

Características de carcaça e qualidade da carne de novilhas alimentadas com silagem de capim-marandu

Gustavo Almeida Mendes⁽¹⁾, Vicente Ribeiro Rocha Júnior⁽¹⁾, José Reinaldo Mendes Ruas⁽²⁾, Fredson Vieira e Silva⁽¹⁾, Luciana Albuquerque Caldeira⁽¹⁾, Marcos Eduardo Gonçalves Pereira⁽¹⁾, Franklin Delano dos Santos Soares⁽¹⁾ e Daniel Ananias de Assis Pires⁽¹⁾

⁽¹⁾Universidade Estadual de Montes Claros, Departamento de Ciências Agrárias, Avenida Reinaldo Viana, s/nº, Bico da Pedra, CEP 39440-000 Janaúba, MG. E-mail: gamzootecnia@hotmail.com, vicente.rocha@unimontes.br, fredson.silva@unimontes.br, luciana.caldeira@unimontes.br, marcosegpereira@bol.com.br, franklin.cnn@hotmail.com, piresdaa@gmail.com ⁽²⁾Empresa de Pesquisa Agropecuária de Minas Gerais, Fazenda Experimental do Gorutuba, Rodovia MGT 122, Km 155, Zona Rural, CEP 39525-000 Nova Porteirinha, MG. E-mail: jrmmruas@epamig.br

Resumo – O objetivo deste trabalho foi avaliar as características de carcaça e da carne de novilhas $\frac{3}{4}$ Zebu x Holandês submetidas a dieta com substituição da silagem de sorgo por silagem de capim-marandu. Utilizou-se o delineamento experimental inteiramente casualizado. Os tratamentos consistiram da substituição da fração volumosa da dieta de 100, 70 e 30% de silagem de sorgo por, respectivamente, 100, 70 e 30% de silagem de capim-marandu. Foi adicionado concentrado na proporção de 1,2% de peso corporal, e as dietas foram isoproteicas. A substituição da silagem de sorgo pela silagem de capim-marandu aumentou a perda de água por cozimento até o ponto máximo de 49,98% de substituição, elevou a força de cisalhamento e a capacidade de retenção de água da carne, mas não influenciou os pesos e os rendimentos das carcaças, os percentuais de cortes, as medidas de carcaça, a área de olho de lombo, o pH das carcaças, a espessura de gordura e as características de cor de músculo e gordura. A substituição da silagem de sorgo por silagem de capim-marandu diminuiu o ganho de peso de corpo vazio e reduz a maciez da carne de novilhas $\frac{3}{4}$ Zebu x Holandês, mas não afeta as características quantitativas da carcaça.

Termos para indexação: bovinos mestiços, confinamento, força de cisalhamento, rendimento de carcaça.

Carcass characteristics and meat quality of heifers fed marandu grass silage

Abstract – The objective of this work was to evaluate the carcass characteristics and meat quality of $\frac{3}{4}$ Zebu x Holstein heifers subjected to a diet with the substitution of sorghum silage by marandu grass silage. A completely randomized experimental design was used. Treatments consisted of replacing the bulky fraction of the diet of 100, 70, and 30% of sorghum silage by, respectively, 100, 70, and 30% of marandu grass silage. Concentrate was added in the proportion of 1.2% of live weight, and diets were isoproteic. The substitution of sorghum silage by marandu grass silage increased water loss by cooking to the maximum point of 49.98% of substitution, elevated average shear force and water holding capacity of meat, but did not influence carcass weight and yield, cut percentiles, carcass measures, loin eye area, pH of carcasses, fat thickness, and characteristics of muscle and fat color. The substitution of sorghum silage by marandu grass silage decreases the gain of empty body weight and reduces the tenderness of meat from $\frac{3}{4}$ Zebu x Holstein heifers, but does not affect quantitative carcass traits.

Index terms: crossbred cattle, feedlot, shear force, carcass yield.

Introdução

O alimento volumoso, como componente da dieta, tem papel fundamental na manutenção das funções ruminais, como fonte de energia, e no desempenho dos rebanhos (Allen, 1996). A silagem de sorgo é considerada um volumoso de alta qualidade, em razão do seu elevado valor nutricional e das suas características de fermentação, que garantem alimento de qualidade

para fornecimento aos animais, no período de estiagem. Contudo, muitas vezes, a produção e a confecção de silagem dessa forrageira apresentam elevado custo ao produtor, o que pode inviabilizar a atividade de confinamento. Portanto, é importante utilizar alternativas que diminuam os custos de alimentação no sistema de produção em confinamento.

O desenvolvimento de estudos com a ensilagem de capins do gênero *Urochloa* pode viabilizar a substituição

das silagens padrões pela silagem de capim-marandu, pois essas poaceas ocupam a maior área de pastagens cultivadas no país, o que reduz o custo de produção da confecção de silagem dessa forrageira.

