dietas contendo torta de dendê. Revista Brasileira de Zootecnia 41:698-706.
- Mertens, D. R. 1987. Predicting intake and digestibility using mathematical models of ruminal function. Journal of Animal Science 64:1548-1558.
- Mertens, D. R. 1996. Using fiber and carbohydrate analyses to formulate dairy rations. Informational Conference with Dairy and Forages Industries. US Dairy Forage Research Center.
- Moura, L. G. P. Valor Nutritivo de Dietas Contendo Sorgo, Milheto e Farelo do Mesocarpo de Babaçu em Substituição ao Milho em Ovinos. 2013. Dissertação (M.Sc.). Universidade Federal do Tocantins, Araguaína.
- Mustafa, A. F. 2010. Short communication: Performance of lactating dairy cows fed pearl millet grain. Journal of Dairy Science. 93:733-736.

- Nascimento, M. L.; Paulino, M. F.; Detmann, E.; Valadares Filho, S. C.; Porto, M. O. e Sales, M. F. L. 2009. Fontes de energia em suplementos múltiplos para recria de novilhos mestiços em pastejo durante o período de transição seca/águas: desempenho produtivo e características nutricionais. *Revista Brasileira de Zootecnia* 38:1133-1141.
- NRC - National Research Council. Nutrient requirements of small ruminants. 2007. National Academy Press, Washington, D.C.
- Restle, J.; Pacheco, P. S.; Costa, E. C.; Freitas, A. K.; Vaz, F. N.; Brondani, I. L. e Fernandes, J. R. 2007. Apreciação econômica da terminação em confinamento de novilhos Red Angus superjovens abatidos com diferentes pesos. *Revista Brasileira de Zootecnia* 36:978-986.
- Ribeiro, C. V. Di M.; Pires, A. V.; Simas, J. M. C.; Santos, F. A. P.; Susin, I. e Júnior, R. C. O. 2004. Substituição do grão de milho pelo milheto (*Pennisetum americanum*) na dieta de vacas holandesas em lactação. *Revista Brasileira de Zootecnia* 33:1351-1359.
- Ribeiro Júnior, G. O.; Gonçalves, L. C.; Guimarães Júnior, R.; Pôssas, F. P. e Maurício, R. M. 2009. O milheto como opção para gado de leite. p. 65-87. In: Alimentos para gado de leite. Gonçalves, L. C.; Borges, I. e Ferreira, P. D. S. FEPMVZ, Belo Horizonte.
- Sniffen, C. J.; O'Connor, J. D.; Van Soest, P. J.; Fox, D. G. and Russel, 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.
- Souza, A. L.; Garcia, R.; Bernardino, F. S.; Campos, M. S.; Valadares, S. C.; Cabral, L. S. e Gobbi, K. F. 2006. Casca de café em dietas para novilhas leiteiras: consumo, digestibilidade e desempenho. *Revista Brasileira de Zootecnia* 35:921-927.
- Terrill, T. H., Gelaye, S., Amoah, E. A.; Kouakou, B.; Gates, R. N. and Hanna, W. W. 1998. Protein and energy value of pearl millet grain for mature goats. *Journal of Animal Science* 76:1964-1969.
- Valadares Filho, S. C.; Rocha Jr, V. R. e Capelle, E. R. 2002. Tabela Brasileira de composição de alimentos para bovinos. UFV, Viçosa, MG.
- Van Soest, P. J. 1994. Nutritional ecology of the ruminant. Cornell University. 2. ed.

**CAPÍTULO IV - Desempenho produtivo de tourinhos de diferentes genótipos alimentados com glicerina bruta ou milho como fontes energéticas**

O CONTEÚDO DESTE CAPÍTULO SEGUE AS NORMAS DE FORMATAÇÃO  
DA REVISTA BRASILEIRA DE ZOOTECNIA

## **Desempenho produtivo de tourinhos de diferentes genótipos alimentados com glicerina bruta ou milho como fontes energéticas**

**RESUMO:** Objetivou-se avaliar o consumo, digestibilidade e desempenho de tourinhos de diferentes genótipos alimentados com glicerina bruta ou milho como fontes energéticas alternativas ao milho. Foram utilizados 12 tourinhos Nelore e 12 mestiços de origem leiteira (MOL), com peso médio inicial de  $332,7 \pm 30,08$  kg e  $318,8 \pm 26,97$  kg, respectivamente, distribuídos em delineamento inteiramente casualizado, com arranjo fatorial 3x2 (dieta à base de milho, com glicerina bruta e com milho, e dois grupos genéticos). O consumo dos nutrientes, expressos em  $\text{kg} \cdot \text{d}^{-1}$  e  $\text{g} \cdot \text{kg}^{-1}$  de peso vivo (PV), apresentaram interação das dietas com os genótipos. Nos Nelore, a dieta com glicerina bruta proporcionou maior consumo de matéria seca e de carboidratos não fibrosos em  $\text{kg} \cdot \text{d}^{-1}$  que a dieta padrão, e maior consumo de proteína bruta e de nutrientes digestíveis totais em  $\text{kg} \cdot \text{d}^{-1}$  que as demais. Nos MOL, a dieta com milho teve menor consumo de matéria seca e de carboidratos não fibrosos que a dieta padrão, e menor consumo de proteína bruta e de nutrientes digestíveis totais em  $\text{kg} \cdot \text{d}^{-1}$  que as demais. Houve menor digestibilidade da fibra em detergente neutro na dieta com milho. As variáveis de desempenho não diferiram entre as dietas, porém verificou-se diferença de 28,78% entre os ganhos de pesos diários, com maior valor para os tourinhos MOL ( $1,36 \times 1,06 \text{ kg} \cdot \text{d}^{-1}$ ) que para os Nelore, mas conversão alimentar semelhante com média de  $6,06 \text{ kg MS} \cdot \text{kg}^{-1} \text{PV}$ . A glicerina bruta ( $119 \text{ g} \cdot \text{kg}^{-1}$  da MS) e o milho podem ser utilizados como fontes de energia em substituição ao milho nas dietas, pois não alteram o desempenho de bovinos. Tourinhos MOL apresentam ganho de peso total superior aos da raça Nelore quando terminados em confinamento recebendo dietas de alto concentrado, apresentando potencial para produção de carne.

**Palavras-chave:** confinamento, ganho de peso, mestiços leiteiros, Nelore, *Pennisetum americanum*, subprodutos do biodiesel

**Productive performance of young bulls of different genotypes fed with crude glycerin or pearl millet as energetics source**

**ABSTRACT:** The aim of this research was to evaluate the intake, digestibility and performance of young bulls of different genotypes fed with crude glycerin or pearl millet as energetics source. Were used twelve Nellore and twelve crossbred dairy bulls with an average weight of  $332.7 \pm 30.08$  kg and  $318.8 \pm 26.97$  kg, respectively, and distributed in a completely randomized design with a 3x2 factorial arrangement (diets with corn or standard, with crude glycerin and with pearl millet and two genetic groups). The intake of nutrients, expressed in  $\text{kg} \cdot \text{d}^{-1}$  and  $\text{g} \cdot \text{kg}^{-1}$  of body weight (BW) showed interaction of diets with genetic groups. In Nellore, the diet with crude glycerin had higher intake of dry matter and of non-fiber carbohydrates in  $\text{kg} \cdot \text{d}^{-1}$  than the standard diet, and higher intake of crude protein and total digestible nutrients in  $\text{kg} \cdot \text{d}^{-1}$  than the other. In crossbred dairy animals, the diet with pearl millet had lower intake of dry matter and of non-fibrous carbohydrates than the standard diet, and lower crude protein intake and total digestible nutrients in  $\text{kg} \cdot \text{d}^{-1}$ . There was lower digestibility of neutral detergent fiber in the diet with pearl millet. The performance variables did not differ between diets, but differences were found in 28.78% of the daily weight gains, higher value for crossbred dairy bulls ( $1.36 \times 1.06 \text{ kg} \cdot \text{d}^{-1}$ ) than for Nellore, but similar feed conversion averaging 6.06 kg of dry matter  $\cdot \text{kg}^{-1} \text{BW}$ . The crude glycerin (119  $\text{g} \cdot \text{kg}^{-1}$  of dry matter) and pearl millet can be used as sources of energy replacing corn in diets. Crossbred dairy bulls have higher total weight gain than Nellore when finished in feedlot fed with high-concentrate diets, proving potential to meat production.

**Key-words:** by-products of biodiesel, crossbred dairy, feedlot, Nellore, *Pennisetum americanum*, weight gain

## Introdução

A terminação de bovinos em confinamento tem aumentado no país, em função, principalmente da necessidade de intensificação da produção de carne. Este fato se deve, entre outros, ao aumento na demanda por alimentos e maior procura por proteína animal de qualidade pelos consumidores do mundo.

Apesar de tradicionalmente se utilizar grandes proporções de volumoso nos confinamentos brasileiros, fatores como dificuldades no manejo e operacionalidade em grandes confinamentos, utilização de animais de alto potencial genético e aumento na oferta de grãos e subprodutos no país têm contribuído para aumentar as proporções de grãos nas dietas de bovinos confinados. Tal prática resulta em maior ganho de peso, alta eficiência alimentar, e, portanto, redução no tempo de terminação, e geralmente maior uniformidade no desempenho (Bulle et al., 2002).

Apesar das vantagens produtivas do confinamento com dietas de alto concentrado, o custo com a alimentação pode ser um fator impactante na viabilidade econômica deste sistema em função dos preços elevados para os grãos cereais convencionais. Deste modo, a utilização de alimentos alternativos que possam suprir as necessidades nutricionais e produtivas dos animais e reduzir o custo de produção se torna interessante. Dentre as diversas alternativas alimentares que se tem disponível no Brasil atualmente, se destacam a glicerina bruta e o milheto como fontes energéticas em substituição ao milho nas dietas de ruminantes.

A grande expansão do mercado de combustíveis limpos, como o biodiesel, tem gerado uma grande quantidade de subprodutos, como tortas, farelos e glicerina bruta. A glicerina bruta é resultante do processo de transesterificação dos óleos vegetais, o processo mais comum da fabricação do biodiesel, e apresenta-se como valiosa fonte de energia para ruminantes, porém, há questões não esclarecidas em relação aos seus efeitos

na alimentação animal (Donkin, 2008). Diversos trabalhos tem avaliado a inclusão da glicerina bruta nas dietas de ruminantes (Donkin et al., 2009; Mach et al., 2009; Moriel et al., 2011; Leão et al., 2012; van Cleef et al., 2014), entretanto, mais pesquisas são necessárias para esclarecer suas limitações e ampliar o conhecimento sobre o seu potencial como fonte energética alternativa ao milho.

Atualmente, o milheto (*Pennisetum americanum*), uma forrageira anual de verão, vem despertando interesse como alimento energético para o milho, quando utilizado na forma de grãos. O conteúdo de energia metabolizável do milheto corresponde a 92% ao do milho, entretanto, ao se considerar o custo do milheto e sua disponibilidade regional, o milheto pode ser um potencial alimento energético alternativo ao milho (Terrill et al., 1998). Além disso, o milheto tem conteúdo proteico mais elevado que o milho podendo diminuir a utilização do farelo de soja nas dietas, reduzindo ainda mais os gastos com a ração concentrada. Há poucos trabalhos sobre a utilização do grão de milheto nas dietas de ruminantes, daí surge à necessidade de mais pesquisas que avaliem seus efeitos sobre o desempenho produtivo dos animais.

Objetivou-se com este trabalho avaliar o consumo, a digestibilidade e o desempenho de tourinhos Nelore e mestiços de origem leiteira alimentados com glicerina bruta ou milheto como fontes energéticas alternativas ao milho nas dietas.

### **Material e métodos**

Todos os procedimentos e protocolos utilizados neste experimento estão de acordo com as normas éticas estabelecidas pela Lei de Procedimentos para o Uso Científico de Animais, de 8 de Outubro de 2008, como declarado pela Comissão de Ética em Pesquisa Animal da Universidade Federal do Tocantins (Anexo 2).

O experimento foi conduzido na Escola de Medicina Veterinária e Zootecnia da Universidade Federal do Tocantins, no município de Araguaína, localizado na região

Norte do Tocantins, 07°11'28" de latitude sul e 48°12'26" de longitude oeste, e foi realizado no período de setembro a dezembro de 2011.

Foram avaliadas três dietas experimentais, dieta à base de milho (padrão), dieta com inclusão de glicerina bruta (119 g.kg<sup>-1</sup> da matéria seca) e dieta à base de milho, e dois grupos genéticos, Nelore e mestiços de origem leiteira (MOL). O delineamento foi o inteiramente casualizado, com os tratamentos em arranjo fatorial 3x2, e quatro repetições por tratamento.

As dietas experimentais (Tabela 1) foram formuladas utilizando o programa RLM 3.2<sup>®</sup>, sendo utilizada silagem de capim elefante (*Pennisetum purpureum*) como volumoso na proporção de 100 g.kg<sup>-1</sup> da matéria seca da dieta e 900 g.kg<sup>-1</sup> de concentrado. A glicerina bruta (GENPA<sup>®</sup> – Glicerol Energético Nutricional para Alimentação Animal) utilizada apresentava 899,2 g.kg<sup>-1</sup> de matéria seca; 11,9 g.kg<sup>-1</sup> de extrato etéreo; 803,5 g.kg<sup>-1</sup> de glicerol; <0,1 g.kg<sup>-1</sup> de metanol, 74,7 g.kg<sup>-1</sup> de cloreto de sódio e densidade de 1,27 g.cm<sup>-3</sup>, era oriunda de óleo de soja e fornecida pela empresa Granol S/A. Já o milho utilizado na elaboração das dietas apresentava em sua composição 865 g.kg<sup>-1</sup> de matéria seca, 135,8 g.kg<sup>-1</sup> de proteína bruta, 58,3 g.kg<sup>-1</sup> de extrato etéreo, 24,9 g.kg<sup>-1</sup> de matéria mineral, 133,8 g.kg<sup>-1</sup> de fibra em detergente neutro, 37,8 g.kg<sup>-1</sup> de fibra em detergente ácido e 647,2 g.kg<sup>-1</sup> de carboidratos não fibrosos.

A dieta foi fornecida na forma de mistura total, sendo realizada a mistura do volumoso e concentrado no cocho, e fornecida uma vez ao dia (10h00 da manhã), de forma que obtivesse aproximadamente 5% de sobras. Avaliou-se a distribuição do tamanho das partículas das dietas totais (Tabela 2) e das sobras, através do Separador de Partículas Penn State (Heinrichs e Kononoff, 2002).

Tabela 1 – Proporção dos ingredientes e composição química da silagem de capim elefante e das dietas experimentais

Ingrediente	Dietas experimentais (g.kg <sup>-1</sup> )			
	Padrão	Glicerina bruta	Milheto	
Silagem de capim elefante	102,31	105,45	100,79	
Milho moído médio	775,60	627,78	0,00	
Farelo de soja a 45%	95,75	124,24	0,00	
Glicerina bruta	0,00	119,27	0,00	
Milheto	0,00	0,00	872,83	
Uréia	7,48	7,45	7,49	
Calcário	9,97	9,44	9,99	
Sal mineral <sup>1</sup>	5,98	5,96	5,99	
Cloreto de Sódio	2,49	0,00	2,50	
Rumensin <sup>2</sup>	0,40	0,40	0,40	
Composição química (g.kg <sup>-1</sup> )				
Item	Silagem de capim elefante	Padrão	Glicerina bruta	Milheto
Matéria seca <sup>3</sup>	227,33	790,58	763,35	804,54
Matéria orgânica <sup>4</sup>	899,77	964,10	952,76	961,13
Matéria mineral <sup>4</sup>	100,23	35,90	47,24	38,87
Proteína bruta <sup>4</sup>	61,00	134,27	137,82	130,77
Extrato etéreo <sup>4</sup>	14,81	29,26	29,08	35,45
Fibra em detergente neutro <sup>4</sup>	758,25	175,86	177,39	177,68
Fibra em detergente ácido <sup>4</sup>	493,46	78,10	83,29	82,83
Hemicelulose <sup>4</sup>	264,79	97,76	94,11	94,85
Celulose <sup>4</sup>	417,50	56,30	59,90	62,98
Lignina <sup>4</sup>	56,09	15,29	17,01	15,33
NIDN <sup>5</sup>	139,34	70,22	94,52	204,25
NIDA <sup>5</sup>	72,95	31,47	53,17	102,40
Carboidratos não-fibrosos <sup>4</sup>	65,71	624,71	602,38	617,23

<sup>1</sup>Composição: Ca (max) – 269 g.kg<sup>-1</sup>; Ca (min) - 220 g.kg<sup>-1</sup>; P (min) – 160 g.kg<sup>-1</sup>; Mg – 10 g.kg<sup>-1</sup>; S – 15 g.kg<sup>-1</sup>; Zn – 5472 101 mg.kg<sup>-1</sup>; Fe – 2610 mg.kg<sup>-1</sup>; Cu – 2100 g.kg<sup>-1</sup>; Mn – 992 mg.kg<sup>-1</sup>; Co – 200 mg.kg<sup>-1</sup>; I – 124 mg.kg<sup>-1</sup>; Se – 45 mg.kg<sup>-1</sup>; F 102 (max) – 1476 mg; Sol. Fósforo/AC Cítrico 2% max – 90%; <sup>2</sup>10g.100g<sup>-1</sup> de monensina; <sup>3</sup>g.kg<sup>-1</sup> do alimento; <sup>4</sup>g.kg<sup>-1</sup> da matéria seca; <sup>5</sup>NIDN e NIDA, nitrogênio insolúvel em detergente neutro e nitrogênio insolúvel em detergente ácido em g.kg<sup>-1</sup> do nitrogênio total.

Tabela 2 - Distribuição percentual do tamanho de partículas das dietas totais

Partícula (mm)	Poro de peneira <sup>1</sup> (mm)	Dietas experimentais		
		Padrão	Glicerina bruta	Milheto
>19	19,000	10,0	12,9	10,6
8 a 19	8,000	13,0	16,3	14,0
1,67 a 8	1,180	51,3	49,7	35,6
<1,67	-	25,8	21,1	39,8
TMP <sup>2</sup> , mm		3,6	4,3	3,0
DP <sup>3</sup>		3,0	3,0	3,4

<sup>1</sup>Os poros são quadrados, de modo que a maior abertura é a diagonal, 1,67 mm. Esta é a razão por que as partículas maiores que podem passar pela peneira são inferiores a 1,67 milímetros de comprimento; <sup>2</sup>TMP, tamanho de partícula médio; <sup>3</sup>DP, desvio padrão.

Foram utilizados 12 tourinhos da raça Nelore com peso médio inicial de 332,7±30,08 kg e 17 meses de idade, e 12 tourinhos MOL com peso médio inicial de 318,8±26,97 kg e 12 meses de idade. Os tourinhos Nelore eram oriundos de sistema a pasto e os tourinhos MOL foram criados em sistema semi-intensivo, ambos receberam o colostro devidamente após o nascimento, leite integral nas primeiras semanas de vida, e os MOL receberam além do leite integral, ração concentrada a partir da segunda semana de vida. Antecedendo ao período experimental, os animais foram identificados com brincos, tratados contra ectoparasitas e endoparasitas e alojados em baias individuais (12 m<sup>2</sup>) parcialmente cobertas, com piso de concreto, equipadas com comedouros individuais e um bebedouro para duas baias. Após serem adaptados por 13 dias às instalações e às dietas experimentais, os animais permaneceram em período experimental por 84 dias para coleta das amostras e terminação dos animais.

Amostras dos alimentos e sobras foram coletadas semanalmente para determinação da composição química das dietas, as quais foram colocadas em sacos plásticos, identificadas e congeladas a -20 °C. Após o término do experimento, as amostras foram descongeladas e homogeneizadas em uma amostra composta, as quais foram pré-secas

em estufa de ar forçado a 55 °C ou 65 °C por 72 horas e trituradas em moinho tipo Willey com malha de 1 mm.

As análises bromatológicas foram realizadas no laboratório de Nutrição Animal da Universidade Federal do Tocantins (UFT), localizado na Escola de Medicina Veterinária e Zootecnia, Campus Universitário de Araguaína. Os teores de matéria seca (MS), matéria orgânica (MO), proteína bruta (PB), cinzas (MM), nitrogênio insolúvel em detergente neutro (NIDN), nitrogênio insolúvel em detergente ácido (NIDA), celulose e lignina foram determinados seguindo as recomendações da AOAC (1995). Para a determinação do teor de extrato etéreo (EE), utilizou-se a metodologia recomendada pelo fabricante do equipamento XT10 (Ankom®), sendo as amostras submetidas à extração em alta temperatura e empregando como solvente o éter de petróleo.

As análises de fibra em detergente neutro (FDN) e fibra em detergente ácido (FDA) foram realizadas seguindo metodologia recomendada pelo fabricante do equipamento Ankom®, porém, utilizando-se sacos de tecido-não-tecido (TNT - 100 g.m<sup>-2</sup>) nas dimensões de 4x5 cm. O teor de carboidratos não fibrosos (CNF) e nutrientes digestíveis totais (NDT) foram determinados segundo Sniffen et al. (1992) em que: %CNF = 100 - (%PB + % EE + %MM + %FDN) e %NDT = %PB digestível + %FDNcp digestível + %CNF digestível + (2,25 x %EE digestível), onde FDNcp é fibra em detergente neutro corrigida para cinzas e proteína. As concentrações de NDT foram calculadas por meio da equação, % de NDT = (consumo de NDT/consumo de MS) x 100 (Sniffen et al., 1992).

