



UNICAMP

THAÍSA GOMIG

**CARACTERÍSTICAS DE CARÇAÇA E ATRIBUTOS DE QUALIDADE DA
CARNE EM NOVILHAS PURAS E CRUZADAS DA RAÇA BONSMARA**

CAMPINAS

2013



UNIVERSIDADE ESTADUAL DE CAMPINAS
FACULDADE DE ENGENHARIA DE ALIMENTOS

THAÍSA GOMIG

**CARACTERÍSTICAS DE CARÇAÇA E ATRIBUTOS DE QUALIDADE DA
CARNE EM NOVILHAS PURAS E CRUZADAS DA RAÇA BONSMARA**

Dissertação apresentada à Faculdade de Engenharia de Alimentos da Universidade Estadual de Campinas como parte dos requisitos exigidos para obtenção do título de Mestra em Tecnologia de Alimentos.

Orientador: Prof^o Dr. Pedro Eduardo de Felício

**ESTE EXEMPLAR CORRESPONDE À VERSÃO FINAL DA
DISSERTAÇÃO DEFENDIDA PELA ALUNA THAÍSA GOMIG E
ORIENTADA PELO PROF^o PEDRO EDUARDO DE FELÍCIO**

Assinatura do Orientador

**CAMPINAS
2013**

Ficha catalográfica
Universidade Estadual de Campinas
Biblioteca da Faculdade de Engenharia de Alimentos
Márcia Regina Garbelini Sevillano - CRB 8/3647

G586c Gomig, Thaísa, 1987-
Características de carcaça e atributos de qualidade da carne em novilhas puras e cruzadas da raça Bonsmara / Thaísa Gomig. – Campinas, SP : [s.n.], 2013.

Orientador: Pedro Eduardo de Felício.
Dissertação (mestrado) – Universidade Estadual de Campinas, Faculdade de Engenharia de Alimentos.

1. Bovinos. 2. Carne. 3. Confinamento (Animais). 4. Carne bovina - Maciez. 5. Lipídios. I. Felício, Pedro Eduardo de. II. Universidade Estadual de Campinas. Faculdade de Engenharia de Alimentos. III. Título.

Informações para Biblioteca Digital

Título em outro idioma: Beef carcass traits and quality attributes of purebred and crossbreds Bonsmara heifers

Palavras-chave em inglês:

Cattle

Meat

Feedlot

Meat tenderness

Lipids

Área de concentração: Tecnologia de Alimentos

Titulação: Mestra em Tecnologia de Alimentos

Banca examinadora:

Pedro Eduardo de Felício [Orientador]

Manuel Pinto Neto

Roulber Carvalho Gomes da Silva

Data de defesa: 22-11-2013

Programa de Pós-Graduação: Tecnologia de Alimentos

BANCA EXAMINADORA

Prof^o. Dr. Pedro Eduardo de Felício

Orientador

Universidade Estadual de Campinas - Faculdade de Engenharia de Alimentos

Dr. Manuel Pinto Neto

Membro titular

Instituto de Tecnologia de Alimentos – Centro de Tecnologia de Carnes

Dr. Roulber Carvalho Gomes da Silva

Membro titular

Merial Saúde Animal

Prof^a Dra. Angélica Simone Cravo Pereira

Membro suplente

Universidade de São Paulo – Faculdade de Zootecnia e Engenharia de Alimentos

Prof^o. Dr. Paulo Rossi Júnior

Membro suplente

Universidade Federal do Paraná

RESUMO

A raça Bonsmara foi desenvolvida na África do Sul por meio de cruzamentos das raças Afrikaner, Shortorn e Hereford e seleção genética gerando animais adaptados ao clima tropical e com potencial de produção de carne desejável. Os objetivos deste estudo foram avaliar características de carcaça e atributos da qualidade da carne de novilhas Bonsmara puras terminadas em confinamento (cana de açúcar e concentrado) (grupo 1) ou terminadas em pastejo (*B. brizantha*) com suplementação de alta energia (grupo 2); e de novilhas cruzadas em diferentes proporções com *Bos indicus* (grupo 3: 87,5% Bonsmara; grupo 4: 75% Bonsmara; e grupo 5: 50% Bonsmara) terminadas com a mesma dieta das novilhas do grupo 2. As comparações das 61 novilhas foram feitas a partir do período de 120 dias de terminação. Foram avaliados: peso vivo (PV); conformação e acabamento de carcaça; maturidade fisiológica e cronologia dentária; peso de carcaça quente (PCQ), rendimento de carcaça, área de olho de lombo (AOL), espessura de gordura, queda de pH do *M. longissimus dorsi* durante o resfriamento, maciez objetiva (WBSF), maciez sensorial, comprimento de sarcômero, grau de mármore visual, teor de umidade e lipídios totais e alterações de cor ao longo de 96 horas de exposição ao oxigênio. Houve efeito da alimentação sobre o PV ($p < 0,05$). Animais e carcaças do grupo 1 foram mais pesados (PV = 557 kg ao final do experimento; PCQ = 291 kg) do que novilhas do grupo 2 (PV = 463 kg; PCQ = 246 kg). O teor de lipídios totais e grau de mármore foram maiores ($p < 0,05$) na carne de novilhas do grupo 1 (7,4% e 431 respectivamente) do que no grupo 2 (4,4% e 305 respectivamente). O grupo 2 produziu carne com maior teor de lipídios ($p < 0,05$) do que os grupos de novilhas cruzadas (grupo 3 = 3,8%; grupo 4 = 3,7%; e grupo 5 = 3,12%). Novilhas do grupo 2 também tiveram maior média de AOL (73,94 cm²) ($p < 0,05$) do que os demais grupos. Comparando os grupos segundo os novos padrões de WBSF do USDA ($\leq 3,9$ kg; $\leq 4,4$ kg; e $> 4,4$ kg), foram verificadas diferentes distribuições de frequências entre as classes de maciez. A carne de novilhas do grupo 1 (70% das amostras) ou do grupo 2 (75% das amostras) foram classificadas como “muito macias” (WBSF $\leq 3,9$ kg). À medida que aumentou a proporção de genes *Bos indicus* nos grupos de novilhas observaram-se maiores frequências de amostras de carne dos grupos 3, 4 e 5 classificadas como $\leq 4,4$ kg (“macias”) ou como $> 4,4$ kg. Nas curvas de alterações de cor verificaram-se maiores inclinações tanto no aumento de valores de L*, como na diminuição de valores de a* e b* do grupo 1 ao longo do tempo de exposição ao oxigênio, sugerindo que a alimentação influenciou na velocidade de oxigenação da carne. A raça Bonsmara representa uma alternativa genética para regiões tropicais que, aliada a estratégias de nutrição, poderá produzir carne bovina macia e com um desejável grau de mármore.

PALAVRAS-CHAVE: carne bovina; confinamento; maciez da carne; mármore; teor de lipídios.

ABSTRACT

The Bonsmara breed evolved in South Africa by crossbreeding of Afrikaner, Shortorn e Hereford, and genetic selection generating animals adapted to the tropical climate with potential for production of desirable meat. The aims of this study was to evaluate carcass characteristics and meat quality attributes of Bonsmara purebred heifers in feedlot (sugar cane and concentrate) (group 1) or finished on pasture (*B. brizantha*) with high energy supplementation (group 2), and in crossbred heifers with different proportions of *Bos indicus* (group 3: 87,5% Bonsmara; group 4: 75% Bonsmara; and group 5: 50% Bonsmara) finished as the purebreds of group 2. Comparisons of the 61 heifers were made at the end of the 120-day period of feeding . There were evaluated: body weight (BW); carcass conformation and fatness; bone maturity and dental chronology, hot carcass weight (HCW), dressing percentage, ribeye area (REA), fat thickness, pH fall during cooling, objective tenderness (WBSF), sensory tenderness, sarcomere length, visual marbling, moisture content, total lipids and color changes over 96 hours of exposure to oxygen. There was significant effect on BW ($p < 0,05$). Animals and carcasses from group 1 were heavier (BW = 557 kg at the end of the experiment; HCW = 291 kg) than heifers in group 2 (BW = 463 kg; HCW = 246 kg). The total lipid content and marbling were higher ($p < 0,05$) in group 1 (7,4% and 431 respectively) than in group 2 (4,4% and 305 respectively). Group 2 produced meat with higher lipid content than the groups of crossbred heifers (group 3 = 3,8%, group 4 = 3,7%, and group 5 = 3,1%). Heifers in group 2 also had higher REA (73,94 cm²) ($p < 0,05$) than crossbred heifers. There were observed different frequency distributions among the classes of tenderness according to the new WBSF ranges in the new USDA standards ($\leq 3,9$ kg, $\leq 4,4$ kg and $> 4,4$ kg). The heifers in Group 1 (70% of the samples) and group 2 (75% of the samples) were classified as very tender (WBSF $\leq 3,9$ kg). As the proportion of *Bos indicus* genes in the composition of the heifers increases there were observed higher frequencies of meat samples from groups 3, 4 and 5 classified as $\leq 4,4$ kg (tender) or $> 4,4$ kg . In the curves of color changes observed much steeper slopes in increasing values of L*, as in lower values of a* and b* in group 1 over the time of exposure to oxygen, suggesting that the feeding effect had on the rate of oxygenation of the meat. The Bonsmara represents a genetic alternative to tropical regions, coupled with nutrition strategies to produce tender beef and desirable beef marbling scores.

KEYWORDS: beef cattle; feedlot; meat tenderness; marbling; lipid content.

SUMÁRIO

RESUMO	vi
ABSTRACT	vii
ÍNDICE DE FIGURAS	xiv
ÍNDICE DE TABELAS	xv
LISTA DE ABREVIACÕES	xvii
1. INTRODUÇÃO.....	1
2. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA	4
2.1 Qualidade da carne bovina.....	4
2.1.1 Influência da composição genética na qualidade da carne.....	6
2.1.2 Influência do sistema de alimentação na qualidade da carne	8
2.2 Raças e cruzamentos bovinos	10
2.2.1 Raça Bonsmara.....	12
3. MATERIAL E MÉTODOS.....	13
3.1 Local e execução	13
3.2 Animais e divisão de grupos.....	14
3.3 Alimentação.....	14
3.5 Abate dos animais.....	23
3.6 Avaliações de desempenho e características de carcaça.....	23
3.6.1 Conformação e acabamento das carcaças.....	23
3.6.2 Maturidades por dentição e fisiológica.....	26
3.6.3 Rendimento de carcaça	27
3.6.4 Área de olho de lombo e espessura de gordura	27
3.7 Desossa.....	29
3.8 Avaliações de qualidade da carne.....	30
3.8.1 Análise de pH e temperatura.....	31
3.8.2 Acondicionamento e preparação das amostras	32
3.8.3 Determinação objetiva da cor.....	33
3.8.4 Avaliação visual do grau de mármore.....	34
3.8.5 Determinação do comprimento do sarcômero.....	35

3.8.6	Perda de peso no cozimento.....	35
3.8.7	Força de cisalhamento e maciez sensorial	36
3.8.8	Teor de umidade e lipídios totais.....	37
3.9	Delineamento estatístico.....	38
4.	RESULTADOS E DISCUSSÃO	39
4.2	Efeitos de dieta sobre características de carcaça e atributos de qualidade	42
4.3	Efeitos de genética sobre características de carcaça e atributos de qualidade	53
5.	CONSIDERAÇÕES FINAIS.....	77
6.	CONCLUSÃO	79
7.	REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	80

Dedicatória

Dedico este trabalho à minha irmã Franciane em primeiro lugar por ser sempre um exemplo para mim de profissional, estudante, mas, sobretudo, exemplo de mãe. Seu apoio incondicional, sua garra, suas orações e conselhos sempre me acompanharam nesta etapa. Obrigada por sempre acolher minhas preocupações e também as alegrias. Obrigada por preencher minha vida e sempre ajudar a me redirecionar o caminho.

Dedico esta dissertação ao meu noivo Caio César por toda sua dedicação e suporte espiritual e material que me proporcionou durante os estudos do mestrado. Sem sua motivação eu não teria realizado o mestrado ou não conseguiria concluí-lo. Grande parte deste trabalho só pode ser realizada porque sempre tive seu braço forte que de muitas maneiras me sustentou e me fez seguir adiante. Obrigada Caio por ser meu fiel companheiro, cúmplice, ouvinte e por seu amor. Obrigada por podermos construir juntos. Obrigada por me completar!

Por fim, também dedico este trabalho também aos meus pais, Alberto e Terezinha, que disseram “sim” a minha vida e de muitas formas renunciaram muitas coisas para que eu pudesse crescer. Obrigada por me ensinar o que é mais importante na vida: A família. Sem ela não chegamos a lugar algum. A família é o sentido completo da vida. Quem tem família tem tudo!

EPIGRAFE

*“As mais grandiosas obras do amor não
são possíveis sem a renúncia de si mesmo”.*

Pe.J.K.

AGRADECIMENTOS

O mestrado em minha vida representou um verdadeiro salto mortal no escuro. Nunca sabemos exatamente o que acontecerá. Apenas respondemos “sim” às oportunidades que Deus coloca em nossos caminhos. Muitas pessoas foram colocadas ao meu lado especialmente para me lembrar de que não estava só; lembrar de que é preciso seguir em frente de cabeça erguida; e lembrar que quando pensamos que não podemos mais surge aí um tipo de força que permite superarmos aquilo que nos parecia impossível. Sozinhos não chegamos a lugar algum, por tudo isso, obrigada aos tantos que foram meus “anjos da guarda”.

Agradeço a Deus Pai e à N. Sra. Aparecida, a Rainha Três Vezes Admirável e Mãe do Perpétuo Socorro: pelo dom da vida, pela sabedoria, pela sua bondade providente em tantos momentos. Agradeço pela saúde que Ele me deu; pela família, pelos amigos, pelo trabalho, pela fé, pelos erros e pelas alegrias. Tudo que podemos fazer em vida deve ser para honra e glória de Deus.

Agradeço à minha família: meu noivo Caio César, meus pais Alberto e Terezinha, Franciane e Ricardo, meus sobrinhos Gabriel e Pedro Mariano, meus sogros Silvana e Lionel, que me acompanharam de perto nessa etapa e me ofereceram todo tipo de ajuda que um estudante possa precisar. Obrigada a todos por serem sempre meu lar.

Agradeço ao meu orientador Prof^o Dr. Pedro Eduardo de Felício, em primeiro lugar por sua paciência comigo e também por ser um exemplo profissional para mim. Agradeço por me ensinar muito mais do que ciência da carne, ensinar a importância de ser tolerante e perseverante em tudo. Agradeço por acolher minhas dificuldades, por me dar oportunidades e por todos os seus esforços para que este trabalho se tornasse realidade.

Agradeço à Clélia Camargo Pacheco, proprietária da Fazenda Santa Silvéria, que gentilmente cedeu seus animais para o experimento e nos deu todo o suporte técnico com seus próprios funcionários e também apoio logístico para a etapa do abate dos animais. Muito obrigada Clélia, sem seu apoio não poderíamos ter realizado este trabalho.

Aos colegas de mestrado e orientação: Adrieli Martins, Mariana Guizzo, Sérgio Pflanze, Carolina Gomes Lugnani, Tacyane Servija, por todos os conselhos técnicos e

peçoais e, sobretudo, por me ajudarem a executar toda parte prática de abate dos animais. Obrigada pela companhia e por todo o suporte que me deram. Vocês iluminaram os principais passos do meu mestrado.

Aos colegas de laboratório: Bibiana Alves, Vanessa Messias, Leandro Oliveira, Mária Ferrari, Cláudia Horita, Maria Teresa Galvão, muito obrigada por seu apoio, companhia na rotina na universidade, nas disciplinas, trabalhos e pela parceria em publicações. Obrigada por tudo e desejo muito sucesso na carreira de cada um.

Às estagiárias Joyce Marx e Veridiane Pinheiro com quem tive a alegria de trabalhar em laboratório durante o desenvolvimento do projeto. Obrigada pela companhia e principalmente obrigada pelo comprometimento.

Aos funcionários do DTA: José Roberto dos Santos, Marlene, Leonardo, Tânia, e aos secretários Cosme e Marcos, pela paciência e por sempre me ajudarem prontamente nos muitos favores que pedi. Muito obrigada por sua dedicação.

À amiga Aline Paes e sua família: Joel, Mauris, Alex e Vitor. Muito obrigada por me acolherem como uma família, me aconselharem e me ajudarem de muitas formas no momento que mais precisei. Obrigada por me ensinarem o valor na unidade e da fé na vida cotidiana. Que Deus os abençoe e recompense por toda sua doação.

À amiga Juliana Cunha por me incentivar na escolha pelo mestrado. Obrigada por sua generosidade estando sempre aberta a me ajudar com questões profissionais. Obrigada pela parceria em diversos trabalhos científicos e por se fazer presente em minha vida mesmo distante fisicamente.

Ao Dr. Dell M. Allen, ex-professor da *Kansas State University*, Estados Unidos, por sua colaboração na confirmação visual por meio de imagens digitais das avaliações de mármore.

Ao Grupo Marfrig por favorecer o desenvolvimento das etapas de abate, desossa e resfriamento das carcaças, nos auxiliando com seus funcionários e fornecendo suporte técnico.

À Pesquisadora Fabíola Verbi Manhas pela oportunidade de parceria e assistência para produção científica.

Aos professores Paulo Rossi Júnior e Rodrigo Almeida da UFPR por sua amizade, suporte técnico e orientações no desenvolvimento deste estudo. Obrigada pela generosidade em dividir seu tempo e conhecimentos comigo.