Associado à necessidade de redução de custos do confinamento, tem-se o aumento da demanda por carne vermelha de qualidade e em grandes quantidades para atender o mercado interno e externo. Dessa forma, aspectos relativos às características qualitativas da carne e da carcaça assumem papel cada vez mais importante, para agregação de valor ao produto. Em raças de corte, o conhecimento dessas características e do potencial das diferentes raças é bastante disseminado. No entanto, em animais destinados ao abate, provindos do cruzamento de raças de aptidão leiteira com raças de aptidão para corte (mestiços), esses aspectos ainda não estão bem definidos, assim como os efeitos da fração volumosa da dieta sobre essas características. As características qualitativas da carne são avaliadas por meio das variáveis perda de água por cozimento, força média de cisalhamento, capacidade de retenção de água, pH de carcaça quente e de carcaça fria, espessura de gordura, cor do músculo e cor da gordura. Essas características, além de estarem ligadas ao sexo e à genética dos animais, também estão estreitamente relacionadas à dieta fornecida.

Segundo Luchiarri Filho (2000), a avaliação da qualidade ou do rendimento de carcaças é essencial para a melhoria da eficiência produtiva dos sistemas de produção de bovinos de corte, e, atualmente, a classificação e a padronização das carcaças permitiriam a comercialização mais eficiente da carne produzida.

O objetivo deste trabalho foi avaliar as características de carcaça e da carne de novilhas $\frac{3}{4}$ Zebu x Holandês submetidas à dieta com substituição da silagem de sorgo por silagem de capim-marandu.

Material e Métodos

O experimento foi conduzido na Fazenda Experimental da Empresa de Pesquisa Agropecuária de Minas Gerais (Epamig), localizada no Município de Felixlândia, no centro-oeste de Minas Gerais. Utilizou-se o delineamento experimental inteiramente casualizado, com 20 novilhas $\frac{3}{4}$ Zebu x Holandês, com peso médio inicial de $346,25 \pm 12$ kg, distribuídas em quatro tratamentos: T1, fração volumosa da dieta composta por 0% de silagem de capim-marandu ou

100% de silagem de sorgo; T2, 70% de silagem de sorgo e 30% de silagem de capim-marandu; T3, 30% de silagem de sorgo e 70% de silagem de capim-marandu; e T4, 100% de silagem de capim-marandu. Para cada tratamento, foram utilizadas cinco repetições, e cada novilha foi considerada como uma unidade experimental.

Antes do período experimental, que teve duração de 84 dias, as novilhas passaram por um período de 15 dias de adaptação às dietas experimentais e às instalações, tendo sido confinadas em baias individuais com cocho coberto e bebedouro. As dietas experimentais foram formuladas para ganho de 1 kg de peso por dia, segundo recomendações de Valadares Filho et al. (2006), e foram fornecidas diariamente, com excesso de 10%, para permitir sobras. As quantidades de alimento foram reajustadas às necessidades dos animais. Os volumosos foram fornecidos ad libitum, e um mesmo concentrado foi fornecido em proporção fixa de 1,2% de peso corporal, com base na matéria natural do concentrado. A fração volumosa da dieta foi fornecida uma vez ao dia, sempre pela manhã. O concentrado foi fornecido pela manhã e à tarde, em partes iguais.

A composição centesimal do concentrado usado, em todos os tratamentos, foi de 25,25% de farelo de soja, 73,44% de milho moído e 1,31% de núcleo mineral, com base na matéria natural. Para se corrigir o valor proteico das dietas de forma que elas fossem isonitrogenadas, foi adicionada ureia na seguinte proporção da matéria natural das frações volumosas dos diferentes tratamentos: T1, 0%; T2, 0,23%; T3, 0,53%; e T4, 0,76%. A cultivar de sorgo utilizada para a produção da silagem foi a Volumax. Para a elaboração da silagem de capim-marandu, utilizou-se o excedente desta forragem, que já se encontrava nos pastos da fazenda da Epamig, no período das águas. As análises da composição química dos ingredientes e das dietas experimentais, com base na matéria seca, encontram-se na Tabela 1 e foram realizadas segundo recomendações de Silva & Queiroz (2006).

Antes de iniciar o período experimental propriamente dito, todos os animais foram vermifugados com produto anti-helmíntico à base de ivermectina. Os cochos foram completamente limpos todas as manhãs no mesmo horário (6h), quando as sobras eram pesadas.

No início do experimento, realizou-se o abate de três novilhas, que foram utilizadas como referência para obtenção do peso do corpo vazio inicial, tendo-

se deduzido do peso vivo o peso do conteúdo do trato gastrointestinal (Alves et al., 2004). As três novilhas utilizadas como referência eram da mesma composição genética, idade e procedência das demais novilhas que foram submetidas às dietas experimentais.

Os animais foram pesados a cada 21 dias do período experimental (84 dias), após jejum de dieta sólida por 16 horas. As novilhas foram encaminhadas ao frigorífico, onde foram submetidas a um período de descanso de dez horas antes de serem abatidas. O abate seguiu os procedimentos de rotina do frigorífico sob inspeção federal, e os animais foram insensibilizados, sacrificados, esfolados e eviscerados. Após o abate, determinou-se o peso do corpo vazio final, conforme metodologia descrita acima para peso do corpo vazio inicial (Alves et al., 2004). O ganho médio diário de peso de corpo vazio foi calculado pela subtração do peso do corpo vazio inicial do peso do corpo vazio final, seguida da divisão do resultado pelo total de dias de confinamento.