Determinou-se os consumos diários (kg.d<sup>-1</sup>) através da diferença entre a dieta total oferecida e as sobras (com base na matéria seca), obtendo-se os consumos de matéria seca, proteína bruta, fibra em detergente neutro, carboidratos não fibrosos e nutrientes digestíveis totais. Foi determinado ainda o consumo de nutrientes em relação ao peso vivo (g.kg<sup>-1</sup> de PV) dos animais.

O ensaio de digestibilidade foi realizado no final do último subperíodo experimental, quando amostras das fezes de cada animal foram coletadas diretamente no piso das baias, imediatamente após a defecação por três dias consecutivos, sendo descartada a porção em contato com o solo. As amostras de fezes devidamente identificadas foram acondicionadas em sacos plásticos, congeladas e mantidas em freezer a -20 °C. Posteriormente, foram descongeladas e pré-secas em estufa de ventilação forçada a 55 °C ou 65 °C por cerca de 72 horas e moídas em moinho com peneira de 2 mm. A partir das três amostras moídas de fezes, obteve-se, proporcionalmente, uma amostra composta, com base no peso seco ao ar, que foi armazenada em recipientes plásticos para posteriores análises laboratoriais. Durante a semana do ensaio de digestibilidade, os volumosos, as sobras e os concentrados também foram amostrados e posteriormente descongelados e pré-secos em estufa de ventilação forçada a 55 °C ou 65 °C por cerca de 72 horas e moídas em moinho com peneira de 2 mm.

A excreção de matéria seca fecal foi estimada a partir da técnica de indicador interno (Cochran et al., 1986), sendo a fibra indigestível em detergente neutro (FDNi) o indicador adotado. Os teores de FDNi das amostras de fezes, de alimentos e das sobras foram obtidos após incubação por 240 horas, conforme recomendado por Casali et al. (2008), em duplicata em sacos de tecido não-tecido (TNT), no rúmen de duas vacas mestiças de origem leiteira recebendo dieta similares. O resíduo da incubação foi submetido à lavagem com detergente neutro para determinação dos teores de FDNi. O cálculo de produção fecal ( $P_{\text{Fecal}}$ ) foi realizado pela fórmula:  $P_{\text{Fecal}} (\text{kg} \cdot \text{MS}^{-1} \cdot \text{d}^{-1}) = (\text{consumo de FDNi} / \% \text{FDNi nas fezes}) \times 100$ . O cálculo para o coeficiente de digestibilidade aparente (DA) dos nutrientes foi realizado pela fórmula,  $\text{CDA} (\text{g} \cdot \text{g}^{-1}) = [(\text{nutriente ingerido} - \text{nutriente excretado}) / \text{nutriente ingerido}]$ .

As análises bromatológicas dos alimentos, das sobras e das fezes coletados para a digestibilidade foram realizadas no laboratório de Nutrição Animal, da Escola de

Medicina Veterinária e Zootecnia, Campus Universitário de Araguaína da Universidade Federal do Tocantins.

Os animais foram pesados no início e final de cada subperíodo experimental, pela manhã, antes do fornecimento da alimentação, para determinação do ganho de peso total e ganho de peso diário. Avaliou-se também a conversão alimentar, calculada pela relação entre a ingestão de matéria seca diária ( $\text{kg.d}^{-1}$ ) e ganho de peso diário ( $\text{kg.d}^{-1}$ ).

Para análise estatística, foram realizados os testes Shapiro-Wilk e de Cochran e Bartlett, respectivamente, para verificar se as pressuposições de distribuição normal e homocedasticidade das variáveis foram atendidas, para posteriormente, proceder às análises de variância. O peso inicial foi utilizado como co-variável, e quando não significativo o efeito foi retirado do modelo. O modelo matemático foi representado por:  $\gamma_{ijk} = \mu + \tau_i + \xi_j + \tau_i * \xi_j + \beta_k + \varepsilon_{ijk}$ , em que:  $\gamma_{ijk}$  = variável dependente;  $\mu$  = média geral;  $\tau_i$  = efeito do fator i (dietas experimentais);  $\xi_j$  = efeito do fator j (grupo genético);  $(\tau_i * \xi_j)$  = interação entre fator i e fator j;  $\beta_k$  = efeito do peso inicial k;  $\varepsilon_{ijk}$  = erro experimental residual. Os dados foram submetidos à análise de variância, sendo a comparação entre médias para os resultados referentes às dietas experimentais, grupo genético e interação entre dietas e grupo genético, realizada através de teste de Tukey, considerando 0,05 de probabilidade de erro.

### **Resultados e discussão**

O consumo de matéria seca (CMS), consumo de proteína bruta (CPB), consumo de fibra em detergente neutro (CFDN), expressos em  $\text{kg.d}^{-1}$  e  $\text{g.kg}^{-1}$  de peso vivo (PV), consumo de carboidratos não fibrosos (CCNF) e consumo de nutrientes digestíveis totais (CNDT), expressos em  $\text{kg.d}^{-1}$ , apresentaram interação ( $P < 0,05$ ) das dietas experimentais com os grupos genéticos avaliados (Tabela 3).

Tabela 3 - Consumo de nutrientes de tourinhos de diferentes grupos genéticos alimentados com dieta padrão, com glicerina bruta e com milho

Item	GG <sup>1</sup>	Dieta experimental			Média	Valor-p			CV <sup>3</sup> (%)
		Padrão	Glicerina bruta	Milho		Dieta	GG	I <sup>2</sup>	
Kg.d <sup>-1</sup>									
Matéria seca	Nelore	5,58Bb	6,99Ba	6,26Bab	6,28	0,075	<0,001	0,002	7,22
	MOL <sup>4</sup>	8,44Aa	7,81Aab	7,31Ab	7,85				
	Média	7,01	7,40	6,78	7,07				
Proteína bruta	Nelore	0,74Bb	1,01Ba	0,81Bb	0,86	0,000	<0,001	0,002	7,26
	MOL	1,13Aa	1,13Aa	0,95Ab	1,07				
	Média	0,94	1,07	0,88	0,96				
Fibra em detergente neutro	Nelore	0,99Bc	1,27Aa	1,13Bb	1,13	0,138	0,000	0,000	6,38
	MOL	1,46Aa	1,32Ab	1,29Ab	1,36				
	Média	1,23	1,29	1,21	1,24				
Carboidratos não fibrosos	Nelore	3,49Bb	4,20Ba	3,86Bab	3,85	0,227	<0,001	0,002	7,47
	MOL	5,31Aa	4,79Ab	4,55Ab	4,89				
	Média	4,40	4,49	4,21	4,37				
Nutrientes digestíveis totais	Nelore	4,48Bb	5,78Aa	4,87Ab	5,05	0,011	<0,001	0,005	9,41
	MOL	6,64Aa	6,19Aa	5,31Ab	6,05				
	Média	5,56	5,99	5,09	5,55				
g.kg <sup>-1</sup> de peso vivo									
Matéria seca	Nelore	15,08Bb	18,78Aa	16,69Bab	16,85	0,248	<0,001	0,025	8,56
	MOL	21,96Aa	20,79Aab	20,52Ab	21,09				
	Média	18,52	19,78	18,60	18,97				
Proteína bruta	Nelore	2,01Bb	2,71Aa	2,17Bb	2,30	0,002	<0,001	0,036	8,85
	MOL	2,94Aa	3,01Aa	2,86Aa	2,88				
	Média	2,47	2,86	2,43	2,59				
Fibra em detergente neutro	Nelore	2,70Bb	3,40Aa	3,03Bab	3,04	0,421	<0,001	0,010	8,77
	MOL	3,81Aa	3,49Aa	3,60Aa	3,63				
	Média	3,25	3,45	3,32	3,34				

<sup>1</sup>GG, grupo genético; <sup>2</sup>Interação entre dieta e grupo genético; <sup>3</sup>CV, coeficiente de variação; <sup>4</sup>MOL, mestiços de origem leiteira. \*Médias seguidas de letras distintas (maiúsculas na coluna e minúsculas na linha) diferem entre si a 5% de significância.

A dieta com glicerina bruta proporcionou maior ( $P < 0,05$ ) CMS pelos animais Nelore em relação à dieta padrão. A glicerina bruta, em função de seu sabor adocicado e aroma suave, pode melhorar a palatabilidade das dietas (Elam et al., 2008), e em

consequência, aumentar o consumo dos alimentos. Resultados consistentes com os de Maciel (2014), quando avaliou bezerros de origem leiteira alimentados com concentrado inicial contendo níveis de 0, 80, 160 e 240 g.kg<sup>-1</sup> de glicerina bruta.

Além disso, a glicerina bruta pode aumentar a capacidade de retenção de água das rações por ter natureza higroscópica (Elam et al., 2008), proporcionando maior agregação das partículas da dieta. Em função disso, a dieta com glicerina bruta apresentou maior tamanho médio de partícula (4,3 mm) que a dieta padrão (3,6 mm) e com milho (3,0 mm) (Tabela 2). Em todas as dietas, os tourinhos Nelore deram preferência à porção volumosa da dieta, selecionando-o em detrimento ao concentrado, como pode ser observado pela distribuição percentual do tamanho das partículas das sobras e composição química das sobras (Tabela 4; Tabela 5). Porém, a dieta com glicerina bruta apresentou maior percentual de partículas com tamanho maior que 19 mm (12,9%) em relação às demais (10,0 e 10,6% para dieta padrão e com milho, respectivamente) (Tabela 2), o que proporcionou aos tourinhos Nelore a ingestão destas partículas maiores, resultando em sobras com menor percentual destas partículas, 0,0% das partículas das sobras da dieta com glicerina bruta foram maiores que 19 mm, enquanto nas sobras da dieta padrão e com milho, 2,2 e 1,4% das partículas foram maiores que 19 mm, respectivamente (Tabela 4). O maior tamanho médio de partículas da dieta com glicerina bruta pode ter favorecido esta seleção de fibra mais longa pelos animais Nelore, favorecendo o consumo desta dieta por estes animais.

O CMS proporcionado pela dieta com milho não diferiu ( $P>0,05$ ) do CMS das demais dietas quando fornecidas aos animais Nelore (Tabela 3). Dados que corroboram com os de Gonçalves et al. (2010), em que não verificaram alteração no CMS quando substituíram grão de milho pelo grão de milho a 0; 500 e 1000 g.kg<sup>-1</sup> da MS em dietas de novilhos Nelore.

Tabela 4 - Distribuição percentual do tamanho de partículas das sobras

Partícula (mm)	Poros de peneira (mm)	Padrão		Glicerina bruta		Milheto	
		Nelore	MOL <sup>3</sup>	Nelore	MOL	Nelore	MOL
>19	19,000	2,2	7,5	0,0	20,0	1,4	7,0
8 a 19	8,000	5,6	10,6	11,9	15,9	5,8	10,9
1,67 a 8	1,180	57,0	53,7	51,2	44,6	44,9	46,5
<1,67	-	35,2	28,2	36,9	19,4	48,0	35,5
TMP <sup>2</sup> , mm		2,50	3,37	2,58	5,33	2,00	2,87

<sup>1</sup>Os poros são quadrados, de modo que a maior abertura é a diagonal, 1,67 mm. Esta é a razão por que as partículas maiores que podem passar pela peneira são inferiores a 1,67 milímetros de comprimento; <sup>2</sup>TMP, tamanho de partícula médio. <sup>3</sup>MOL, mestiços de origem leiteira.

Tabela 5 – Composição química (g.kg<sup>-1</sup> da matéria seca) das sobras

Item	GG <sup>1</sup>	Dietas experimentais			Média	Valor-p			CV <sup>4</sup> (%)
		Padrão	GB <sup>2</sup>	Milheto		Dieta	GG	I <sup>3</sup>	
Matéria seca	Nelore	713,18	674,27	684,91	690,78	0,244	0,512	0,608	8,33
	MOL <sup>5</sup>	739,40	713,06	667,59	706,68				
	Média	726,29	693,67	676,25	698,73				
Proteína bruta	Nelore	142,79	137,77	135,49	138,68A	0,121	0,039	0,776	3,86
	MOL	136,30	132,64	132,74	133,89B				
	Média	139,55	135,20	134,11	136,29				
Fibra em detergente neutro	Nelore	156,07	145,20	149,98	150,42B	0,171	0,001	0,092	24,31
	MOL	204,88	285,01	194,53	228,14A				
	Média	180,47	215,10	172,26	189,28				
Carboidratos não fibrosos	Nelore	629,98	626,23	624,17	626,80A	0,147	0,000	0,102	8,18
	MOL	571,68	480,68	572,92	541,76B				
	Média	600,83	553,46	598,54	584,28				

<sup>1</sup>GG, grupo genético; <sup>2</sup>GB, glicerina bruta; <sup>3</sup>I, interação entre dieta e grupo genético; <sup>4</sup>CV, coeficiente de variação; <sup>5</sup>MOL, mestiços de origem leiteira. \*Médias seguidas de letras distintas (na coluna) diferem entre si a 5% de significância.

Por outro lado, os tourinhos MOL apresentaram CMS proveniente da dieta padrão maior ( $P < 0,05$ ) que da dieta com milheto, enquanto o CMS da dieta com glicerina bruta não apresentou diferença ( $P > 0,05$ ) em relação às demais (Tabela 3). Apesar de não ter sido avaliado no trabalho, o teor de amido da dieta com milho provavelmente foi maior

que da dieta com milho, já que a literatura demonstra o maior teor de amido no grão de milho. De acordo com Huntington et al. (1997), o milho apresenta 72% de amido em sua composição e o milheto, 57 a 58%, enquanto Ribeiro et al. (2004) encontraram 71,7% e 62% de amido no milho e no milheto, respectivamente.

Desta forma, os animais MOL ingeriram mais a dieta com maior teor de amido por serem mais adaptados a estas dietas, pois geralmente MOL são oriundos de cruzamentos de raças taurinas (Holandês, Jersey, Pardo Suíço) com zebuínas, e animais taurinos parecem ter maior capacidade de consumo e eficiência de uso dos alimentos quando estes são de boa qualidade (Hunter e Siebert, 1985). Além disso, animais de aptidão leiteira apresentam maiores exigências de energia do que as raças de corte (Solis et al., 1988). Segundo o NRC (2000) vacas de raças leiteiras apresentam exigência de energia para manutenção 20% a mais que as raças de corte e as mestiças exigem valores intermediários.

A preferência dos tourinhos MOL pelas dietas com milho evidencia que os MOL parecem ser mais adaptados às dietas com alto teor de amido (dieta padrão), e menos susceptíveis aos distúrbios digestivos relacionados às dietas de alto concentrado em relação aos tourinhos Nelore. Dietas com alta concentração de grãos, e, portanto, ricas em carboidratos prontamente fermentescíveis podem promover a acidificação e a osmolaridade ruminal (Owens et al., 1998).

Estas características dos tourinhos da raça Nelore podem explicar a preferência pela dieta com glicerina bruta em detrimento à dieta padrão, na qual o teor de amido é reduzido, o que poderia melhorar as condições de ambiente ruminal destes animais, contribuindo para o maior CMS da dieta com glicerina bruta. No entanto, estudos têm demonstrado que o glicerol quando chega ao rúmen é rapidamente fermentado e pode causar mudanças no ambiente ruminal, com comportamento semelhante a uma fonte de carboidratos rapidamente fermentável (DeFrain et al., 2004; Berry, 2007). O aumento nas

concentrações de ácido lático pode deprimir a fermentação do glicerol no rúmen e reduzir o CMS (Trabue et al., 2007). Porém, essa redução no CMS em função de mudanças desfavoráveis no ambiente ruminal (Parsons et al., 2009) estão relacionadas com o aumento nos níveis de glicerina bruta na dieta (Gunn et al., 2010).

A extensão da fermentação da glicerina no rúmen depende do nível de inclusão da glicerina na dieta (Donkin et al., 2009). Altos níveis de glicerina bruta na dieta podem ter efeitos negativos na fermentação ruminal, reduzindo a digestão da fibra, a produção de acetato e de populações bacterianas, porém, a inclusão da glicerina bruta em substituição ao milho em baixos níveis não apresentou efeitos adversos na fermentação, digestão ou população de bactérias ruminais (Abo El-Nor et al., 2010). Pode-se denotar, portanto, que a inclusão da glicerina bruta no estudo pode ter levado a um ambiente ruminal favorável em função do nível de inclusão da glicerina bruta na dieta ( $119 \text{ g.kg}^{-1}$  da MS), o que pode ter contribuído para os resultados de consumo de matéria seca observados.

Outro fator que pode ter sido relevante para amenizar os possíveis efeitos deletérios da glicerina no rúmen é a seleção dos tourinhos Nelore pelos componentes mais fibrosos das dietas, e a agregação das partículas proporcionada na dieta com inclusão de glicerina bruta que pode ter favorecido esta seleção, já que 100% das sobras apresentaram tamanho de partícula menor que 19 mm (Tabela 4), contribuindo com a melhora no ambiente ruminal. Em estudos de Rémond et al. (1993), avaliando a inclusão da glicerina bruta a fermentadores contendo amido e fermentadores contendo celulose, observaram que nos fermentadores contendo amido, a taxa máxima de desaparecimento de glicerol foi alcançada no início da fermentação, provavelmente por causa do baixo pH (5,78) e concentração de amônia ( $62 \text{ mg.l}^{-1}$ ) no final da fermentação; e nos fermentadores contendo celulose, a taxa máxima de glicerol foi alcançada somente 4 a 6 horas depois do início da fermentação, permanecendo sem modificação posteriormente.

Os tourinhos MOL apresentaram maior ( $P<0,05$ ) CMS em  $\text{kg.dia}^{-1}$  que os tourinhos Nelore em todas as dietas experimentais (Tabela 3). Quando expresso em  $\text{g.kg}^{-1}$  de PV, o CMS entre os genótipos foram similares ( $P>0,05$ ) na dieta com glicerina bruta, e nas demais dietas, os MOL também apresentaram CMS mais elevado ( $P<0,05$ ) (Tabela 3). Na dieta com glicerina bruta, o maior CMS dos animais Nelore proporcionado por esta dieta em relação à dieta padrão, anulou as diferenças no CMS em  $\text{g.kg}^{-1}$  de PV entre os grupos genéticos.

O maior CMS dos animais MOL em relação aos Nelore pode ser explicado pelo fato de que estes animais foram selecionados intensivamente para produção de leite, o que exige maior consumo de alimentos (Peron et al., 1993; Signoretti et al., 1999), além disso, possuem maior peso do trato gastrointestinal vazio em relação aos de corte (Peron et al., 1993), resultando em maior capacidade ingestiva. Animais mestiços leiteiros apresentaram órgãos (rins, baço e coração) mais pesados do que animais zebu em fase de recria em estudo realizado por Backes et al. (2006). Ferrel et al. (1976) observaram que os órgãos internos (intestino, fígado, coração e rins) de novilhas de raças leiteiras (Jersey e Holandês) são, proporcionalmente, maiores que os de novilhas de corte (Hereford), e este fato justifica as maiores exigências de energia de animais com aptidão leiteira do que as raças para corte, pois segundo os autores, o total de energia para manutenção exigida pelo tecido muscular é menor que o da energia exigida pelos órgãos internos. Portanto, animais MOL consumiram mais matéria seca em função de sua maior exigência de energia para manutenção que os animais Nelore.

Nos tourinhos Nelore, o CPB, em  $\text{kg.d}^{-1}$  e  $\text{g.kg}^{-1}$  de PV, foi mais elevado ( $P<0,05$ ) nas dietas com glicerina bruta em comparação às demais (Tabela 3), refletindo o maior CMS da dieta com glicerina bruta em relação à dieta padrão e maior CMS numérico que a dieta com milho, a diferença numérica de 11,6% no CMS se refletiu estatisticamente

no CPB, com diferença de 24,7%. A dieta padrão e dieta com milho não apresentaram diferença ( $P>0,05$ ) no CPB dos tourinhos Nelore, reflexo também do comportamento do CMS. Estes resultados são consistentes com os de Gonçalves et al. (2010), que avaliaram a substituição do grão de milho pelo grão de milho a 0, 500 e 1000 g.kg<sup>-1</sup> da MS da dieta e não observaram alteração no CPB em dietas de novilhos da raça Nelore.

Nos animais MOL, o CPB expresso em kg.d<sup>-1</sup> da dieta com milho foi inferior ( $P<0,05$ ) 18,95% em relação às demais, porém, quando expresso em relação ao peso vivo, esta diferença não foi observada ( $P>0,05$ ) entre as dietas (Tabela 3). O menor CPB em kg.d<sup>-1</sup> da dieta à base de milho pode estar relacionado ao menor CMS em relação à dieta padrão e menor CMS numérico em relação à dieta com glicerina bruta, que pode ter refletido estatisticamente no CPB. Mustafa (2010), não encontraram diferenças entre dietas à base de milho, milho/milho e à base de milho no CPB de vacas lactantes holandesas.