A estes e tantos outros que não foram mencionados: Muito obrigada! Que Deus os recompense por sua generosidade e por todo bem que me proporcionara

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1: Classificação visual de acabamento de gordura da carcaça bovina	24
Figura 2: Classificação visual de conformação ou musculosidade da carcaça bovina	25
Figura 3: Obtenção de decalque da área de corte transversal do <i>M. longissimus</i> antes da desossa para posterior avaliação da área de olho de lombo utilizando papel vegetal.....	28
Figura 4: Área de olho de lombo e Espessura de Gordura do <i>M. longissimus</i>	29
Figura 5: Região entre as vértebras T10 e T12 que foram serradas para retirada de contrafilé.	30
Figura 6: Medidas para monitoramento de pH e temperatura do contrafilé (<i>M. Longissimus dorsi</i>).	31
Figura 7: Corte do contrafilé em bifés de espessura de 2,54 cm	32
Figura 8: Leitura objetiva da cor utilizando colorímetro	33
Figura 9: Padrões visuais para grau de mármore.....	34
Figura 10: Valores de pH e temperatura <i>post-mortem</i> das carcaças e dos cortes sob refrigeração	41
Figura 11: Linhas de tendência do peso vivo e ganho médio de peso diário no início e após 15, 45, 90 e 120 dias de terminação dos grupos 1 e 2.....	44
Figura 12: Curvas de ganho de peso médio e aumento do peso vivo durante a terminação dos animais dos grupos 2, 3, 4 e 5.....	56
Figura 13: Curvas e Análise de Variância de médias de L^* , a^* e b^* do Grupo 1 em 96 horas de exposição à oxigenação e luz	72
Figura 14: Curvas e Análise de Variância de médias de L^* , a^* e b^* do Grupo 2 em 96 horas de exposição à oxigenação e luz	73
Figura 15: Curvas e Análise de Variância de médias de L^* , a^* e b^* do Grupo 3 em 96 horas de exposição à oxigenação e luz	74
Figura 16: Curvas e Análise de Variância de médias de L^* , a^* e b^* do Grupo 4 em 96 horas de exposição à oxigenação e luz	75
Figura 17: Curvas e Análise de Variância de médias de L^* , a^* e b^* do Grupo 5 em 96 horas de exposição à oxigenação e luz	76

ÍNDICE DE TABELAS

Tabela 1: Divisão de grupos conforme a composição genética	14
Tabela 2: Alimentação fornecida aos animais nas fases de recria e terminação	15
Tabela 3: Análise bromatológica da pastagem de <i>Brachiaria brizantha</i> , cultivar MG5, ao início da terminação	16
Tabela 4: Formulação da suplementação para terminação a pasto dos grupos 2, 3, 4 e 5	17
Tabela 5: Níveis nutricionais do suplemento fornecido aos grupos 2, 3, 4 e 5 durante 120 dias de terminação	18
Tabela 6: Composição de matérias-primas utilizadas na formulação da alimentação do confinamento (grupo 1)	19
Tabela 7: Proporção de alimento volumoso x concentrado das formulações em cada metade do período de confinamento	20
Tabela 8: Níveis nutricionais do alimento concentrado fornecido em cada metade do período de confinamento	21
Tabela 9: Calendário de pesagens praticado na propriedade conforme número de dias dos animais submetidos à terminação	22
Tabela 10: Médias de peso vivo e idade ao início da terminação	22
Tabela 11: Classificação de carcaças conforme cobertura de gordura aparente	24
Tabela 12: Classificação de carcaças conforme cronologia dentária	26
Tabela 13: Padrões de calcificação vertebral observados na avaliação visual da maturidade fisiológica	27
Tabela 14: Pontuação atribuída a cada classificação de mármore avaliado visualmente de acordo com AMSA (2001)	35
Tabela 15: Resultados das medidas de pH e temperatura das carcaças e cortes em quatro tempos <i>post-mortem</i>	40
Tabela 16: Médias de peso vivo de novilhas puras da raça Bonsmara obtidos durante a terminação em confinamento (grupo 1) e pastagem com suplementação (grupo 2), considerando o início, após 15, 45, 90 e 120 dias	42

Tabela 17: Médias de ganho médio diário de peso de novilhas puras da raça Bonsmara obtidos durante a terminação em confinamento (grupo 1) e pastagem com suplementação (grupo 2), considerando o início, após 15, 45, 90 e 120 dias.....	43
Tabela 18: Medianas de idade cronológica, dentição, acabamento e conformação das carcaças, dos grupos 1 e 2.....	45
Tabela 19: Médias de PCQ, RC, AOL e EG entre grupo confinamento (1) e grupo pastagem (2)	46
Tabela 20: Médias de Teor de Umidade, Lipídios Totais e grau de mármore visual	49
Tabela 21: Médias de PPC, WBSF e CS no músculo <i>L. dorsi</i> proveniente de animais do grupo 1 e de grupo 2	51
Tabela 22: Comparação de classes de maciez (WBSF) entre os grupos 1 e 2	52
Tabela 23: Coeficientes de correlação entre a maciez sensorial e a força de cisalhamento (WBSF) dos grupos confinamento (1) x pastagem (2).....	53
Tabela 24: Médias de PV obtido durante a terminação, comparando desempenho dos grupos 2, 3, 4 e 5, frente à composição genética.....	54
Tabela 25: Médias de GMD comparando desempenho dos grupos 2, 3, 4 e 5, frente à composição genética	54
Tabela 26: Medianas de idade cronológica, dentição, acabamento e conformação das carcaças, dos grupos 2, 3, 4 e 5.....	57
Tabela 27: Médias de PCQ, RC, AOL e EG entre grupos 2, 3, 4 e 5.....	58
Tabela 28: Médias de teor de umidade, lipídios totais e grau de mármore visual, comparando grupos 2, 3, 4 e 5, conforme suas composições genéticas.	61
Tabela 29: Médias de PPC, WBSF e CS, comparando grupos 2, 3, 4 e 5.....	63
Tabela 30: Comparação de classes de maciez (WBSF) entre os grupos 2, 3, 4 e 5.....	65
Tabela 31: Coeficientes de correlação entre maciez sensorial e força de cisalhamento (WBSF) dos grupos 2, 3, 4 e 5.....	66
Tabela 32: Médias de L* a* e b* de cada um dos cinco grupos nos respectivos tempos de avaliação.....	70

LISTA DE ABREVIÇÕES

A: Ampere.

ABIEC: Associação Brasileira das Indústrias Exportadoras de Carne.

AMSA: *American Meat Science Association*.

AOAC: *Association of official Analytical Chemist*.

AOL: Área de Olho de Lombo.

DEP: Diferença Esperada de Progênie.

DTA: Departamento de Tecnologia de Alimentos.

EG: Espessura de Gordura.

Eq.C: Peso em equivalente carcaça: peso da carne desossada equivalente ao peso da carne com osso, ou seja, medida padronizada que pode ser comparada com o peso da carcaça do animal.

ESALQ: Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”.

FDA: Fibra solúvel em Detergente Ácido.

FDN: Fibra solúvel em Detergente Neutro.

FEA: Faculdade de Engenharia de Alimentos.

GMD: Ganho Médio Diário.

IBGE: Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística.

LIP: Teor de Lipídios Totais.

MAPA: Ministério da Agricultura Pecuária e Abastecimento.

MDIC: Ministério do Desenvolvimento, Indústria e Comércio Exterior.

MG5: Cultivar da espécie forrageira *Brachiaria brizantha*.

MS: Matéria Seca.

NDT: Nutrientes Digestíveis Totais.

PC: Puro por Cruzamento.

PO: Puro de Origem.

POI: Puro de Origem Importada.

PV: Peso Vivo.

RIISPOA: Regulamento de Inspeção Industrial e Sanitária de Produtos de Origem Animal.

RLM: Programa de Formulação de Rações de Lucro Máximo.

SECEX: Secretaria de Comércio Exterior.

SP: Estado de São Paulo.

UNICAMP: Universidade Estadual de Campinas.

USDA: *United States Department of Agriculture*.

USP: Universidade de São Paulo.

V: Volts.

WBSF: Warner-Bratzler Shear Force.

1. INTRODUÇÃO

O agronegócio é considerado o setor de maior impacto na economia brasileira. Dentre todos os seus espectros, a pecuária, sobretudo a bovinocultura de corte, representa uma das principais fontes de renda para o país por meio da cadeia de comercialização para o mercado nacional e internacional.

O Brasil possui, depois da Índia, o segundo maior rebanho de bovinos do mundo, com cerca de 212,8 milhões de cabeças, ocupando uma área equivalente a 171 milhões de hectares (IBGE, 2012).

Segundo o Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística, em 2012 foram abatidas 31,118 milhões de cabeças bovinas, representando produção de 7,351 milhões de toneladas de carcaças. (IBGE, 2013). De acordo com os dados da Secretaria de Comércio Exterior (Secex), em 2012, a exportação brasileira de carne bovina *in natura* foi de 945.482 toneladas, faturando 4,495 bilhões de dólares (IBGE, 2013). Em 2012 os maiores importadores da carne bovina brasileira foram: Rússia, Egito, Hong Kong, Venezuela e Irã (IBGE, 2013).

O consumo interno de carne bovina *in natura* é de aproximadamente 38 kg Eq.C (equivalente carcaça) *per capita* (IBGE, 2011). O consumo internacional é estimado em uma média de 8,5kg/pessoa/ano (ESTADOS UNIDOS, 2011). Contudo, essa taxa de consumo da carne não é distribuída uniformemente em todos os continentes (FAO, 2006), sendo que a carne vermelha, que é um alimento de alto custo de produção, é destinada a um mercado restrito de consumidores de médio a alto poder aquisitivo.

O comportamento das demandas por alimentos em geral é originado de dois principais fatores: crescimento populacional e expansão da renda *per capita*; que são observados em países emergentes. Especialmente nesses países, a movimentação econômica da última década modificou os estratos da pirâmide social, aumentando a quantidade de pessoas nas classes A, B e, sobretudo na classe C, representando uma sensível diminuição das classes D e E (FELÍCIO, 2011). Esse panorama nos permite visualizar uma evidente expansão de um potencial mercado de consumidores de produtos de maior qualidade e custo, como a carne bovina.

Analisando o funcionamento da cadeia produtiva da carne no Brasil, observa-se a dificuldade que o produtor brasileiro enfrenta em implantar sistemas de alimentação adequados à terminação. Esse fator gera complicações com a disponibilidade de animais bem acabados para o abate, sobretudo em épocas de seca, em que a quantidade e qualidade das pastagens tornam-se o maior fator limitante para a disponibilidade de animais engordados adequadamente, de forma padronizada, durante todos os meses do ano (SANTOS, 2011).

Apesar de ser um dos maiores produtores mundiais de carne bovina, os índices de produtividade do Brasil, sobretudo a capacidade de suporte por hectare, expressa em unidade animal, 1,1 U.A./hectare (IBGE, 2011), refletem um fraco gerenciamento da pecuária de corte, particularmente sobre os aspectos da nutrição animal. Esses fatores são causa do grande número de animais terminados tardiamente, ou com acabamento de gordura e rendimento de carcaça inadequados. Além disso, geram prejuízo às indústrias depreciando o produto final em termos de qualidade, comprometendo principalmente a maciez dos cortes bovinos. Por isso, é necessário verificar as possibilidades de uso de sistemas de alimentação alternativos que permitam a expressão do potencial genético dos animais para carne de qualidade diferenciada.

A utilização do confinamento de bovinos como estratégia de alimentação durante a terminação tem sido cada vez mais aplicada, sobretudo nos períodos de seca, em regiões como Sudeste, Centro Oeste e Nordeste do Brasil, que não possuem pastagens em qualidade suficiente para as exigências nutricionais dos rebanhos de alto desempenho (EMBRAPA, 2000). O confinamento configura também uma estratégia de terminação direcionada ao tipo de produto desejado. Bovinos confinados podem ser abatidos antes dos terminados a pasto por apresentarem peso e acabamento de gordura desejáveis que afetam diretamente atributos sensoriais da qualidade da carne como a suculência e a maciez. Tais características são consequência da dieta altamente energética fornecida aos animais nas unidades de confinamento (BOWLING *et al.*, 1978).

Com o objetivo de alcançar melhores índices de produtividade em condições tropicais muitos criadores têm mostrado maior interesse pelas raças taurinas para realização estratégica de acasalamentos com zebuínos (CIGB, 2011). Os produtores

têm buscado o efeito positivo dos acasalamentos de taurinos com Nelore visando melhores índices de produtividade e os ganhos pela heterose (SANTOS, 2011).

A genética do rebanho nacional baseia-se essencialmente na espécie *Bos indicus* devido, principalmente, à sua boa adaptação à diversidade de climas do país, onde predomina o tropical. Atualmente, informações técnicas e empíricas fornecem subsídio aos produtores para o uso de bovinos cruzados que expressem características desejáveis tanto da genética zebuína como da genética taurina. Nesse sentido, muitas pesquisas se direcionam para verificar quais proporções de genes zebuínos em um animal cruzado podem afetar negativamente a qualidade da carne, em diversos atributos, como na maciez.

A raça Bonsmara é de origem sul africana e foi criada pelo pesquisador Jan Bonsma diante da necessidade de gerar um animal de plena adaptação ao clima sul africano e de bons índices de produtividade (STRYDOM, 2008). Diversos cruzamentos foram realizados a partir da raça Afrikaner (*Bos taurus*) com raças europeias disponíveis no local. Os critérios de seleção aplicados visavam obter um animal de alta fertilidade, adaptado ao ambiente tropical, docilidade e de bom desenvolvimento muscular. O resultado foi o desenvolvimento de uma raça composta pela combinação genética de 5/8 Afrikaner, 3/16 Shortorn e 3/16 Hereford (BONSMA, 1980). Apesar de o gado africano ser frequentemente associado às características do *Bos indicus*, muitas características produtivas, inclusive a qualidade da carne da raça Bonsmara são mais semelhantes ao *Bos taurus* do que às raças zebuínas (MEYER, 1984; STRYDOM *et al.*, 2000a; 2000b). Essas características tornam a raça Bonsmara uma alternativa genética para realização de cruzamentos com raças zebuínas, sobretudo para produtores de regiões do Brasil de clima mais quente, que exige maior adaptação dos animais, para um bom desempenho produtivo.

Neste contexto, este estudo teve como objetivo buscar alternativas que viabilizem o melhoramento da qualidade da carne a partir da genética da raça Bonsmara sob dois diferentes sistemas de alimentação durante a terminação (confinamento e suplementação a pasto); e a partir de diferentes cruzamentos da raça Bonsmara com *Bos indicus* terminados a pasto com suplementação.

2. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

2.1 Qualidade da carne bovina

A discussão sobre padrões de qualidade exige uma observação sobre o que significa a qualidade em termos técnicos e, outra, sobre o que o consumidor entende por qualidade. O consumidor é quem tem o poder de decisão sobre qual produto irá adquirir. Portanto, são os consumidores que ditam os perfis dos produtos de maior preferência. Isso pode ser observado através da avaliação do comportamento de demandas (BRIDI, 2003; FELÍCIO, 2011).

Além dos aspectos da qualidade que determinam a decisão de compra, mudanças sócio-econômicas, culturais e éticas também são fatores que influenciam o consumidor. Opções alimentares diferenciadas em virtude de conceitos de saúde e nutrição afetam a opinião e o perfil do consumo, sendo importante reconhecer que a carne bovina contém cerca de 50% de ácidos graxos monoinsaturados e é rica em zinco e vitaminas do complexo B, essenciais a saúde humana (MONSMA *et al.*, 1993).

Entre os aspectos que mais influenciam a decisão de compra, e que podem ser traduzidos como a qualidade sob a perspectiva do consumidor, se pode considerar: cor e quantidade de gordura aparente, que são avaliados visualmente no varejo, e ainda, valor nutricional, inocuidade e, com maior expressão, a maciez, suculência e sabor perceptíveis sensorialmente, que podem variar em padrões conforme preferência pessoal (BRIDI, 2003).

Apesar de ser um conceito extremamente abrangente e variável para o consumidor, a qualidade da carne pode ser definida em termos técnicos, ou atributos, que permitem sua avaliação e controle em diversos espectros, pontuando sítios críticos da cadeia produtiva que podem afetar a expressão desses atributos no produto final.

Tecnicamente, para fins de mensurações por metodologias laboratoriais, são considerados atributos da qualidade da carne: Cor, textura, suculência, sabor, odor, maciez, pH, capacidade de retenção de água, teores de lipídios, umidade, proteína e cinzas, perfil de ácidos graxos, grau de oxidação, além da inocuidade microbiológica, física ou química (FELÍCIO, 2002; BRIDI, 2003).

Cada um destes atributos podem ser afetados favorável ou desfavoravelmente pela interação de diversos fatores *ante e post mortem* como: a composição genética do animal, variando pelo uso de raças taurinas ou zebuínas, puras ou cruzadas; sexo, que influencia no ganho de peso e composição de carcaça (PURCHAS, 1991; FELÍCIO, 1997). O estresse pré-abate que desencadeia diversas reações fisiológicas responsáveis pelo consumo do glicogênio no animal vivo que, após o abate, se reflete interferindo na queda do pH do músculo e, portanto, nas reações de instalação do *rigor mortis*, gerando anomalias como a carne DFD (*Dark, Firm and Dry*) (FELÍCIO 1997; IMMONEN, 2000; FELÍCIO 2002).

A idade ao abate, que está relacionada com o tipo e maturidade das fibras de colágeno presentes no tecido muscular, pois a solubilidade do colágeno diminui com o aumento da idade do animal, afetando negativamente a maciez (CROSS *et al.*, 1973; FELÍCIO, 1997). Além disso, quanto maior for a idade do animal abatido maior será a deposição de mioglobina no músculo e de carotenoides (oriundos da alimentação) na gordura, resultando em uma carne mais escura e uma gordura mais amarela (FELÍCIO, 1997).

A castração dos animais também pode influenciar no índice de maciez já que machos inteiros apresentam maior quantidade de colágeno insolúvel e de maior maturidade, o que aumenta valores de força de cisalhamento (ZILIO *et al.*, 2009); a nutrição, que pode variar conforme sistemas de alimentação, desde o extensivo (pasto) ao intensivo (confinamento), e com tipos de suplementação que, em diferentes níveis energéticos, tem profunda influência na deposição de tecido adiposo e, portanto, no acabamento de carcaça ou cobertura de gordura (HEDRICK *et al.*, 1994; ROÇA, 2000), e ainda, fatores de processamento industrial como o resfriamento de carcaça, pH final e tempo de maturação (FELÍCIO, 2005).

Entre todos os atributos da carne que podem ser avaliados, a maciez é, geralmente, considerada como o mais importante componente da qualidade (MORGAN *et al.*, 1991; BOLEMAN *et al.*, 1996; STRYDOM *et al.*, 2000b). A maioria dos fatores que determinam a qualidade da carne afeta de maneira singular o atributo da maciez, e, nesse sentido, há muito tempo as indústrias enfrentam dificuldades na obtenção de um produto padronizado em termos de maciez. Segundo Koohmaraie (1996) é

necessário um profundo entendimento sobre as maneiras em que aspectos ambientais, genéticos ou de processamento podem afetar os índices maciez para que, padronizando práticas na cadeia produtiva, seja possível obter um nível de qualidade mais consistente.

2.1.1 Influência da composição genética na qualidade da carne

Diversos trabalhos científicos comprovam que a base genética dos rebanhos representa um fator de grande influência sobre os potenciais da qualidade da carne, principalmente para a maciez (CROUSE *et al.*, 1989; FELÍCIO, 1993; SHACKELFORD *et al.*, 1994a; 1994b; STRYDOM *et al.*, 2000a; 2000b; WHEELER *et al.*, 2010). Nesse sentido, sabe-se que a maciez, particularmente do *M. longissimus* (músculo *Longissimus dorsi*) diminui à medida em que aumenta a porcentagem da presença de genes *Bos indicus* na composição genética dos animais (CROUSE *et al.*, 1989; WHIPPLE *et al.*, 1990; DE BRUYN, 1991; SHACKELFORD *et al.*, 1991; SHACKELFORD *et al.*, 1995; SHERBECK *et al.*, 1996; O'CONNOR *et al.*, 1997).