Após a esfolagem, mediu-se, imediatamente, o pH da carcaça quente e da carcaça fria, com o auxílio de peagômetro, no músculo *Longissimus dorsi*. As carcaças foram serradas ao meio pelo externo e pela coluna vertebral, seguindo procedimento convencional de abate, e a soma das metades constituiu o peso de carcaça quente. O rendimento da carcaça quente foi calculado em percentagem, por meio da relação dos pesos vivos em jejum e da carcaça quente. As carcaças foram resfriadas por 24 horas em câmara de resfriamento a, aproximadamente, 1°C, para obtenção do peso. O rendimento da carcaça fria foi calculado da mesma forma que o da carcaça quente. A quebra de peso por

resfriamento foi calculada, em percentagem, por meio da diferença de peso entre a carcaça quente e a carcaça fria. Nas meias-carcaças esquerdas resfriadas, foram realizadas, com uso de fita métrica, as mensurações do perímetro de coxão, do comprimento de perna, do perímetro e do comprimento de braço (correspondente à distância entre a escápula e a articulação metacarpo falangiana), e do comprimento interno da carcaça (correspondente à distância entre a porção média cranial da primeira costela e a eminência ileopúbica). Para calcular o índice de compacidade da carcaça, dividiu-se o peso de carcaça fria pelo comprimento interno. Na sequência, essas meias-carcaças frias foram divididas, com o auxílio de serra elétrica, em cortes diferentes: dianteiro (cinco costelas), ponta de agulha e traseiro especial, os quais foram pesados para determinação de suas percentagens em relação ao peso da carcaça fria.

Na meia-carcaça direita, realizou-se corte perpendicular entre a décima segunda e a décima terceira costelas, para expor a seção transversal do músculo *Longissimus dorsi*. A área de olho de lombo (AOL) foi determinada em cm², a partir do contorno da área dessa seção sobre papel vegetal. A área de olho de lombo foi determinada tendo-se considerado 100 kg de carcaça quente. Ainda na seção transversal do músculo *Longissimus dorsi*, identificou-se o ponto referente a $\frac{3}{4}$ do comprimento desta seção, no qual foi medida, com paquímetro digital, a espessura de gordura. Posteriormente, os músculos *Longissimus dorsi* foram serrados transversalmente com auxílio de serra elétrica, congelados a -20°C e encaminhados para o laboratório de Análise de Alimentos da Universidade

Tabela 1. Composição química dos ingredientes e das dietas experimentais, com base na matéria seca (MS): proteína bruta (PB), fibra em detergente neutro (FDN), fibra em detergente ácido (FDA), carboidratos não fibrosos (CNF), nutrientes digestíveis totais (NDT), extrato etéreo (EE), matéria mineral (MM) e lignina.

| Composição (%) | Silagem de sorgo | Silagem de capim-marandu | Milho | Farelo de soja | Níveis de substituição da silagem de sorgo pela de capim-marandu | | | |
|--------------------|------------------|--------------------------|-------|----------------|--|-------|-------|-------|
| | | | | | 0% | 30% | 70% | 100% |
| MS | 24,30 | 46,25 | 89,31 | 89,73 | 35,18 | 38,58 | 46,86 | 55,89 |
| PB | 6,42 | 4,50 | 8,73 | 46,17 | 11,35 | 11,08 | 11,11 | 10,87 |
| FDN | 73,06 | 72,04 | 13,98 | 14,62 | 48,02 | 49,85 | 50,32 | 51,47 |
| FDA | 31,25 | 39,91 | 4,08 | 9,86 | 20,33 | 22,78 | 25,31 | 27,70 |
| CNF | 12,71 | 13,25 | 71,67 | 31,18 | 32,96 | 31,14 | 30,63 | 30,36 |
| NDT ⁽¹⁾ | 50,38 | 46,04 | 87,24 | 81,54 | 64,90 | 62,64 | 60,97 | 60,09 |
| EE | 2,16 | 1,60 | 4,07 | 1,71 | 2,69 | 2,54 | 2,37 | 2,26 |
| MM | 5,65 | 8,61 | 1,55 | 6,32 | 4,41 | 5,04 | 5,83 | 6,52 |
| Lignina | 6,63 | 8,11 | 1,16 | 1,33 | 4,32 | 4,78 | 5,22 | 5,66 |

⁽¹⁾ Estimado pelas equações do National Research Council (2001), para os ingredientes, e calculado conforme Sniffen et al. (1992), nos níveis de substituição.

Estadual de Montes Claros, no campus de Janaúba, para determinação das características cor, perda de água por cozimento, capacidade de retenção de água e textura. Para as avaliações qualitativas da carne, foram estudados fatores inerentes à maciez, à suculência e ao aspecto visual da carne.