Em todas as dietas, os tourinhos MOL tiveram CPB em kg.d<sup>-1</sup> maior ( $P<0,05$ ) que os tourinhos Nelore (Tabela 3). Porém, quando expresso em g.kg<sup>-1</sup> de PV, o referido consumo não foi diferente ( $P>0,05$ ) entre os grupos genéticos na dieta com glicerina bruta. Este fato pode ser explicado em função da dieta com glicerina bruta em comparação às demais dietas ter proporcionado maior ( $P<0,05$ ) CPB nos Nelore, em kg.d<sup>-1</sup>, reduzindo a diferença (11,88%) do CPB entre os grupos genéticos nesta dieta, e anulando essa diferença quando o CPB foi expresso em relação ao PV. Enquanto a diferença entre o CPB em kg.d<sup>-1</sup> entre MOL e Nelore, na dieta padrão e com milho foi bem maior (52,7 e 17,28%, respectivamente). Observou-se, portanto, o mesmo comportamento do CMS. Além disso, o efeito do grupo genético na seleção dos componentes das dietas pode ter contribuído com estes resultados, evidenciado pelas diferenças na composição proteica das sobras entre MOL e Nelore (Tabela 5). Nas sobras dos Nelore, a concentração

proteica foi maior, em função da preferência dos tourinhos Nelore pela silagem de capim elefante, componente com menor composição proteica que o concentrado, e o contrário foi verificado para os MOL (Tabela 5).

Nos tourinhos Nelore, a dieta com glicerina bruta proporcionou maior ( $P < 0,05$ ) CFDN, a dieta com milho CFDN intermediário e a dieta padrão menor CFDN ( $P < 0,05$ ), quando expresso em  $\text{kg.d}^{-1}$  (Tabela 3). O maior CFDN em  $\text{kg.d}^{-1}$  da dieta com glicerina bruta está relacionado ao maior CMS proporcionado por esta dieta em relação à dieta padrão nestes animais, refletindo este comportamento também quando o CFDN foi expresso em função do peso vivo. O CFDN expresso em  $\text{g.kg}^{-1}$  de PV da dieta à base de milho não foi diferente ( $P > 0,05$ ) em relação às demais dietas (Tabela 3), acompanhando o comportamento do CMS.

Nos tourinhos MOL, o CFDN em  $\text{kg.d}^{-1}$  foi maior ( $P < 0,05$ ) na dieta padrão que nas demais (Tabela 3), reflexo do maior CMS. Porém, em  $\text{g.kg}^{-1}$  de PV, o CFDN não diferiu ( $P > 0,05$ ) entre as dietas experimentais quando fornecidas aos tourinhos MOL (Tabela 3). Em função da grande proporção de concentrado nas dietas avaliadas, os valores para CFDN expresso em função do peso vivo, média de  $3,34 \text{ g.kg}^{-1}$  de PV nos MOL, ficaram abaixo do valor recomendado por Mertens (1987) como ótimo para animais em crescimento, considerado de  $10 \text{ g.kg}^{-1}$  de PV, que garante a ingestão de fibra suficiente para a fermentação ruminal, de forma que a saúde do ambiente ruminal não seja comprometida por distúrbios alimentares e acidose, que possam comprometer o desempenho dos animais (Mertens, 1996). No entanto, o tamanho das partículas do alimento também deve ser considerado nesse processo. No estudo, 51,3% das partículas foram retidas na peneira de 1,18 mm na dieta com glicerina bruta, 49,7% na dieta com milho e 35,7% na dieta com milho (Tabela 2), sendo este fator importante para que ocorra estímulo à ruminação (Mertens, 1997). Pode-se inferir, portanto, que na dieta à

base de milho, o estímulo à ruminação pode ter sido menor em função do seu menor tamanho médio de partícula (3,0 mm) (Tabela 2). Apesar disso, o CFDN não diferiu entre as dietas, pois animais de composição genética taurina são eficientes em utilizar rações de alta energia em sistemas de alta produção (Moore et al., 1975).

Os tourinhos MOL consumiram maior ( $P < 0,05$ ) conteúdo de FDN em  $\text{kg.d}^{-1}$  e em  $\text{g.kg}^{-1}$  de PV que os tourinhos Nelore, com aumentos respectivos de 47,48 e 41,11% na dieta padrão, e de respectivos 14,16 e 18,81% na dieta com milho, resultantes do maior CMS dos tourinhos MOL. Os efeitos do comportamento seletivo dos componentes das dietas entre os genótipos, evidenciado pelas diferenças na composição química das sobras, em que as sobras dos mestiços apresentaram maiores concentrações de FDN que as sobras dos Nelore (Tabela 5), resultado da preferência de concentrado pelos MOL e busca pelos componentes fibrosos pelos Nelore, estes efeitos foram menos preponderantes que os do comportamento do CMS, resultando em maior CFDN pelos MOL. A dieta com glicerina bruta proporcionou maior CFDN pelos tourinhos Nelore, e este fato anulou a diferença no CFDN entre tourinhos MOL e Nelore (Tabela 3) alimentados pela referida dieta.

O CCNF em  $\text{kg.d}^{-1}$  dos tourinhos Nelore foi maior ( $P < 0,05$ ) na dieta com glicerina bruta em comparação à dieta padrão (Tabela 3), acompanhando o comportamento do CMS. O CCNF da dieta à base de milho não diferiu ( $P > 0,05$ ) das demais dietas quando fornecidas aos tourinhos Nelore, pois as concentrações de CNF da dieta com milho não apresentou variação suficiente em relação às demais dietas para alterar o CCNF, acompanhando, portanto, o comportamento do CMS. Porém, Silva et al. (2014) verificou redução no CCNF pelo aumento do grão de milho em substituição ao grão de milho na dieta, como resultado da menor concentração de CNF e de amido nas dietas com alta proporção de concentrado fornecidas a bovinos mestiços europeu-zebu. O menor teor de

amido do milho em relação ao do milho foram confirmados por Huntington et al. (1997) e Ribeiro et al. (2004).

Nos tourinhos MOL, a dieta padrão proporcionou maior ( $P < 0,05$ ) CCNF que a dieta com milho, em função do maior CMS. O tipo de fonte amilácea, milho ou milho, no suplemento de novilhos mestiços Holandês x Zebu a pasto não alterou o CCNF em estudo de Nascimento et al. (2009). A dieta padrão apresentou maior ( $P < 0,05$ ) CCNF que a dieta com glicerina bruta (Tabela 3), o que pode ser explicado pela variação numérica do CMS (10,62%) entre as dietas, que pode ter influenciado estatisticamente no CCNF, além do menor conteúdo em CNF da dieta com glicerina bruta (Tabela 1). Resultados concordantes com os de Maciel (2014), que também encontrou redução no CCNF nas dietas com a inclusão da glicerina bruta até  $240 \text{ g.kg}^{-1}$  da MS, como resultado da redução no CMS e menor participação de CNF nas dietas de bezerras MOL com a inclusão do subproduto. Farias et al. (2012) também verificaram redução no CCNF, em função do menor conteúdo de CNF nas dietas com glicerina bruta, já que a glicerina bruta substituiu o milho, rico em amido.

Os tourinhos MOL ingeriram maior ( $P < 0,05$ ) conteúdo de CNF que os Nelore em todas as dietas avaliadas (Tabela 3), o que pode ser justificado pelo maior CMS, além do maior consumo de concentrado destes animais em relação aos Nelore, o que foi verificado visualmente no cocho durante o experimento (Anexo 1), e evidenciado pela diferença entre os genótipos na distribuição do tamanho das partículas das sobras (Tabela 4). Assim, tomando como exemplo a dieta padrão e a dieta à base de milho, apenas 2,2 e 1,4% das partículas das sobras das respectivas dietas fornecidas aos animais Nelore apresentaram tamanho maior que 19 mm, enquanto esta participação nas sobras dos MOL foi de 7,5 e 7,0%, respectivamente, evidenciando a preferência pela ingestão de concentrado pelos animais MOL (Tabela 4). A diferença foi ainda maior na dieta com glicerina bruta, em

que 0% das partículas das sobras dos animais Nelore apresentaram tamanho maior que 19 mm, enquanto nas sobras dos MOL este percentual foi de 20% (Tabela 4), constando maior quantidade de volumosos nas sobras destes animais, o que corresponde ao maior consumo de concentrado pelos tourinhos MOL proporcionado pela dieta com glicerina bruta. A menor concentração em CNF das sobras dos tourinhos MOL em relação aos Nelore (Tabela 5) também evidenciam o efeito da seletividade dos animais pelos componentes das dietas sobre o CCNF.

Nos tourinhos Nelore, o CNDT da dieta com glicerina bruta diferiu ( $P < 0,05$ ) das demais, portanto, animais Nelore tiveram maior ( $P < 0,05$ ) ingestão de energia quando alimentados com glicerina bruta na dieta (Tabela 3), reflexo do maior CMS proveniente desta dieta com relação à dieta padrão. Outro fator é que a glicerina é altamente energética em função dos níveis de glicerol em sua composição, e pode melhorar a eficiência energética da dieta (DeFrain et al., 2004; Donkin et al., 2009).

Nos tourinhos MOL, o CNDT não foi diferente ( $P > 0,05$ ) entre a dieta padrão e com inclusão da glicerina bruta, apesar do maior CMS proveniente da dieta padrão. Maciel (2014) avaliou a inclusão da glicerina bruta em níveis de até  $240 \text{ g.kg}^{-1}$  da MS da dieta e não constatou alteração no CNDT, com valor médio de  $6,3 \text{ kg.d}^{-1}$  em novilhos MOL, similar ao valor médio proporcionado neste estudo ( $6,41 \text{ kg.d}^{-1}$ ) pelas dietas padrão e com glicerina bruta fornecidas aos MOL. Alguns trabalhos (Donkin, 2008; Mach et al., 2009) têm constatado resultados de valores energéticos similares entre o milho e a glicerina bruta. Porém, é importante esclarecer que o valor energético da glicerina bruta é dependente do teor de glicerol presente na mesma, que varia com o grau de pureza do subproduto. O processo de obtenção e a fonte de produção do biodiesel são determinantes para o grau de pureza e a composição física, química e nutricional da glicerina (Gott e Eastridge, 2010; Rivaldi et al., 2007).

A dieta à base de milho proporcionou menor CNDT ( $P < 0,05$ ) que às outras dietas avaliadas quando fornecidas aos tourinhos MOL (Tabela 3). O menor CPB verificado na dieta com milho (18,95%) em relação às demais dietas e menor CCNF (18,46%) da dieta com milho em comparação à dieta padrão nos MOL, podem ter contribuído para a redução de 20,71% do CNDT da dieta à base de milho em relação às demais dietas. Além disso, como constatado por Hill et al. (1996) e Terrill et al. (1998), o valor energético do milho pode corresponder em 85 a 92% da energia do milho.

Entre os grupos genéticos, a dieta padrão proporcionou maior ( $P < 0,05$ ) CNDT nos tourinhos MOL em comparação aos da raça Nelore, fato explicado principalmente pelo maior CMS dos MOL. Rennó et al. (2005) avaliaram novilhos de diferentes genótipos Holandês,  $\frac{1}{2}$ Holandês-Guzerá,  $\frac{1}{2}$ Holandês-Gir e Zebu, e observaram que o CNDT, expresso em  $\text{g.kg}^{-1}$  de PV, não diferiu entre os novilhos mestiços e holandeses, porém estes foram superiores em 24,6; 24,7 e 22,4%, respectivamente, ao dos zebuínos, como reflexo do menor CMS dos zebuínos. Outro fator que pode explicar o resultado para tal variável é a seletividade dos animais pelos componentes da dieta, que foi evidenciada pela diferença entre os genótipos na distribuição do tamanho de partículas das sobras da dieta padrão (Tabela 4) e pela composição química das sobras (Tabela 5). Desta forma, as maiores concentrações de componentes fibrosos e menores concentrações de PB e CNF nas sobras dos MOL em relação às sobras dos Nelore (Tabela 5), demonstram a maior ingestão de energia por estes animais.

Esta seletividade é justificada em função dos animais Nelore serem mais adaptados às dietas com maior proporção de volumoso, enquanto a composição genética taurina dos MOL explica a maior adaptação destes às dietas de alto concentrado (Gonçalves et al., 1991). Marcondes et al. (2011) observaram que os novilhos Nelore selecionaram frações com maiores concentrações de fibra e menores de carboidratos não fibrosos, em função

da menor adaptação dos animais Nelore às dietas de alto concentrado, o que resultou em menor porcentagem de NDT nas dietas dos animais Nelore em comparação aos seus mestiços (Nelore-Angus e Nelore-Simental).

O CNDT não diferiu ( $P>0,05$ ) entre MOL e Nelore nas dietas com glicerina bruta e com milho (Tabela 3). Na dieta com glicerina bruta, este fato pode ser explicado em função do elevado consumo de energia pelos MOL ter sido acompanhado pelo maior CNDT proporcionado pela dieta com glicerina bruta pelos tourinhos Nelore. Na dieta com milho, este fato pode ser explicado porque apesar do maior CMS dos tourinhos MOL em relação aos Nelore, a dieta com milho proporcionou menor ( $P<0,05$ ) CNDT nos animais MOL em relação às demais dietas, anulando a diferença para tal variável entre os genótipos.

Os coeficientes de digestibilidade aparente da matéria seca (CDAMS), proteína bruta (CDAPB), extrato etéreo (CDAEE), carboidratos não fibrosos (CDACNF) e os valores de nutrientes digestíveis totais (NDT) não apresentaram interação ( $P>0,05$ ) entre as dietas e os grupos genéticos avaliados (Tabela 6).

Não houve efeito ( $P>0,05$ ) das fontes energéticas utilizadas, milho, glicerina bruta ou milho, sobre o CDAMS (Tabela 6). Estes resultados são consistentes com outros (Shin et al., 2012; Wilbert et al., 2013; Boyd et al., 2013; van Cleef et al., 2014), nos quais a inclusão da glicerina bruta na dieta de ruminantes não alterou o aproveitamento da MS. Da mesma forma, a utilização do milho em substituição ao milho nas dietas de bovinos não alterou o CDAMS em vários outros trabalhos com bovinos (Hill et al., 1996; Gonçalves et al., 2010; Bergamaschine et al., 2011). Estes resultados demonstram o potencial da glicerina bruta e do milho em substituição aos grãos convencionais, já que sua utilização não altera o aproveitamento da matéria seca das dietas.

Tabela 6 – Coeficientes de digestibilidade aparente de nutrientes e valores de nutrientes digestíveis totais de dietas à base de milho, milho ou com inclusão de glicerina bruta em tourinhos de diferentes grupos genéticos

Item	GG <sup>1</sup>	Dietas experimentais			Média	Valor-P			CV <sup>4</sup> (%)
		Padrão	GB <sup>2</sup>	Milheto		Dieta	GG	I <sup>3</sup>	
Matéria seca	Nelore	0,77	0,81	0,73	0,77				
	MOL <sup>5</sup>	0,76	0,78	0,68	0,74	0,069	0,285	0,868	9,75
	Média	0,77	0,80	0,71	0,76				
Extrato etéreo	Nelore	0,72	0,75	0,81	0,76				
	MOL	0,71	0,69	0,76	0,72	0,475	0,485	0,901	17,47
	Média	0,71	0,72	0,79	0,74				
Proteína bruta	Nelore	0,82	0,84	0,79	0,82				
	MOL	0,80	0,82	0,74	0,79	0,143	0,334	0,869	8,74
	Média	0,81	0,83	0,76	0,80				
Fibra em detergente neutro	Nelore	0,50	0,60	0,33	0,48				
	MOL	0,48	0,50	0,33	0,43	0,003	0,354	0,641	24,52
	Média	0,49a	0,55a	0,33b	0,46				
Carboidratos não fibrosos	Nelore	0,89	0,91	0,89	0,90				
	MOL	0,86	0,89	0,82	0,86	0,555	0,250	0,787	9,09
	Média	0,87	0,90	0,86	0,88				
Nutrientes digestíveis totais (g.kg <sup>-1</sup> de matéria seca)	Nelore	799,99	825,96	775,40	800,45				
	MOL	779,18	792,51	723,34	765,01	0,335	0,293	0,926	10,23
	Média	789,59	809,24	749,37	782,73				

<sup>1</sup>GG, grupo genético; <sup>2</sup>GB, glicerina bruta; <sup>3</sup>Interação entre dieta e grupo genético; <sup>4</sup>CV, coeficiente de variação; <sup>5</sup>MOL, mestiços de origem leiteira. Letras diferentes entre si na linha diferem a 5% de significância.

O CDAPB, CDAEE, CDACNF e valores de NDT não foram influenciados (P>0,05) pelas dietas experimentais (Tabela 6). A dieta com milho, no entanto, proporcionou CDAFDN menor (P<0,05) em 32,65 e 40% ao apresentado pelas dietas padrão e com glicerina bruta, respectivamente (Tabela 6). Hill e Hanna (1990) observaram menor CDAFDN na dieta com grão de milho em relação à dieta com grão de milho e de sorgo em bovinos. Os autores explicaram tal fato pelo aumento na taxa de fermentação do amido na dieta com milho em relação às outras dietas. Maior

digestibilidade ruminal de amido poderia diminuir o pH ruminal, prejudicando a fermentação da fibra pelas bactérias celulolíticas, diminuindo a relação acetato/propionato (Ribeiro et al., 2004).

Ribeiro et al. (2004) avaliaram a substituição do grão de milho pelo grão de milheto aos níveis de 0; 250; 500; 750 e 1000 g.kg<sup>-1</sup> da MS e observaram redução na concentração de amônia ruminal em dietas de vacas holandesas lactantes. Gonçalves et al. (2010) também verificaram redução na concentração de amônia ruminal com a substituição do grão de milho pelo grão de milheto aos níveis de 0, 500 e 1000 g.kg<sup>-1</sup> da MS de dietas fornecidas a novilhos Nelore, segundo os autores este resultado está relacionado com a menor inclusão de farelo de soja nas dietas com milheto, ingrediente com maior teor de proteína degradável no rúmen. No presente estudo, o farelo de soja foi retirado da formulação na dieta à base de milheto, devido ao alto conteúdo proteico do milheto, o que pode ter reduzido a degradabilidade ruminal da proteína, fato que pode ter comprometido o crescimento microbiano, reduzindo o CDAFDN.

Satter e Slyter (1974) recomendam uma concentração de N-NH<sub>3</sub> ruminal de 5mg/dl para suportar a atividade celulolítica, pois a digestão da parede celular requer uma população microbiana ativa com capacidade para digerir seus constituintes (Paulino et al., 2004). Segundo Silva (2012), o efeito da inclusão do milheto nas dietas sobre a redução no teor de amônia ruminal verificado nos trabalhos pode estar relacionada também à maior proporção de NIDN e NIDA presentes no milheto em relação ao milho. Portanto, neste estudo, não foi realizada a avaliação das concentrações de amônia ruminal, mas a redução da proteína degradável no rúmen pelo uso do milheto em substituição ao farelo de soja em adição às maiores concentrações de NIDN e NIDA da dieta à base de milheto pode ter sido relevantes para afetar o aproveitamento das frações fibrosas na dieta com milheto.

A inclusão da glicerina bruta na dieta não alterou ( $P>0,05$ ) o CDAFDN (Tabela 6), resultado concordante com outros trabalhos (Ávila-Stagno et al., 2012; Wilbert et al., 2013; Maciel, 2014) em que a inclusão da glicerina bruta não afetou o aproveitamento das frações fibrosas. Este resultado é interessante, pois têm se constatado em alguns trabalhos que a utilização da glicerina bruta na dieta pode levar a possíveis efeitos deletérios no crescimento e na atividade celulolítica de bactérias e fungos ruminais (Roger et al., 1992; Abo El-Nor et al., 2010), reduzindo a digestão da fibra.

Resultados constatados por Krueger et al. (2010), em que  $200 \text{ g.kg}^{-1}$  da glicerina bruta na dieta não causou efeitos negativos na digestibilidade da FDN, porém, segundo estes autores, acima de  $200 \text{ g.kg}^{-1}$  de glicerina bruta pode afetar negativamente a digestão da fração fibrosa, fato confirmado pela redução na taxa de fermentação ruminal e alteração do perfil de ácidos graxos de cadeia curta. Abughazaleh et al. (2010) verificaram que até  $150 \text{ g.kg}^{-1}$  de glicerina bruta em substituição ao milho na matéria seca da dieta não provocou efeitos adversos no processo de fermentação ou nas bactérias ruminais. Porém, níveis mais elevados de substituição de 300 e  $450 \text{ g.kg}^{-1}$  foram associados à redução de acetato e de populações de bactérias fibrolíticas (*Butyrivibrio fibrisolvens*) e não fibrolíticas (*Selenomonas ruminantium*).

Outro fator relevante para o uso do milheto e da glicerina bruta na alimentação de bovinos confinados é que a sua utilização em substituição integral e parcial, respectivamente, não alterou ( $P>0,05$ ) o valor de NDT das dietas. A glicerina é altamente energética em função dos níveis de glicerol em sua composição e quando incluída na dieta pode suprir a demanda energética dos animais, apresentando valor de energia semelhante ao do milho (Mach et al., 2009).

O glicerol ou o propionato absorvido ao chegarem ao fígado serão transformados em glicose pela via da gliconeogênese, o que representa vantagem metabólica porque

entra na rota gliconeogênica ao nível de triose fosfato, metabolicamente mais próximo à glicose, local diferente de outros precursores glicogênicos (DeFrain et al., 2004). Portanto, o glicerol não depende das enzimas piruvato carboxilase ou fosfoenolpiruvato carboxilase, para ser convertido em glicose via glicerol quinase. Desta forma, a glicerol quinase converte glicerol e ATP a glicerol-3-fosfato e ADP, uma fase intermediária onde glicerol é direcionado ou para gliconeogênese ou para glicólise (DeFrain et al., 2004). Portanto, a alimentação com glicerina pode melhorar a eficiência energética da dieta (Donkin et al., 2009; Se-Young Lee et al., 2011).