Estudos concluíram, nestes termos, que em alguns cruzamentos as altas proporções de genes zebuínos foram responsáveis por carcaças mais leves e menores rendimentos ao abate, além de diminuir a maciez da carne (PEACOCK *et al.*, 1982; CROUSE *et al.*, 1989; WHIPPLE *et al.*, 1990; SHACKELFORD *et al.*, 1991; SHERBECK *et al.*, 1996;; O'CONNOR *et al.*, 1997).

Trabalhos de Wheeler *et al.* (1996b; 2001 e 2004) caracterizaram os tipos biológicos de raças bovinas relacionando-os com características de carcaça e qualidade da carne no *M. longissimus*. Foram avaliadas as progênies de cruzamentos de fêmeas da composição Angus/Hereford com machos Hereford, Angus, Charolês, Gelbvieh, Pinzgauer, Shorthorn, Galloway, Longhorn, Nelore, Piemontês e Salers. Os resultados revelaram que os valores de força de cisalhamento dos animais cruzados a partir de touros Nelore foram de 7,31 kg em comparação com 5,68 kg para cruzados com a raça Angus e 5,91 kg para raça Charolês. Assim, a maior maciez, compatível com os menores resultados de força de cisalhamento, pode ser observada na carne de animais de composição genética britânica, seguida das progênies de composição

taurina continental e, os maiores valores de força de cisalhamento para animais de origem zebuína.

O tempo de maturação também influencia diretamente a maciez da carne, pois é o período que ocorrem modificações estruturais das miofibrilas por ações proteolíticas intrínsecas da carne, como pela atividade de calpaínas. As calpaínas são pró-enzimas que, ativadas no músculo pela presença do cálcio, são responsáveis pela atividade lítica da unidade muscular entre 7 e 10 dias *post mortem* (GOLL *et al.*, 1992). Entretanto sua atividade proteolítica é regulada pela ação de outra enzima conhecida por calpastatina (KOOHMARAIE, 1994; SHACKELFORD *et al.*, 1994b; CASAS *et al.*, 2006). Ou seja, a atividade da calpastatina é antagônica ao mecanismo de amaciamento proteolítico da carne.

Em estudos desenvolvidos por Whipple *et al.* (1990) a atividade de calpastatina *post mortem* pode ser correlacionada com valores de força de cisalhamento da carne maturada por 14 dias em um coeficiente de correlação igual a 0,44 significando que, quanto maior a atividade de calpastatina maior força será necessária para cisalhá-la, ou seja, mais dura é a carne.

O'Connor *et al.* (1997); e Pringle *et al.* (1997) comprovaram a relação de baixos índices de maciez em carne oriunda de animais de genética zebuína devido alta atividade e quantidade de calpastatina no músculo. Assim, genes *Bos indicus*, quando presentes na composição genética dos animais, podem ser responsáveis pela expressão de maior quantidade ou de intensa atividade de calpastatina e, por tanto, influência direta nos valores de força de cisalhamento (KOOHMARAIE, 1994; SHACKELFORD *et al.*, 1994b; CASAS *et al.*, 2006).

Alguns autores relatam que maiores proporções de genes zebuínos afeta perceptivelmente a maciez da carne (KOOHMARAIE *et al.*, 1992; SHACKELFORD *et al.*, 1994a; 1994b), outros trabalhos (SHERBECK *et al.*, 1995) observaram que novilhos $\frac{3}{4}$ Hereford $\frac{1}{4}$ Brahman foram capazes de produzir uma carne de maciez semelhante à de animais Hereford puros, concluindo que novilhos desta composição genética, com até 25% de genes zebuínos, poderiam ser utilizados para produção de carne ao nível de qualidade para ser incluída em programas de certificação de qualidade da raça Hereford, sem riscos de variação perceptível dos índices de maciez.

2.1.2 Influência do sistema de alimentação na qualidade da carne

A nutrição dos animais afeta diretamente diversos atributos da qualidade da carne, seja pelo sistema de alimentação, por modelos de formulação ou pelos tipos e valores nutricionais das matérias primas (SCHROEDER *et al.*, 1980; CROUSE *et al.*, 1984; LARICK *et al.*, 1987; BARTLE *et al.*, 1992; SCHAAKE *et al.*, 1993). Os efeitos sobre a qualidade são observados de maneira mais pronunciada em animais oriundos de sistemas extensivos, quando, na maioria das ocasiões, não se utilizam estratégias adequadas de suplementação para terminação. Isso se deve ao fato de que quando o nível energético da dieta excede as exigências metabólicas de manutenção e desenvolvimento muscular, verifica-se maior deposição e acúmulo de gordura na carcaça (FELÍCIO, 1997).

A cobertura de gordura ou acabamento de carcaça tornou-se ao longo dos anos um importante indicador de qualidade já que indica o tipo de alimentação fornecida aos bovinos e, também, porque afeta diretamente na velocidade de resfriamento da carcaça, uma vez que a gordura funciona como um isolante térmico. Além disso, carcaças de melhor cobertura de gordura tendem apresentar maior grau de marmorização, ou gordura entremeada, que é depositada durante a engorda dos animais (FELÍCIO, 1997).

Estudos concluíram que carcaças de animais terminados a pasto apresentaram menor grau de marmorização, baixos escores de “*Quality Grade*” e menor espessura de gordura, sendo carcaças mais suscetíveis ao encurtamento pelo frio e pH final superior, fatores que afetam sobretudo a maciez (REAGAN *et al.*, 1981; MUIR *et al.*, 1998).

Neste sentido, pesquisas sobre o comprimento de sarcômero, que é variável conforme a ocorrência do encurtamento pelo frio e a quantidade de gordura da carcaça, revelaram que carcaças com menos de 7 mm de espessura de gordura resfriam mais rapidamente e, portanto, são mais suscetíveis à ocorrência do encurtamento pelo frio e também a diminuição do comprimento sarcômero. Bowling *et al.* (1978) relataram que 9 a 13 mm a mais para espessura de gordura estão associados à uma cobertura de gordura mais uniforme e espessa sobre a carcaça,

sendo suficientes para evitar o encurtamento mais drástico dos sarcômeros por ação do frio sobre a fibra muscular exposta durante o período de instalação do *rigor mortis*, afetando assim a maciez.

Estudos compararam desempenho e qualidade da carne de animais alimentados a pasto e em sistemas de dieta com alto concentrado e concluíram que a carne oriunda de animais a pasto apresentou menor acabamento de gordura e pH final mais elevado (BENNETT *et al.*, 1995; MUIR *et al.*, 1998; FRENCH *et al.*, 2001). Segundo Hofmann (1988) e Hannula & Puolanne (2004), o pH afeta atributos como a cor, maciez, sabor, suculência e vida de prateleira da carne.

Trabalhos conduzidos por Mader *et al.* (1991) concluíram que a proporção de volumoso e concentrado utilizado na alimentação de animais de confinamento afeta diretamente o desempenho na terminação. A fonte de alimento volumoso seria o ponto mais crítico, pois influencia consideravelmente as características de carcaça devido a interação entre o volumoso e a fonte principal de energia da dieta. Brondani & Restle (1991) sugerem o uso de cana de açúcar como gramínea de alta produção de matéria seca por unidade de área, e, por isso, representa boa alternativa para alimentação nos meses de inverno.

Estudos de Vaz & Restle (2005) concluíram que animais Hereford alimentados com cana de açúcar em confinamento obtiveram menores peso ao abate, peso, comprimento e acabamento de carcaça do que bovinos da mesma raça alimentados com silagem de milho. Em contrapartida, em outro trabalho publicado por Vaz *et al.* (2007) obteve conclusões distintas sobre o uso da cana de açúcar. Foram utilizados novilhos Aberdeen Angus testando um grupo em pastagem de inverno e outro em confinamento recebendo cana de açúcar e concentrado de alta energia. Os autores concluíram que não houve diferença entre os animais terminados em pastagem daqueles terminados em confinamento para características de carcaça ou qualidade da carne (*M. longissimus*).

Alguns sistemas desenvolveram-se com a aplicação da estratégia de suplementação de alta energia, nos quais os resultados obtidos indicaram aumento de ganho de peso diário, espessura de gordura, e um acabamento mais precoce dos animais (BOWLING *et al.*, 1978; CROUSE *et al.*, 1984). Muitas vezes são percebidas

diferenças na maciez da carne de bovinos terminados a pasto, sendo esta menos macia do que a carne de animais alimentados com dietas de alto concentrado (MITCHELL *et al.*, 1991; CHRYSTALL, 1994). Apesar disso, French *et al.* (2000) demonstraram que entre animais com uma taxa média de crescimento semelhante a dieta da terminação testada (pastagens de inverno, concentrados ou silagens de capim) por si só não afetou a percepção sensorial de atributos da qualidade na carne. Entretanto, foi observado que a carne de animais terminados com menores níveis de concentrado obteve menores valores de maciez do que a de bovinos alimentados com alto concentrado nos dois primeiros dias *post-mortem*; significando os níveis desejados de maciez foram alcançados com uso da maturação, nas condições deste estudo.

Trabalhos conduzidos por French *et al.* (2001) avaliaram o impacto de diferentes proporções de volumoso e concentrado durante a terminação de 95 dias de novilhos Limousin e Charolês, sobre a qualidade da carne e características de carcaça. Os autores concluíram que não houve diferenças entre as proporções de dietas avaliadas sobre cor de músculo, maciez (WBSF) e atributos sensoriais. Porém, verificou-se que os animais alimentados com concentrado *ad libitum* obtiveram maiores ganhos de peso, peso de carcaça e cobertura de gordura do que os bovinos alimentados em pastagem sem suplementação.

Leander *et al.* (1978) concluíram que a terminação dos animais com 112 dias de dieta de alto concentrado influenciou na redução de valores de força de cisalhamento, em comparação com o grupo de animais terminados a pasto, e a um terceiro grupo terminado com a suplementação, mas somente por 56 dias. De acordo com estes resultados, Hedrick (1994) confirma que a terminação com dieta de alta energia por 150 dias como fator de melhoria em índices de peso de carcaça quente, qualidade e rendimento de carcaça e grau de marmorização.

2.2 Raças e cruzamentos bovinos

A bovinocultura trabalha com dois tipos principais de bovinos: o zebu ou zebuínio (*Bos taurus indicus*), de origem indiana ou africana, e o taurino (*Bos taurus taurus*) de origem europeia, continental ou britânica, ou africana, que são nomeados como

espécies distintas, entretanto, devido à fertilidade complementar, são consideradas, frequentemente, como subespécies (LOFTUS *et al.*, 1994).

As diferenças entre as espécies e raças dos bovinos comumente são atribuídas às características morfológicas, fisiológicas e zootécnicas. A evolução das raças é resultado de um longo processo sob influência de diferentes pressões de seleção, inicialmente por adaptabilidade, segundo a seleção natural, e, em seguida, por desempenho zootécnico e nível de produtividade em inúmeros aspectos, através dos processos de seleção impostos pelo homem pelos programas de melhoramento genético, baseados nas necessidades de produção.

Assim, a diversidade genética obtida pelas inúmeras raças bovinas pode ser utilizada para introduzir uma raça pura, melhor adaptada ou mais produtiva em um sistema; para formação de novas raças chamadas compostas ou sintéticas; ou ainda, para sistemas de cruzamentos, sejam absorventes, rotacionados ou industriais (LOFTUS *et al.*, 1994).

As raças zebuínas são essencialmente caracterizadas pela presença do cupim, prepúcio pendular e da barbela, que constitui uma estratégia morfológica para adaptação ao clima tropical, aumentando a área para perda de calor através de um maior número de glândulas sudoríparas. Além disso, algumas raças, como Nelore, possuem a pele escura para evitar queimadura por exposição ao sol intenso, ou a pelagem clara a fim de refletir a claridade solar, que funciona como um mecanismo natural de adaptação ao ambiente tropical. Os zebuínos também apresentam fatores de maior resistência aos parasitas e de maior rusticidade, o que facilita a criação em sistemas extensivos, de menor custo. São conhecidamente indivíduos tardios, de pouca precocidade sexual e, portanto, terminação mais lenta, e menor deposição de tecido adiposo, carcaças mais leves e maior tendência de produção de carne menos macia (GALLINGER *et al.*, 1992; CROUSE *et al.*, 1993; KOOHMARAIE, 1994; SCHACKELFORD *et al.*, 1994b). São exemplos de raças zebuínas: Nelore, Brahman, Gir, Guzará, Boran, entre outras. No Brasil, a raça de maior representatividade é a Nelore, pois, devido suas características, adaptou-se facilmente ao clima e às condições de produção nacionais (SANTOS, 1999).

As raças taurinas caracterizam-se pela adaptação ao clima frio e excelente precocidade sexual que está relacionada à alta deposição de tecido adiposo, carcaças mais pesadas, com melhor acabamento e carne com maior quantidade de gordura entremeada e mais macia. Hereford, Shortorn e Aberdeen Angus são algumas das raças taurinas Britânicas mais conhecidas. Charolês, Simental e Limousin são algumas raças taurinas Continentais.

Há algumas décadas se tem observado o aumento de rebanhos de raças compostas ou sintéticas, resultantes de diferentes técnicas de cruzamentos do gado zebu com europeu. Essa prática objetiva o uso de indivíduos selecionados geneticamente para diversas características em acasalamentos orientados. Espera-se que a progênie, obtida por esse processo, seja um resultado de associação de características de melhor produtividade das raças taurinas com a rusticidade das raças zebuínas em um mesmo animal. Assim surgiram as raças: Canchim (Charolês x Nelore), Brangus (Angus x Brahman), Braford (Hereford x Brahman), Santa Gertrudes (Shortorn x Brahman) entre outras (MARQUES, 1974).

2.2.1 Raça Bonsmara

A raça Bonsmara é de origem sul africana e foi criada pelo pesquisador Jan Bonsma diante da necessidade de gerar um animal de plena adaptação ao clima sul africano e de bons índices de produtividade (STRYDOM, 2008). Diversos cruzamentos foram realizados a partir da raça Afrikaner (*Bos taurus*) com raças europeias disponíveis no local. Os critérios de seleção aplicados eram muito rigorosos a fim de obter um animal de alta fertilidade, adaptado ao ambiente, docilidade e desenvolvimento muscular. O resultado foi o desenvolvimento de uma raça composta pela combinação genética de $5/8$ Afrikaner, $3/16$ Shortorn e $3/16$ Hereford (BONSMA, 1980). Strydom *et al.* (2008) reportaram que animais Bonsmara ganharam peso mais rapidamente e geraram carcaças mais pesadas do que animais da raça Brahman.

Em 1997 a raça foi introduzida no Brasil através da importação de embriões e sêmen e ainda é pouco utilizada e conhecida entre criadores e consumidores (BONSMARA BRASIL, 2011).

Segundo Meyer (1984), apesar do gado africano ser frequentemente associado às características fenotípicas do *Bos indicus*, muitas características produtivas, inclusive a qualidade da carne de algumas raças africanas, como a Bonsmara, são mais relacionadas ao *Bos taurus* do que às raças zebuínas. Alguns estudos (STRYDOM *et al.*, 2000a; 2000b; WHEELER *et al.*, 2001; 2004; 2005; 2010) concluíram que a carne de bovinos Bonsmara, em diversos atributos, sobretudo, para maciez, possui o nível de qualidade comparável ao de raças européias e pouco relacionada aos índices de raças zebuínas.

3. MATERIAL E MÉTODOS

Considerou-se como fase experimental do projeto a desossa, ou obtenção do corte de contrafilé, e as demais análises realizadas nas amostras em laboratório. Informações zootécnicas do período de terminação e a avaliação das carcaças durante o abate foram consideradas descritivamente.

3.1 Local e execução

Os animais foram criados, recriados e terminados na Fazenda Santa Silvéria, no município de Piratininga/SP. O período de 120 dias de terminação foi iniciado no mês de março (final do verão), sendo finalizado ao início do mês de julho (início do inverno). As pastagens, instalações de confinamento, bem como a ração e suplementação foram cedidas pela fazenda.

O abate foi efetuado nas instalações frigoríficas do Grupo Marfrig, na unidade Promissão II, no município de Promissão/SP. As amostras de carne foram maturadas por 14 dias e analisadas nas características físico-químicas e qualitativas nas instalações do Laboratório de Tecnologia de Carnes da Faculdade de Engenharia de Alimentos da Universidade Estadual de Campinas, Unicamp.

3.2 Animais e divisão de grupos

Foram utilizadas 61 novilhas divididas em cinco grupos conforme composição genética e sistema de alimentação à terminação. Os grupos genéticos estão representados na Tabela 1.

Tabela 1: Divisão de grupos conforme a composição genética

Grupo	Animais	Composição genética
1	10	100% Bonsmara (POI ¹)
2	16	100% Bonsmara (POI, PO ² , PC ³)
3	10	87,5% Bonsmara, 12,5% Nelore
4	14	75% Bonsmara, 25% Nelore
5	11	50% Bonsmara, 50% Nelore

¹ Puro de Origem Importada

² Puro de Origem

³ Puro por Cruzamento

Os animais do grupo 2 foram considerados como puros para raça Bonsmara, mesmo quando classificados como PO ou PC. Do total de 16 animais do segundo grupo 11 eram POI (100% Bonsmara); 2 eram PO (96,87% Bonsmara, 1,56% *Bos taurus*, 1,56% Nelore); e 3 eram PC, (93,75% Bonsmara, 3,12% *Bos taurus*, 3,12% Nelore). As novilhas dos grupos 3, 4 e 5 foram comparadas, quanto aos atributos avaliados, às novilhas do grupo 2 (puras), com o objetivo de verificar eventuais diferenças que possam ser atribuídas às proporções de genes zebuínos de cada cruzamento.

3.3 Alimentação

Os grupos de animais foram alimentados conforme consta na Tabela 2, sendo submetidos a 120 dias de terminação. O Grupo 1 foi terminado no sistema de alimentação confinado e os demais foram terminados a pasto sob suplementação a 1% do peso vivo, conforme apresentado na Tabela 2.

Tabela 2: Alimentação fornecida aos animais nas fases de recria e terminação

Grupo	Recria¹	Terminação²
1	<i>Brachiaria brizantha</i>	Confinamento
2	<i>Brachiaria brizantha</i>	MG5 + suplementação 1% PV ⁴
3	<i>Brachiaria brizantha</i>	MG5 ⁵ + suplementação 1% PV
4	<i>Brachiaria brizantha</i>	MG5 + suplementação 1% PV
5	<i>Brachiaria brizantha</i> ³	MG5 + suplementação 1% PV

¹ Recriados até aproximadamente 28 meses;

² Terminados em 120 dias;

³ Recriados até 17 meses;

⁴ Peso Vivo;

⁵ MG5: cultivar da espécie forrageira *Brachiaria brizantha*.