Do músculo, foram retirados dois bifés, ambos com 2,54 cm de espessura, um para a medida de capacidade de retenção de água e outro para as demais análises. Os bifés utilizados para as avaliações das características cor da carne e da gordura ficaram expostos ao ambiente por 30 min antes da realização das avaliações, para exposição da mioglobina ao oxigênio, conforme Abularach et al. (1998). As determinações da cor da carne e da gordura foram realizadas como descrito por Houben et al. (2000). Com colorímetro, avaliou-se a luminosidade (L^*), a intensidade da cor vermelha (a^*) e a intensidade da cor amarela (b^*). A calibração do aparelho foi realizada antes da leitura das amostras com um padrão branco e outro preto.

Para a determinação da perda de água por cozimento, descongelaram-se as seções de carne de 2,54 cm, em refrigerador, a 4°C, durante 24 horas, até que alcançassem temperatura interna de 2 a 5°C, quando foram pesadas e levadas a um grill elétrico. Quando a temperatura no ponto frio dos bifés alcançou 40°C, estes foram virados e o outro lado foi grelhado até que atingisse 71°C (Ramos & Gomide, 2007). Após esse procedimento, as seções de carne foram esfriadas em temperatura ambiente e pesadas novamente, para que se pudesse determinar a perda de água por cozimento, a partir da diferença entre os dois bifés descongelados e cozidos. Em seguida, retiraram-se das seções de carne seis amostras cilíndricas, com 1,27 cm de diâmetro, que foram utilizadas para realização das análises objetivas de textura (força de cisalhamento) e medidas com aparelho tipo Warner-Bratzler, conforme Duckett et al. (1998).

A capacidade de retenção de água foi determinada pelo método gravimétrico “percentage drip loss” (PDL) descrito por Honikel (1998). Para essa análise, foi utilizado o bife congelado descrito anteriormente, do qual se retiraram três cortes com formato cilíndrico, removidos paralelamente à direção das fibras musculares, com o auxílio de serra copo acoplado a furadeira convencional. Cada corte cilíndrico foi pesado, tendo apresentado, em média, 16 g, com formato e peso os mais uniformes possíveis. O corte

foi contido em rede de plástico e suspenso dentro de saco de plástico, conforme Ramos & Gomide (2007). O conjunto foi mantido a temperatura refrigerada, de 0 a 4°C, por 48 horas. Após este período, os cortes cilíndricos foram pesados novamente, e determinou-se a capacidade de retenção de água pela diferença de peso.

O peso corporal inicial foi considerado como covariável. Utilizou-se o procedimento de modelos lineares gerais (GLM) do SAS (8.0). Quando significativas, realizaram-se as correções das variáveis relacionadas ao peso, por meio das equações geradas nesse procedimento, para cada tratamento. Todas as variáveis foram submetidas à análise de variância, e, quando significativas, realizou-se o estudo de regressão para os níveis de substituição da silagem de sorgo por silagem de capim-marandu, tendo-se considerado $\alpha = 0,05$.

Resultados e Discussão

Observou-se diminuição do ganho médio diário de peso do corpo vazio à medida que se aumentaram as proporções de silagem de capim-marandu nas dietas, em substituição à silagem de sorgo (Tabela 2). Os maiores ganhos de peso de corpo vazio, ocorridos nos tratamentos com menores níveis de silagem de capim-marandu, mostram a superioridade da qualidade da silagem de sorgo, em comparação à silagem de capim, na obtenção de melhor desempenho por animal. Os pesos de carcaça quente e fria não foram diferentes entre os tratamentos. Com relação aos rendimentos de carcaça quente e fria, sabe-se que seus percentuais, em relação ao peso corporal final, indicam a eficiência do animal em transformar a dieta consumida em carcaça. De acordo com Coutinho Filho et al. (2006), para fêmeas, é satisfatório um rendimento de carcaça quente em torno de 50% do peso corporal final. Este valor está próximo aos rendimentos verificados em todos os tratamentos do presente trabalho, cujas variáveis rendimento de carcaça quente e rendimento de carcaça fria não diferiram entre os níveis de substituição da silagem de sorgo por silagem de capim-marandu. Segundo Paixão et al. (2006), o rendimento de carcaça pode aumentar os teores de carnes comestíveis e pode ser afetado por fatores como peso das vísceras e do conteúdo gastrointestinal, tipo de dieta, peso e

idade de abate, grau de engorda, além dos pesos de couro e de cabeça. O ganho médio diário de peso do corpo vazio diminuiu à medida que se aumentaram os níveis de silagem de capim-marandu (Tabela 2). O resultado, provavelmente, deve-se à melhor qualidade nutricional da silagem de sorgo em relação à silagem de capim-marandu (Tabela 1). Entretanto, as diferenças encontradas para ganho médio diário de peso do corpo vazio não foram suficientes para interferir nos rendimentos de carcaças, que permaneceram equânimes entre os tratamentos. A quebra no resfriamento também não diferiu entre os tratamentos. Essa variável está diretamente associada à espessura de gordura da carcaça (Tabela 3). Portanto, quanto maior for essa espessura, maior será o grau de acabamento do animal e maior será a proteção da carcaça pela gordura, o que diminui a perda de peso da carcaça durante o processo de resfriamento.