Quanto ao milheto, Hill et al. (1996) trabalhando com bovinos de corte e Terrill et al. (1998) trabalhando com cabritos constataram que o valor energético do milheto pode corresponder entre 85 a 92% da energia do milho, o que deve estar relacionado ao menor teor de amido (Huntington et al., 1997; Ribeiro et al., 2004) e de CNF do milheto em relação ao milho como constatado por Silva et al. (2014). Porém, resultados constatados por Bergamaschine et al. (2011) trabalhando com bezerros MOL sugerem que o valor energético do milheto seja semelhante ao do milho, já que os níveis de milheto nas dietas não influenciaram os valores de NDT, resultados que corroboram com os deste estudo.

Os grupos genéticos avaliados não influenciaram ( $P>0,05$ ) o CDAMS, CDAPB, CDAEE, CDAFDN, CDACNF e valores de NDT das dietas (Tabela 6). As diferenças entre os genótipos proporcionaram diferenças na capacidade seletiva dos componentes das dietas experimentais, o que pode justificar os similares coeficientes de digestibilidade aparente dos nutrientes. Gonçalves et al. (1991) avaliaram os efeitos de diferentes genótipos no consumo e digestibilidade aparente da MS, e observaram que apesar do menor consumo voluntário dos animais Nelore em relação aos MOL ( $\frac{1}{2}$  Holandês-zebu,  $\frac{3}{4}$  Holandês-zebu), a digestibilidade da MS não foi maior nestes animais, em função da seleção praticada pelos Nelore, preferindo a parte mais volumosa da dieta, justificando os

similares CDAMS entre os genótipos, já que os componentes fibrosos são preponderantes na digestibilidade dos nutrientes (Van Soest, 1994).

Não foi verificada interação ( $P>0,05$ ) entre as dietas testadas e os grupos genéticos para peso final (PF), ganho de peso diário (GPD) e total (GPT) e conversão alimentar (CA) (Tabela 7). As referidas variáveis de desempenho também não sofreram efeito ( $P>0,05$ ) das dietas experimentais (Tabela 7). Apesar das variações no consumo dos nutrientes, o GPD dos animais alimentados com milheto e com glicerina bruta foi semelhante ( $P>0,05$ ) ao dos animais alimentados com dieta padrão. Essa diferença no consumo de nutrientes entre as dietas, não foi suficiente para que houvesse diferença na CA dos animais. Pode-se inferir com tais resultados que a utilização do milheto e da glicerina bruta como fontes energéticas alternativas ao milho foram eficientes, pois permitiram desempenhos semelhantes aos proporcionados pela dieta à base de milho.

Os resultados deste trabalho corroboram com os de Bergamaschine et al. (2011), em que a substituição do milho pelo milheto (0; 23; 49; 80 e 96% da matéria natural no concentrado) não alterou o GPD e a CA de novilhos Guzerá em confinamento, e apresentou valor médio de  $1,0 \text{ kg.d}^{-1}$  de GPD. Segundo estes autores ainda, estes resultados sugerem que o milheto tem valor equivalente ao do milho, e pode substituir ainda o ingrediente proteico nas rações. No presente estudo, o milheto substituiu o milho e o farelo de soja integralmente, fato que pode ser relevante para a redução no custo dos concentrados.

Conforme Leão et al. (2012), a inclusão da glicerina bruta até  $240 \text{ g.kg}^{-1}$  da MS nas dietas não alterou o consumo e desempenho de vacas e novilhos de aptidão leiteira em confinamento. Maciel (2014) em experimento com novilhos de origem leiteira, não verificou alteração no desempenho dos animais com o aumento dos níveis de glicerina bruta (0, 80, 160 e  $240 \text{ g.kg}^{-1}$  da MS) na dieta. Mach et al. (2009) recebendo dietas de alto

concentrado, não observaram alteração no GPD de touros Holandeses alimentados com dietas contendo níveis de até 120 g.kg<sup>-1</sup> da MS, com valor médio de 1,36 kg.d<sup>-1</sup>, valor superior ao deste estudo. Outros trabalhos com bovinos (Bartoň et al., 2013; van Cleef et al., 2014) também não verificaram alteração no desempenho dos animais com a utilização do referido subproduto na dieta.

Tabela 7 - Variáveis de desempenho de tourinhos de diferentes grupos genéticos alimentados com dietas à base de milho, milho ou com inclusão de glicerina bruta

Item	GG <sup>1</sup>	Dietas experimentais			Média	Valor-P			CV <sup>4</sup> (%)
		Padrão	GB <sup>2</sup>	Milho		Dieta	GG	I <sup>3</sup>	
Peso inicial (kg)	Nelore	332,88	333,90	331,25	332,68				
	Mestiço	327,50	326,00	302,75	318,75	-	-	-	-
	Média	330,19	329,95	317,00	325,71				
Peso final (kg)	Nelore	410,61	431,00	420,30	420,64				
	Mestiço	444,68	438,36	413,05	432,03	0,611	0,449	0,522	8,46
	Média	427,64	434,68	416,67	426,33				
Ganho de peso diário (g.d <sup>-1</sup> )	Nelore	0,93	1,16	1,06	1,05b				
	Mestiço	1,39	1,34	1,31	1,35a	0,686	0,002	0,356	16,91
	Média	1,16	1,25	1,19	1,20				
Ganho de peso total (kg)	Nelore	77,35	97,10	89,05	87,96b				
	Mestiço	117,18	112,36	110,30	113,28a	0,686	0,002	0,356	16,91
	Média	97,46	104,73	99,67	100,62				
Conversão alimentar (kg MS.kg <sup>-1</sup> PV) <sup>5</sup>	Nelore	6,40	6,35	5,97	6,24				
	Mestiço	6,12	5,89	5,61	5,87	0,744	0,479	0,989	20,71
	Média	6,26	6,12	5,79	6,06				

<sup>1</sup>GG, grupo genético; <sup>2</sup>GB, glicerina bruta; <sup>3</sup>Interação entre dieta e grupo genético; <sup>4</sup>CV, coeficiente de variação. Letras diferentes entre si na coluna diferem a 5% de significância.

Os tourinhos MOL não apresentaram diferenças ( $P>0,05$ ) no PF em relação aos tourinhos Nelore (Tabela 7). É importante considerar que a variação no PI dos animais foi pequena (4,38%), apesar da diferença de idade entre os grupos genéticos, não

alterando o PF dos animais entre os genótipos. A falta de variação para o PF pode ser atribuída, portanto, às características inerentes às raças, que interferem no potencial de crescimento dos animais. Costa et al. (2007) observaram semelhança no peso de abate entre Nelore e  $\frac{1}{2}$ Nelore x Holandês, e justificaram tal fato às pequenas diferenças observadas no tamanho do trato gastrintestinal dos animais Nelore e seus mestiços e ao potencial genético de crescimento semelhante entre estes animais.

O maior GPD ( $P < 0,05$ ) dos tourinhos MOL em relação aos Nelore (Tabela 7), se deve ao maior ( $P < 0,05$ ) CMS expresso em  $\text{kg.d}^{-1}$  dos tourinhos MOL em todas as dietas experimentais (Tabela 3). Os animais MOL apresentaram GPT superior ( $P < 0,05$ ) aos animais Nelore (Tabela 7), resultados que podem ser explicados pelo maior GPD dos animais MOL em relação aos animais Nelore.

Os tourinhos MOL consumiram em média 25% mais MS que os Nelore, o que resultou em 28,58% a mais no GPD dos MOL. Portanto, a CA dos animais foi similar ( $P > 0,05$ ) entre os grupos genéticos avaliados (Tabela 7), fato explicado pelo aumento do GPD ter sido acompanhado por aumento similar no CMS. Rocha Júnior et al. (2010) avaliaram dois grupos genéticos, Nelore e mestiços ( $\frac{1}{2}$ Holandês $\frac{1}{4}$ Gir $\frac{1}{4}$ Nelore), e não observaram diferença significativa no peso final e ganho de peso diário (1,28 kg) entre os grupos genéticos. Animais originários de rebanhos leiteiros apresentam boa habilidade de ganho de peso e bom desempenho (Velloso et al., 1975), principalmente se utilizados em sistema de confinamento em dietas de alto concentrado, pois estes animais possuem elevadas exigências nutricionais.

Deve-se destacar que os tourinhos MOL utilizados no trabalho, na fase de cria receberam devidamente o colostro após o nascimento, 4 litros de colostro e/ou leite de transição nos três primeiros dias, após este período, leite integral, e a partir da 2ª semana de vida receberam além do leite integral, rações concentradas. Este tratamento é diferente

ao que os bezerros MOL recebem na maioria das propriedades leiteiras do Brasil, que se não descartados ou sacrificados, são criados em condições precárias, pois os machos concorrem com a própria atividade (Lima et al., 2013). Desta forma, estes animais são geralmente submetidos à restrição nutricional na fase inicial de cria, tendo seu crescimento retardado, o que pode comprometer permanentemente seu desenvolvimento posterior (Ryan, 1990). Portanto, pode-se constatar com os resultados do trabalho que estes animais possuem potencial para produção de carne em confinamento recebendo dietas com 90% de concentrado, se bem manejados na fase de cria, o que pode resultar em maior eficiência do sistema em função do menor preço de aquisição destes animais em comparação aos animais de raça de corte padrão como os Nelore.

O valor médio de GPD dos animais Nelore ficou próximo aos valores encontrados por Marcondes et al. (2011) e Souza et al. (2009), de 1,12 e 1,16 kg.d<sup>-1</sup>, respectivamente. Maciel (2014), trabalhando com novilhos MOL confinados com dietas de alto concentrado contendo níveis de glicerina bruta de até 240 g.kg<sup>-1</sup> da MS, observou valor médio de GPD de 1,39 kg.d<sup>-1</sup>, próximo ao do presente estudo para MOL.

### **Conclusões**

A inclusão da glicerina bruta ao nível de 119 g.kg<sup>-1</sup> da matéria seca e o milho em substituição integral ao milho nas dietas pode ser realizada, pois não alteram o desempenho produtivo dos animais confinados. O milho pode também substituir parcialmente os componentes proteicos das dietas, sugerindo-se, portanto, como fator de decisão do seu uso, o custo e a disponibilidade do milho.

Animais mestiços de origem leiteira, quando bem manejados na fase de cria, possuem potencial para produção de carne em confinamento, podendo ser utilizados em alternativa aos animais da raça Nelore para terminação em confinamento recebendo dietas com 90% de concentrado.

### Referências bibliográficas

- Abo El-Nor, S.; Abughazaleh, A. A.; Potu, R. B.; Hastings, D. and Khattab, M. S. A. 2010. Effects of differing levels of glycerol on rumen fermentation and Bacteria. *Animal Feed Science and Technology* 162:99-105.
- Abughazaleh, A. A.; Abo El-Nor, S. and Ibrahim S. A. 2010. The effect of replacing corn with glycerol on ruminal bacteria in continuous culture fermenters. *Journal of Animal Physiology and Animal Nutrition* 95:313–319.
- AOAC - Official Methods of Analysis. 1995. Assoc. Off. Anal. Chem. Arlington, VA. 16th ed.
- Ávila-Stagno, J.; Chaves, A. V.; He, M. L.; Harstad, O. M.; Beauchemin, K. A.; McGinn, S. M. and McAllister, T. A. 2012. Effects of increasing concentrations of glycerol in concentrate diets on nutrient digestibility, methane emissions, growth, fatty acid profiles, and carcass traits of lambs. *Journal of Animal Science* 91:829-837.
- Backes, A. A.; Paulino, M. F.; Alves, D. D. F.; Rennó, L. N.; Valadares Filho, S. de C. e Lana, R. de P. 2006. Tamanho relativo dos órgãos internos e do trato gastrointestinal de bovinos Zebu e mestiços leiteiros em sistema de recria. *Ciência Rural* 36:594-598.
- Bartoň, L.; Bureš, D.; Homolka, P.; Marounek, M. and Řehák, D. Effects of long-term feeding of crude glycerine on performance, carcass traits, meat quality, and blood and rumen metabolites of finishing bulls. *Livestock Science*. 2013. Disponível em: <<http://dx.doi.org/10.1016/j.livsci.2013.04.010i>>. Acesso em: Set. 15. 2013.
- Bergamaschine, A. F.; Freitas, R. L.; Filho, W. V.; Bastos, J. F. P.; Mello, S. Q. S. e Campos, Z. R. 2011. Substituição do milho e farelo de algodão pelo milheto no concentrado da dieta de novilhos em confinamento. *Revista Brasileira de Zootecnia* 40:154-159.
- Berry, G. 2007. Effects of Feeding Glycerol with Different Levels of Non-Fiber Carbohydrates. College of Food, Agricultural, and Environmental Sciences. The Ohio State University. Columbus, Ohio.
- Boyd, J.; Bernard, J. K. and West, J. W. 2013. Effects of feeding different amounts of supplemental glycerol on ruminal environment and digestibility of lactating dairy cows. *Journal of Dairy Science* 96:470–476.
- Bulle, M. L. M.; Ribeiro, F. G.; Leme, P. R.; Titto, E. A. L e Lanna, D. P. D. 2002. Desempenho de Tourinhos Cruzados em Dietas de Alto Teor de Concentrado com Bagaço de Cana-de-Açúcar como Único Volumoso. *Revista Brasileira de Zootecnia* 31:444-450.
- Casali, A. O.; Detmann, E.; Valadares Filho, S. C.; Pereira, J. C.; Henriques, L. T., Freitas, S. G. e Paulino, M. F. 2008. Influência do tempo de incubação e do tamanho de partículas sobre os teores de compostos indigestíveis em alimentos e fezes bovinas obtidos por procedimentos in situ. *Revista Brasileira de Zootecnia* 37: 335-342.

- Cochran, R. C.; Adams, D. C.; Wallace, J. D. and Galyean, M. L. 1986. Predicting digestibility diets with internal markers: evaluation of four potential markers. *Journal of Animal Science* 63:1476-1483.
- Costa, D.; Abreu, J. B. R.; Mourão, R. C.; Silva, J. C. G.; Rodrigues, V. C.; Sousa, J. C. D. e Marques, R. A. F. S. 2007. Características de carcaça de novilhos inteiros Nelore x Holandês. *Ciência Animal Brasileira* 8: 687-696.
- DeFrain, J. M.; Hippen, A. R.; Kalscheur, K. F. and Jardon, P. W. 2004. Feeding glycerol to transition dairy cows: Effects on blood metabolites and lactation performance. *Journal of Dairy Science* 87: 4195-4206.
- Donkin, S. S. 2008. Glycerol from Biodiesel Production: The New Corn for Dairy Cattle. *Revista Brasileira de Zootecnia* 37:280-286 (Suplemento especial).
- Donkin, S. S.; Koser, S. L.; White, H. M.; Doane, P. H. and Cecava, M. J. 2009. Feeding value of glycerol as a replacement for corn grain in rations fed to lactating dairy cows. *Journal Dairy Science* 92:5111-5119.
- Elam, N. A.; Eng, K. S.; Bechtel, B.; Harris, J. M. and Crocker, R. 2008. Glycerol from Biodiesel Production: Considerations for feedlot diets. *Proceedings of the Southwest Nutrition Conference, Tempe AZ, 21.*
- Farias, M. S.; Prado, I. N.; Valero, M. V.; Zawadzki, F.; Silva, R. R.; Eiras, C. E.; Rivaroli, D. C. e Lima, B. S. 2012. Níveis de glicerina para novilhas suplementadas em pastagens: desempenho, ingestão, eficiência alimentar e digestibilidade. *Ciência Agrônômica* 33:1177-1188.
- Ferrell, C. L.; Garrett, W. N. and Hinman N. 1976. Estimation of body composition in pregnant and non-pregnant heifers. *Journal of Animal Science* 42:1158-1166.
- Gonçalves, L. C.; Coelho Da Silva, J. F.; Estevão, M. M. e Torres, R. A. 1991. Consumo e digestibilidade da matéria seca e da energia em zebuínos e taurinos, seus mestiços e bubalinos. *Revista da Sociedade Brasileira de Zootecnia* 20:384-395.
- Gonçalves, J. R. S.; Pires, A. V.; Susin, I.; Lima, L. G.; Mendes, C. Q. e Ferreira, E. M. 2010. Substituição do grão de milho pelo grão de milheto em dietas contendo silagem de milho ou silagem de capim-elefante na alimentação de bovinos de corte. *Revista Brasileira de Zootecnia* 39:2032-2039.
- Gott, P. N. and Eastridge, M. L. 2010. Variation in the chemical composition of crude glycerin. In: *Proceedings Tri-State Dairy Nutrition Conference. Ohio State University Extension.*
- Gunn, P. J.; Schultz, A. F.; Van Emon, M. L.; Neary, M. K.; Lemenager, R. P.; Rusk, C. P. and Lake, S. L. 2010. Effects of elevated crude glycerin concentrations on feedlot performance, carcass characteristics, and serum metabolite and hormone concentrations in finishing ewe and wether lambs. *The Professional Animal Scientist* 26: 298-306.

- Heinrichs, A.J. and Kononoff, P.J. 2002. Evaluating particle size of forages and TMRs using the new Penn State Forage Particle Separator. Technical Bulletin. College of Agriculture Science, Cooperative Extension. DAS 02-42.
- Hill, G. M. and Hanna, W. W. 1990. Nutritive characteristics of pearl millet grain in beef cattle diets. *Journal of Animal Science* 68:2061-2066.
- Hill, G. M.; Newton, G. L.; Streeter, M. N.; Hanna, W. W.; Utley, P. R. and Mathis, M. J. 1996. Digestibility and utilization of pearl millet diets fed to finishing beef cattle. *Journal of Animal Science* 74:1728-1735.
- Hunter, R. A. and Siebert, B. D. 1985. Utilization of low-quality roughage by *Bos taurus* and *Bos indicus* cattle: I. rumen digestion. *British Journal of Nutrition* 53:637-648.
- Huntington, G. B. 1997. Starch utilization by ruminants: From basics to the bunk. *Journal of Animal Science* 75:852-867.
- Krueger, N. A.; Anderson, R. C.; Tedeschi, L. O.; Callaway, T. R.; Edrington, T. S. and Nisbet, D. J. 2010. Evaluation of feeding glycerol on free-fatty acid production and fermentation kinetics of mixed ruminal microbes in vitro. *Bioresearch Technology* 101:8469-8472.
- Leão, J. P.; Neiva, J. N. M.; Restle, J. Paulino, P. V. R.; Santana, A. E. M.; Miotto, F. R. C. e Missio, R. L. 2012. Consumo e desempenho de bovinos de aptidão leiteira em confinamento alimentados com glicerol. *Ciência Animal Brasileira* 13:421-428.
- Lima, P. O.; Cândido, M. J. D.; Monte, A. L. S.; Lima, R. N.; Miranda, M. V. F. G.; Aquino, R. M. S.; Moreira, R. H. R. e Leite, H. M. S. 2013. Características de carcaça e componentes de peso vivo de bezerros recebendo diferentes dietas líquidas. *Ciência Rural* 43:2056-2062.
- Mach, N.; Bach, A. and 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.
- Maciel, R. P. Glicerina bruta na alimentação de machos de Origem Leiteira. 2014. Tese (D.Sc.). Universidade Federal do Tocantins. Araguaína.
- Marcondes, M. I.; Valadares Filho, S. C.; Oliveira, I. M.; Paulino, P. V. R.; Valadares, R. F. D. e Detmann, E. 2011. Eficiência alimentar de bovinos puros e mestiços recebendo alto ou baixo nível de concentrado. *Revista Brasileira de Zootecnia* 40:1313-1324.
- Mertens, D. R. 1987. Predicting intake and digestibility using mathematical models of ruminal function. *Journal of Animal Science* 64:1548-1558.
- Mertens, D. R. 1996. Using fiber and carbohydrate analyses to formulate dairy rations. Informational Conference with Dairy and Forages Industries. US Dairy Forage Research Center.
- Mertens, D. R. 1997. Creating a system for meeting the fiber requirements of dairy cows.

Journal Dairy Science 80:463-1481.

Moore, R. L.; Essig, H. W. and Smithson, L. J. 1975. Influence of breeds of beef cattle on ration utilization. *Journal of Animal Science* 41:203-207.

Moriel P.; Nayigihugu V.; Cappelozza, B. I.; Gonçalves, E. P.; Krall, J. M.; Foulke, T.; Cammack, K. M. and Hess, B. W. 2011. Camelina meal and crude glycerin as feed supplements for developing replacement beef heifers. *Journal of Animal Science* 89:4314-4324.

Mustafa, A. F. 2010. Short communication: Performance of lactating dairy cows fed pearl millet grain. *Journal of Dairy Science* 93:733-736.

Nascimento, M. L.; Paulino, M. F.; Detmann, E.; Valadares Filho, S. C.; Porto, M. O. e Sales, M. F. L. 2009. Fontes de energia em suplementos múltiplos para recria de novilhos mestiços em pastejo durante o período de transição seca/águas: desempenho produtivo e características nutricionais. *Revista Brasileira de Zootecnia* 38:1133-1141.