Todos os animais dos grupos 2, 3, 4 e 5 (terminados a pasto) estiveram alocados nos mesmos piquetes de pastagem *Brachiaria brizantha*, cultivar MG5, de modo que tiveram acesso ao alimento volumoso *ad libitum*. A análise bromatológica da pastagem foi realizada com amostra coletada ao início da terminação dos animais, ou seja, na data de entrada dos animais no piquete. A análise foi realizada pelo Laboratório de Bromatologia da Departamento de Zootecnia da Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz” (USP/ ESALQ – Piracicaba – SP). Os resultados bromatológicos estão expressos na Tabela 3.

Tabela 3: Análise bromatológica da pastagem de *Brachiaria brizantha*, cultivar MG5, ao início da terminação

Nutriente	%¹
Matéria Seca	15,70
Proteína Bruta	13,06
Fibra Bruta	31,40
Extrato Etéreo	2,52
Matéria Mineral	8,80
Extrativo não Nitrogenado	44,22
NDT ²	60,72
FDN ³	61,10
FDA ⁴	32,49
Celulose	29,57
Lignina	2,92

¹ Resultados analíticos expressos em 100% de matéria seca;

² Nutrientes Digestíveis Totais;

³ Fibra solúvel em Detergente Neutro;

⁴ Fibra solúvel em Detergente Ácido.

A suplementação dos grupos 2, 3, 4 e 5 foi fornecida aos animais uma vez ao dia. A formulação da suplementação foi elaborada conforme apresentado na Tabela 4.

Tabela 4: Formulação da suplementação para terminação a pasto dos grupos 2, 3, 4 e 5

Pastagem	Formulação¹
	%
<i>Brachiaria Brizantha</i> (MG5)	<i>Ad libitum</i>
Suplemento	
Farelo de soja	10
Grão de milho seco	84,7
Ureia	1,5
Núcleo mineral	3,8

¹ Proporções calculadas segundo padrões do Programa de Formulação de Rações de Lucro Máximo (RLM 3.2) utilizadas na formulação de cada 100kg de suplemento;

O programa RLM 3.2 também forneceu os valores de quantidade de matéria seca, a fração da matéria prima que contém os nutrientes, em cada 100 kg da ração formulada conforme as proporções da Tabela 4. Assim, a disponibilidade efetiva de alimento aos animais foi de 0,44 kg de matéria seca/cabeça/dia de farelo de soja; 3,75 kg de matéria seca/cabeça/dia de grão de milho; 0,059 kg de matéria seca/cabeça/dia de ureia; e 0,148 kg de matéria seca/cabeça/dia mineral.

Os níveis nutricionais da ração de suplementação foram obtidos através da análise do Programa de Formulação de Rações de Lucro Máximo (RLM 3.2), conforme observado na Tabela 5.

Tabela 5: Níveis nutricionais do suplemento fornecido aos grupos 2, 3, 4 e 5 durante 120 dias de terminação

Nutriente	Percentual (%)¹
Matéria Seca	35,07
NDT ²	69,05
Extrato Etéreo	3,39
Proteína Bruta	12,06
FDN ³	50,69
Cálcio	0,40
Fósforo	0,28

¹ Valores calculados segundo padrões do Programa de Formulação de Rações de Lucro Máximo (RLM 3.2);

² Nutrientes Digestíveis Totais;

³ Fibra solúvel em Detergente Neutro.

A terminação em confinamento dos animais do grupo 1 foi de 120 dias, conforme prevê o programa *Bonsmara Beef*, no qual a propriedade é credenciada. A alimentação foi fornecida duas vezes ao dia conforme a composição e proporções citadas na Tabela 6.

Tabela 6: Composição de matérias-primas utilizadas na formulação da alimentação do confinamento (grupo 1)

Volumoso	0 – 60 dias		61 – 120 dias	
	Matéria Seca ¹	Formulação ²	Matéria Seca	Formulação
	(kg/cabeça/dia)	kg	(kg/cabeça/dia)	kg
Cana de açúcar <i>in natura</i> ³	25	<i>ad libitum</i>	25	<i>ad libitum</i>
Concentrado				
Farelo de soja	0,91	11,6	1,39	11,6
Grão de milho seco	6,63	82,9	10,00	82,9
Núcleo mineral	0,39	5,5	0,58	5,5

¹ Valores de matéria seca calculados segundo padrões do programa de formulação de Rações de Lucro Máximo (RLM 3.2);

² Quantidade de matéria-prima utilizada na formulação de cada 100kg de concentrado;

³ Cana de açúcar *in natura* picada diariamente;

Utilizando os valores de matéria seca calculou-se a quantidade efetiva de alimento disponibilizada proporcionalmente às quantidades da formulação (Tabela 6), sendo assim expressas: À primeira metade do confinamento: 0,91 kg de matéria seca/cabeça/dia de farelo de soja, 6,63 kg de matéria seca/cabeça/dia de grão de milho e 0,39 kg de matéria seca/cabeça/dia mineral; e, à segunda metade do confinamento: 1,39 kg de matéria seca/cabeça/dia de farelo de soja, 10,0 kg de matéria seca/cabeça/dia de grão de milho e 0,58 kg de matéria seca/cabeça/dia mineral.

O incremento energético decorrente do aumento de 3,37 kg de matéria seca/cabeça/dia de grão de milho entre as rações da primeira e da segunda metades do confinamento, foi efetuado para elevar o nível energético do alimento concentrado, adequando a dieta, durante o confinamento, aos requerimentos metabólicos das novilhas e de deposição de tecido adiposo, ao final da terminação.

As relações entre alimento volumoso e concentrado foram calculadas com base nos valores de matéria seca e quantidade absoluta fornecida aos animais conforme expresso na Tabela 7.

Tabela 7: Proporção de alimento volumoso x concentrado das formulações em cada metade do período de confinamento

0 – 60 dias			
	Fornecimento¹	MS fornecida²	Relação³
	Kg/cabeça/dia	Kg/cabeça/dia	%
Volumoso	12	3	42,85
Concentrado	8	4	57,15
61 – 120 dias			
Volumoso	9	2,25	23,52
Concentrado	12	7,32	76,48

¹ Quantidade fornecida por dia, por animal;

² Matéria seca em kg calculada mediante à quantidade de alimento fornecido;

³ Relação volumoso x concentrado calculada sobre kg de matéria seca de alimento fornecido por dia a um mesmo animal.

Os níveis nutricionais do alimento concentrado foram obtidos através da análise do Programa de Formulação de Rações de Lucro Máximo (RLM 3.2), conforme observado na Tabela 8.

Tabela 8: Níveis nutricionais do alimento concentrado fornecido em cada metade do período de confinamento

Nutriente	0 – 60 dias ¹	61 – 120 dias
	%	%
Matéria Seca	50,27	61,34
NDT ²	75,64	78,46
Extrato Etéreo	3,10	3,39
Proteína Bruta	10,41	11,84
FDN ³	25,53	19,90
Cálcio	0,18	0,17
Fósforo	1,31	1,53
Cinzas Totais	3,85	4,5

¹ Valores calculados segundo padrões do Programa de Formulação de Rações de Lucro Máximo (RLM 3.2);

² Nutrientes Digestíveis Totais;

³ Fibra solúvel em Detergente Neutro.

3.4 Pesagem e ganho médio diário

As pesagens dos animais foram realizadas conforme a rotina comercial da propriedade. Foram coletados os dados de todos os grupos para controle de ganho de peso na etapa da terminação e para citação descritiva do desempenho zootécnico dos animais nesta etapa. Os animais do grupo 1 (confinados) totalizaram cinco pesagens e os demais grupos foram pesados quatro vezes durante os 120 dias de terminação, conforme esquematizado na Tabela 9.

Tabela 9: Calendário de pesagens praticado na propriedade conforme número de dias dos animais submetidos à terminação

Dias em terminação
0
15 ¹
45
90
120

¹ 15º dia em terminação somente animais confinados foram pesados.

O cálculo de Ganho Médio Diário (GMD) foi realizado considerando duas pesagens e um intervalo de dias conhecido, diminuindo-se o peso inicial do peso final e dividindo este resultado pelo número de dias do período correspondente.

As médias de peso vivo e idade, em meses, por grupo, no início da terminação estão dispostas na Tabela 10.

Tabela 10: Médias de peso vivo e idade ao início da terminação

Grupo	n	Peso vivo (kg)		Idade (meses)	
		Média	dp ¹	Média	dp
1	10	398,00	10,59	28,6	1,26
2	16	369,37	36,23	28,4	1,02
3	10	374,60	44,08	27,6	1,42
4	14	381,42	32,78	27,6	1,34
5	11	331,09	21,40	18,8	0,82

¹ Desvio Padrão

3.5 Abate dos animais

Ao final do período de terminação os animais foram destinados ao abate comercial. As novilhas foram pesadas no momento do embarque, para transporte ao abatedouro, no dia anterior ao abate, sem jejum prévio. Portanto, para os cálculos de rendimento de carcaça foram considerados os pesos vivos dos animais descontados 5%, conforme prática usada na propriedade.

O abate foi realizado, em todas as suas operações, respeitando as normas de bem-estar animal e segurança alimentar, conforme recomendações legais do Regulamento de Inspeção Industrial de Produtos de Origem Animal – RIISPOA (BRASIL, 1997), na unidade Promissão II do frigorífico do Grupo Marfrig, no município de Promissão – SP.

Durante o procedimento de esola as carcaças sofreram estimulação elétrica de 70 V, 0,25 A, por 11 segundos, como é usual no frigorífico.

3.6 Avaliações de desempenho e características de carcaça

Em seguida ao abate dos animais e antes do resfriamento, foram feitas as avaliações das características de carcaça como classificação por acabamento de gordura, conformação, maturidade por dentição e maturidade fisiológica, conforme descrito a seguir.

3.6.1 Conformação e acabamento das carcaças

O acabamento de gordura das carcaças foi avaliado visualmente mediante observação da uniformidade de distribuição da gordura de cobertura em regiões como torácica, lombar e região do coxão (MLC, 1975; FELÍCIO, 2005). A classificação das carcaças foi realizada conforme escala definida pelo método do Sistema Nacional de Tipificação de Carcaças (BRASIL, 1989), em categorias que variam de 1, sendo a carcaça magra, a 5, sendo a carcaça de gordura excessiva, como representado na Tabela 11.

Tabela 11: Classificação de carcaças conforme cobertura de gordura aparente

Nota	Apresentação	Classificação
1	Gordura ausente	Magra
2	1 a 3 mm de espessura	Gordura escassa
3	≥3 a 6 mm de espessura	Gordura mediana
4	6 a 10 mm de espessura	Gordura uniforme
5	Acima de 10 mm de espessura	Gordura excessiva

Fonte: Adaptado de BRASIL, 1989

A escala visual, com a respectiva pontuação para cada tipo de carcaça, que foi utilizada para balizar a avaliação visual de acabamento de gordura está representada na Figura 1, conforme escalas *Meat Livestock Commision* (1975) e *Official Journal of the European Union* (2007). Os dados obtidos a partir das observações de acabamento de gordura foram considerados descritivamente na avaliação dos resultados.

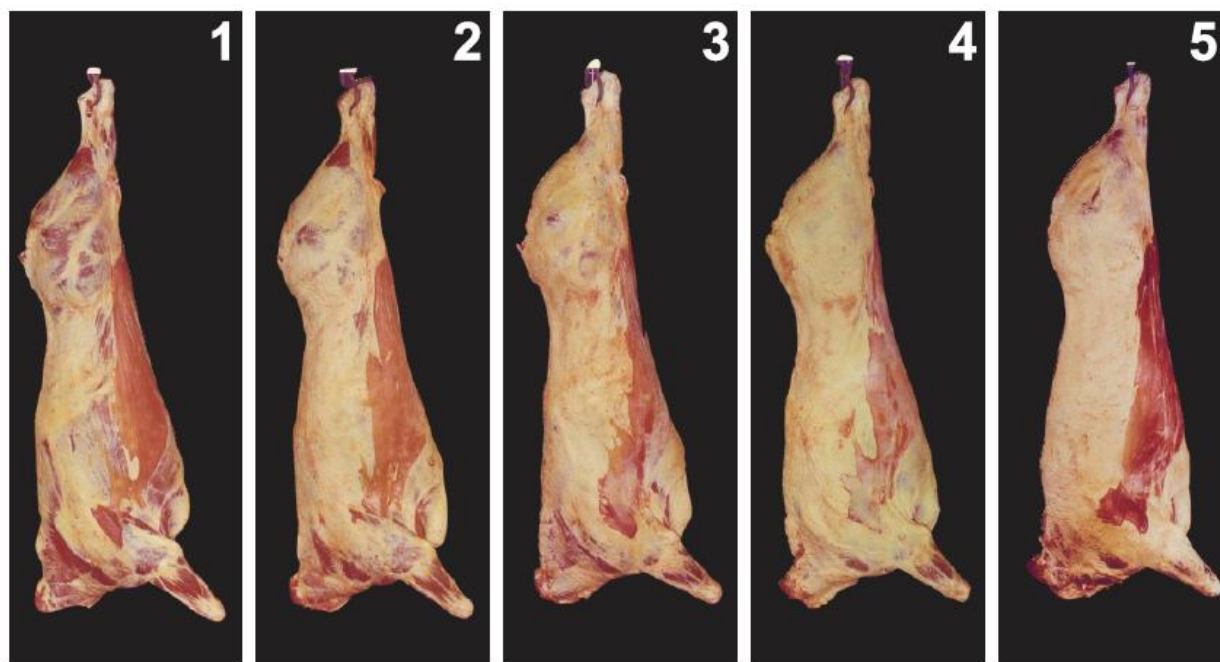


Figura 1: Classificação visual de acabamento de gordura da carcaça bovina

Fonte: MLC (1975) e OJEU (2007)

A avaliação de conformação das carcaças foi realizada conforme os padrões propostos na Portaria nº 612 de 05 de outubro de 1989 (BRASIL, 1989); conforme *Meat Livestock Commission* (1975) e *Official Journal of the European Union* (2007) também explicados por Felício (2010). Com base nessas referências as carcaças foram avaliadas em categorias de 1 a 5, sendo 1 a carcaça magra ou com pouca musculatura, na qual são visualizadas as protuberâncias ósseas; e 5 a carcaça com de alta musculatura, na qual é visualizado preenchimento muscular ao redor das estruturas ósseas (figura 2). Trata-se, portanto, de uma avaliação visual na qual se verificou a relação carne/osso ou de musculatura do animal, verificando a conformação em regiões como o traseiro e a proporção em tamanho com a região torácica (MLC, 1975; FELÍCIO, 2010). Os dados obtidos a partir das observações de musculatura foram considerados descritivamente na avaliação dos resultados. A escala e pontuação ou escores considerados nesse método estão representados na Figura 2.



Figura 2: Classificação visual de conformação ou musculatura da carcaça bovina

Fonte: MLC (1975) e OJEU (2007)

3.6.2 Maturidades por dentição e fisiológica

A avaliação da maturidade ou idade por dentição foi realizada pela observação e contagem dos dentes incisivos dos bovinos. A classificação dos animais seguiu os padrões conforme o Sistema Brasileiro de Classificação de Carcaças (BRASIL, 2004) e estão descritos na Tabela 12.

Tabela 12: Classificação de carcaças conforme cronologia dentária

Classificação	Observação	Idade estimada¹
d	Incisivos decíduos, sem queda das pinças	Até 20
2d	Até 2 incisivos definitivos e médios decíduos	20 a 26
4d	Até 4 incisivos definitivos e segundos médios decíduos	26 a 30/36
6d	Até 6 dentes definitivos e cantos decíduos	30/36 a 48
8d	Mais de 6 dentes definitivos	Acima de 48

¹ Relação aproximada do período de troca de dentes decíduos por definitivos com a idade cronológica do animal, expressa em meses;
Fonte: Adaptado de BRASIL, 1989.

A maturidade fisiológica é avaliada visualmente realizando observações do grau de ossificação, ou calcificação, das cartilagens intervertebrais e separação entre os ossos das regiões sacral, lombar e torácica (FELÍCIO, 2005; 2010). O início do processo fisiológico de calcificação pode ser constatado pela observação de pontos nas cartilagens das vértebras sacrais, em seguida das vértebras lombares e, então, das torácicas. Assim, carcaças verificadas com indícios de ossificação lombar e/ou torácica são oriundas de animais com maior idade fisiológica do que as carcaças com calcificação sacral ou ausente. Em outras palavras, significa que a avaliação da magnitude da ossificação revela, por exemplo, que carcaças que possuam as vértebras sacrais completamente separadas são oriundas de animais fisiologicamente mais jovens do que as carcaças que apresentam as vértebras sacrais completamente fusionadas, formando um único osso (AMSA, 2001). A ocorrência dos focos de calcificação tem relação com a idade cronológica dos animais, que também influencia alguns atributos da qualidade da carne, como a maciez.

Os padrões utilizados para avaliação das carcaças deste estudo basearam-se no método e escores padronizados pela *American Meat Science Association* (2001), do Departamento de Agricultura dos Estados Unidos (USDA), conforme detalhado na Tabela 13.

Tabela 13: Padrões de calcificação vertebral observados na avaliação visual da maturidade fisiológica

Escore	Vértebra ¹		
	Sacral	Lombar	Torácica
A-	Separação distinta	Ossificação ausente	Ossificação ausente
A+/B-	Fusão Completa	Próximo à ossificação completa	Alguma evidência de ossificação
B+/C-	Fusão completa	Ossificação completa	Parcialmente ossificada

¹ Observação de indícios compatíveis com a calcificação entre cartilagens e vértebras de cada região vertebral.

Fonte: Adaptado de AMSA (2001).

3.6.3 Rendimento de carcaça

Após a separação dos componentes não constituintes da carcaça foram obtidos o peso de carcaça quente (PCQ). Este valor foi utilizado na equação $RC = PCQ / [PV - (PV \times 0,05)] \times 100$, utilizada para calcular o rendimento de carcaça, onde: RC = Rendimento de Carcaça; PCQ = Peso de Carcaça Quente; PV = Peso Vivo (obtido no embarque dos animais e descontado 5% devido ausência de jejum alimentar).

3.6.4 Área de olho de lombo e espessura de gordura

No momento da desossa, antes da embalagem e retirada dos ossos dos cortes, foram obtidos os decalques da área de corte transversal do músculo *Longissimus dorsi* (Figura 3), na região da interface entre a 12^a e a 13^a vértebras torácicas, com auxílio de

papel vegetal, para posterior leitura da Área de Olho de Lombo, conforme proposto por Boggs & Merkel (1980), e ainda, segundo o mesmo método, foram obtidas as medidas de Espessura de Gordura.



Figura 3: Obtenção de decalque da área de corte transversal do *M. longissimus* antes da desossa para posterior avaliação da área de olho de lombo utilizando papel vegetal

Um gabarito composto por unidades de 0,5 cm x 0,5 cm (área unitária igual a 0,25 cm²) foi utilizado para medir a Área de Olho de Lombo (AOL) sobrepondo o mesmo sobre os decalques correspondentes à área da interface muscular perpendicular às 12^a e 13^a vértebras torácicas (BOGGS & MERKEL, 1980; AMSA, 2001).