As semelhanças verificadas nas proporções de dianteiro, ponta de agulha e traseiro, assim como nas medidas de perímetro de coxão, comprimentos de perna, braço e comprimento interno da carcaça (Tabela 2), nos diferentes tratamentos, podem ser atribuídas à proximidade de peso de abate dos animais (variação de 427,67 a 452,16 kg), já que essas características, segundo Euclides Filho et al. (1997), são altamente

relacionadas ao peso de abate. Restle et al. (2002) obtiveram coeficiente de correlação positivo do peso de abate com pesos de traseiro, dianteiro, costilhar e área do músculo *Longissimus dorsi*.

Os valores encontrados, no presente trabalho, para as proporções de traseiro, em torno de 48% da carcaça, de dianteiro, em torno de 39%, e de ponta de agulha, em torno de 12%, estão bem próximos dos índices desejáveis, preconizados por Luchiari Filho (2000), em que a proporção de traseiro especial, no total da carcaça, deve estar acima de 48%, o dianteiro deve ter percentual de até 39% e a ponta de agulha de até 13%. Menezes et al. (2005) não observaram efeito de diferenças entre silagem de milho e de sorgo nas características relacionadas às proporções de corte, no total da carcaça, e à área de olho de lombo. De acordo com Coutinho Filho et al. (2006), essas características são mais influenciadas pelo sexo dos animais, uma vez que as fêmeas têm maior proporção de traseiro e os machos maiores proporções de dianteiro, ponta de agulha e área de olho de lombo.

Em experimento com novilhos Charolês terminados em confinamento, Brondani et al. (2006) encontraram valores de 67,52 cm² para área de olho de lombo, superiores aos obtidos para as fêmeas no presente

Tabela 2. Variáveis do rendimento de carcaças de novilhas $\frac{3}{4}$ Zebu x Holandês submetidas a dietas com substituição da silagem de sorgo por silagem de capim-marandu.

| Variável ⁽¹⁾ | Níveis de substituição da silagem de sorgo | | | | CV (%) | Regressão ⁽²⁾ |
|--|--|--------|--------|--------|--------|------------------------------|
| | 0% | 30% | 70% | 100% | | |
| GMD/PCVZ | 0,93 | 0,81 | 0,69 | 0,63 | 14,17 | $\hat{Y} = 1,0240 - 0,1014X$ |
| PCQ (kg) | 226,92 | 225,53 | 215,37 | 210,03 | 14,66 | $\hat{Y} = 219,46$ |
| PCF (kg) | 224,79 | 222,84 | 211,27 | 206,59 | 15,13 | $\hat{Y} = 216,31$ |
| RCQ (%) | 50,00 | 50,05 | 49,40 | 48,99 | 31,16 | $\hat{Y} = 49,61$ |
| RCF (%) | 49,48 | 49,41 | 48,42 | 48,16 | 3,43 | $\hat{Y} = 48,87$ |
| QR (%) | 1,09 | 1,27 | 1,94 | 1,73 | 72,20 | $\hat{Y} = 1,50$ |
| Porcentagem de dianteiro | 39,83 | 39,51 | 39,75 | 39,77 | 2,70 | $\hat{Y} = 39,72$ |
| Porcentagem de ponta de agulha | 12,39 | 12,39 | 11,81 | 11,25 | 8,60 | $\hat{Y} = 11,96$ |
| Porcentagem de traseiro | 47,77 | 48,07 | 48,82 | 48,96 | 2,45 | $\hat{Y} = 48,40$ |
| Perímetro de coxão (cm) | 107,20 | 106,50 | 106,10 | 102,30 | 5,27 | $\hat{Y} = 105,52$ |
| Comprimento de perna (cm) | 71,10 | 72,10 | 71,40 | 71,50 | 4,07 | $\hat{Y} = 71,52$ |
| Perímetro de braço (cm) | 49,20 | 46,50 | 46,60 | 47,20 | 5,64 | $\hat{Y} = 47,37$ |
| Comprimento de braço (cm) | 42,20 | 42,60 | 42,40 | 43,40 | 4,30 | $\hat{Y} = 42,65$ |
| Comprimento interno (cm) | 127,80 | 129,40 | 128,60 | 126,40 | 4,58 | $\hat{Y} = 128,05$ |
| AOL (cm ²) | 56,20 | 63,40 | 64,33 | 55,40 | 14,78 | $\hat{Y} = 59,83$ |
| AOL 100 kg ⁻¹ (cm ²) | 25,34 | 27,92 | 28,79 | 27,28 | 16,66 | $\hat{Y} = 27,33$ |
| Índice de compacidade (kg cm ⁻¹) | 1,74 | 1,71 | 1,64 | 1,62 | 11,53 | $\hat{Y} = 1,68$ |

⁽¹⁾GMD/PCVZ, ganho médio diário de peso do corpo vazio; PCQ, peso de carcaça quente; PCF, peso de carcaça fria; RCQ, rendimento de carcaça quente; RCF, rendimento de carcaça fria; QR, quebra no resfriamento; AOL, área de olho de lombo; AOL 100kg⁻¹, área de olho de lombo para 100 kg de carcaça quente. ⁽²⁾R² = 0,98 (p<0,01).

trabalho, em que se verificou área de olho de lombo média de 59,83 cm² (Tabela 2).