NRC - National Research Council. Nutrient requirements of beef cattle. 2000. National Academy Press, Washington, D.C.

Owens, F. N.; Secrist, D. S.; Hill, W. J. and Gill, D. R. 1998. Acidosis in cattle: a review. *Journal of Animal Science* 76:275-286.

Parsons, G. L.; Shelor, M. K. and Drouillard, J. S. 2009. Performance and carcass traits of finishing heifers fed crude glycerin. *Journal of Animal Science* 87: 653-657.

Paulino, M. F.; Figueiredo, D. M.; Moraes, E. H. B. K.; Porto, M. O.; Sales, M. F. L.; Acedo, T. S.; Villela, S. D. J. e Valadares Filho, S. C. 2004. Suplementação de bovinos em pastagens: uma visão sistêmica. p.93-144. In: Anais do Simpósio de Produção de Gado de Corte, Viçosa, Minas Gerais.

Peron, A. J.; Fontes, C. A. A.; Lana, R. P.; Silva, D. J.; Queiroz, A. C. e Paulino, M. 1993. Tamanho dos órgãos internos e distribuição da gordura corporal em novilhos de cinco grupos genéticos, submetidos à alimentação restrita e “*ad libitum*”. 1993. *Revista Brasileira de Zootecnia* 22:813-819.

Rémond, B., Souday, E. and Jouany, J. P. 1993. In vitro and in vivo fermentation of glycerol by rumen microbes. *Animal Feed Science Technology* 41:121-132.

Rennó, L N.; Valadares Filho, S. C.; Valadares, R. F. D.; Cecon, P. R.; Backes, A. A.; Rennó, F. P.; Alves, D. D. e Silva, P. A. 2005. Níveis de Uréia na Ração de Novilhos de Quatro Grupos Genéticos: Consumo e Digestibilidades Totais. *Revista Brasileira de Zootecnia* 34:1775-1785.

Ribeiro, C. V. Di M.; Pires, A. V.; Simas, J. M. C.; Santos, F. A. P.; Susin, I. e Júnior, R. C. O. 2004. Substituição do grão de milho pelo milheto (*Pennisetum americanum*) na dieta de vacas holandesas em lactação. *Revista Brasileira de Zootecnia* 33:1351-1359.

- Rivaldi, J. D.; Sarroub, B. F.; Fiorilo, R. e Silva, S. S. 2007. Glicerol de biodiesel: Estratégias biotecnológicas para o aproveitamento do glicerol gerado da produção de biodiesel. *Biotecnologia. Ciência e Tecnologia* 37:44-51.
- Rocha Júnior, V. R.; Silva, F. V.; Barros, R. C.; Reis, S. T.; Costa, M. D.; Souza, A. S.; Caldeira, L. A.; Oliveira, T. S. e Oliveira, L. L. S. 2010. Desempenho e características de carcaça de bovinos Nelore e Mestiços terminados em confinamento. *Revista Brasileira de Saúde e Produção Animal* 11:865-875.
- Roger, V.; Fonty, G.; André, C. and Gouet, P. 1992. Effects of glycerol on the growth, adhesion and cellulolytic bacteria and anaerobic fungi. *Current Microbiology* 25:197-201.
- Ryan, W. J. 1990. Compensatory growth in cattle and sheep. *Nutrition Abstracts and Reviews* 60:653-664.
- Satter, L. D. and Slyter, L. L. 1974. Effect of ammonia concentration on rumen microbial protein production in vitro. *British Journal Nutrition* 32:199-208.
- Se-Young Lee, S.-Y.; Lee, S.-M., Cho, Y.-B.; Kam, D.-K.; Lee, S.-C.; Kim, C.-H. and Seo, S. 2011. Glycerol as a feed supplement for ruminants: In vitro fermentation characteristics and methane production. *Animal Feed Science and Technology* 166–167 (2011) 269–274.
- Shin, J. H.; Wang, D.; Kim, S. C.; Adesogan, A. T. and Staples, C. R. 2012. Effects of feeding crude glycerin on performance and ruminal kinetics of lactating Holstein cows fed corn silage- or cottonseed hull-based, low-fiber diets. *Journal of Dairy Science* 95:4006-4016.
- Signoretti, R. D.; Araújo, G. G. L.; Silva, J. F. C.; Valadares Filho, S. C.; Cecon, P. R. e Ferreira, M. A. 1999. Características Quantitativas das Partes do Corpo Não-Integrantes da Carcaça Animal e Desenvolvimento do Trato Gastrointestinal de Bezerros da Raça Holandesa Alimentados com Dietas Contendo Quatro Níveis de Concentrado. *Revista Brasileira de Zootecnia* 28:875-882.
- Silva, A. H. G. Substituição do milho por milheto na dieta de novilhos mestiços terminados em confinamento. 2012. Dissertação (M.Sc.). Universidade Federal de Goiás. Goiânia.
- Silva, A. H. G.; Restle, J.; Missio, R. L.; Bilego, U. O.; Fernandes, J. J. R.; Rezende, P. L. P.; Silva, R. M.; Pereira, M. L. R. e Lino, F. A. 2014. Milheto em substituição ao milho na dieta de novilhos confinados. *Ciências Agrárias* 35:2077-2094.
- Sniffen, C. J.; O'Connor, J. D.; Van Soest, P. J.; Fox, D. G. and Russel, 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.
- Solis, J. C.; Byers, F. M.; Schelling, G. T.; Long, C. R. and Greene, L. W. 1988. Maintenance requirements and energetic efficiency of cows of different breed types. *Journal of Animal Science* 66:764-773.

- Souza, A. R. D. L.; Medeiros, S. R.; Morais, M. G.; Oshiro, M. M. e Torres Jr., R. A. A. 2009. Dieta com alto teor de gordura e desempenho de tourinhos de grupos genéticos diferentes em confinamento. *Pesquisa Agropecuária Brasileira* 44:746-753.
- Trabue, S.; Scoggin K.; Tjandrakusuma S.; Rasmussen, M. A. and Reilly, P. J. 2007. Ruminant Fermentation of Propylene Glycol and Glycerol. *Journal Agriculture and Food Chemistry* 55:7043-7051.
- Terrill, T. H., Gelaye, S., Amoah, E. A.; Kouakou, B.; Gates, R. N. and Hanna, W. W. 1998. Protein and energy value of pearl millet grain for mature goats. *Journal of Animal Science* 76:1964–1969.
- Van Cleef, E. H. C. B.; Ezequiel, J. M. B.; D`Aurea, A. P.; Fávoro, V. R. and Sancanari, J. B. D. 2014. Crude glycerin in diets for feedlot Nellore cattle. *Revista Brasileira de Zootecnia* 43:86-91.
- Van Soest, P. J. 1994. *Nutritional ecology of the ruminant*. Cornell University. 2. ed.
- Velloso, L.; Silva, L. R. M.; Boin, C. 1975. Desenvolvimento de bovinos mestiços holandeses inteiros e castrados, em regime de confinamento e as características das carcaças. *Boletim da Indústria Animal* 32:37-45.
- Wilbert, C. A.; Prates, Ê. R.; Barcellos, J. O. J. and Schafhäuser, J. 2013. Crude glycerin as an alternative energy feedstuff for dairy Cows. *Animal Feed Science and Technology* 183:116–123.

**CAPÍTULO V - Características da carcaça e da carne de tourinhos de diferentes genótipos alimentados com glicerina bruta ou milho como fontes energéticas**

O CONTEÚDO DESTE CAPÍTULO SEGUE AS NORMAS DE FORMATAÇÃO  
DA REVISTA BRASILEIRA DE ZOOTECNIA

## **Características da carcaça e da carne de tourinhos de diferentes genótipos alimentados com glicerina bruta ou milho como fontes energéticas**

**RESUMO:** Objetivou-se avaliar as características da carcaça e da carne de tourinhos de diferentes genótipos alimentados com glicerina bruta ou milho nas dietas. Foram utilizados 12 tourinhos Nelore e 12 mestiços de origem leiteira (MOL), com peso médio inicial de  $332,7 \pm 30,08$  kg e  $318,8 \pm 26,97$  kg, respectivamente, distribuídos em delineamento inteiramente casualizado, com arranjo fatorial 3x2 (dieta à base de milho, com inclusão de glicerina bruta a  $119 \text{ g.kg}^{-1}$  da matéria seca e com milho, e dois grupos genéticos). Não houve interação das dietas com os grupos genéticos sobre as características da carcaça e carne, com exceção da espessura de gordura em relação ao peso de carcaça fria e do perímetro de braço. As dietas experimentais não influenciaram as características da carcaça e da carne. O peso de abate, peso e rendimento de carcaça quente e espessura de gordura subcutânea não foram influenciados pelos genótipos, com valores médios de 426,33 kg; 231,5 kg; 54,19% e 2,91 mm, respectivamente. MOL apresentaram maior percentual de traseiro especial e ponta de agulha, e animais Nelore, maior percentual de dianteiro. Carcaças de MOL apresentaram maior composição em músculos, e as de Nelore, maior composição em gordura, sendo que o tecido ósseo e a área do músculo *Longissimus dorsi* (ALD) não foram alterados, com média para ALD de  $63,94 \text{ cm}^2$ . A utilização da glicerina bruta ( $119 \text{ g.kg}^{-1}$  da matéria seca) e do milho nas dietas pode ser realizada, pois não altera as características da carcaça e da carne de bovinos. Tourinhos MOL possuem potencial de serem utilizados para produção de carne, pois proporcionam características da carcaça e da carne satisfatórias, quando terminados em confinamento com dietas de alto concentrado, e podem ser uma alternativa aos animais Nelore.

**Palavras-chave:** biodiesel, gordura, mestiços leiteiros, Nelore, peso de abate, rendimento de carcaça

**Carcass characteristics and meat of young bulls of different genotypes fed with  
crude glycerin or pearl millet as energetics source**

**ABSTRACT:** The objective was to evaluate the characteristics of carcass and meat of bulls of different genotypes fed with crude glycerin or pearl millet in the diets. Were used twelve Nellore and twelve crossbred dairy young bulls with an average weight of  $332.7 \pm 30.08$  kg and  $318.8 \pm 26.97$  kg, respectively, and distributed in a completely randomized design with a 3x2 factorial arrangement (diets with corn or standard, with crude glycerin and with pearl millet and 2 genetic groups). No observed was interaction of diets with genetic groups on the characteristics of carcass with exception of subcutaneous fat thickness in relation to cold carcass weight and perimeter of arm. The experimental diets no influenced the characteristics of carcass and meat. The slaughter weight, dressing percentage and weight hot carcass, subcutaneous fat thickness did not were altered by the genetics groups, with average values of 426.33 kg; 231.5 kg; 54.19% and 2.91 mm, respectively. Crossbred dairy bulls showed higher percentage of hindquarter and spare ribs, while Nellore bulls, higher forequarter. Carcasses of crossbred bulls showed higher composition in muscle, and carcasses of Nellore higher percentage of body fat, while the bone tissue and *Longissimus dorsi* muscle area were not altered, with average value of *Longissimus dorsi* area of 63.94 cm<sup>2</sup>. The crude glycerin (119 g.kg<sup>-1</sup> of dry matter) and the pearl millet can be used in diets of livestock, because characteristics of carcass and meat have not altered. Crossbred dairy bulls have potential of being used to meat production, as they provide characteristics of carcass and meat satisfactory, when finished in feedlot with high-concentrate diets, and can be used in alternative as animals Nellore.

**Key-words:** biodiesel, body fat, crossbred dairy, dressing percentage, Nellore, slaughter weight

## Introdução

A crescente demanda por proteína de origem animal, notadamente carne bovina, requer cada vez mais a busca por estratégias como a terminação dos animais em confinamento, sistema que reduz a idade ao abate dos animais e permite produzir carnes de melhor qualidade (Restle et al., 1999a; Vaz e Restle, 2000). Apesar destas vantagens, o sistema extensivo ainda representa mais de 90% do total dos sistemas de produção de carne no Brasil (Anualpec, 2013). Um dos entraves para a expansão da terminação em confinamento é o custo de produção, em que grande parcela é representada pela alimentação, principalmente quando se utiliza alta proporção de grãos na dieta.

Dentro deste contexto, é fundamental a busca por alternativas alimentares que viabilizem a produção, com redução dos custos da atividade. Das possíveis fontes energéticas alternativas ao milho nas dietas, destaca-se a glicerina bruta e o milheto, em função do elevado valor energético destes ingredientes (DeFrain et al., 2004; Terrill et al., 1998).

A glicerina bruta é resultante do processo de transesterificação dos óleos vegetais, processo mais comum de produção do biodiesel. Com o aumento na produção do biodiesel no mundo, haverá um excedente de glicerina bruta no mercado, já que para cada 90 m<sup>3</sup> de biodiesel produzido são gerados 10 m<sup>3</sup> de glicerina (Mota et al., 2009). Diversas pesquisas têm sido realizadas para verificar os efeitos da inclusão da glicerina bruta nas dietas de ruminantes (Wang et al., 2009; Lage et al., 2010; Moriel et al., 2011).

O milheto (*Pennisetum americanum*), normalmente utilizado como forrageira ou para cobertura de solos nos sistemas de plantio direto, atualmente vem sendo utilizado na forma de grãos como fonte de energia em substituição ao milho. Hill et al. (1996) e Terrill et al. (1998), encontraram valor energético do milheto entre 80 a 92% ao do milho. Porém, ao considerar o custo do milheto em relação ao milho e sua disponibilidade regional, o

milheto pode ser uma potencial fonte energética alternativa ao milho (Terrill et al., 1998). A utilização do milheto na alimentação de ruminantes tem sido avaliada (Hill e Hanna, 1990; Gonçalves et al., 2010; Bergamaschine et al., 2011; Silva et al., 2014), porém, pesquisas que avaliem os efeitos de sua utilização sobre as características quantitativas e composição física das carcaças, e aspectos qualitativos da carne são escassas.

Dentre os principais fatores que afetam a taxa de crescimento e composição física da carcaça, estão a alimentação e o genótipo, como características mais facilmente manipuláveis (Owens et al., 1995). Deve-se, portanto, considerar e avaliar as respostas dos animais quanto às características de carcaças e carne sob os efeitos destes componentes energéticos alternativos nas dietas, a fim de verificar se estes atendem à demanda por qualidade de carne pelos consumidores.

Há grande diferença na capacidade produtiva entre animais de diferentes genótipos, já que características de tamanho, maturidade e taxa de crescimento podem afetar a quantidade de carne produzida e composição corporal dos animais (Pereira et al., 2009). Conhecer estes aspectos se torna interessante para otimizar os recursos alimentares para cada genótipo (Pereira et al., 2009). Desta forma, objetivou-se avaliar as características de carcaça e carne de tourinhos de diferentes grupos genéticos alimentados com glicerina bruta ou milheto como fontes energéticas alternativas ao milho nas dietas.

### **Material e métodos**

Todos os procedimentos e protocolos utilizados neste experimento estão de acordo com as normas éticas estabelecidas pela Lei de Procedimentos para o Uso Científico de Animais, de 8 de Outubro de 2008, como declarado pela Comissão de Ética em Pesquisa Animal da Universidade Federal do Tocantins (Anexo 2).

O experimento foi conduzido na Escola de Medicina Veterinária e Zootecnia da Universidade Federal do Tocantins, no município de Araguaína, localizado na região

Norte do Tocantins, 07°11'28" de latitude sul e 48°12'26" de longitude oeste, e foi realizado no período de setembro a dezembro de 2011.

Foram avaliadas três dietas experimentais, dieta à base de milho (padrão), dieta com inclusão de glicerina bruta (119 g.kg<sup>-1</sup> da matéria seca) e dieta à base de milho, e dois grupos genéticos, Nelore e mestiços de origem leiteira (MOL). O delineamento foi o inteiramente casualizado, com os tratamentos em arranjo fatorial 3x2, e quatro repetições por tratamento.

As dietas experimentais (Tabela 1) foram formuladas com auxílio do programa RLM 3.2<sup>®</sup>, de forma a serem isoproteicas, sendo o volumoso utilizado a silagem de capim elefante (*Pennisetum purpureum*), na proporção de 100 g.kg<sup>-1</sup> da matéria seca da dieta. A glicerina bruta (GENPA<sup>®</sup> – Glicerol Energético Nutricional para Alimentação Animal) utilizada apresentava 899,2 g.kg<sup>-1</sup> de matéria seca; 11,9 g.kg<sup>-1</sup> de extrato etéreo; 803,5 g.kg<sup>-1</sup> de glicerina bruta; <0,1 g.kg<sup>-1</sup> de metanol, 74,7 g.kg<sup>-1</sup> de cloreto de sódio e densidade de 1,27 g.cm<sup>-3</sup>, era oriunda de óleo de soja e foi fornecida pela empresa Granol S/A. Já o milho utilizado na elaboração das dietas apresentava em sua composição, 865 g.kg<sup>-1</sup> de matéria seca, 135,8 g.kg<sup>-1</sup> de proteína bruta, 58,3 g.kg<sup>-1</sup> de extrato etéreo, 24,9 g.kg<sup>-1</sup> de matéria mineral, 133,8 g.kg<sup>-1</sup> de fibra em detergente neutro, 37,8 g.kg<sup>-1</sup> de fibra em detergente ácido e 647,2 g.kg<sup>-1</sup> de carboidratos não fibrosos.

A dieta foi fornecida na forma de mistura total, sendo realizada a mistura do volumoso e concentrado no cocho, e fornecida uma vez ao dia (10h00min da manhã), de forma que se obtivesse aproximadamente 5% de sobras. Para determinação da composição química das dietas foram coletadas amostras dos alimentos e sobras semanalmente, as quais foram colocadas em sacos plásticos, identificadas e congeladas a -20 °C. Após o término do experimento, as amostras foram descongeladas e homogeneizadas em uma amostra composta, pré-secas em estufa de ar forçado a 55 °C

por 72 horas e trituradas em moinho tipo Willey com malha de 1 mm. As análises bromatológicas foram realizadas no laboratório de Nutrição Animal da Escola de Medicina Veterinária e Zootecnia da Universidade Federal do Tocantins (UFT).

Tabela 1 – Proporção dos ingredientes e composição química da silagem de capim elefante e das dietas experimentais

Ingrediente	Dietas experimentais (g.kg <sup>-1</sup> )		
	Padrão	Glicerina bruta	Milheto
Silagem de capim elefante	102,31	105,45	100,79
Milho moído médio	775,60	627,78	0,00
Farelo de soja a 45%	95,75	124,24	0,00
Glicerina bruta	0,00	119,27	0,00
Milheto	0,00	0,00	872,83
Uréia	7,48	7,45	7,49
Calcário	9,97	9,44	9,99
Sal mineral <sup>1</sup>	5,98	5,96	5,99
Cloreto de Sódio	2,49	0,00	2,50
Rumensin <sup>2</sup>	0,40	0,40	0,40

Composição química (g.kg <sup>-1</sup> )				
Item	Silagem de capim elefante	Padrão	Glicerina bruta	Milheto
Matéria seca <sup>3</sup>	227,33	790,58	763,35	804,54
Matéria orgânica <sup>4</sup>	899,77	964,10	952,76	961,13
Matéria mineral <sup>4</sup>	100,23	35,90	47,24	38,87
Proteína bruta <sup>4</sup>	61,00	134,27	137,82	130,77
Extrato etéreo <sup>4</sup>	14,81	29,26	29,08	35,45
Fibra em detergente neutro <sup>4</sup>	758,25	175,86	177,39	177,68
Fibra em detergente ácido <sup>4</sup>	493,46	78,10	83,29	82,83
Hemicelulose <sup>4</sup>	264,79	97,76	94,11	94,85
Celulose <sup>4</sup>	417,50	56,30	59,90	62,98
Lignina <sup>4</sup>	56,09	15,29	17,01	15,33
NIDN <sup>5</sup>	139,34	70,22	94,52	204,25
NIDA <sup>5</sup>	72,95	31,47	53,17	102,40
Carboidratos não-fibrosos <sup>4</sup>	65,71	624,71	602,38	617,23

<sup>1</sup>Composição: Ca (max) – 269 g.kg<sup>-1</sup>; Ca (min) - 220 g.kg<sup>-1</sup>; P (min) – 160 g.kg<sup>-1</sup>; Mg – 10 g.kg<sup>-1</sup>; S – 15 g.kg<sup>-1</sup>; Zn – 5472 101 mg.kg<sup>-1</sup>; Fe – 2610 mg.kg<sup>-1</sup>; Cu – 2100 g.kg<sup>-1</sup>; Mn – 992 mg.kg<sup>-1</sup>; Co – 200 mg.kg<sup>-1</sup>; I – 124 mg.kg<sup>-1</sup>; Se – 45 mg.kg<sup>-1</sup>; F 102 (max) – 1476 mg; Sol. Fósforo/AC Cítrico 2% max – 90%;

<sup>2</sup>10g.100g<sup>-1</sup> de monensina; <sup>3</sup>g.kg<sup>-1</sup> do alimento; <sup>4</sup>g.kg<sup>-1</sup> da matéria seca; <sup>5</sup>NIDN e NIDA, nitrogênio insolúvel em detergente neutro e nitrogênio insolúvel em detergente ácido em g.kg<sup>-1</sup> do nitrogênio total.