A Espessura de Gordura (EG) subcutânea foi medida no corte entre a 12^a e 13^a vértebras torácicas, perpendicularmente à face lateral do músculo, em um ponto correspondente à $\frac{3}{4}$ do comprimento do olho de lombo a partir do osso (AMSA, 2001).

Uma imagem fotográfica foi obtida de cada uma das secções feitas no *M. longissimus* para posterior leitura da Área de Olho de Lombo e Espessura de Gordura

com uso do software Carl Zeiss – Axio Vision 4.8, específico para análises e aferições de imagens laboratoriais. Como representado na Figura 4, a marcação em verde feita em torno do olho de lombo durante a avaliação da imagem pelo software, fornece a área do espaço contornado, ou seja, a Área de Olho de Lombo. A escala para padronização das medidas da avaliação foi fornecida por um marcador de medida conhecida, marcado em vermelho na imagem, que foi fotografado junto com o corte. Ao informarmos ao programa que o lado do retângulo branco possui 2 cm todas as medidas da imagem são automaticamente calibradas para esta escala, permitindo assim realizar qualquer tipo de aferição desejável na imagem. A marcação em azul (Figura 4) refere-se ao local onde foi feita a medida de Espessura de Gordura.

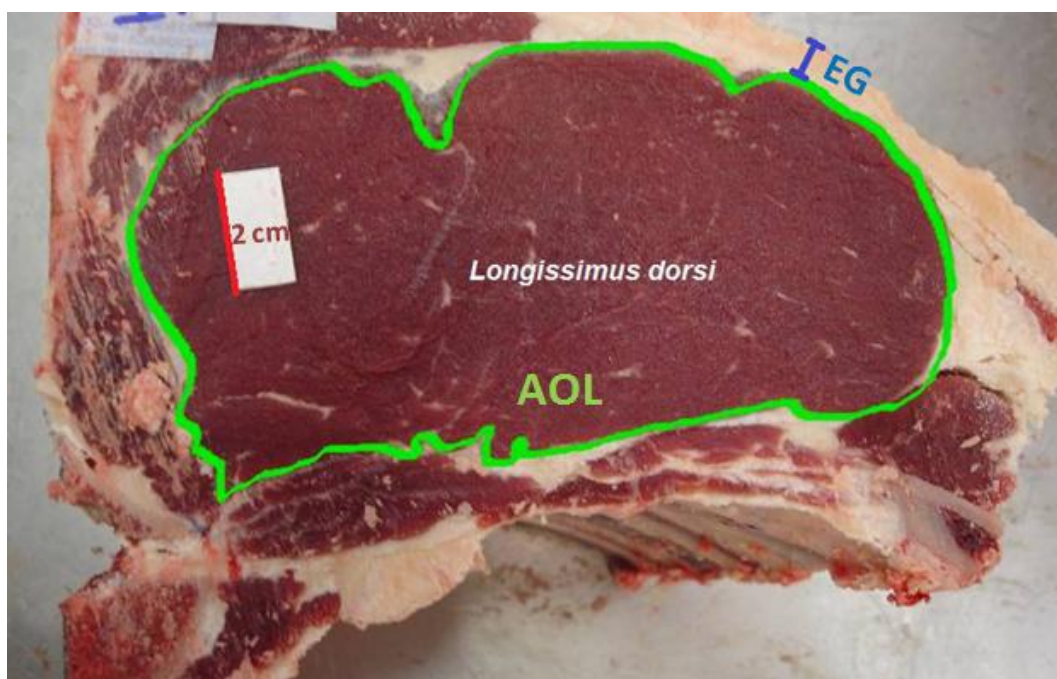


Figura 4: Área de olho de lombo e Espessura de Gordura do *M. longissimus*

3.7 Desossa

Após o abate as meias carcaças foram destinadas ao resfriamento em câmaras frigoríficas a 2°C por 72 horas. No momento da desossa foram obtidos cortes das meias carcaças direitas, das 61 novilhas, na porção entre 10^a e 12^a vértebras torácicas

(Figura 5). O contrafilé com osso foi retirado da meia carcaça e em seguida foi separada a porção caudal descrita e direcionada às análises.

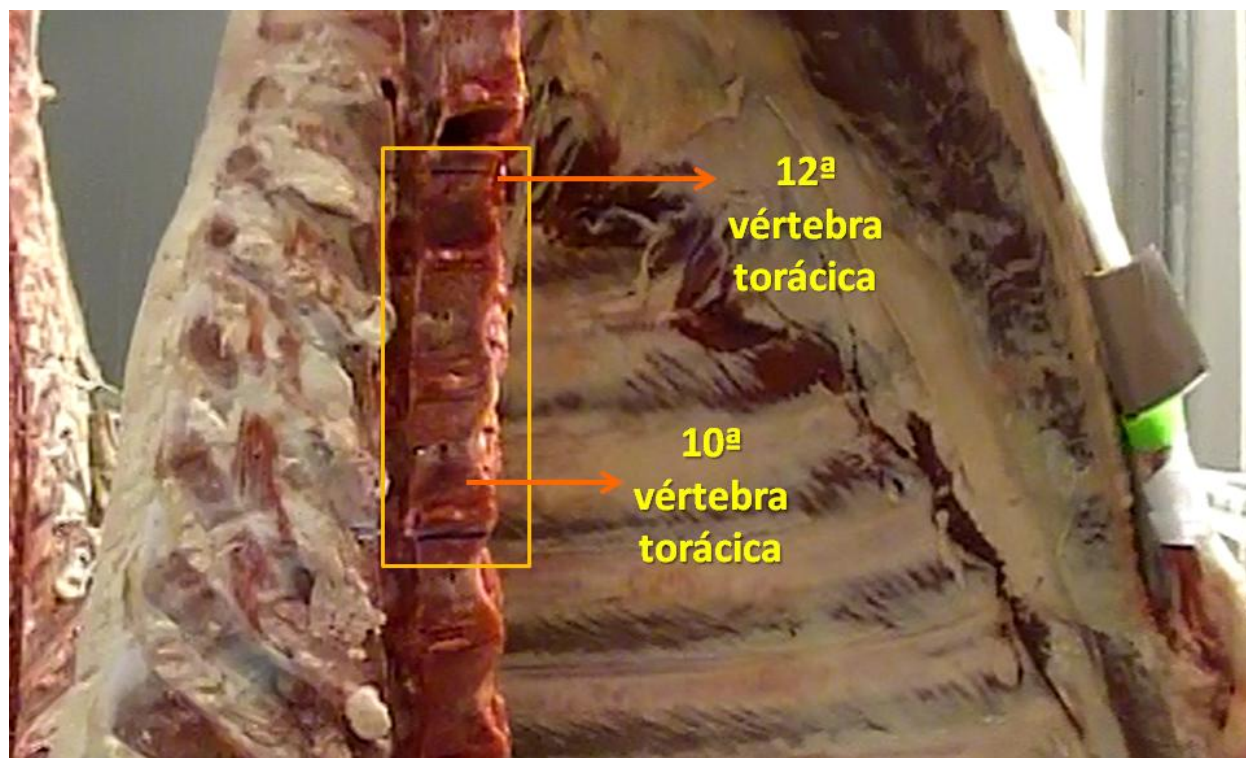


Figura 5: Região entre as vértebras T10 e T12 que foram serradas para retirada de contrafilé.

Ainda no momento da desossa, imediatamente após a obtenção das medidas e imagens descritas, foi retirado um corte de aproximadamente 1 cm de espessura da porção caudal do contrafilé (interface perpendicular da região da 12ª vértebra torácica), embalado a vácuo, e foi levado diretamente ao congelador (- 5°C a - 2°C). Este corte congelado foi destinado à avaliação do comprimento de sarcômero.

3.8 Avaliações de qualidade da carne

As medidas utilizadas para avaliar a qualidade da carne foram: queda de pH e temperatura do músculo *post mortem*, cor objetiva, comprimento de sarcômero, perda de peso por cocção, força de cisalhamento, teor de umidade e de lipídios totais da

carne. Para a análise da composição centesimal foram medidos o teor de umidade e lipídios totais da carne.

3.8.1 Análise de pH e temperatura

O acompanhamento da queda de pH e temperatura *post mortem* foi realizado com uso de peagâmetro Mettler. As medidas foram coletadas com 3, 10 e 72 horas *post mortem*, em 30% dos animais de cada grupo, diretamente no *M. Longissimus*, com eletrodos de penetração e termômetro de punção digital, permitindo a avaliação do interior do músculo, na região entre 10^a e 11^a costelas direitas (Figura 6).

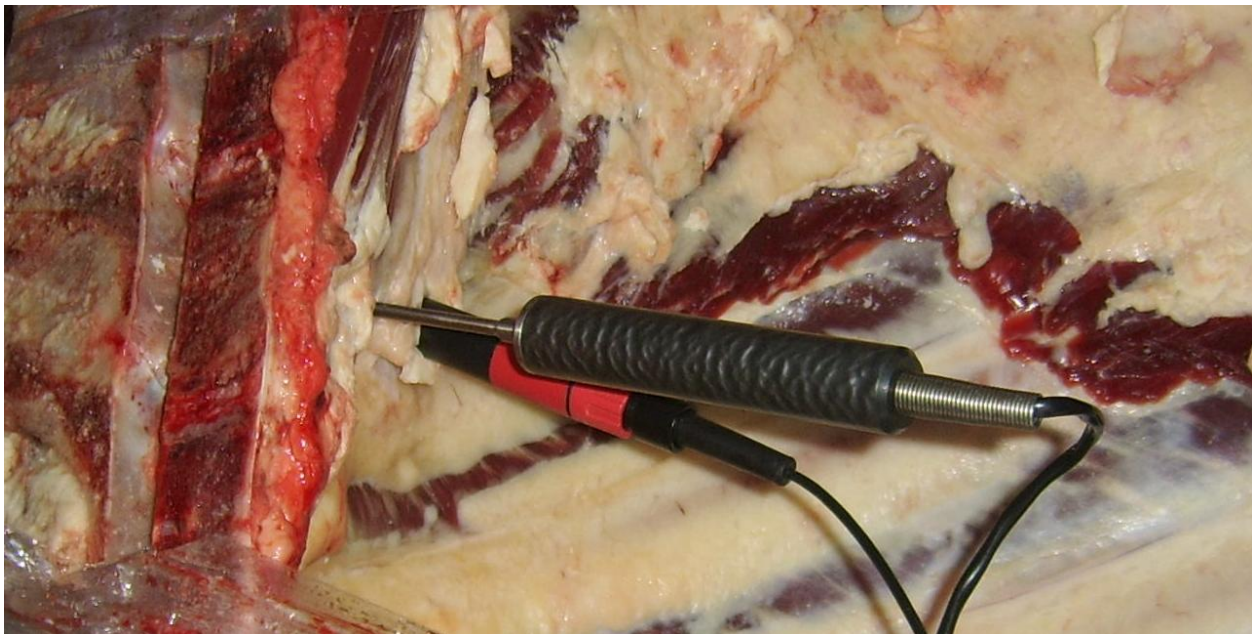


Figura 6: Medidas para monitoramento de pH e temperatura do contrafilé (*M. Longissimus dorsi*).

O pH final, medido em laboratório, foi avaliado em todas as amostras ao final dos 14 dias de maturação. O método aplicado consistiu em homogeneização de 10 g da amostra de carne em processador doméstico, para preparação de solução com 5 mL de água destilada. Em seguida a solução foi submetida às leituras de pH e temperatura com o mesmo equipamento utilizado na medição direta nas carcaças.

3.8.2 Acondicionamento e preparação das amostras

As amostras dos cortes descritos foram embaladas a vácuo e acondicionadas a 4°C para transporte até as dependências do Laboratório de Tecnologia de Carnes e Processos da Unicamp, onde foram mantidas sob refrigeração a 2°C por 14 dias para completar o período de maturação.

Ao término deste período, cada amostra foi subdividida em 4 bifés de aproximadamente 1 polegada ou 2,54 cm de espessura, embalados e identificados individualmente para realização das análises laboratoriais (Figura 7). Sendo padronizada a utilização do corte mais caudal (mais próximo da região da 12ª vértebra torácica) para avaliação da força de cisalhamento. Em seguida, todos os bifés foram destinados ao congelamento em câmara a - 18°C.

Para a realização de cada análise os bifés foram descongelados por 24 horas sob refrigeração de 4°C.



Figura 7: Corte do contrafilé em bifés de espessura de 2,54 cm

3.8.3 Determinação objetiva da cor

A determinação objetiva da cor da carne foi realizada com o Colorímetro modelo CM 508-d HunterLab, MiniScan XE, calibrado conforme sistema CIE (1986), com especular incluída, iluminante D65 e ângulo padrão de 10º (Figura 8). O método fornece valores de L* (intensidade de luminosidade), a* (intensidade de vermelho a verde) e b* (intensidade de amarelo a azul). Foi considerada a média de 3 leituras na área de olho de lombo dos bifes feitas em posições diferentes da superfície muscular. Os valores obtidos estão relacionados com capacidade de oxigenação da carne segundo o estado químico do íon ferro presente no pigmento mioglobina da carne. (CORNFORTH, 1994).



Figura 8: Leitura objetiva da cor utilizando colorímetro

As leituras das amostras foram realizadas, ao final do período de maturação, com 1, 24, 48, 72 e 96 horas de oxigenação, em um dos bifes retirados da amostra do contrafilé. Cada bife foi acondicionado em bandejas embaladas em filme de PVC (filme de alta permeabilidade ao oxigênio), e mantidas a 4°C, sob iluminação artificial constante de lâmpadas da marca Philips, modelo TLD, 32 watts. Este modelo de

avaliação permite verificar a deterioração gradual da cor da carne sob os efeitos de iluminação semelhante às das gôndolas utilizadas no comércio varejista.

3.8.4 Avaliação visual do grau de mármore

A avaliação do grau de mármore, ou da quantidade visual de gordura intramuscular ou entremeada, foi feita visualmente conforme padrão proposto pela AMSA (2001). Foram considerados seis padrões de classificação da carne, conforme Figura 9. A avaliação foi feita na área de olho de lombo na 12^a vértebra torácica. As notas atribuídas a cada amostra conforme a comparação com o padrão AMSA, estão descritas na Tabela 14 e foram confirmadas em imagens digitais pelo Dr. Dell M. Allen, ex-professor da *Kansas State University*, Estados Unidos.

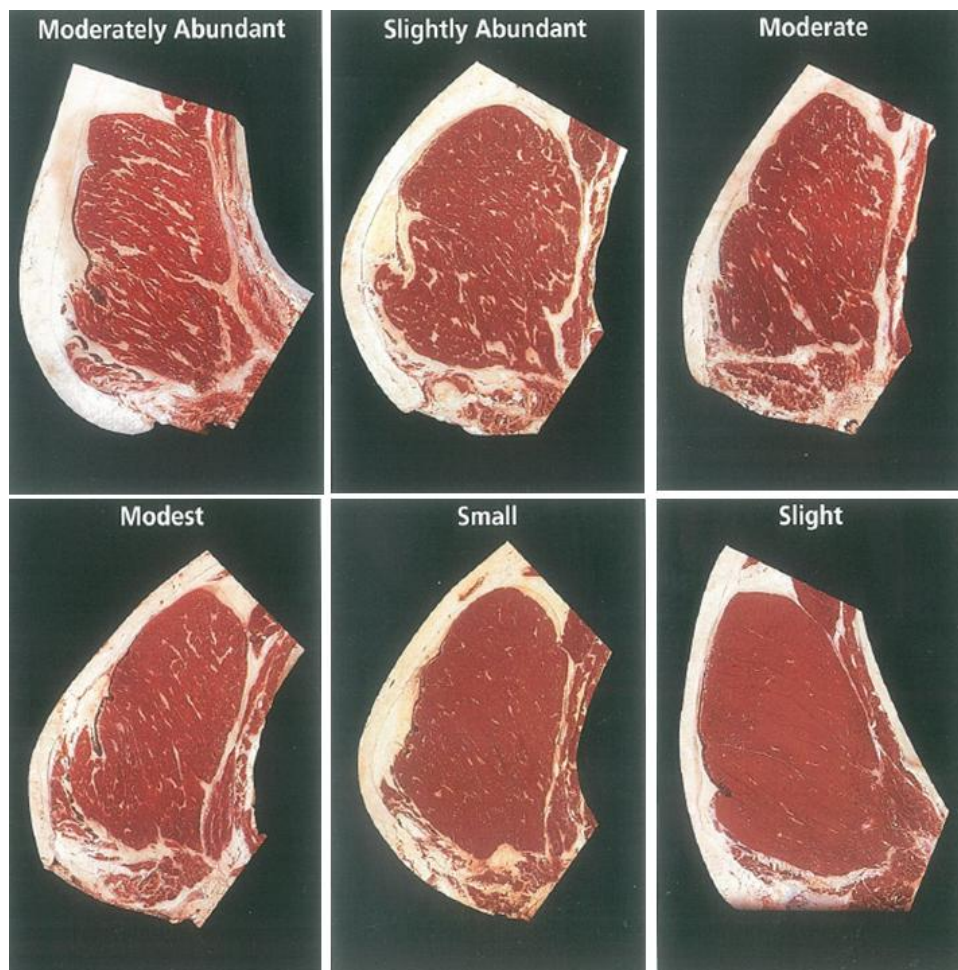


Figura 9: Padrões visuais para grau de mármore

Fonte: Adaptado de AMSA, 2001

Tabela 14: Pontuação atribuída a cada classificação de mármore avaliado visualmente de acordo com AMSA (2001)

Classificação AMSA	Nota
Slight	300 - 399
Small	400 - 499
Modest	500 - 599
Moderate	600 - 699
Slightly Abundant	700 - 799
Moderately Abundant	800 - 899

3.8.5 Determinação do comprimento do sarcômero

A determinação do comprimento de sarcômero foi realizada conforme protocolo utilizado por Cross *et al.* (1981) padronizando a preparação dos fragmentos de carne por fixação em glutaraldeído a 5% e armazenamento em solução de sacarose a 0,2M. As leituras das fibras preparadas foram realizadas pelo método de difração de raio laser, conforme Koolmees *et al.* (1986).

3.8.6 Perda de peso no cozimento

A determinação de Perda de Peso por Cocção foi calculada pela diferença entre o peso da amostra cru e o peso da amostra assada, dividida pelo peso da amostra crua e multiplicando-se por 100, obtendo-se assim o percentual de perda de peso. As amostras foram pesadas em balança semi-analítica.