A perda de água por cozimento apresentou comportamento quadrático com ponto máximo correspondente a 49,98% da substituição da silagem de sorgo pela silagem de capim-marandu (Tabela 3). O cozimento causa mudanças estruturais na carne, que está ligada à suculência. Entre 54 e 58°C, ocorrem alterações na miosina; entre 65 e 67°C, mudanças no colágeno; e, no intervalo de 80 a 83°C, a actina sofre alterações (Tornberg, 2005). A água é expelida pela pressão exercida por este encolhimento no tecido conectivo, o que influencia a percepção sensorial de suculência nas amostras de carne (Silva et al., 2007).

A maior perda de água por cozimento resulta em uma menor suculência da carne, o que pode reduzir sua textura, que, no presente trabalho, foi medida pela força de cisalhamento. Não é possível afirmar o quanto a variável perda de água por cozimento interferiu na força de cisalhamento, que foi maior à medida que os níveis de inclusão da silagem de capim-marandu, em substituição à silagem de sorgo, aumentaram. Isso indica que a inclusão da silagem de capim-marandu nas dietas implicou em aumento da textura da carne. No entanto, mesmo com o aumento da textura com a inclusão de silagem de capim-marandu, a carne de novilhas de quaisquer tratamentos pode ser considerada macia, em razão do seu baixo valor de força de cisalhamento.

A capacidade de retenção de água é outra característica que está diretamente associada à maior suculência e maciez da carne. Uma excessiva capacidade de retenção de água cria problemas tecnológicos no processamento

da carne e gera problemas sensoriais que a caracterizam como “dark”, “firm” e “dry” (DFD), isto é, escura, firme e seca, considerada de qualidade inferior, com pouca suculência e maciez (Osório et al., 2009). Esse fenômeno ocorre quando o pH da carne se mantém elevado, o que causa menor desnaturação e perda de solubilidade das proteínas que compõem a carne. No presente trabalho, não foram verificadas diferenças na capacidade de retenção de água entre os tratamentos. Apesar de ter ocorrido maior maciez da carne das novilhas alimentadas com menores níveis de silagem de capim-marandu, não foram identificadas diferenças na variável capacidade de retenção de água.

Na avaliação do pH da carcaça quente, não houve diferença entre os tratamentos (Tabela 3). As carcaças apresentaram pH acima de 6,5, imediatamente após o abate, o que está dentro da faixa considerada normal para bovinos (Lawrie, 2005). Em carcaças com pH próximos de 7,0, imediatamente após o abate, o estabelecimento do rigor mortis ocorrerá de forma mais satisfatória em relação aos parâmetros de qualidade de carne. Bovinos estressados no pré-abate terão suas reservas de glicogênio parcial ou totalmente esgotadas, o que impossibilita a queda do pH da carcaça no processo do estabelecimento do rigor mortis.

A utilização do glicogênio, nos processos bioquímicos post-mortem, faz com que o pH da carcaça diminua por meio da glicólise anaeróbica irreversível e da consequente produção de ácido lático. O abaixamento do pH pela produção de ácido lático, além de aumentar a vida de prateleira do produto, ativa enzimas proteolíticas responsáveis pela maciez da carne.

Tabela 3. Variáveis de qualidade da carne de novilhas ³/₄ Zebu x Holandês submetidas a dietas com substituição da silagem de sorgo por silagem de capim-marandu.

| Variável | Níveis de substituição da silagem de sorgo | | | | CV (%) | Equação ⁽¹⁾ |
|------------------------------------|--|----------|----------|----------|--------|---|
| | 0% | 30% | 70% | 100% | | |
| Perda de água por cozimento (g) | 47,48 | 61,20 | 55,27 | 49,58 | 15,30 | $\hat{Y} = 48,6472 + 0,4598X - 0,0046X^2$ |
| Força média de cisalhamento (g) | 1.471,26 | 1.881,69 | 2.171,53 | 2.446,29 | 36,15 | $\hat{Y} = 1522,4522 + 9,4049X$ |
| Capacidade de retenção de água (g) | 1,07 | 0,85 | 1,51 | 1,16 | 24,78 | $\hat{Y} = 1,15$ |
| pH da carcaça quente | 6,68 | 6,84 | 6,74 | 6,53 | 6,06 | $\hat{Y} = 6,69$ |
| pH da carcaça fria | 5,84 | 5,74 | 6,04 | 5,94 | 2,97 | $\hat{Y} = 5,89$ |
| Espessura de gordura (mm) | 5,38 | 5,20 | 3,60 | 5,00 | 43,25 | $\hat{Y} = 4,79$ |
| Luminosidade do músculo (L) | 37,35 | 36,76 | 35,16 | 35,82 | 5,33 | $\hat{Y} = 36,27$ |
| Cromaticidade (a) | 13,37 | 14,40 | 13,39 | 14,53 | 11,24 | $\hat{Y} = 13,92$ |
| Cromaticidade (b) | 11,76 | 11,83 | 10,06 | 11,44 | 13,39 | $\hat{Y} = 11,27$ |
| Luminosidade da gordura (L) | 60,47 | 64,16 | 62,12 | 60,28 | 7,52 | $\hat{Y} = 61,76$ |
| Cromaticidade (a) | 6,25 | 6,24 | 6,04 | 7,21 | 37,23 | $\hat{Y} = 6,43$ |
| Cromaticidade (b) | 16,43 | 18,79 | 16,30 | 17,63 | 12,43 | $\hat{Y} = 17,29$ |

⁽¹⁾Primeira equação, R² = 0,827 (p<0,05); segunda equação, R² = 0,983 (p<0,05).