Foram utilizados 12 tourinhos da raça Nelore e 12 tourinhos MOL. Os tourinhos da raça Nelore apresentavam peso médio inicial de  $332,7 \pm 30,08$  kg e 17 meses de idade, enquanto os tourinhos MOL apresentavam peso médio inicial de  $318,8 \pm 26,97$  kg e 12 meses de idade. Os tourinhos Nelore eram oriundos de sistema a pasto e os tourinhos MOL foram criados em sistema semi-intensivo, ambos receberam o colostro devidamente após o nascimento, leite integral nas primeiras semanas de vida, e os MOL receberam além do leite integral, ração concentrada a partir da segunda semana de vida. Antecedendo ao período experimental, os animais foram identificados com brincos, e receberam medicamento contra ectoparasitas e endoparasitas e complexo vitamínico ADE, foram pesados e alojados em baias individuais ( $12 \text{ m}^2$ ) parcialmente cobertas, com piso de concreto, equipadas com comedouro individual e bebedouro para duas baias, sendo adaptados por 13 dias às instalações e às dietas. O período experimental foi constituído por 84 dias de confinamento.

Ao final do período experimental, os animais foram pesados sem jejum prévio. Após pesagem, os animais foram encaminhados para frigorífico comercial onde foram abatidos seguindo o fluxo normal do frigorífico. Depois do abate, as carcaças foram identificadas, lavadas, separadas ao meio e pesadas para obtenção do peso de carcaça quente. Durante o processo de limpeza das carcaças foi realizado o recorte do excesso de gordura, o qual foi pesado para determinação do toailete de gordura. Posteriormente, foi calculado o peso de carcaça quente integral, obtido pela soma do peso da carcaça quente com o recorte de gordura, e o rendimento de carcaça quente, calculado pela relação entre peso de carcaça quente e peso de abate, multiplicado por 100.

As carcaças foram resfriadas à temperatura variando de 0 a 2 °C por 24 horas e foram avaliadas quanto à conformação, baseada na expressão muscular (1-3 pontos = inferior; 4-6 pontos = má; 7-9 pontos = regular; 10-12 pontos = boa; 13-15 pontos =

muito boa; 16-18 = superior) e maturidade fisiológica, baseada na ossificação das vértebras e costelas (1-3: acima de 8 anos de idade; 4-6: de 5,5 a 8 anos de idade; 7-9: de 4 a 5,5 anos de idade; 10-12: de 2,5 a 4 anos de idade; 13-15: menos de 2,5 anos de idade) segundo metodologia descrita por Müller (1987).

Foram realizadas na meia-carcaça direita, as medidas de desenvolvimento da carcaça, comprimento de carcaça, correspondente à medida do bordo anterior do osso púbis ao bordo anterior medial da primeira costela; comprimento da perna, desde a articulação tíbio-tarsiana até o bordo anterior do púbis; comprimento do braço, medido da articulação rádio-carpiana até a extremidade do olécrano; perímetro de braço, envolvendo a parte média do rádio-cúbito e os músculos que recobrem a região; espessura de coxão, realizada com auxílio de compasso posicionado entre a face lateral e a medial da porção superior do coxão. Foram realizadas medidas do osso fêmur dos animais como comprimento e perímetro com auxílio de fita métrica e o peso do fêmur.

Realizou-se na meia carcaça direita, corte transversal entre a 12<sup>a</sup> e 13<sup>a</sup> costela, expondo o músculo *Longissimus dorsi*, no qual através de paquímetro foi determinada a espessura de gordura subcutânea que recobre o músculo, pela média aritmética de duas leituras. Em papel vegetal foi desenhado o contorno do músculo *Longissimus dorsi*, para determinação de sua área, realizada com auxílio do programa ImageJ<sup>®</sup>. Ainda na face exposta do músculo *Longissimus dorsi*, após 30 minutos de exposição ao ar, foram realizadas as avaliações das características qualitativas da carne como cor (1 = escura; 2 = vermelho escura; 3 = vermelho levemente escura; 4 = vermelho), marmoreio (1 = traços menos; 2 = traços típico; 3 = traços mais) e textura (1 = muito grosseira; 2 = grosseira; 3 = levemente grosseira; 4 = fina) (Müller, 1987).

Separou-se da meia-carcaça esquerda os cortes primários: dianteiro, traseiro especial e ponta de agulha. O dianteiro foi separado do traseiro especial e da ponta de

agulha entre a 5ª e 6ª costela, incluindo pescoço, paleta, braço e cinco costelas. O traseiro foi separado da ponta de agulha a 16 cm da coluna vertebral. A ponta de agulha incluiu as costelas (a partir da sexta), além dos músculos abdominais. Depois de separados, os cortes foram pesados, determinando-se o peso relativo à meia-carcaça.

As percentagens de músculo, osso e gordura foram determinadas por meio da separação física da secção correspondente à 10ª, 11ª e 12ª costelas da meia-carcaça direita, segundo metodologia sugerida por Hankins e Howe (1946), adaptada por Müller (1973), em que se obteve a estimativa dos três tecidos da carcaça, utilizando-se de equações de regressão.

O corte traseiro especial foi separado em dez cortes secundários ou comerciais, patinho, músculo, coxão duro, coxão mole, alcatra, capa do filé, contrafilé, filé-mignon, lagarto e picanha, segundo a rotina do frigorífico e procedendo-se à pesagem de cada peça para avaliação do rendimento cárneo do traseiro especial e do peso dos cortes comerciais individuais. Avaliou-se a porção comestível (cortes comerciais secundários mais recortes de carne destinados ao consumo humano), os recortes de gorduras retirados da limpeza dos cortes secundários, os recortes cárneos descartados (tecido conjuntivo, coágulos de sangue, pedaços de músculo descartados e glândulas que não servem para o consumo humano). O peso do osso foi obtido por subtração e sua proporção calculada em relação ao peso do traseiro especial.

Para análise estatística, foram realizados os testes Shapiro-Wilk e de Cochran e Bartlett, respectivamente, para verificar se as pressuposições de distribuição normal e homocedasticidade das variáveis foram atendidas, para posteriormente, proceder às análises de variância. O modelo matemático foi representado por:  $\gamma_{ijk} = \mu + \tau_i + \xi_j + \tau_i * \xi_j + \epsilon_{ijk}$ , em que:  $\gamma_{ijk}$  = variável dependente;  $\mu$  = média geral;  $\tau_i$  = efeito do fator i (dietas experimentais);  $\xi_j$  = efeito do fator j (grupo genético);  $(\tau_i * \xi_j)$  = interação entre fator i e

fator  $j$ ;  $\varepsilon_{ijk}$  = erro experimental residual. O peso inicial foi utilizado como co-variável e quando significativo o efeito foi inserido no modelo. Os dados foram submetidos à análise de variância, sendo a comparação entre médias para os resultados referentes às dietas experimentais, grupo genético e interação entre dietas e grupo genético, realizada através de teste de Tukey, considerando 0,05 de probabilidade de erro. Foi realizado estudo de correlação de *Pearson* entre as variáveis e para as variáveis subjetivas da carcaça (cor, textura, marmoreio, conformação e maturidade) utilizou-se o teste Kruskal-Wallis com o nível de 0,05 de probabilidade de erro.

### **Resultados e discussão**

Não foi verificada interação ( $P>0,05$ ) entre as dietas testadas e os grupos genéticos para peso de abate, peso de carcaça quente, peso de carcaça quente integral, rendimento de carcaça quente e rendimento de carcaça quente integral, espessura de gordura subcutânea, recorte de gordura e recorte de gordura em relação ao peso de carcaça quente integral (Tabela 2), com exceção para a variável espessura de gordura subcutânea em relação ao peso de carcaça fria, que foi desdobrada e discutida separadamente para visualização da interação entre os fatores.

A inclusão da glicerina bruta e do milho como ingrediente energético não influenciou ( $P>0,05$ ) as variáveis quantitativas da carcaça (Tabela 2). O peso de carcaça quente não foi alterado em função dos similares pesos de abate dos animais proporcionados pelas dietas avaliadas. Estes resultados são interessantes, já que a utilização de fontes energéticas alternativas ao milho nas dietas não alterou o peso de carcaça quente, importante ferramenta na avaliação do valor do produto e nos custos operacionais dos frigoríficos (Pascoal et al., 2011). Mach et al. (2009); Leão et al. (2013); van Cleef et al. (2014) e Maciel (2014) também não verificaram variação no peso de abate e peso de carcaça quente com a inclusão da glicerina bruta nas dietas. Ao comparar por

meio de estudo de contraste dieta à base de milho e dieta à base de milho, Alencar (2014) não observou diferença significativa no peso de carcaça quente de novilhos mestiços leiteiros confinados.

Tabela 2 - Características quantitativas de tourinhos de diferentes genótipos alimentados com glicerina bruta ou milho

Item	Dieta		Grupo Genético (GG)			Valor-p			CV <sup>12</sup> (%)
	Padrão	GB <sup>10</sup>	Milho	Nelore	MOL <sup>11</sup>	Dieta	GG	Dieta x GG	
PA <sup>1</sup>	427,64	434,68	416,67	420,64	432,03	0,611	0,449	0,522	8,46
PCQ <sup>2</sup>	233,62	229,95	230,93	227,91	235,09	0,268	0,806	0,160	6,26
PCQI <sup>3</sup>	243,67	240,51	242,19	245,92	238,33	0,255	0,255	0,156	6,19
RCQ <sup>4</sup>	55,17	53,54	53,85	53,18	55,19	0,128	0,441	0,180	5,11
RCQI <sup>5</sup>	57,53	55,98	56,48	55,64	57,69	0,488	0,109	0,159	4,87
EGS <sup>6</sup>	3,10	2,64	3,00	3,12	2,71	0,263	0,113	0,084	19,71
EGS100 <sup>7</sup>	1,32	1,13	1,30	1,34	1,16	0,100	0,264	0,030	19,33
RG <sup>8</sup>	10,05	10,56	11,25	10,42	10,82	0,235	0,437	0,371	12,54
RG100 <sup>9</sup>	4,12	4,35	4,69	4,33	4,44	0,180	0,862	0,581	11,81

<sup>1</sup>PA, peso de abate, em kg; <sup>2</sup>PCQ, peso de carcaça quente, em kg; <sup>3</sup>PCQI, peso de carcaça quente integral, em kg; <sup>4</sup>RCQ, rendimento de carcaça quente, em percentual; <sup>5</sup>RCQI, rendimento de carcaça quente integral, em percentual; <sup>6</sup>EGS, espessura de gordura subcutânea, em mm; <sup>7</sup>EGS100, espessura de gordura subcutânea.100 kg<sup>-1</sup> da carcaça fria; <sup>8</sup>RG, recorte de gordura da carcaça, em kg; <sup>9</sup>RG100, recorte de gordura.100 kg<sup>-1</sup> da carcaça quente integral; <sup>10</sup>GB, glicerina bruta; <sup>11</sup>MOL, mestiços de origem leiteira; <sup>12</sup>CV, coeficiente de variação.\*Médias seguidas por letras distintas na linha diferem significativamente (P<0,05).

As dietas avaliadas proporcionaram alto rendimento de carcaça (54,19%), resultado relevante do ponto de vista econômico, já que o rendimento de carcaça expressa à relação percentual entre o peso da carcaça e o peso corporal do animal, sendo importante na avaliação por estar relacionado à comercialização dos animais (Santello et al., 2006). Mach et al. (2009) avaliaram a inclusão da glicerina bruta nas dietas até 120 g.kg<sup>-1</sup> da matéria seca, e não observaram efeitos no rendimento de carcaça de novilhos holandeses em terminação, com valor médio de 52,6%, valor inferior ao do presente estudo. Não foi verificada diferença no rendimento de carcaça quente de novilhos MOL alimentados com

dieta à base de milho e dieta à base de milheto por Alencar (2014), apresentando valor médio de 50%, valor inferior ao deste estudo. Porém, as diferenças nos resultados dos trabalhos podem estar relacionadas não só às dietas, mas também às diferenças no peso e idade dos animais, fatores estes que afetam as taxas de deposição de músculo e gordura, e por fim, influenciam no rendimento das carcaças.

O peso de abate dos animais, peso de carcaça quente e rendimento de carcaça quente não foram influenciados ( $P>0,05$ ) pelos grupos genéticos avaliados (Tabela 2). Animais MOL e Nelore apresentaram rendimento de carcaça quente com valor médio de 54,19%. Para animais MOL este resultado apresenta relevância, pois demonstra que é possível que estes sejam utilizados como alternativa aos animais de raça de corte padrão, como os Nelore, obtendo-se rendimentos similares, quando alimentados com dietas com alta proporção de concentrado. Alves et al. (2004), avaliando diferentes grupos genéticos com sangue holandês ( $\frac{1}{2}$ Holandês-Gir e  $\frac{1}{2}$ Holandês-Guzerá) observaram rendimento médio de carcaça quente de 55,19%, recebendo dieta com relação volumoso:concentrado de 60:40, com base na matéria seca, utilizando como volumoso feno de Tifton-85. De acordo com Signoretti et al. (1999), animais MOL possuem bom rendimento e qualidade da carcaça, apresentando potencial para produção de carne em confinamento.

Os rendimentos de carcaça quente observados denotam ainda que animais da raça Nelore, raça adaptada à criação a pasto, tem potencial de bons rendimentos quando confinados com dietas de alto concentrado como observado em outros trabalhos. Cunha (2014) observou rendimento de carcaça quente médio de 56,44% para animais Nelore confinados com dieta com milho grão inteiro com ou sem bagaço de cana-de-açúcar *in natura*, com peso de abate médio de 476,66 kg. Augusto (2013) trabalhou com tourinhos Nelore com 22 meses de idade e peso médio inicial de 321 kg confinados com duas proporções de concentrado (42 e 62%) nas dietas, recebendo cana-de-açúcar *in natura*

como volumoso, e dois níveis de inclusão de farelo de mesocarpo de babaçu no concentrado (40 e 60%), os animais foram abatidos aos 444,3 kg, com valor médio de rendimento de carcaça quente de 54,94%, similares aos observados no estudo.

As diferentes fontes energéticas utilizadas nas dietas não alteraram ( $P>0,05$ ) a espessura de gordura subcutânea e o recorte de gordura das carcaças (Tabela 2), resultado do semelhante peso de abate e peso de carcaça quente. A espessura de gordura subcutânea apresentou valor médio de 2,91 mm, muito próximo ao valor mínimo de 3 mm, requerido pelos frigoríficos (Restle et al., 1999a). Desta forma, as dietas avaliadas proporcionaram um grau de acabamento de carcaça mínimo, que funciona como isolante térmico, diminuindo a velocidade de resfriamento da carcaça, evitando a desidratação e o encurtamento das fibras musculares. Entretanto, mercados mais exigentes em acabamento buscam carcaças com maior cobertura de gordura (6 a 7 mm) (Miotto et al., 2012). Leão et al. (2013) trabalhando com a inclusão de glicerina bruta até  $240 \text{ g.kg}^{-1}$  da matéria seca das dietas, não observaram efeitos na espessura de gordura subcutânea das carcaças de novilhos de origem leiteira, porém, relatou valores superiores (5,2 mm) aos deste estudo (2,91 mm).

A espessura de gordura subcutânea, recorte de gordura e recorte de gordura por 100 kg de carcaça quente integral não foram influenciados ( $P>0,05$ ) pelos grupos genéticos dos animais (Tabela 2). O recorte de gordura, em peso absoluto, apresentou correlação positiva com peso de abate ( $r= 0,9127$ ;  $p<0,0001$ ) e peso de carcaça quente ( $r= 0,8853$ ;  $p= 0,0001$ ). Estes resultados são coerentes com a literatura, uma vez que a gordura é o último tecido a ser depositado (Berg e Buterfield, 1976), sendo a taxa de deposição de gordura aumentada pelo aumento de peso corporal (NRC, 1996). Por outro lado, o recorte de gordura quando avaliado em relação ao peso de carcaça quente integral teve correlação negativa, porém, não significativa, com o rendimento de carcaça quente ( $r= -0,0612$ ;  $p=$

0,8500), já que tal variável tem como função a retirada do excesso de gordura das carcaças durante o toalete no frigorífico.

Houve interação ( $P=0,030$ ) das dietas com os grupos genéticos para a variável espessura de gordura em relação ao peso de carcaça fria (Tabela 3).

Tabela 3 - Espessura de gordura subcutânea em relação ao peso de carcaça fria de tourinhos Nelore e MOL alimentados com glicerina bruta ou milho nas dietas

Grupo genético	Dietas experimentais			Média	CV <sup>1</sup> (%)
	Padrão	Glicerina bruta	Milho		
Espessura de gordura subcutânea.100 kg <sup>-1</sup> de carcaça fria (%)					
Nelore	1,58a	1,04b	1,40a	1,34	19,33
MOL <sup>2</sup>	1,06	1,23	1,20	1,16	
Média	1,32	1,13	1,30	1,25	

<sup>1</sup>CV, coeficiente de variação; <sup>2</sup>MOL, mestiços de origem leiteira. Médias seguidas por letras distintas na linha diferem significativamente ( $P<0,05$ ).

Nos animais Nelore, a dieta com glicerina bruta (119 g.kg<sup>-1</sup> da matéria seca) proporcionou espessura de gordura subcutânea em relação ao peso de carcaça fria inferior nas carcaças em relação à dieta padrão e dieta à base de milho (Tabela 3). Estes resultados corroboram com os de Parsons et al. (2009), que ao incluir glicerina bruta nos níveis de 0; 20; 40; 80; 120 e 160 g.kg<sup>-1</sup> da matéria seca da dieta fornecida para novilhas cruzadas em terminação, recebendo 940 g.kg<sup>-1</sup> de concentrado e 60 g.kg<sup>-1</sup> da matéria seca da dieta composta por feno de alfafa, esperavam melhoria na qualidade das carcaças em função do aumento de substrato glicogênico, o que não ocorreu, pois, a espessura de gordura subcutânea foi inferior na dieta com glicerina bruta que na dieta padrão, principalmente nos níveis de 20 e 160 g.kg<sup>-1</sup> da glicerina bruta. Conforme Pethick et al. (2004), o precursor lipogênico na deposição de tecido adiposo subcutâneo é o acetato, e não a glicose. Em vários trabalhos (Rémond et al., 1993; Donkin, 2008; Ávila et al., 2011;

Se-Young Lee et al., 2011) foi verificada a produção de propionato mais proeminente que a de acetato resultantes da fermentação de dietas com glicerina em sua composição, com redução da relação acetato:propionato, o que pode explicar tal resultado para a variável em questão.

Não foi verificada interação ( $P>0,05$ ) das dietas experimentais com os grupos genéticos avaliados para os cortes primários da carcaça, em percentual e peso absoluto (Tabela 4). O peso dos cortes dianteiro, traseiro especial e ponta de agulha, em peso relativo e absoluto, não foram influenciados ( $P>0,05$ ) pela inclusão da glicerina bruta ou milho nas dietas (Tabela 4). A falta de variação no peso dos cortes primários é resultado do similar peso e rendimento de carcaça quente proporcionado pelas dietas experimentais. Estes resultados estão de acordo com van Cleef et al. (2014), que não encontraram efeitos nos cortes primários em peso relativo com a inclusão de até 330 g.kg<sup>-1</sup> de glicerina bruta na dieta de novilhos Nelore.

Tabela 4 - Cortes primários da carcaça de tourinhos de diferentes grupos genéticos alimentados com glicerina bruta ou milho

Item	Dieta			Grupo Genético		Valor-p*			CV <sup>4</sup> (%)
	Padrão	GB <sup>1</sup>	Milho	Nelore	MOL <sup>2</sup>	Dieta	GG <sup>3</sup>	Dieta x GG	
Traseiro especial, kg	56,38	53,7	55,77	53,51	57,06	0,555	0,116	0,638	9,194
Traseiro especial, %	48,25	47,07	48,4	46,94b	48,87a	0,378	0,034	0,454	4,103
Dianteiro, kg	47,64	46,8	46,85	47,81	46,38	0,860	0,334	0,171	7,250
Dianteiro, %	40,87	41,52	40,35	42,34a	39,48b	0,582	0,003	0,471	4,386
Ponta de agulha, kg	12,7	13	13,01	12,18b	13,63a	0,773	0,003	0,277	7,481
Ponta de agulha, %	10,87	11,41	11,25	10,71b	11,64a	0,206	0,002	0,796	5,296

<sup>1</sup>GB, glicerina bruta; MOL, mestiços de origem leiteira; GG<sup>3</sup>, grupo genético; CV<sup>4</sup>, coeficiente de variação;

\*Médias seguidas por letras distintas na linha diferem significativamente ( $P<0,05$ ).

Os cortes, traseiro especial e ponta de agulha, expressos em percentual, apresentaram valores superiores ( $P<0,05$ ) nos MOL, em contrapartida, ao maior ( $P=0,003$ ) percentual do dianteiro na carcaça dos animais Nelore (Tabela 4). Entretanto,

em peso absoluto, não houve efeito ( $P>0,05$ ) no peso do traseiro especial e dianteiro entre os grupos genéticos, apenas no corte ponta de agulha que apresentou maior peso absoluto ( $P=0,003$ ) na carcaça dos tourinhos MOL. Restle et al. (1999b) verificaram redução no corte ponta de agulha em decorrência ao aumento do genótipo Nelore nos cruzamentos com Hereford.