Todas as amostras foram assadas em forno elétrico convencional, aquecido a 170°C até a temperatura interna atingir 71°C (HONIKEL, 1987). A elevação da temperatura durante a cocção foi monitorada por sistema de termopares individuais, tipo K, série CS (fios nus de Chromel e Alumel, sensibilidade aproximada de 41 $\mu\text{V}/^\circ\text{C}$, 1 m de comprimento e 1,5 mm de diâmetro, calibrados no sistema CRAL 0 a 1200°C).

Os termopares são sensores de temperatura constituídos por dois condutores metálicos distintos ou homogêneos. Cada termopar foi acoplado a um registrador de temperatura (VL-1700) multicanal, permitindo o acompanhamento da elevação da temperatura no interior de cada bife. O termopar foi inserido no bife por uma de suas laterais de espessura de 2,54 cm até que atingisse o centro do olho do lombo, garantindo assim que o interior do corte fosse submetido à temperatura de 71 °C, padronizando o ponto de cada bife e uniformizando a cocção.

3.8.7 Força de cisalhamento e maciez sensorial

Os procedimentos de cocção dos bifés para avaliação de textura objetiva ou força de cisalhamento foram realizados conforme proposto pelo protocolo descrito pela *American Meat Science Association* (AMSA, 1995) e revisado por Felício (2002). Todos os bifés foram submetidos ao tratamento térmico igual ao descrito na perda de peso no cozimento.

Em seguida, os bifés assados foram submetidos ao resfriamento a 4°C por 24 horas. Após o resfriamento, foram retirados seis cilindros de 1,27 cm de diâmetro (0,5 polegada) de cada bife, com um vazador manual aplicado no sentido longitudinal das fibras da amostra, dentro da área de olho de lombo.

A análise de força de cisalhamento (WBSF) ou textura objetiva foi feita em um texturômetro modelo TA-XT 2i acoplado com lâmina de Warner Bratzler de 1 mm de espessura. O equipamento foi programado conforme padrões estabelecidos pela AMSA (1995). Para análise dos resultados foi considerada a média dos valores obtidos para os seis cilindros de cada bife. Estes valores estão relacionados diretamente com índices de maciez da carne, já que os mesmos representam a força necessária para cisalhar a amostra.

Realizou-se a avaliação de maciez sensorial dos bifés de contrafilé, utilizando o bife imediatamente cranial à porção utilizada para análise de WBSF, com objetivo de obter os coeficientes de correlação entre estes resultados e os de maciez objetiva. A análise sensorial foi desenvolvida com equipe treinada no Departamento de Tecnologia de Alimentos da Unicamp. Os provadores selecionados eram consumidores regulares de carne bovina e foram treinados conforme os padrões propostos pela AMSA (1995).

A equipe era composta por cerca de 10 provadores treinados. Foram realizadas 12 sessões e em cada sessão foram avaliadas 5 amostras (uma de cada grupo estudado nesse experimento). As amostras foram servidas de forma monádica e balanceadas para evitar o efeito “*carry over*”. Após a cocção conforme os padrões da AMSA (1995), os bifes foram aparados nas regiões com colágeno e gordura aparentes e, então, cortados em cubos de 1,5 x 1,5 cm. Os cubos foram mantidos a uma temperatura de 40°C durante a sessão. Cada provador recebeu um cubo de carne codificado com três algarismos aleatórios, conforme recomendações de Meilgaard, Civille & Carr (1999). A avaliação da intensidade de maciez foi julgada pelos provadores utilizando uma escala estruturada verbalizada de 8 pontos; sendo 1 = extremamente dura; e 8 = extremamente macia.

3.8.8 Teor de umidade e lipídios totais

Como avaliação físico-química ou de composição centesimal foram realizadas análises de teor de umidade e lipídios totais de todas as amostras.

As amostras foram preparadas realizando a toaleta do corte que compreende a retirada de toda gordura superficial aparente seguida da homogeneização por multiprocessador.

O teor de umidade foi determinado por meio do método proposto pela *Association of Official Analytical Chemist* (AOAC, 2005), no qual se realiza a secagem das amostras em estufa a 105°C até que se obtenha o peso constante de amostra seca.

O teor de lipídios totais foi avaliado pelo método de Bligh & Dyer (1999) no qual a extração dos lipídios, a partir da amostra seca, ocorre por ação do clorofórmio e do metanol.

Ambas análises foram realizadas em triplicatas e o resultado final foi obtido a partir do valor médio das replicatas de cada amostra.

3.9 Delineamento estatístico

Para avaliação estatística cada animal foi considerado como uma unidade experimental ou de repetição, e, também, os animais foram considerados como iguais dentro de um mesmo grupo. Considerando-se, assim, cada grupo como homogêneo.

Medidas de peso vivo e ganho médio diário obtidos durante a terminação, escores de conformação, acabamento de carcaça e maturidade fisiológica, idade cronológica e queda de pH e temperatura *post mortem* foram avaliados apenas segundo moldes de estatística descritiva (STATSOFT, 2004).

Os outros resultados foram submetidos a análise de variância (Anova), do software Statistica 7.0 (STATSOFT, 2004), considerando nível de significância de 5% ($p < 0,05$). Foi considerado como efeito fixo o sistema de alimentação (quando comparado Grupo 1 x Grupo 2; confinamento x pasto suplementado, respectivamente), avaliando a significância das diferenças entre os grupos para: peso vivo ao abate, ganho de peso médio diário durante a terminação, peso de carcaça quente, rendimento de carcaça, área de olho de lombo, espessura de gordura, grau de mármore visual, comprimento de sarcômero, perdas de peso por cocção, textura objetiva (WBSF), teor de umidade, teor de lipídios e cor objetiva. A composição genética foi considerada como efeito fixo quando comparados Grupo 2 x Grupo 3 x Grupo 4 x Grupo 5, para os mesmo atributos. Efeitos de interação de segunda ordem forem descartados, pois os grupos foram comparados estatisticamente conforme o efeito fixo, ou seja, sistemas de alimentação diferentes sobre animais de mesma genética; e composições genéticas diferentes de animais terminados em um mesmo sistema de alimentação. Utilizando o mesmo pacote estatístico foram estimados coeficientes de correlação entre os resultados de WBSF e maciez sensorial, sempre comparando grupos 1 x 2; e grupos 2 x 3 x 4 x 5.

As médias de WBSF foram divididas em três classes ($WBSF \leq 3,9$ Kg; $\leq 4,4$ Kg; e $> 4,4$ Kg) de acordo com o padrão de classificação de maciez atualmente em vigência conforme o USDA (ESTADOS UNIDOS, 2012); a frequência de amostras de cada classe foi avaliada por teste de qui-quadrado conforme proposto por Snedecor & Cochran (1978) utilizando nível de significância igual a 5%.

4. RESULTADOS E DISCUSSÃO

4.1 Queda de pH e temperatura *post mortem*

A queda de pH é observada no decorrer do tempo *post mortem* como consequência do processo de glicólise anaeróbica (HAMM, 1977; SANTOS, 2011), e devido à hidrólise de ATP que ocorre no processo de estabelecimento do *rigor mortis* (SANTOS, 2011). Um bovino ao ser abatido, após um período de descanso, apresenta um pH muscular em torno de 6,9 a 7,2. A velocidade de declínio do pH muscular é muito variável. Em geral, para bovinos, a glicólise ocorre lentamente esperando-se que ao final de 24 horas após o abate o pH seja de 5,5 a 5,9 (SCHACKELFORD *et al.*, 1994a).

Os valores obtidos neste estudo caracterizam uma curva de queda de pH normal, em conformidade com os padrões previamente citados por Strydom *et al.* (2000a), nos quais o valor esperado de pH para a terceira hora *post-mortem* seja em torno de 6,0, semelhante ao observado na Tabela 15. Além disso, a média de pH final de todos os cinco grupos foi menor do que o padrão de pH $\leq 5,8$ utilizado pelos frigoríficos para exportação (FELÍCIO, 1997 e 1999; ROÇA, 2000). A análise de variância não mostrou diferenças significativas entre os grupos em cada um dos tempos avaliados ($p > 0,05$), considerando os efeitos de composição genética ou de alimentação. Estes resultados estão em acordo com os obtidos por Santos (2011), trabalhando com novilhos Bonsmara suplementados cujo valor médio de pH final foi igual a 5,57, e para carne de novilhos Bonsmara terminados em 90 dias de confinamento o pH final igual a 5,51. Bianchini *et al.* (2007) utilizaram bovinos Aberdeen Angus, Brangus e Nelore e obtiveram médias de pH final iguais a 5,69; 5,65 e 5,69; respectivamente, semelhantes às médias deste trabalho.

Tabela 15: Resultados das medidas de pH e temperatura das carcaças e cortes em quatro tempos *post-mortem*

Tempo <i>post-mortem</i>	1 ^o				2 ^o			
	3h				10h			
	pH		T°C		pH		T°C	
Grupo	Média	dp ¹	Média	dp	Média	dp	Média	dp
1	6,07	±0,11	28,70	±0,82	5,89	±0,12	13,50	±1,04
2	6,10	±0,20	27,36	±1,82	5,90	±0,20	13,24	±1,42
3	6,09	±0,26	25,33	±1,06	5,91	±0,11	10,97	±2,00
4	6,09	±0,14	26,90	±1,53	5,85	±0,11	12,42	±0,75
5	6,09	±0,11	26,48	±0,90	5,90	±0,14	11,25	±1,31

Tempo <i>post-mortem</i>	3 ^o				4 ^o			
	72h				14 dias (final)			
	pH		T°C		pH		T°C	
Grupo	Média	dp	Média	dp	Média	dp	Média	dp
1	5,72	±0,19	0,77	±0,06	5,53	±0,04	15,00	±0,13
2	5,63	±0,14	1,26	±0,63	5,52	±0,04	13,00	±0,11
3	5,78	±0,20	1,26	±0,62	5,51	±0,03	14,80	±0,15
4	5,62	±0,03	1,28	±0,47	5,54	±0,06	13,80	±0,09
5	5,77	±0,14	0,88	±1,29	5,57	±0,08	15,10	±0,10

1 Desvio Padrão

Jeremiah *et al.* (1991) avaliaram a medida do pH final como um indicador de maciez e relataram que o pH não foi o fator de maior influência na variação dos valores de força de cisalhamento na carne. O pH final representou 32% de impacto na variação dos valores de WBSF, enquanto que outros fatores como genética, uso de estimulação elétrica ou alimentação foram mais impactantes sobre os resultados de maciez. Schackelford *et al.* (1994a) concluíram que o pH da 3^a hora *post-mortem* não foi um

indicador preciso de maciez para os bovinos abatidos e processados em condições comerciais ou laboratoriais. Thompson (2002) e Hannula & Puolanne (2004) avaliaram os efeitos da velocidade de resfriamento e queda de pH *post-mortem* sobre a maciez. Os autores puderam observar que as taxas de resfriamento mais baixas são as que não afetam negativamente a maciez, significando pH em torno de 6,0 quando a carcaça atingir temperatura próxima a 25°C e observação de pH $\leq 5,8$ quando a carcaça atingir 7°C.

Na Figura 10 estão representadas as linhas de tendência de queda de pH, e a queda de temperatura durante o resfriamento das carcaças.

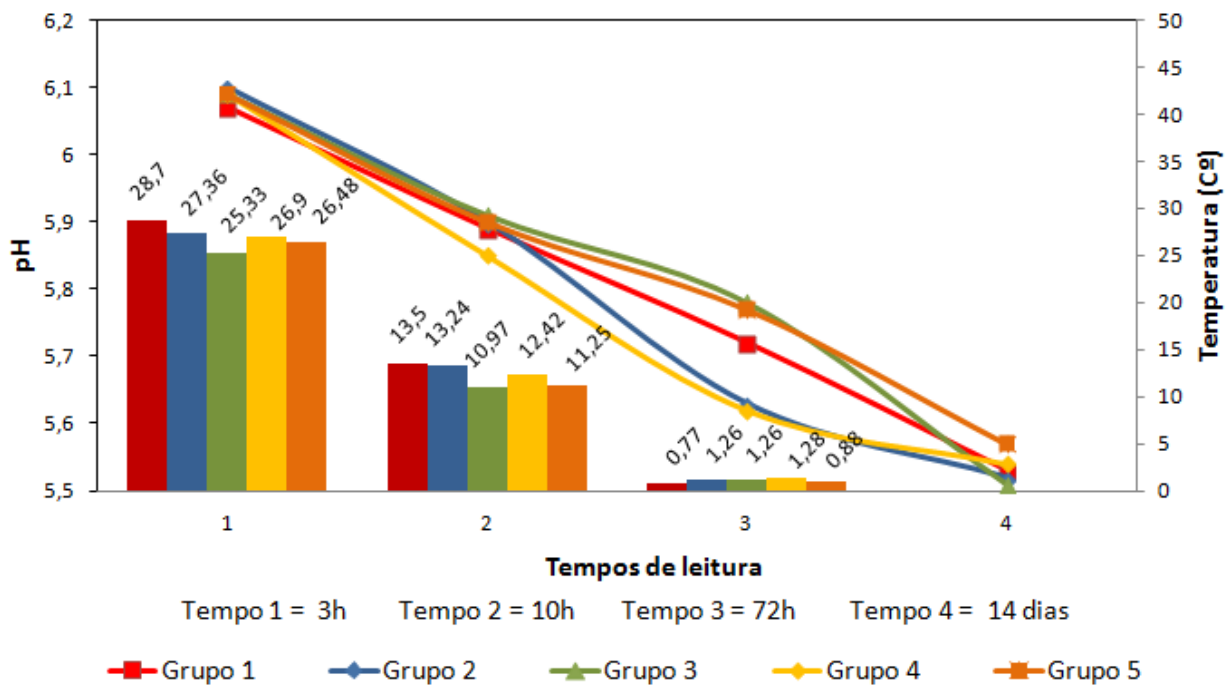


Figura 10: Valores de pH e temperatura *post-mortem* das carcaças e dos cortes sob refrigeração

4.2 Efeitos de dieta sobre características de carcaça e atributos de qualidade

Os grupos 1 (n = 10; confinamento) e 2 (n = 16; pasto suplementado) foram comparados estatisticamente entre si, considerando as diferenças significativas entre grupos como efeito do sistema de alimentação.

4.2.1 Ganho de peso

Os resultados da análise de variância de ganho médio diário de peso e peso vivo dos animais durante a terminação estão apresentados nas tabelas 16 e 17 e discutidos na sequência no tópico 4.2.2, em conjunto com os resultados de medidas de carcaça.

Tabela 16: Médias de peso vivo de novilhas puras da raça Bonsmara obtidos durante a terminação em confinamento (grupo 1) e pastagem com suplementação (grupo 2), considerando o início, após 15, 45, 90 e 120 dias

	Grupo 1 (n = 10)				Grupo 2 (n = 16)			
	Peso Vivo (kg)				Peso Vivo (kg)			
	Média	dp ¹	Máx ³	Mín ⁴	Média	dp	Máx	Mín
PV 0²	398,00 ^a	±10,59	415,00	380,00	369,37 ^b	±36,23	425,00	315,00
PV 15	422,70	±15,47	448,00	392,00	-	-	-	-
PV 45	459,20 ^a	±18,16	482,00	427,00	416,87 ^b	±38,00	478,00	340,00
PV 90	529,80 ^a	±25,94	570,00	491,00	446,18 ^b	±38,96	510,00	375,00
PV 120	557,08 ^a	±25,07	593,75	517,75	463,12 ^b	±43,28	530,00	391,00

^{a,b} Médias seguidas de letras diferentes na mesma linha diferem entre si (p < 0,05) entre grupos para o respectivo fator

¹ Desvio Padrão

² PV 0: Peso vivo ao início da terminação

³ Máximo

⁴ Mínimo

PV 15: Peso vivo após 15 dias de confinamento

PV 45: Peso vivo após 45 dias de terminação

PV 90: Peso vivo após 90 dias de terminação

PV 120: Peso vivo após 120 dias de terminação

Tabela 17: Médias de ganho médio diário de peso de novilhas puras da raça Bonsmara obtidos durante a terminação em confinamento (grupo 1) e pastagem com suplementação (grupo 2), considerando o início, após 15, 45, 90 e 120 dias

	Grupo 1 (n = 10)		Grupo 2 (n = 16)	
	Ganho Médio Diário (kg)		Ganho Médio Diário (kg)	
	Média	dp ¹	Média	dp
GMD 15 ²	1,65	±0,49	-	-
GMD 45	1,34 ^a	±0,46	1,10 ^a	±0,34
GMD 90	1,05 ^a	±0,34	0,81 ^b	±0,14
GMD 120	0,85 ^a	±0,28	0,34 ^b	±0,24

^{a,b} Médias seguidas de letras diferentes na mesma linha diferem entre si ($p < 0,05$) entre grupos para o respectivo fator

¹ Desvio Padrão

² GMD 15: Ganho médio diário de zero a 15 dias de terminação (PV 0 e PV 15 – Tabela 16)

GMD 45: Ganho médio diário de zero a 45 dias (PV 0 e PV 45– Tabela 16)

GMD 90: Ganho médio diário de 45 a 90 dias (PV 45 e PV 90 – Tabela 16)

GMD 120: Ganho médio diário de 90 a 120 dias (PV 90 e PV 120 – Tabela 16)

As linhas de tendências médias do ganho de peso vivo e do ganho médio diário estão apresentadas na Figura 11.

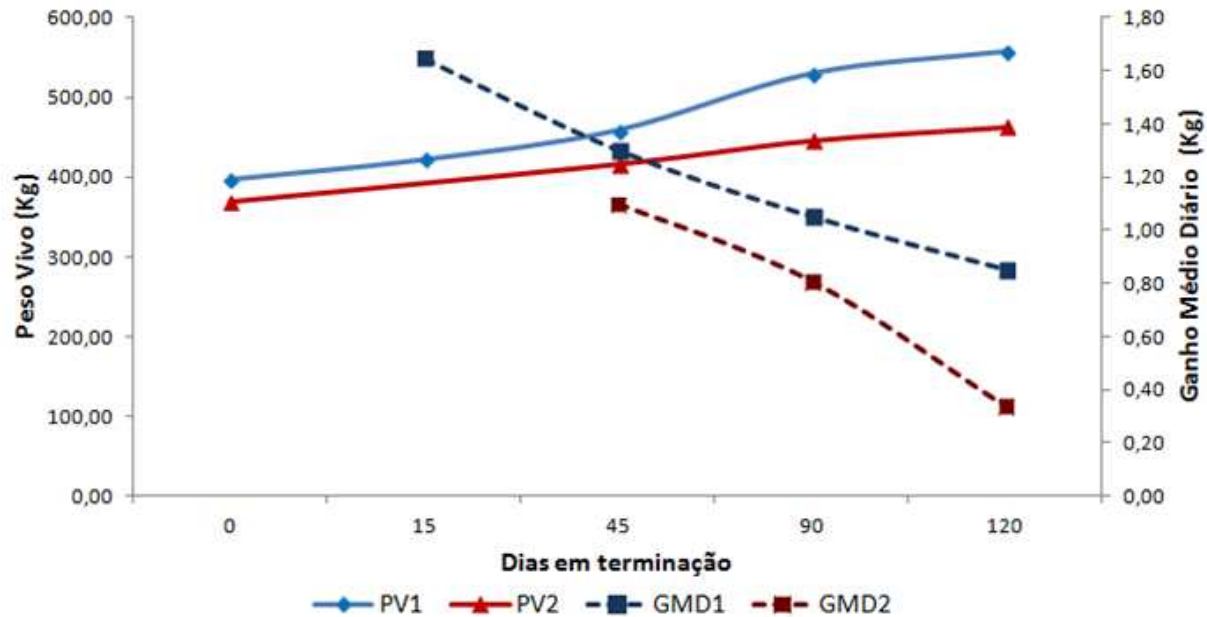


Figura 11: Linhas de tendência do peso vivo e ganho médio de peso diário no início e após 15, 45, 90 e 120 dias de terminação dos grupos 1 e 2.