Os valores de pH registrados ficaram entre 5,74 e 6,04. Para Tarrant (1989), são consideradas carnes DFD aquelas que apresentam valores de pH a partir de 5,8. Partindo desse pressuposto, com exceção dos tratamentos com 0 e 30% de capim-marandu, os demais seriam considerados como carnes DFD. Fernandes et al. (2009) relataram pH 5,7 em carcaças de novilhas, após 24 horas do abate, semelhante ao valor obtido, no presente trabalho, para as carcaças de novilhas submetidas aos tratamentos com ingestão de 0 e 30% de capim-marandu. Contudo, ressalta-se que os valores médios de pH foram similares entre os tratamentos.

A espessura de gordura não foi afetada pelos níveis de substituição, em todos os tratamentos, e atingiu os níveis ideais preconizados pelo mercado (3 a 6 mm), parâmetro que garante a proteção contra o escurecimento e o encurtamento das fibras musculares da carne pelo frio e evita que ocorra recorte das carcaças pelo excesso de gordura. A espessura de gordura está diretamente associada ao grau de terminação do animal. No presente trabalho, foram confinadas fêmeas, que são naturalmente mais precoces para terminação do que os machos e, por isso, acumulam gordura mais cedo, com peso vivo inferior. Por essa razão, obtiveram-se valores de gordura expressivos quando comparados aos de outros experimentos com terminação de machos. A deposição de gordura no animal está altamente relacionada ao peso de abate, ao grupo genético, à idade do animal e à densidade energética da dieta (Restle et al., 2001).

As variações na coloração da carne são decorrentes de problemas ligados ao estresse pré-abate ou a diferenças na condição sexual ou na maturidade fisiológica de animais contemporâneos, mas pouco efeito direto deve ser esperado com a alteração da qualidade da dieta (Pardi et al., 1993). No presente trabalho, a condição sexual e a maturidade fisiológica dos animais não foram fatores de avaliação ou variação, e as novilhas não apresentaram estresse pré-abate (verificado pelo pH das carcaças). Assim, o único fator de variação foram as dietas diferentes, que não provocaram alterações nas características qualitativas, na cor do músculo e da gordura (L), e na cromaticidade de músculo e gordura (a e b) (Tabela 3), com diferentes níveis de substituição da silagem de sorgo por silagem de capim-marandu. A conjuntura dessas variáveis localizou um ponto no sistema esférico de cor que classificou as carnes de todos os tratamentos como vermelho brilhante, o que faz com que a carne tenha preferência no mercado consumidor.

Conclusão

A substituição da silagem de sorgo por silagem de capim-marandu diminui o ganho de peso de corpo vazio e reduz a maciez da carne de novilhas $\frac{3}{4}$ Zebu x Holandês, mas não afeta as características quantitativas da carcaça.

Agradecimentos

À Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de Minas Gerais (Fapemig), pelo apoio financeiro; à Empresa de Pesquisa Agropecuária de Minas Gerais, pelo apoio; e ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq) e à Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (Capes), pela concessão de bolsas.

Referências

- ABULARACH, M.L.S.; ROCHA, C.E.; FELÍCIO, P.E. de. Características de qualidade do contrafilé (m. L. *dorsi*) de touros jovens da raça Nelore. **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, v.18, p.205-210, 1998.
- ALLEN, M.S. Physical constraints on voluntary intake of forages by ruminants. **Journal of Animal Science**, v.74, p.3063-3075, 1996.
- ALVES, D.D.; PAULINO, M.F.; BACKES, A.A.; VALADARES FILHO, S. de 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, p.1274-1284, 2004.
- BRONDANI, L.I.; RESTLE, J.; ARBOITTE, M.Z.; MENEZES, L.F.G. de; ALVES FILHO, D.C.; AMARAL, G.A. do; PAZDIORA, R.D. Efeito de dietas que contêm cana-de-açúcar ou silagem de milho sobre as características das carcaças de novilhos confinados. **Ciência Rural**, v.36, p.197-202, 2006.
- COUTINHO FILHO, J.L.V.; PERES, R.M.; JUSTO, C.L. Produção de carne de bovinos contemporâneos, machos e fêmeas, terminados em confinamento. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.35 p.2043-2049, 2006.
- DUCKETT, S.K.; KLEIN, T.A.; LECKIE, R.K.; THORNGATE, J.H.; BUSBOOM, J.R.; SNOWDER, G.D. Effect of freezing on calpastatin activity and tenderness of callipyge lamb. **Journal of Animal Science**, v.76, p.1869-1874, 1998.
- EUCLIDES FILHO, K.; EUCLIDES, V.P.B.; FIGUEIREDO, G.R. de; CARVALHO, J. de. Avaliação de animais Nelore e de seus mestiços com Charolês, Fleckvieh e Chianina, em três dietas. 2. Características de carcaça. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.26, p.73-79, 1997.
- FERNANDES, A.R.M.; SAMPAIO, A.A.M.; HENRIQUE, W.; TULLIO, R.R.; OLIVEIRA, E.A. de; SILVA, T.M. da. Composição