Houve correlação positiva entre peso de abate e corte traseiro especial ( $r=0,9810$ ;  $p<0,0001$ ) e dianteiro ( $r=0,9574$ ;  $p<0,0001$ ), quando expressos em pesos absolutos. Evidenciando que o aumento de peso corporal está relacionado com o peso dos cortes comerciais como um todo. Porém, maior peso do traseiro especial é interessante, por apresentar os cortes mais nobres da carcaça e de maior valor comercial. Costa et al. (2007) não encontraram diferenças no rendimento dos cortes comerciais entre animais Nelore e  $\frac{1}{2}$ Nelore x Holandês, resultado justificado pelos autores em função da distribuição uniforme de gordura nas carcaças.

As variáveis de composição física das carcaças e a área do músculo *Longissimus dorsi* (ALD), não apresentaram interação ( $P>0,05$ ) das dietas com os grupos genéticos avaliados (Tabela 5). A composição dos tecidos das carcaças não foi alterada ( $P>0,05$ ) com as diferentes fontes de energia utilizadas nas dietas (Tabela 5). Resultados concordantes com os de Leão et al. (2013), Bartoň et al. (2013) e van Cleef et al. (2014) avaliando a inclusão da glicerina bruta nas dietas, e de Alencar (2014), comparando dietas à base de milho e de milho fornecidas a novilhos mestiços em confinamento.

Os tourinhos MOL, em peso relativo e absoluto, apresentaram maiores ( $P<0,001$ ;  $P=0,017$ ) composições em tecido muscular nas carcaças em comparação aos tourinhos Nelore, sendo superior em 4,46 pontos percentuais. Enquanto, os Nelore apresentaram maior ( $P=0,006$ ;  $P<0,001$ ) peso relativo e absoluto do tecido adiposo nas carcaças, com diferença na participação de 4,79 pontos percentuais, em relação aos MOL (Tabela 5). O

peso absoluto e percentual de osso na carcaça não foi alterado ( $P=0,262$ ;  $P=0,642$ ) pelos grupos genéticos avaliados (Tabela 5).

Tabela 5 - Composição física da carcaça de tourinhos Nelore e MOL alimentados com glicerina bruta ou milho nas dietas

Item	Dietas experimentais			Grupo genético		Valor-p*			CV <sup>7</sup> (%)
	Padrão	GB <sup>3</sup>	Milho	Nelore	MOL <sup>4</sup>	Dieta	GG <sup>5</sup>	I <sup>6</sup>	
Músculo, kg	148,61	152,07	146,57	142,52b	155,65a	0,656	0,017	0,356	7,91
Músculo, %	63,51	66,31	63,59	62,24b	66,70a	0,095	<0,001	0,905	4,10
Gordura, kg	52,84	48,84	54,53	57,22a	46,92b	0,351	0,006	0,339	14,87
Gordura, %	22,59	20,90	23,60	24,76a	19,97b	0,288	<0,001	0,690	12,49
Osso, kg	34,35	31,80	32,23	32,21	33,38	0,106	0,262	0,545	7,32
Osso, %	14,75	13,93	13,98	14,13	14,31	0,660	0,642	0,602	6,39
PC <sup>1</sup> da carcaça, %	86,10	87,22	87,18	87,00	86,67	0,180	0,550	0,600	14,86
PC:Osso	5,86	6,32	6,25	6,20	6,09	0,150	0,590	0,620	7,80
Músculo:Gordura	2,94	3,33	2,76	2,57b	3,45a	0,190	<0,001	0,810	17,43
ALD <sup>2</sup> (cm <sup>2</sup> )	62,89	64,92	64,00	62,23	65,64	0,883	0,332	0,371	12,67

<sup>1</sup>PC - Porção comestível; <sup>2</sup>ALD – área do *Longissimus dorsi*; <sup>3</sup>GB, glicerina bruta; <sup>4</sup>MOL, mestiços de origem leiteira; <sup>5</sup>GG, grupo genético; <sup>6</sup>I – Interação entre dietas e grupos genéticos; <sup>7</sup>CV, coeficiente de variação. \*Médias seguidas por letras distintas na linha diferem significativamente ( $P<0,05$ ).

Segundo Berg e Butterfield (1976), a deposição mais precoce de gordura e menor deposição de proteína estão associadas à menor velocidade de ganho de peso vivo. Os animais MOL apresentaram maior ganho de peso total (capítulo IV), o que pode justificar o maior percentual de músculos nas carcaças destes animais. Estes dados são concordantes com os de Metz et al. (2009) avaliando a composição tecidual de animais de diferentes pesos iniciais ao confinamento, em que animais de maior porte apresentaram maior quantidade de músculo (65,37%) em relação aos de menor porte (61,42%), o que os autores justificam pelo maior potencial de produção de músculos dos animais de maior porte, em virtude de terem atingido o peso de abate mais rapidamente, porém, proporcionando carcaças com grau de acabamento inferior. Pacheco et al. (2010)

verificaram baixa eficiência nas características relacionadas com a musculosidade da carcaça em novilhos Nelore.

A porção comestível da carcaça, em percentual, a relação porção comestível:osso e a relação músculo:gordura não foram influenciadas ( $P>0,05$ ) pela inclusão de glicerina bruta ou milho como fontes energéticas nas dietas (Tabela 5), este fato pode ser justificado pela falta de efeitos das diferentes dietas avaliadas sobre a proporção dos tecidos da carcaça, assim como a área do músculo *Longissimus dorsi* (ALD), que também não foi alterada ( $P=0,883$ ), apresentando valor médio de 63,64 cm<sup>2</sup> (Tabela 5). Mach et al. (2009) também não verificaram diferenças na ALD da carcaça de novilhos holandeses alimentados com até 120 g.kg<sup>-1</sup> de glicerina bruta em dietas com alta proporção de concentrado, com valor médio de 39,78 cm<sup>2</sup>. Alencar (2014) não observou diferenças entre dietas à base de milho ou milho na alimentação de novilhos MOL, apresentando valor de médio de ALD de 54,26 cm<sup>2</sup>.

Entre os grupos genéticos, não houve influência ( $P=0,550$ ) nos valores percentuais da porção comestível da carcaça (Tabela 5), já que provavelmente houve uma compensação dos tecidos muscular e adiposo. Portanto, apesar dos animais da raça Nelore terem apresentado menor percentual de músculos, apresentaram maior percentual de gordura na carcaça, sendo o contrário verificado nos MOL. Desta forma, o potencial para produção de carne é demonstrado para os MOL, já que estes animais apresentaram carcaças com similares percentuais de porção comestível em relação aos animais Nelore.

Não houve diferença ( $P=0,590$ ) na relação porção comestível:osso (Tabela 5), o que pode ser justificado por este efeito de compensação na proporção dos tecidos da carcaça entre os diferentes genótipos, além do fato de não ter ocorrido influência no peso e percentual de osso das carcaças (Tabela 5). Animais MOL apresentaram maior relação músculo:gordura ( $P<0,001$ ), resultado do maior percentual de tecido muscular na carcaça

destes animais.

A avaliação da ALD é importante, pois demonstra o crescimento muscular das carcaças (Müller, 1987). Apesar do maior percentual de músculos na carcaça em favor dos tourinhos MOL, não foi verificada diferença ( $P=0,332$ ) na ALD entre os grupos genéticos (Tabela 5). Costa et al. (2007) não observaram diferenças na ALD entre animais Nelore e F1 Nelore x Holandês, porém, observaram valores inferiores ( $56,71 \text{ cm}^2$ ) aos do estudo, em função do menor peso de abate dos animais.

Não foi verificada ( $P>0,05$ ) interação das dietas experimentais com os grupos genéticos avaliados sobre as medidas de desenvolvimento da carcaça e medidas do osso fêmur (Tabela 6), com exceção do perímetro de braço. Desta forma, quando alimentados com a dieta padrão, os tourinhos MOL tiveram maior ( $P=0,042$ ) perímetro de braço que os tourinhos da raça Nelore ( $36,90 \text{ cm} \times 33,53 \text{ cm}$ ).

Tabela 6 - Medidas métricas da carcaça de tourinhos Nelore e MOL alimentados com glicerina bruta ou milho

Item	Dietas experimentais			Grupo Genético (GG)		Valor-p			CV <sup>8</sup> (%)
	Padrão	GB <sup>6</sup>	Milho	Nelore	MOL <sup>7</sup>	Dieta	GG	Dieta x GG	
Medidas da carcaça, cm									
CC <sup>1</sup>	131,26	132,91	129,21	127,19b	135,06a	0,173	<.0001	0,320	2,81
CP <sup>2</sup>	75,23	75,24	75,04	77,73a	72,60b	0,961	<.0001	0,282	2,09
CB <sup>3</sup>	40,99	41,68	40,57	43,12a	39,05b	0,263	<.0001	0,895	3,25
PB <sup>4</sup>	35,21	36,25	35,71	34,75	36,70	0,359	0,004	0,042	3,92
EC <sup>5</sup>	26,41	25,60	25,81	26,02	25,85	0,439	0,460	0,167	5,72
Medidas ósseas (fêmur), cm									
Peso	2,29	2,29	2,28	2,24	2,33	0,966	0,126	0,681	12,53
Comprimento	40,28	40,59	40,19	41,36a	39,34b	0,847	0,008	0,876	4,32
Perímetro	14,73	14,92	14,81	14,53b	15,11a	0,753	0,028	0,763	3,62

<sup>1</sup>CC, comprimento da carcaça; <sup>2</sup>CP, comprimento de perna; <sup>3</sup>CB, comprimento de braço; <sup>4</sup>PB, perímetro de braço; <sup>5</sup>EC, espessura de coxão; <sup>6</sup>GB, glicerina bruta; <sup>7</sup>MOL, mestiços de origem leiteira; <sup>8</sup>CV, coeficiente de variação. \*Médias seguidas por letras distintas na linha diferem significativamente ( $P<0,05$ ).

As dietas experimentais não influenciaram ( $P>0,05$ ) o comprimento de carcaça, de perna e de braço, espessura de coxão e medidas do fêmur (Tabela 6), resultado da semelhança nas outras características quantitativas da carcaça. Estes resultados são concordantes com os de Leão et al. (2013), avaliando inclusão de 0; 60; 120 e 240 g.kg<sup>-1</sup> de glicerina bruta nas dietas de novilhos de aptidão leiteira e Alencar (2014), comparando dietas com milho ou milheto na alimentação de novilhos MOL.

Os tourinhos MOL apresentaram maior comprimento de carcaça ( $P<0,001$ ) em relação aos Nelore (Tabela 6). O valor médio de comprimento de carcaça dos Nelore foi inferior ao observado por Cunha (2014) (135,35 cm) e próximos aos encontrados por Metz et al. (2009) em animais Nelore (129,75 cm).

Os tourinhos Nelore apresentaram maior ( $P<0,001$ ) comprimento de perna e de braço que os MOL (Tabela 6). O comprimento de carcaça, comprimento de perna e braço são características relacionadas ao crescimento ósseo, já a espessura do coxão e perímetro de braço são características que refletem o desenvolvimento muscular (Restle et al., 1999b). Estas diferenças entre os grupos genéticos avaliados podem ser evidenciadas pelas medidas do osso fêmur dos animais, em que tourinhos MOL apresentaram maior ( $P=0,028$ ) perímetro de fêmur, em contrapartida aos tourinhos Nelore que apresentaram maior ( $P=0,008$ ) comprimento de fêmur (Tabela 6). Apesar da maior deposição de músculos na carcaça dos tourinhos MOL e maior perímetro de fêmur, a variável espessura do coxão, medida relacionada com a musculosidade da carcaça, foi similar ( $P=0,460$ ) entre os grupos genéticos (Tabela 6).

Os pesos e rendimentos dos cortes secundários do traseiro especial, o rendimento do traseiro especial, o rendimento da porção comestível, a porção comestível:osso e o peso absoluto e relativo do recorte de gordura, do recorte de carne e do osso não apresentaram ( $P>0,05$ ) interação das dietas avaliadas com os genótipos (Tabela 7). As

dietas experimentais também não influenciaram ( $P>0,05$ ) tais variáveis (Tabela 7).

Tabela 7 - Cortes secundários e rendimento do traseiro especial de tourinhos de diferentes genótipos alimentados com glicerina bruta ou milho

Item	Dietas experimentais			Grupo genético (GG)		Valor-P			CV (%)
	Padrão	Glicerina	Milho	Nelore	MOL	Dieta	GG	Dieta x GG	
Picanha, kg	1,29	1,26	1,16	1,25	1,22	0,178	0,540	0,140	10,70
Picanha, % TE	2,28	2,27	2,11	2,29a	2,15b	0,070	0,035	0,478	6,78
Filé-mignon, kg	1,93	1,86	1,84	1,80	1,95	0,537	0,063	0,082	9,01
Filé-mignon, % TE	3,41	3,37	3,34	3,31	3,43	0,641	0,230	0,353	5,58
Patinho, kg	4,65	4,58	4,44	4,54	4,58	0,532	0,822	0,328	7,95
Patinho, % TE	8,23	8,38	8,06	8,38	8,07	0,525	0,187	0,795	5,82
Alcatra, kg	3,35	3,34	3,11	3,22	3,31	0,750	0,250	0,911	7,84
Alcatra, % TE	5,86	6,07	5,75	5,87	5,92	0,300	0,601	0,590	6,45
Coxão mole, kg	7,96	7,92	8,06	8,10	7,86	0,909	0,393	0,338	8,10
Coxão mole, % TE	14,10	14,44	14,61	14,90a	13,87b	0,300	0,001	0,970	4,41
Coxão duro, kg	4,52	4,48	4,52	4,55	4,46	0,968	0,537	0,483	7,36
Coxão duro, % TE	8,03	8,19	8,18	8,40a	7,86b	0,800	0,025	0,909	6,67
Músculo, kg	3,65	3,74	3,67	3,63	3,74	0,780	0,324	0,300	7,35
Músculo, % TE	6,46	6,83	6,68	6,69	6,62	0,053	0,801	0,683	4,38
Lagarto, kg	2,18	2,10	2,07	2,16	2,08	0,320	0,202	0,519	6,94
Lagarto, % TE	3,88	3,83	3,77	3,99a	3,67b	0,749	0,014	0,637	7,05
Contrafilé, kg	7,50	7,44	7,49	6,93b	8,03a	0,984	0,001	0,153	9,19
Contrafilé, % TE	13,18	13,50	13,64	12,70b	14,18a	0,560	0,001	0,572	6,31
Capa do filé, kg	1,56	1,27	1,33	1,10b	1,68a	0,134	0,001	0,315	22,26
Capa do filé, % TE	2,72	2,30	2,44	2,01b	2,96a	0,266	0,001	0,733	21,10
Peso dos cortes, kg	39,61	38,99	38,88	38,31	40,01	0,840	0,143	0,123	6,72
RTE, %	70,03	71,04	70,62	70,52	70,61	0,585	0,833	0,719	2,75
RPC, %	73,80	74,57	73,94	73,86	74,35	0,756	0,708	0,520	2,96
PC: O	4,64	5,17	4,67	5,15	4,50	0,432	0,104	0,359	17,76
RG, kg	3,36	3,39	3,40	3,89a	2,87b	0,993	0,001	0,828	19,11
RG, %	6,00	6,12	6,18	7,14a	5,06b	0,836	0,001	0,871	15,59
RC, kg	1,11	1,23	1,16	1,10	1,23	0,417	0,126	0,750	15,90
RC, %	1,96	2,27	2,09	2,17	2,04	0,265	0,443	0,945	17,14
O, kg	9,11	8,39	8,62	8,14	9,27	0,386	0,072	0,545	13,35
O, %	16,13	15,10	15,77	14,88b	16,46a	0,492	0,036	0,419	11,03

TE, traseiro especial; RTE, rendimento do traseiro especial; RPC, rendimento da porção comestível; PC: O, porção comestível: osso; RG, recorte de gordura, RC, recorte de carne; O, osso; CV, coeficiente de variação. \*Médias seguidas por letras distintas na linha diferem significativamente ( $P<0,05$ ).

O milho e a glicerina bruta como fontes energéticas nas dietas não influenciaram ( $P>0,05$ ) o peso e rendimento dos cortes secundários do traseiro especial, em função dos similares pesos de carcaça quente dos animais. Maciel (2014) observou redução no rendimento do coxão mole, alcatra e filé-mignon com a inclusão da glicerina bruta na dieta (0, 80, 160 e 240 g.kg<sup>-1</sup> da matéria seca), porém não verificou efeitos nos pesos absolutos dos cortes secundários do traseiro especial de novilhos MOL.

Os cortes filé-mignon, patinho, alcatra e músculo não apresentaram influência ( $P>0,05$ ) dos grupos genéticos, em peso absoluto e peso relativo (Tabela 7). O peso absoluto dos cortes picanha, coxão mole, coxão duro e lagarto não foram diferentes ( $P>0,05$ ) entre os grupos genéticos, no entanto, o rendimento destes cortes foi maior ( $P<0,05$ ) no traseiro especial dos tourinhos Nelore que dos tourinhos MOL. Os músculos localizados no traseiro especial são mais precoces no seu desenvolvimento em relação ao todo da carcaça, o que implica que alterações em suas quantidades sejam mais frequentes quando os animais apresentam diferenciação quanto à idade e peso corporal (Berg e Butterfield, 1976).

Os cortes contrafilé e capa do filé apresentaram peso absoluto e relativo maior nos animais MOL em comparação aos tourinhos Nelore (Tabela 7). O comprimento de carcaça tem alta correlação com o peso dos cortes mais nobres da carcaça (Müller, 1987), o que pode explicar os animais MOL terem apresentado maior ( $P=0,001$ ) peso de contrafilé, em função do maior comprimento de carcaça (Tabela 6). A capa do filé está ligada ao contrafilé, isso explica seu comportamento similar, obtendo maior ( $P=0,001$ ) peso nos MOL.

Os tourinhos Nelore apresentaram maior ( $P=0,001$ ;  $P=0,001$ ) recorte de gordura do traseiro especial, em percentual e peso relativo que os MOL (Tabela 7), o que foi evidenciado pela maior composição em tecido adiposo da carcaça dos tourinhos Nelore

em relação aos MOL (Tabela 5). Entretanto, animais MOL apresentaram maior ( $P=0,036$ ) participação em osso no traseiro especial e não apresentaram diferença ( $P=0,125$ ;  $P=0,443$ ) em peso absoluto e relativo no recorte de carne e nas demais variáveis ( $P>0,05$ ) relacionadas com o rendimento do traseiro especial (Tabela 7).

Não houve interação ( $P>0,05$ ) das dietas com os genótipos avaliados nas variáveis qualitativas da carne (Tabela 8). A inclusão da glicerina bruta ou do milho como fontes energéticas nas dietas não apresentou efeitos ( $P>0,05$ ) sobre a cor, textura e marmoreio da carne (Tabela 8), apresentando médias de 2,83; 2,69 e 5,75 pontos, respectivamente, que representam cor vermelho escura a levemente escura; textura de grosseira a levemente grosseira e marmoreio classificado como leve, segundo a classificação de Müller (1987). Alencar (2014) trabalhando com novilhos MOL alimentados com milho ou milho constatou que o milho não altera as características de cor, textura e marmoreio da carne. Leão et al. (2013) não verificou alterações na cor, textura e marmoreio da carne de vacas de descarte e novilhos de aptidão leiteira pela inclusão de até  $240 \text{ g.kg}^{-1}$  de glicerina bruta nas dietas.

De acordo com Pethick et al. (2004), a deposição em marmoreio tem preferência por depósitos de glicose e lactato, porém, isso não foi constatado no estudo, pois a inclusão da glicerina bruta não influenciou os depósitos de gordura intramuscular. Resultados semelhantes aos encontrados por Parsons et al. (2009), que avaliaram a inclusão de glicerina bruta até  $160 \text{ g.kg}^{-1}$  da matéria seca da dieta, e os autores esperavam aumento no marmoreio visto que a inclusão de glicerina bruta na dieta aumentaria a disponibilidade de substratos gliconeogênicos ao animal, porém, observaram redução no marmoreio das carnes de novilhas mestiças alimentadas com glicerina bruta quando comparados com a dieta controle. Em trabalho de Mach et al. (2009), o marmoreio não foi influenciado pela inclusão de até  $119 \text{ g.kg}^{-1}$  de glicerina bruta na dieta de tourinhos

holandeses.

Tabela 8 – Características qualitativas da carne de tourinhos de diferentes grupos genéticos alimentados com glicerina bruta ou milho

Item	Dietas			Grupos genéticos		Valor-P			CV (%)
	Padrão	GB	Milho	Nelore	MOL	Dieta	GG	Dieta x GG	
Cor, pontos	2,71	3,36	2,44	3,00	2,66	0,135	0,318	0,953	55,65
Textura, pontos	2,71	2,61	2,75	2,66	2,73	0,779	0,937	0,751	61,71
Marmoreio, pontos	5,50	5,75	6,00	6,58	4,92	0,983	0,141	0,507	57,36
Conformação, pontos	13,25	12,00	12,50	12,67	12,50	0,320	0,781	0,843	57,98
Maturidade, pontos	10,50	10,00	10,00	10,25	10,08	0,626	0,930	0,274	55,02

GB, glicerina bruta; GG, grupos genéticos; CV, coeficiente de variação. Nível de significância de 0,05.