PV1: Peso vivo do grupo 1

PV2: Peso vivo do grupo 2

GMD1: Ganho médio diário do grupo 1

GMD 2: Ganho médio diário do grupo 2

4.2.2 Avaliação e medidas de carcaça

Os animais do grupo 1 foram abatidos entre 33 e 37 meses (Tabela 18), que correspondeu, neste experimento, à presença de 2 a 6 dentes definitivos, correspondendo a idade aproximada de 26 a 36 meses (BRASIL, 2004). Quanto à avaliação de maturidade fisiológica, 80% dos animais do grupo 1 foram classificados como A-, o que significa que foram observadas vértebras sacrais distintamente separadas e nenhum indício de ossificação nas vértebras lombares e torácicas (AMSA, 2001). Na avaliação de tipificação os animais puros da raça Bonsmara, terminados em confinamento (grupo 1) foram pontuados entre 3 e 5 (Tabela 18) para acabamento de gordura, e entre 3 e 4 para conformação, segundo os padrões do MLC (1975) e OJEU (2007).

Animais do grupo 2 foram abatidos entre 32 e 37 meses (Tabela 18), correspondendo, neste experimento, à observação de, em média, 2 a 6 dentes

definitivos, correspondendo a idade aproximada de 26 a 36 meses (BRASIL, 2004). Na avaliação de maturidade fisiológica 43,75% dos animais do grupo 2 foram classificados como A-, significando a presença de vértebras sacrais distintamente separadas e nenhum indício de ossificação nas vértebras lombares ou torácicas, e ainda, 56,25% dos animais foram classificados como A, que representa a observação da fusão completa de vértebras sacrais e presença de pontos de calcificação nas vértebras torácicas e lombares (AMSA, 2001). Quanto à tipificação o grupo foi pontuado, em média, com notas entre 3 e 5 (Tabela 18) para acabamento de gordura; e entre 3 e 4 para conformação, segundo os padrões do MLC (1975) e OJEU (2007).

Conforme a justificativa apresentada em diversos trabalhos (CROUSE *et al.*, 1984; MOLETTA *et al.*, 1996; LUCHIARI FILHO, 2000; VAZ *et al.*, 2005; 2008) é esperado que animais de uma mesma raça e condição sexual tenham suas carcaças classificadas quanto à conformação e acabamento em intervalos semelhantes, não diferindo estatisticamente entre si.

Tabela 18: Medianas de idade cronológica, dentição, acabamento e conformação das carcaças, dos grupos 1 e 2

Grupo	Meses	Dentição	Acabamento	Conformação
1	33	4	4	4
Mín ¹	33	2	3	3
Máx ²	37	6	5	4
2	33	4	4	4
Mín	32	2	3	3
Máx	37	6	5	4

¹ Mínimo

² Máximo

A análise de variância (ANOVA) indicou que não houve diferença significativa ($p > 0,05$) entre os grupos 1 e 2, não havendo efeito de dieta sobre os atributos de Rendimento de Carcaça (RC), Área de Olho de Lombo (AOL) e Espessura de Gordura (EG), conforme apresentado na Tabela 19, significando que, as condições de

alimentação durante a terminação praticadas nesse modelo experimental podem não afetar significativamente tais medidas. Mesmo que as médias de AOL não tenham diferido entre si, o grupo 1 (confinamento) apresentou em média 5 cm² (78,90 cm² - tabela 19) a mais na AOL do que grupo 2 (pasto suplementado) (73,94 cm² – tabela 19) podendo ser considerada uma grande diferença entre os grupos.

RC sem diferenças estatísticas entre grupos de tratamentos também foram encontrados nos estudos de Vaz *et al.* (2008), trabalhando com novilhos Aberdeen Angus terminados em pastagem com suplementação mineral e em confinamento utilizando cana de açúcar como volumoso. Quando estudaram o efeito da silagem de milho ou cana de açúcar no rendimento de carcaça, Vaz & Restle (2005) também verificaram RC sem diferença significativa entre os grupos de novilhos de raça britânica, confinados por 112 dias.

Tabela 19: Médias de PCQ, RC, AOL e EG entre grupo confinamento (1) e grupo pastagem (2)

		Medidas de carcaça			
Grupo		PCQ	RC	AOL	EG
		kg	%	cm ²	mm
1		291,04 ^a	52,30 ^a	78,90 ^a	8,10 ^a
n = 10	dp ¹	±6,99	±2,02	±7,20	±2,51
2		245,98 ^b	53,01 ^a	73,94 ^a	7,01 ^a
n = 16	dp	±28,68	±1,90	±10,13	±2,0

^{a,b} Médias seguidas de letras diferentes na mesma coluna diferem entre si (p < 0,05) entre grupos para o respectivo fator

1 Desvio Padrão

PCQ: Peso de Carcaça Quente em Kg

RC: Porcentagem de Rendimento de Carcaça

AOL: Área de Olho de Lombo, em cm²

EG: Espessura de Gordura em mm

Entretanto, houve diferença entre os grupos 1 e 2 (p < 0,05) para Peso de Carcaça Quente (PCQ), sendo que o grupo 1, terminado em confinamento, apresentou maior

média em quilos de carcaça quente (291,0; $\pm 6,99$) do que o grupo 2 (245,98; $\pm 28,68$), terminado a pasto com suplementação (Tabela 19). Tais resultados podem ser justificados pelo fato de que características quantitativas de carcaça são afetadas, entre outros, pelo peso ao abate dos animais, uma vez que este indica o desenvolvimento dos componentes da carcaça (ossos, músculo e gordura) (MENEZES *et al.*, 2010).

Além disso, as novilhas do grupo 1 obtiveram maiores médias de peso vivo durante toda a terminação ($p < 0,05$) (tabela 16) do que as novilhas do grupo 2, ou seja, espera-se que animais mais pesados produzam carcaças mais pesadas. Espera-se que, ao observar diferenças entre dois grupos para peso de abate, essa diferença também seja equivalentemente observada entre tais grupos para as demais características de carcaça (BARTLE *et al.*, 1992; BENNETT *et al.*, 1995; VAZ *et al.*, 2008; MENEZES, *et al.*, 2010; BRIDI *et al.*, 2011). No presente estudo os valores médios de PV diferiram ($p < 0,05$) entre o grupo 1 (confinado) e o grupo 2 (pastejo) (Tabela 16) o que impactou diretamente sobre os valores de PCQ. Além disso, os resultados PV (Tabela 16) e Ganho Médio Diário (GMD) (Tabela 17) mostram que o grupo 1 apresentou melhor desempenho para ganho de peso do que o grupo 2, já que em todas as pesagens realizadas durante a terminação as médias indicaram que houve efeito da dieta sobre peso, que se mostraram significativamente maiores ($p < 0,05$) para os animais confinados do que para os animais terminados a pasto suplementado; e os cálculos de GMD com 90 e 120 dias de terminação indicaram o grupo 1 com médias maiores ($p < 0,05$) (1,05 kg, $\pm 0,34$; e 0,85 kg, $\pm 0,28$, respectivamente) do que o grupo 2 (0,81 kg, $\pm 0,14$; e 0,34 kg, $\pm 0,24$, respectivamente). Esses resultados denotam que os animais confinados podem obter melhores ganhos de peso durante a terminação do que os animais terminados a pasto com suplementação e que, como esperado, animais mais pesados produzem igualmente carcaças mais pesadas.

4.2.3 Teor de umidade, lipídios totais e mármore visual

A dieta exerceu influência sobre teores de umidade e lipídios totais e de mármore visual. Os animais do grupo 1 apresentaram média de teor de umidade (70,97%; $\pm 2,59$) menor ($p < 0,05$) do que a média do grupo 2 (73,24%; $\pm 2,23$) (Tabela 20). O grupo de novilhas confinadas (grupo 1) apresentou médias de teor de lipídios totais (7,43%; $\pm 0,85$) e grau de mármore (431,00; $\pm 58,39$) superiores ($p < 0,05$) quando comparado às médias do grupo 2 (4,44%, $\pm 0,40$; e 305,63, $\pm 46,75$, respectivamente). Esses resultados são esperados considerando a dieta de terminação de cada grupo. O confinamento utiliza-se do fornecimento de dieta de alta energia intensificando o potencial fisiológico de deposição de tecido adiposo, fato que justifica os resultados obtidos, em que o grupo 1, de animais confinados, foi o que produziu uma carne com mais gordura, tanto em teor de lipídios totais, como em quantidade de gordura entremeada. Por isso, em conformidade com Menezes *et al.* (2010) e Bridi *et al.* (2011), é esperado que bovinos terminados em confinamento apresentem carcaças com maior grau de acabamento de gordura e também com maior grau de gordura entremeada (mármore). Vestergaard *et al.* (2000) avaliaram a qualidade da carne de *Friesian Bulls* terminados em pastejo ou em confinamento e obtiveram resultados de porcentagem de gordura intramuscular iguais a 2,7% para os animais alimentados em sistema intensivo, enquanto que os animais do sistema extensivo apresentaram 1,4% de gordura intramuscular, quase 50% menos lipídios do que os animais confinados.

French *et al.* (2001) testaram bovinos das raças Limousin e Charolês alimentados com dietas a pasto suplementadas com 2,5 kg ou 5 kg de concentrado diários. Os animais que consumiram o alimento concentrado *ad libitum* apresentaram maiores teores de lipídios totais, maiores escores de mármore e menor teor de umidade do que os grupos terminados em pastejo sem suplementação ou alimentados a pasto com níveis de 2,5 kg ou 5 kg de concentrad. Bressan *et al.* (2011) obtiveram resultados semelhantes aos deste trabalho. Os autores observaram que bovinos terminados em confinamento (50% silagem de cana-de-açúcar e 50% grão de milho) obtiveram média de teor de lipídios igual a 7,65%, enquanto que animais terminados a pasto (*Brachiaria decumbens* e *Brachiaria brizantha*) obtiveram média igual a 3,16%.

Wheeler *et al.* (2010) caracterizando diversos tipos biológicos de bovinos, compararam a raça Bonsmara quanto a alguns aspectos de carcaça e qualidade da carne frente a raças Britânicas e raças adaptadas ao clima tropical, sob condições de confinamento durante a terminação. Os resultados de escores visuais de mármore obtidos por esses pesquisadores foram de mesma grandeza deste trabalho, com médias de 396 para raça Bonsmara; 411 para Hereford; 431 para Angus; 386 para Brangus; e 414 para Romosinuano. Santos (2011) comparou o desempenho e qualidade da carne de novilhos Bonsmara terminados em 90 dias de confinamento, ou em pasto suplementado. Os resultados do experimento apresentaram médias de escore visual de mármore iguais a 323,6 para novilhos terminados em pasto suplementado; menores do que 394,4 para novilhos terminados em confinamento. Esses resultados são coerentes com os do presente trabalho, considerando a comparação dos grupos 1 (confinamento) e 2 (pastagem com suplementação) frente aos diferentes sistemas de alimentação durante a terminação (Tabela 20).

Tabela 20: Médias de Teor de Umidade, Lipídios Totais e grau de mármore visual

Grupo	Umidade	Lipídios totais	Mármore²
	%	%	
1	70,97 ^b	7,43 ^a	431,00 ^a
	dp ¹	±2,59	±58,39
2	73,24 ^a	4,44 ^b	305,63 ^b
	dp	±2,23	±46,75

^{a,a} Médias seguidas de letras iguais na mesma coluna não diferem entre si ($p > 0,05$) entre grupos para o respectivo fator

^{a,b} Médias seguidas de letras diferentes na mesma coluna diferem entre si ($p < 0,05$) entre grupos para o respectivo fator

1 Desvio Padrão

2 Médias calculadas considerando escala: Slight = 300 – 399 (US Select); Small = 400 – 499 (US Low Choice), segundo padrões da AMSA (2001);

4.2.4 Força de cisalhamento, perdas de peso por cocção, comprimento de sarcômero e correlação com maciez sensorial

Não houve diferença significativa ($p > 0,05$) entre as médias dos grupos 1 e 2 para Perdas de Peso por Cocção (PPC), Força de Cisalhamento (WBSF – *Warner-Bratzler Shear Force*) e Comprimento de Sarcômero (CS) (Tabela 21), sugerindo que as condições de alimentação de animais puros da raça Bonsmara desse experimento não interferiram sobre estes fatores.

Schackelford *et al.* (1991) propuseram o valor de 4,6 kg de força de cisalhamento como um limite relacionado a percepção sensorial de maciez da carne, ou seja, a carne classificada por um provador como macia seria aquela percebida em valores menores do que 4,6 kg de força de cisalhamento e, para valores acima deste limite, as carnes começam a ser percebidas como duras. Diversos autores citam esses índices (CHRYSTALL, 1994; FELÍCIO, 1997; 1999; MENEZES, *et al.*, 2010; BRIDI *et al.*, 2011). Considerando estes parâmetros pode-se inferir que os valores obtidos neste trabalho são compatíveis com a classificação de uma carne macia.

Resultados semelhantes aos deste estudo foram encontrados por Smulders *et al.* (1990) que não encontraram relação significativa entre as médias de comprimento de sarcômero e aos de força de cisalhamento na carne de animais cuja glicólise *post mortem* não foi lenta ($\text{pH na } 3^{\text{a}} \text{ hora } \textit{post mortem} \leq 6,0$). Schackelford *et al.* (1994b) relataram que a variação do comprimento de sarcômero não foi a responsável pela melhoria da maciez, e sim o tempo e temperatura da maturação. Estudos de Whipple *et al.* (1990) não encontraram relação entre as diferenças de comprimento de sarcômero e diferenças de níveis de maciez entre animais *Bos indicus* e *Bos taurus*.

French *et al.* (2001) trabalhando com a raça Charolês alimentados com concentrado *ad libitum*, obtiveram médias iguais a 1,78 μm para CS e 3,9 kg para WBSF; valores semelhantes aos resultados obtidos por neste estudo com bovinos da raça Bonsmara.

Tabela 21: Médias de PPC, WBSF e CS no músculo *L. dorsi* proveniente de animais do grupo 1 e de grupo 2

Grupo	PPC		WBSF		CS	
		%		kg		µm
1		24,80 ^a		3,87 ^a		1,73 ^a
	dp ¹	±1,92		±0,46		±0,1
2		24,90 ^a		3,70 ^a		1,66 ^a
	dp	±2,53		±0,26		±0,10

^{a,b} Médias seguidas de letras diferentes na mesma coluna diferem entre si ($p < 0,05$) entre grupos para o respectivo fator

¹ Desvio Padrão

PPC: Perdas de Peso por Cocção

WBSF: *Warner-Bratzler Shear Force* ou Força de Cisalhamento

CS: Comprimento de Sarcômero

Utilizando os padrões de classificação de maciez da carne propostos pelo Departamento de Agricultura dos Estados Unidos (ESTADOS UNIDOS, 2012), as amostras de carne agrupadas em classes conforme a força de cisalhamento: amostras avaliadas em até 3,9 kg classificadas como “muito macias” (“*very tender*”); amostras até 4,4 Kg classificadas como “macias” (“*tender*”); e amostras avaliadas com mais de 4,4 Kg. As frequências de médias de WBSF dos grupos 1 e 2 agrupadas em cada classe foram comparadas entre si pelo teste do qui-quadrado (tabela 22). Verificou-se que não houve diferença estatística ($p > 0,05$) nas frequências de WBSF entre os grupos, denotando que animais de ambos grupos produziram carne classificada como muito macia ($\leq 3,9$ Kg) (70% das amostras do grupo 1 e 75% das amostras do grupo 2 - tabela 22) e macia ($\leq 4,4$ Kg) (20% das amostras do grupo 1 e 25% das amostras do grupo 2 – tabela 22) sem haver efeito da alimentação sobre este atributo.

Tabela 22: Comparação de classes de maciez (WBSF) entre os grupos 1 e 2

Grupo	≤ 3,9 Kg*		≤ 4,4 Kg		> 4,4 Kg		n total
	n	%	n	%	n	%	
1	7	70	2	20	1	10	10
2	12	75	4	25	0	0	16
		$\chi^2 = 1,647$		$p > 0,05$			

*: Frequências de amostras classificadas conforme padrões do USDA (2012) para WBSF.

χ^2 : Qui-quadrado

Diversos trabalhos foram desenvolvidos avaliando o coeficiente de correlação entre força de cisalhamento (WBSF) e maciez sensorial (O'HALLORAN *et al.*, 1997; DEVINE *et al.*, 1999; SHACKELFORD *et al.*, 1999; SILVA *et al.*, 1999; HANNULA *et al.*, 2004; PINTO Neto, 2008; WHEELER *et al.*, 2010). Wheeler *et al.* (1999) concluíram com seus estudos que WBSF igual a 5,0 kg frequentemente corresponde a notas de avaliação sensorial da maciez iguais ou menores do que 5,0, que classifica a carne como pelo menos “levemente macia”, em uma escala estruturada de 8 pontos variando de extremamente dura (1) a extremamente macia (8).

Na Tabela 23 estão apresentados os coeficientes de correlação entre as notas de maciez sensorial, julgadas pelos provadores treinados; e os valores de WBSF obtidos nas análises de amostras de um mesmo grupo. Foram observadas correlações negativas entre WBSF e maciez sensorial ($p < 0,01$) tanto no grupo 1 (-0,42) como no grupo 2 (-0,48). Coeficientes de correlação negativos denotam grandezas inversamente proporcionais, como se observa cada vez que aumenta WBSF menores são as notas atribuídas à maciez sensorial. Esses resultados são semelhantes aos de outros trabalhos que também encontraram coeficientes de correlação negativos menores que - 0,3 entre os mesmos atributos (SCHACKELFORD *et al.*, 1991; 1995 e 1999; STRYDOM *et al.*; 2000b).