- química e perfil de ácidos graxos da carne de bovinos de diferentes condições sexuais recebendo silagem de milho e concentrado ou cana-de-açúcar e concentrado contendo grãos de girassol. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.38, p.705-712, 2009.
- HONIKEL, K.O. Reference methods for the assessment of physical characteristics of meat. **Meat Science**, v.49, p.447-457, 1998.
- HOUBEN, J.H.; DIJK, A. van; EIKELBOOM, G.; HOVING-BOLINK, A. H. Effect of dietary vitamin E supplementation, fat level and packaging on color stability and lipid oxidation in minced meat. **Meat Science**, v.55, p.331-336, 2000.
- LAWRIE, R.A. **Ciência da carne**. 6.ed. Porto Alegre: Artmed, 2005. 384p.
- LUCHIARI FILHO, A. **Pecuária da carne bovina**. São Paulo: A. Luchiari Filho, 2000. 134p.
- MENEZES, L.F.G. de; BRONDANI, I.L.; ALVES FILHO, D.C.; RESTLE, J.; ARBOITTE, M.Z.; FREITAS, L. da S.; PAZDIORA, R.D. Características da carcaça de novilhos de diferentes grupos genéticos, terminados em confinamento recebendo diferentes níveis de concentrado. **Ciência Rural**, v.35, p.1141-1147, 2005.
- NACIONAL RESEARCH COUNCIL. **Nutrient requirements of dairy cattle**. 7.ed. Washington: National Academic, 2001. 381p.
- OSÓRIO, J.C. da S.; OSÓRIO, M.T.M.; SAÑUDO, C. Características sensoriais da carne ovina. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.38, p.292-300, 2009.
- PAIXÃO, M.L.; VALADARES FIHO, S. de C.; LEÃO, M.I.; VALADARES, R.F.D.; PAULINO, M.F.; MARCONDES, M.I.; FONSECA, M.A.; SILVA, P.A.; PINDA, P. dos S.; Uréia em dietas para bovinos: consumo, digestibilidade dos nutrientes, ganho de peso, características de carcaça e produção microbiana. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.35, p.2451-2460, 2006.
- PARDI, M.C.; SANTOS, I.F. dos; SOUZA, E.R. de; PARDI, H.S. **Ciência, higiene e tecnologia da carne**. Goiânia: Universidade Federal de Goiás, 1993. 586p.
- RAMOS, E.M.; GOMIDE, L.A.M. **Avaliação da qualidade de carnes: fundamentos e metodologia**. Viçosa: UFV, 2007. p.69-72.
- RESTLE, J.C.; PASCOAL, L.L.; FATURI, C.; ALVES FILHO, D.C.; BRONDANI, I.L.; PACHECO, P.S.; PEIXOTO, L.A de O. Efeito do grupo genético e da heterose nas características quantitativas da carcaça de vacas de descarte terminadas em confinamento. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.31, p.350-362, 2002.
- RESTLE, J.; VAZ, F.N.; ALVES FILHO, D.C.; PASCOAL, L.L.; OLIVEIRA, A.N. de; FATURI, C.; ARBOITTE, M.Z. Efeito da suplementação energética sobre a carcaça de vacas de diferentes idades, terminadas em pastagem cultivada de estação fria sob pastejo horário. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.30, p.1076-1083, 2001.
- SILVA, D.J.; QUEIROZ, A.C. de. **Análise de alimentos: métodos químicos e biológicos**. 3.ed. Viçosa: UFV, 2006. 235p.
- SILVA, M.L.; CONTRELLAS-CASTILLO, C.J.; ORTEGA, E.M.M. Efeito do cozimento na qualidade do músculo *Semitendinosus*. **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, v.27, p.441-445, 2007.
- SNIFFEN, C.J.; O'CONNOR, J.D.; VANSOEST, P.J.; RUSSELL, J.B. A net carbohydrate and protein system for evaluating cattle diets: II. Carbohydrate and protein availability. **Journal of Dairy Science**, v.70, p.3562-3577, 1992.
- TARRANT, P.V. Animal behaviour and environment in the dark-cutting condition in beef – a review. **Irish Journal of Food Science and Technology**, v.13, p.1-21, 1989.
- TORNBERG, E. Effects of heat on meat proteins – implications on structure and quality of meat products. **Meat Science**, v.70, p.493-508, 2005.
- VALADARES FILHO, S. de C.; PAULINO, P.V.R.; MAGAHÃES, K.A. **Exigências Nutricionais de Zebuínos e Tabelas de Composição de Alimentos: BR – Corte**. Viçosa: UFV, 2006. 142p.

Recebido em 22 de maio de 2012 e aprovado em 14 de novembro de 2012