A cor, textura e marmoreio da carne não foram alterados ( $P>0,05$ ) pelos diferentes genótipos avaliados (Tabela 8). O marmoreio representa a gordura intramuscular e, portanto, está associado ao depósito de gordura total da carcaça (Berg e Butterfield, 1976). Entretanto, a maior composição em tecido adiposo das carcaças dos tourinhos Nelore (Tabela 5) não foi suficiente para alterar a gordura intramuscular da carne dos animais, já que a ordem de deposição de gordura na carcaça se inicia com a abdominal, intermuscular, subcutânea e por último, a intramuscular (Berg e Butterfield, 1976). Assim, como os depósitos de gordura subcutânea não foram afetados pelos genótipos (Tabela 4), a gordura intramuscular também não foi alterada.

As variáveis, conformação e maturidade fisiológica das carcaças, não foram influenciadas ( $P>0,05$ ) pela associação das dietas com os grupos genéticos avaliados (Tabela 8). As dietas não influenciaram ( $P=0,320$ ) a conformação das carcaças dos animais (Tabela 8), com valor médio de 10,16 pontos, classificada como boa (10-12 pontos) (Müller, 1987). A inclusão de até 120 g.kg<sup>-1</sup> de glicerina bruta nas dietas de tourinhos holandeses avaliada por Mach et al. (2009), não proporcionou efeitos na conformação das carcaças. Alencar (2014) também não observou efeitos na conformação

das carcaças de novilhos MOL alimentados com dietas à base de milho ou milheto.

A conformação indica o desenvolvimento muscular, sendo assim, carcaça com melhor conformação pode estar relacionada à maior porção comestível e menor proporção de osso (Müller, 1987). Porém, a maior composição em tecido muscular das carcaças dos tourinhos MOL (Tabela 5) não foi suficiente para alterar ( $P=0,781$ ) a conformação das carcaças (Tabela 8).

A maturidade fisiológica avalia o grau de ossificação dos processos espinhosos das vértebras (Müller, 1987), e apresentou média de 12,58 pontos (Müller, 1987), não diferindo ( $P=0,626$ ) entre animais alimentados com dietas com milho, glicerina bruta ou milheto nem entre os genótipos avaliados ( $P=0,930$ ) (Tabela 8). Assim, a diferença de peso inicial e idade dos animais entre os grupos genéticos não foi suficiente para alterar a maturidade fisiológica das carcaças.

### **Conclusões**

A utilização da glicerina bruta ( $119 \text{ g.kg}^{-1}$  de matéria seca) e do milheto como fontes energéticas alternativas nas dietas pode ser realizada, pois não altera as características da carcaça e da carne de bovinos.

Tourinhos MOL possuem potencial de serem utilizados para produção de carne, pois proporcionam características da carcaça e da carne satisfatórias, quando terminados em confinamento com dietas com 90% de concentrado, e portanto, podem ser uma alternativa aos animais de raça de corte padrão, como os Nelore.

### **Referências bibliográficas**

- Alencar, W. M. 2014. Desempenho produtivo e características de carcaça e carne de novilhos terminados com dietas contendo milheto e níveis de inclusão de farelo do mesocarpo do babaçu. Dissertação (M.Sc.). Universidade Federal do Tocantins, Araguaína.
- Alves, D. D.; Paulino, M. F.; Backes, A. A.; Valadares Filho S. C. e Rennó, L N. 2004. Desempenho produtivo de bovinos Zebu e cruzados Holandês-Zebu nas fases de recria e terminação. *Acta Scientiarum. Animal Science* 26:385-391.

Anualpec - Anuário da Pecuária Brasileira. 2013– Informa Economics / FNP.

Augusto, W. F. 2013. Níveis de farelo do mesocarpo do babaçu e concentrado na terminação de tourinhos Nelore. Dissertação (M.Sc.). Universidade Federal do Tocantins, Araguaína.

Avila, J. S.; Chaves, A. V.; Hernandez-Calva, M.; Beauchemin, K. A.; Mcginn, S. M.; Wang, Y.; Harstad, O. M.; Mcallister, T. A. 2011. Effects of replacing barley grain in feedlot diets with increasing levels of glycerol on *in vitro* fermentation and methane production. *Animal Feed Science and Technology* (166–167) (265–268).

Bartoň, L.; Bureš, D.; Homolka, P.; Marounek, M. and Řehák, D. 2013. Effects of long-term feeding of crude glycerine on performance, carcass traits, meat quality, and blood and rumen metabolites of finishing bulls. *Livestock Science*. Disponível em: <<http://dx.doi.org/10.1016/j.livsci.2013.04.010i>>. Acesso em: Set. 15. 2013.

Berg, R. T. e Butterfield, R. M. 1976. *New concepts of cattle growth*. Sydney University Press, Sydney.

Bergamaschine, A. F.; Freitas, R. L.; Filho, W. V.; Bastos, J. F. P.; Mello, S. Q. S. e Campos, Z. R. 2011. Substituição do milho e farelo de algodão pelo milheto no concentrado da dieta de novilhos em confinamento. *Revista Brasileira de Zootecnia* 40:154-159.

Costa, D.; Abreu, J. B. R.; Mourão, R. C.; Silva, J. C. G.; Rodrigues, V. C.; Sousa, J. C. D. e Marques, R. A. F. S. 2007. Características de carcaça de novilhos inteiros Nelore x Holandês. *Ciência Animal Brasileira* 8: 687-696.

Cunha, O. F. R. 2014. Bagaço de cana-de-açúcar em dieta com milho grão inteiro para terminação de tourinhos Angus x Nelore e Nelore. Tese (D.Sc.). Universidade Federal do Tocantins, Araguaína.

DeFrain, J.M., A.R. Hippen, K.F. Kalscheur, and P.W. Jardon. 2004. Feeding glycerol to transition dairy cows: Effects on blood metabolites and lactation performance. *Journal of Dairy Science* 87: 4195-4206.

Donkin, S. S. 2008. Glycerol from Biodiesel Production: The New Corn for Dairy Cattle. *Revista Brasileira de Zootecnia* 37: 280-286. Suplemento especial.

Gonçalves, J. R. S.; Pires, A. V.; Susin, I.; Lima, L. G.; Mendes, C. Q. e Ferreira, E. M. 2010. Substituição do grão de milho pelo grão de milheto em dietas contendo silagem de milho ou silagem de capim-elefante na alimentação de bovinos de corte. *Revista Brasileira de Zootecnia* 39:2032-2039.

Hankins, O. G.; Howe, P. E. 1946. Estimation of the composition of beef carcasses and cuts. Washington: U.S. Department of Agriculture 21:926.

Hill, G. M. and Hanna, W. W. 1990. Nutritive characteristics of pearl millet grain in beef cattle diets. *Journal of Animal Science* 68:2061-2066.

- Hill, G. M.; Newton, G. L.; Streeter, M. N.; Hanna, W. W.; Utley, P. R. and Mathis, M. J. 1996. Digestibility and utilization of pearl millet diets fed to finishing beef cattle. *Journal of Animal Science* 74:1728-1735.
- Lage, J. F.; Paulino, P. V. R.; Pereira, L. G. R.; Valadares Filho, S. C.; Oliveira, A. S.; Detmann, E.; Souza, N. K. P. e Lima, J. C. M. 2010. Glicerina bruta na dieta de cordeiros terminados em confinamento. *Pesquisa Agropecuária Brasileira* 45:1012-1020.
- Leão, J. P.; Neiva, J. N. M.; Restle, J.; Missio, R. L.; Paulino, P. V. R.; Santana, A. E. M.; Sousa, L. F. e Alexandrino, E. 2013. Carcass and meat characteristics of different cattle categories fed diets containing crude glycerin. *Ciências Agrárias* 34: 431-444.
- Mach, N.; Bach, A. and 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.
- Maciel, R. P. 2014. Glicerina bruta na alimentação de machos de Origem Leiteira. Tese (D.Sc.). Universidade Federal do Tocantins, Araguaína.
- Metz, P. A. M.; Menezes, L. F. G.; Arboitte, M. Z.; Brondani, I. L.; Restle, J. e Callegaro, A. M. 2009. Influência do peso ao início da terminação sobre as características de carcaça e da carne de novilhos mestiços Nelore × Charolês. *Revista Brasileira de Zootecnia* 38:346-353.
- Miotto, F. R. C.; Restle, J.; Neiva, J. N. M.; Lage, M. E.; Castro, K. J. e Alexandrino, E. 2012. Farelo do mesocarpo de babaçu na terminação de tourinhos: características da carcaça e cortes secundários do traseiro especial. *Ciência Animal Brasileira* 13:440-449.
- Moriel P.; Nayigihugu, V.; Cappelozza, B. I.; Gonçalves, E. P.; Krall, J. M.; Foulke, T.; Cammack, K. M. and Hess, B. W. 2011. Camelina meal and crude glycerin as feed supplements for developing replacement beef heifers. *Journal of Animal Science* 89:4314-4324.
- Mota, C. J. A.; Silva, C. X. A. e Gonçalves, V. L. C. 2009. Gliceroquímica: novos produtos e processos a partir da glicerina de produção de biodiesel. *Química Nova* 32:639-648.
- Müller, L.; Maxon, W.E.; Palmer, A.Z. 1973. Evaluación de técnicas para determinar la composición de la canal. In: *Asociación Latinoamericana de Producción Animal*, 1973. Guadalajara. Anais...Guadalajara: (s.n.).
- Müller, L. 1987. Normas para avaliação de carcaças e concurso de carcaças de novilhos. 2. ed. Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria.
- NRC – National Research Council. 1996. Nutrient requirements of beef cattle. 7. ed. Washington, D.C. National Academic of Sciences.

- Owens, F. N. et al. 1995. Review of some aspects of growth and development of feedlot cattle. *Journal of Animal Science* 73: 3152-3172.
- Pacheco, P. S.; Restle, J.; Brondani, I. L.; Filho, D. C. A.; Padua, J. T. e Miotto, F. R. C. 2010. Grupo genético, sistema de acasalamento e efeitos genéticos aditivos e não-aditivos nas características de musculosidade da carcaça de novilhos oriundos do cruzamento rotativo Charolês × Nelore. *Revista Brasileira de Zootecnia* 39:494-502.
- Parsons, G. L.; Shelor, M. K. and Drouillard, J. S. 2009. Performance and carcass traits of finishing heifers fed crude glycerin. *Journal of Animal Science*. 87: 653-657.
- Pascoal, L. L.; Vaz, F. N.; Vaz, R. Z.; Restle, J.; Pacheco, P. S. e Santos, J. P. A. 2011. Relações comerciais entre produtor, indústria e varejo e as implicações na diferenciação e precificação de carne e produtos bovinos não-carcaça. *Revista Brasileira de Zootecnia* 40:82-92 (supl. especial).
- Pereira, P. M. R. C.; Pinto, M. F.; Abreu, U. G. P. e Lara, J. A. F. 2009. Características de carcaça e qualidade de carne de novilhos superprecoce de três grupos genéticos. *Pesquisa agropecuária brasileira* 44:1520-1527.
- Pethick, D. W.; Harper, G. S.; Oddy, V. H. 2004. Growth, development and nutritional manipulation of marbling in cattle: a review. *Australian Journal Experimental Agriculture* 44: 704-715.
- Rémond, B., Souday, E. and Jouany, J. P. 1993. In vitro and in vivo fermentation of glycerol by rumen microbes. *Animal Feed Science Technology* 41:121-132.
- Restle, J.; Brondani, I. L.; Bernardes, R. A. C. 1999a. O novilho superprecoce. In: Restle, J. (Ed.) *Confinamento, pastagens e suplementação para produção de bovinos de corte*. Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria.
- Restle, J.; Vaz, F. N.; Quadros, A. R. B. e Müller, L. 1999b. Características de Carcaça e da Carne de Novilhos de Diferentes Genótipos de Hereford x Nelore. *Revista Brasileira de Zootecnia* 28:1245-1251.
- Santello, G. A.; Macedo, F. A.; Mexia, F. A. A.; Sakaguti, E. S.; Dias, F. J. e Pereira, M. F. 2006. Características de carcaça e análise do custo de sistemas de produção de cordeiras ½ Dorset Santa Inês. *Revista Brasileira de Zootecnia* 35:1852-1859. (Suplemento).
- Se-Young Lee, S.-Y.; Lee, S.-M., Cho, Y.-B.; Kam, D.-K.; Lee, S.-C.; Kim, C.-H. and Seo, S. 2011. Glycerol as a feed supplement for ruminants: In vitro fermentation characteristics and methane production. *Animal Feed Science and Technology* 166-167 (2011) 269- 274.
- Signoretti, R. D.; Araújo, G. G. L.; Silva, J. F. C.; Valadares Filho, S. C.; Cecon, P. R. e Ferreira, M. A. 1999. Composição física da carcaça de bezerros da raça Holandesa alimentados com dietas contendo diferentes níveis de concentrado. *Revista Brasileira de Zootecnia* 28:883-888.

- Silva, A. H. G.; Restle, J.; Missio, R. L.; Bilego, U. O.; Fernandes, J. J. R.; Rezende, P. L. P.; Silva, R. M.; Pereira, M. L. R. e Lino, F. A. 2014. Milheto em substituição ao milho na dieta de novilhos confinados. *Ciências Agrárias* 35:2077-2094.
- Sniffen, C.J. Connor J. D. O.; Van Soest P. J.; Fox, D. G. and Russel, 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.
- Terrill, T. H., Gelaye, S., Amoah, E. A.; Kouakou, B.; Gates, R. N. and Hanna, W. W. 1998. Protein and energy value of pearl millet grain for mature goats. *Journal of Animal Science* 76:1964–1969.
- Van Cleef, E. H. C. B.; Ezequiel, J. M. B.; D`Aurea, A. P.; Fávaro, V. R. e Sancanari, J. B. D. 2014. Crude glycerin in diets for feedlot Nellore cattle. *Revista Brasileira de Zootecnia* 43:86-91.
- Vaz, F. N. e Restle, J. 2000. Aspectos qualitativos da carcaça e da carne de machos Hereford, 617 inteiros ou castrados, abatidos aos quatorze meses. *Revista Brasileira Zootecnia* 29:1894 -1901.
- Wang, C.; Liu, Q.; Huo, W. J.; Yang, W.Z.; Dong, K. H.; Huang, Y. X. and Guo, G. 2009. Effects of glycerol on rumen fermentation, urinary excretion of purine derivatives and feed digestibility in steers. *Livestock Science* 121:15–20.

## CONSIDERAÇÕES FINAIS

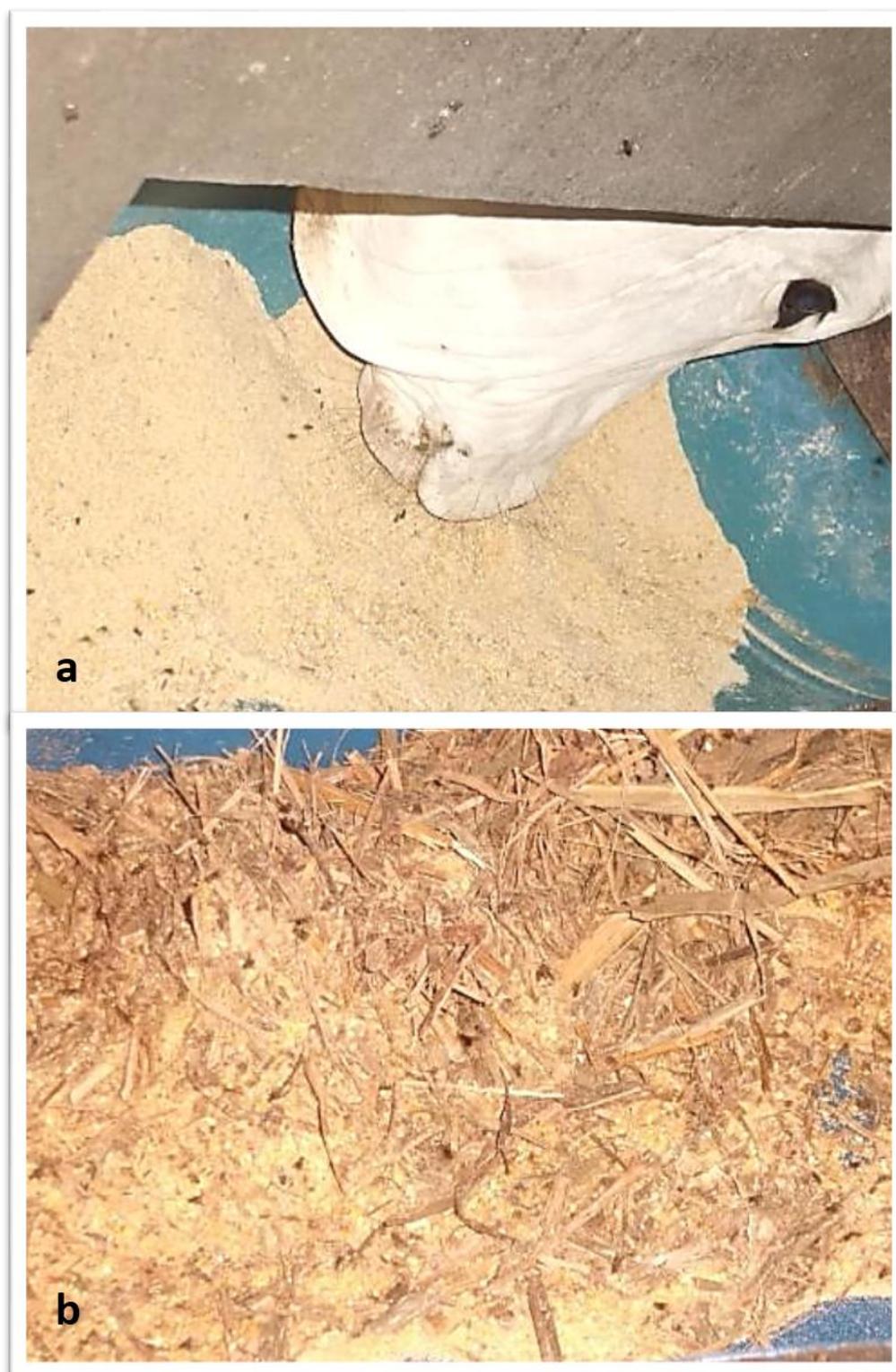
A glicerina bruta pode ser utilizada na alimentação de ruminantes como fonte energética em substituição parcial ao milho, pois níveis de até 240 g.kg<sup>-1</sup> da glicerina bruta em substituição ao milho na dieta não alteram o valor nutritivo das dietas de ovinos e a inclusão de 119 g.kg<sup>-1</sup> da glicerina bruta na dieta não altera o desempenho e características da carcaça e da carne de bovinos em confinamento. No entanto, a grande variação na composição da glicerina bruta no Brasil deve ser considerada, em função de que seu grau de pureza e presença de contaminantes pode alterar os bons resultados obtidos.

O milheto pode ser utilizado como fonte energética na alimentação de ruminantes, uma vez que sua substituição integral ao milho não afeta negativamente o valor nutritivo das dietas de ovinos e o desempenho produtivo e características da carcaça e da carne de bovinos em confinamento. Deve-se considerar ainda o alto conteúdo proteico do milheto, podendo este substituir parcialmente os componentes proteicos das dietas. Sugere-se, portanto, como fator de decisão do seu uso, o custo e a disponibilidade do grão.

Animais da raça Nelore são predominantes na pecuária de corte do país, porém a utilização destes animais é maior em sistema a pasto ou em confinamento com grande proporção de volumosos. Entretanto, o sistema de produção de carne no Brasil está passando por transformações em que a técnica do confinamento participa cada vez mais desta conjuntura, e dentro deste contexto, dietas de alto concentrado tem ganhado espaço nos confinamentos brasileiros. No estudo, o desempenho dos tourinhos Nelore terminados em confinamento com dietas de alto concentrado deve ser considerado.

Em vista da crescente disponibilidade de animais mestiços de origem leiteira e do problema relacionado com a subutilização destes animais no Brasil, tourinhos mestiços de origem leiteira apresentam potencial para terminação em confinamento com dietas de alto concentrado, com bom desempenho e características da carcaça e da carne satisfatórias.

## ANEXO 1



**Figura 1** – Efeito da seletividade dos animais de diferentes grupos genéticos avaliados sobre as sobras das dietas fornecidas; **a-** Sobras dos tourinhos Nelore; **b-** Sobras dos mestiços de origem leiteira.



**Figura 2** – **a** - Animal Nelore utilizado no experimento e **b**- Animal mestiço de origem leiteira utilizado no experimento.

**ANEXO 2****UNIVERSIDADE FEDERAL DO TOCANTINS  
COMISSÃO DE ÉTICA NO USO DE ANIMAIS  
CEUA-UFT**

Eu, Alberto Yim Júnior, coordenador da Comissão de Ética em Pesquisa Animal da Universidade Federal do Tocantins declaro, para os devidos fins, que o projeto intitulado “Avaliação bioeconômica da glicerina bruta ou do milho em substituição ao milho na alimentação de ruminantes”, sob responsabilidade de Lorena da Mota Lima Bringel, está de acordo com as normas éticas estabelecidas pela lei de Procedimentos para o Uso Científico de Animais, de 8 de outubro de 2008.

Araguaína, 14 de agosto de 2014.

A handwritten signature in cursive script that reads 'alberto yim júnior'.

---

Alberto Yim Júnior  
Coordenador da Comissão de Ética em Pesquisa Animal da  
Universidade Federal do Tocantins