Tabela 23: Coeficientes de correlação entre a maciez sensorial e a força de cisalhamento (WBSF) dos grupos confinamento (1) x pastagem (2)

Grupo	WBSF x Maciez sensorial
1	- 0,42**
2	- 0,48**
	$\rho = -0.38^{**}$

** p < 0,01

ρ : Coeficiente de correlação *pooled within groups*

4.3 Efeitos de genética sobre características de carcaça e atributos de qualidade

Os grupos 2 (n = 16; 100% Bonsmara), 3 (n = 10; 87,5% Bonsmara), 4 (n = 14; 75% Bonsmara) e 5 (n = 11; 50% Bonsmara) foram comparados entre si estatisticamente, considerando as diferenças significativas entre grupos como efeito da composição genética (Bonsmara x Nelore).

4.3.1 Ganho de peso

Os resultados da análise de variância de GMD e PV dos animais durante a terminação estão descritos nas Tabelas 24 e 25.

Tabela 24: Médias de PV obtido durante a terminação, comparando desempenho dos grupos 2, 3, 4 e 5, frente à composição genética.

	Grupo 2		Grupo 3		Grupo 4		Grupo 5	
	n = 16		n = 10		n = 14		n = 11	
	Média	dp ¹	Média	dp	Média	dp	Média	dp
PV0 ²	369,37 ^a	±36,23	374,60 ^a	±44,08	381,42 ^a	±32,78	331,09 ^b	±21,40
PV45 ³	416,87 ^a	±38,00	417,10 ^a	±39,49	420,07 ^a	±36,09	362,46 ^b	±21,35
PV90 ⁴	446,18 ^a	±38,96	444,20 ^a	±46,12	443,07 ^a	±36,53	418,45 ^a	±33,75
PV120 ⁵	463,12 ^a	±43,28	461,13 ^a	±47,77	461,22 ^a	±37,41	436,05 ^a	±30,82

^{a,b} Médias seguidas de letras diferentes na mesma linha diferem entre si ($p < 0,05$) entre grupos para o respectivo fator

¹ Desvio Padrão

² PV 0: Peso vivo ao início da terminação

³ PV 45: Peso vivo com 45 dias de terminação

⁴ PV 90: Peso vivo com 90 dias de terminação

⁵ PV 120: Peso vivo com 120 dias de terminação

Tabela 25: Médias de GMD comparando desempenho dos grupos 2, 3, 4 e 5, frente à composição genética

	Grupo 2		Grupo 3		Grupo 4		Grupo 5	
	n = 16		n = 10		n = 14		n = 11	
	Média	dp ¹	Média	dp	Média	dp	Média	dp
GMD 45 ²	1,10 ^b	±0,34	1,57 ^a	±0,37	1,43 ^a	±0,34	1,53 ^a	±0,19
GMD 90 ³	0,81 ^b	±0,14	1,12 ^{ab}	±0,39	0,95 ^{ab}	±0,41	1,14 ^a	±1,27
GMD 120 ⁴	0,34 ^a	±0,24	0,34 ^a	±0,20	0,37 ^a	±0,28	0,35 ^a	±0,30

^{a,b} Médias seguidas de letras diferentes na mesma linha diferem entre si ($p < 0,05$) entre grupos para o respectivo fator

¹ Desvio Padrão

² GMD 45: Ganho médio diário referente às pesagens anteriores (PV 0 e PV 45 - Tabela 22)

³ GMD 90: Ganho médio diário referentes às pesagens anteriores (PV 45 e PV 90 - Tabela 22)

⁴ GMD 120: Ganho médio diário referente às pesagens anteriores (PV 90 e PV 120 - Tabela 22)

A média de GMD do grupo 2 com 45 dias de terminação (1,10kg, $\pm 0,34$) foi menor ($p < 0,05$) do que a média dos outros grupos. Aos 90 dias de terminação o mesmo grupo diferiu ($p < 0,05$) do grupo 5 apresentando menor média de GMD, mas não houve diferença ($p > 0,05$) entre os grupos 2 (0,81kg, $\pm 0,14$), 3 (1,12kg, $\pm 0,39$) e 4 (0,95kg, $\pm 0,41$) para a mesma medida.

A maior média de GMD aos 90 dias de terminação para o grupo 5 (1,14kg, $\pm 1,27$), mesmo sendo estes animais mais jovens do que a média dos outros grupos, pode ser devido aos efeitos de heterose máxima que são observados em animais mestiços na condição de 50% dos genes oriundos de uma raça e outros 50% de outra raça, como é o caso do grupo 5, que são compostos 50% Bonsmara e 50% Nelore (GREGORY *et al.*, 1982; CUNDIFF *et al.*, 1986; GREGORY *et al.*, 1994).

Pode-se observar também o efeito da heterose avaliando as médias de peso vivo (Tabela 24) do grupo 5, que apresentou menores médias ($p < 0,05$) ao início da terminação (331,09kg, $\pm 21,40$) e aos 45 dias de engorda (362,46kg, $\pm 21,35$) quando comparado aos grupos 2, 3 e 4, exatamente no momento em que o grupo (5) também apresentou um melhor desempenho para GMD quando comparado ao grupo de animais puros. Entretanto, ao final da terminação nenhum grupo diferiu entre si nas médias de GMD ($p > 0,05$) (Tabela 25), da mesma forma que nenhum dos grupos diferiu entre si para as médias de peso vivo ($p > 0,05$) (Tabela 24) aos 90 e 120 dias de terminação.

Esses resultados sugerem que mesmo iniciando a terminação com peso vivo abaixo da média dos outros grupos, o grupo 5 obteve bom desempenho no ganho de peso durante os 120 dias chegando à mesma média de PV e GMD do que os grupos com maior proporção de genes Bonsmara, e que este desempenho pode ser devido, entre outros fatores, aos efeitos da heterose máxima observados em animais dessa composição. Apesar de não haver diferença de PV aos 120 dias entre os grupos ($p > 0,05$), o grupo 5 (novilhas 50% Bonsmara, 50% Nelore) apresentou PV em média 25 Kg mais leve do que os grupos 2, 3, 4 e 5.

As tendências médias de PV e GMD estão representadas em curvas de ganho de peso conforme Figura 12.

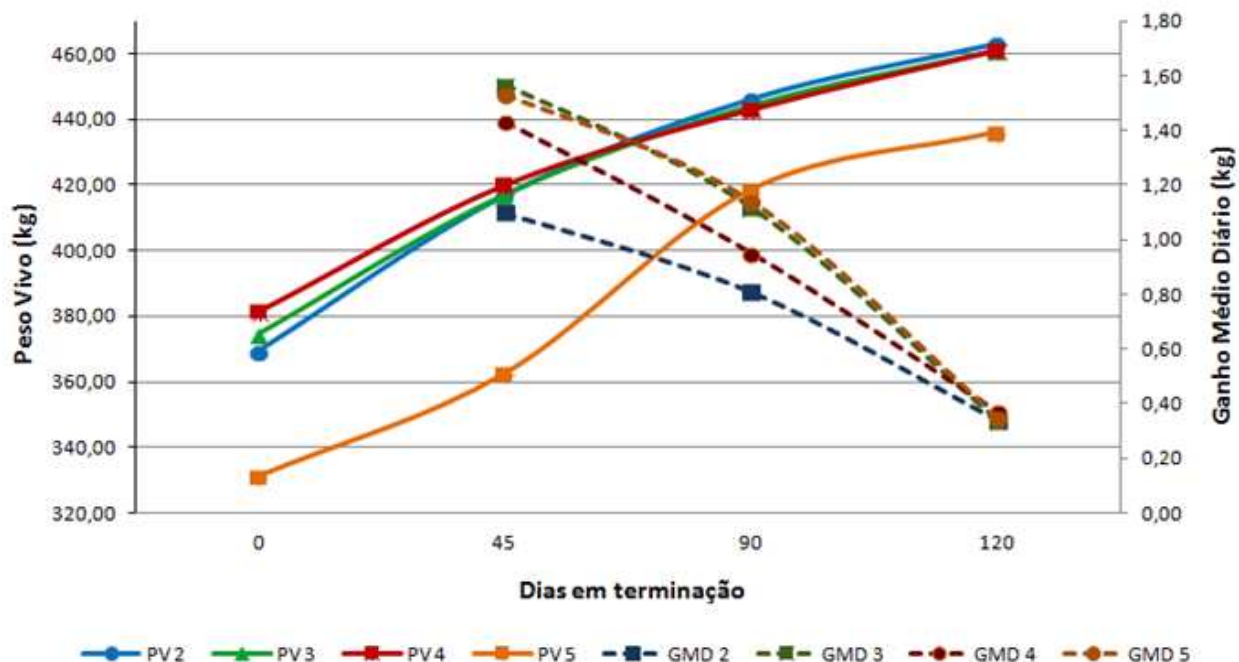


Figura 12: Curvas de ganho de peso médio e aumento do peso vivo durante a terminação dos animais dos grupos 2, 3, 4 e 5

4.3.2 Avaliação e medidas de carcaça

Animais do grupo 3 foram abatidos entre 31 e 36 meses (Tabela 26), correspondendo, neste experimento, à observação de, em média, 2 a 4 dentes incisivos definitivos. Na avaliação de maturidade fisiológica 100% dos animais do grupo 3 foram classificados como A, que representa a observação da fusão completa de vértebras sacrais, presença de pontos discretos de calcificação nas vértebras torácicas e lombares (AMSA, 2001). Quanto à avaliação o grupo 3 foi pontuado entre 3 e 4 (Tabela 26) tanto para acabamento de gordura, como para conformação, segundo os padrões do MLC (1975) e OJEU (2007).

Animais do grupo 4 foram abatidos entre 31 e 36 meses (Tabela 26), correspondendo, neste experimento, à observação de zero a 4 dentes incisivos definitivos. Na avaliação de maturidade fisiológica 21,42% dos animais do grupo 4 foram classificados como A-, significando a presença de vértebras sacrais distintamente separadas e nenhum indício de ossificação nas vértebras lombares ou

torácicas, e ainda, 78,57% dos animais foram classificados como A, que representa a observação da fusão completa de vértebras sacrais, vértebras lombares próximas à ossificação completa e presença de pontos discretos de calcificação nas vértebras torácicas (AMSA, 2001). Quanto à avaliação o grupo 4 foi pontuado entre 3 e 4 (Tabela 26) tanto para acabamento de gordura, como conformação, segundo os padrões do MLC (1975) e OJEU (2007).

Tabela 26: Medianas de idade cronológica, dentição, acabamento e conformação das carcaças, dos grupos 2, 3, 4 e 5

Grupo	, Meses	Dentição	Acabamento	Conformação
2	33	4	4	4
	Mín ¹	2	3	3
	Máx ²	6	5	4
3	32,5	2	4	4
	Mín	2	3	3
	Máx	4	4	4
4	32	2	3	4
	Mín	0	3	3
	Máx	4	4	4
5	22	0	3	3,5
	Mín	0	3	3
	Máx	2	4	4

¹ Mínimo

² Máximo

Animais do grupo 5 foram abatidos aos 22 meses (Tabela 26), correspondendo, neste experimento, à observação de zero a 2 dentes incisivos definitivos, relacionados a idade aproximada de até 24 meses (BRASIL, 2004). Na avaliação de maturidade fisiológica 45,45% dos animais do grupo 5 foram classificados como A-. esta

classificação corresponde à presença de vértebras sacrais distintamente separadas e nenhum indício de ossificação nas vértebras lombares ou torácicas.

Outros 54,54% dos animais foram classificados como A, que representa a observação da fusão completa de vértebras sacrais, e presença de pontos de calcificação distintos nas vértebras torácicas e lombares (AMSA, 2001). Quanto à avaliação de carcaça o grupo 5 foi pontuado entre 3 e 4 (Tabela 26) tanto para acabamento de gordura, como conformação, segundo os padrões do MLC (1975) e OJEU (2007).

A análise de variância das medidas de Peso de Carcaça Quente, Rendimento de Carcaça, Área de Olho de Lombo e Espessura de Gordura entre as diferentes composições genéticas (grupos 2, 3, 4 e 5) indicou que não houve diferença significativa ($p > 0,05$) entre os grupos para rendimento de carcaça e espessura de gordura (Tabela 27).

Tabela 27: Médias de PCQ, RC, AOL e EG entre grupos 2, 3, 4 e 5

Grupo		Medidas de carcaça			
		PCQ kg	RC %	AOL cm ²	EG mm
2		245,98 ^a	53,01 ^a	73,94 ^a	7,0 ^a
n = 16	dp ¹	±28,68	±1,90	±10,13	±2,0
3		245,96 ^a	53,44 ^a	63,47 ^b	6,1 ^a
n = 10	dp	±30,86	±5,60	±8,16	±1,91
4		241,35 ^{ab}	52,77 ^a	62,10 ^b	6,9 ^a
n = 14	dp	±16,87	±6,80	±4,49	±1,97
5		218,70 ^b	50,36 ^a	55,91 ^b	6,6 ^a
n = 11	dp	±10,48	±3,93	±2,95	±1,91

^{a,b} Médias seguidas de letras diferentes na mesma coluna diferem entre si ($p < 0,05$) entre grupos para o respectivo fator

¹ Desvio Padrão

PCQ: Peso de Carcaça Quente em kg

RC: Porcentagem de Rendimento de Carcaça

AOL: Área de Olho de Lombo, em cm², obtido por leitura de imagem pelo Software AxioVision

EG: Espessura de Gordura em mm

A média de PCQ do grupo 4 (241,35kg, $\pm 16,87$) não diferiu de nenhum dos outros grupos (Tabela 27), assim como grupos 2 e 3 também não diferiram entre si ($p > 0,05$) apresentando as maiores médias de PCQ (245,98kg, $\pm 28,68$; e 245,96kg, $\pm 30,86$, respectivamente). Entretanto, o grupo 5 diferiu dos grupos 2 e 3 ($p < 0,05$) apresentando a menor média para PCQ (218,70kg, $\pm 10,48$) e não diferiu do grupo 4 ($p > 0,05$), apesar da visível diferença entre as médias, que pode ser devido a diferença de idade do grupo 5 em relação aos demais grupos. Provavelmente, devido à variabilidade de cada grupo, seriam necessários números maiores de repetições para detectar as diferenças existentes como significantes.

O grupo 2 apresentou maior média ($p < 0,05$) de (AOL) (73,94 cm², $\pm 10,13$) quando comparado aos grupos 3, 4 e 5. Não houve diferença significativa entre os grupos 3, 4 e 5 ($p > 0,05$) para a mesma medida, sugerindo que animais puros da raça Bonsmara teriam maior potencial de desenvolvimento muscular do que os animais cruzados.

Esses resultados são compatíveis com estudo de Strydom *et al.* (2008) que comparou características de carcaça e atributos de qualidade da carne de raças africanas (Bonsmara, Nguni) com raças zebuínas (Brahman). O grupo de animais puros Bonsmara apresentou em média 79,5 cm² de AOL, superior ($p < 0,05$) às médias de AOL das raças Brahman (68,03 cm²) e Nguni (69,3 cm²).

Em outro trabalho desenvolvido por Strydom *et al.* (2000a) foram avaliados grupos de bovinos compostos por 75%, 90% e 100% de genes Bonsmara cruzados com animais *Bos indicus* (Boran) e concluíram que animais da genética Bonsmara, nas condições experimentais, são capazes de produzir uma carcaça mais pesada do que animais de genética zebuína. Esse incremento de peso pode ser devido a um melhor acabamento de gordura observado na nos animais Bonsmara, mas, sobretudo, a uma boa musculosidade, como observado neste trabalho, em que animais puros tiveram maior média ($p < 0,05$) de AOL do que os animais mestiços.

Além desses fatores, deve-se destacar que, apesar do mesmo tempo de terminação, os animais do grupo 5 foram abatidos mais jovens do que a média de idade dos demais grupos, fator que influenciou os resultados.

4.3.3 Teor de umidade, lipídios totais e mármore visual

Não houve diferença ($p > 0,05$) entre os grupos 2, 3, 4 e 5 nas médias dos valores de teor de umidade e grau de mármore (Tabela 28). Esses resultados sugerem que a composição genética, dentro das condições desse experimento, não interferiram significativamente sobre esses fatores.

O grupo 2 apresentou a maior média nos valores do teor de lipídios totais (4,44%; $\pm 0,40$) diferindo ($p < 0,05$) dos grupos 3, 4 e 5 (Tabela 28). Os grupos 3 e 4 não diferiram entre si para a média de teor de lipídios ($p > 0,05$), entretanto as mesmas médias são estatisticamente maiores (grupo 3 = 3,80%, $\pm 0,18$; e grupo 4 = 3,70%, $\pm 0,39$) do que a média de teor de lipídios do grupo 5 (3,12%; $\pm 0,40$), que apresentou a menor média nos valores do teor de lipídios quando comparado às demais composições genéticas. Animais puros da raça Bonsmara teriam maior capacidade de deposição de lipídios no tecido muscular do que animais mestiços, e, à medida que aumenta a proporção de genes zebuínos na composição genética do animal, menor é o teor de lipídios totais na carne.

Esses resultados são compatíveis com estudos que comprovaram que a quantidade de gordura intramuscular decresce à medida que aumenta a proporção de genes zebuínos na composição genética de um bovino (CROUSE *et al.*, 1989; SCHACKELFORD *et al.*, 1995; FELÍCIO, 1997; 1999; STRYDOM *et al.*, 2000b; BRIDI *et al.*, 2011).

Diversos trabalhos obtiveram resultados semelhantes ao deste estudo nos quais a carne oriunda de animais de genética pura *Bos indicus*, ou de animais resultantes de cruzamentos com altas proporções de genes zebuínos apresentou menores quantidade de gordura intramuscular e teor de lipídios e pior acabamento de carcaça, em relação à carne de animais de genética *Bos taurus* (DAMON *et al.*; LUCKETT *et al.*; 1975; PEACOCK *et al.*, 1979; KOCH *et al.*, 1982; CROUSE *et al.*, 1988; WHIPPLE *et al.*, 1990; SCHACKELFORD *et al.*, 1991; WHEELER *et al.*, 1996a; 1996b; SCHERBECK *et al.*, 1996; SANTOS, 2011).

Tabela 28: Médias de teor de umidade, lipídios totais e grau de mármore visual, comparando grupos 2, 3, 4 e 5, conforme suas composições genéticas.

Grupo	Umidade	Lipídios totais	Mármore ²
	%	%	
2	73,24 ^a	4,44 ^a	305,63 ^a
	dp ¹	±2,23	±46,75
3	73,55 ^a	3,80 ^b	302,00 ^a
	dp	±0,80	±37,05
4	73,31 ^a	3,70 ^b	311,43 ^a
	dp	±1,64	±57,35
5	72,54 ^a	3,12 ^c	321,82 ^a
	dp	±3,35	±29,60

^{a,b} Médias seguidas de letras diferentes na mesma coluna diferem entre si ($p < 0,05$) entre grupos para o respectivo fator

¹ Desvio Padrão

² Médias calculadas considerando escala: Slight = 300 – 399 (US Select); Small = 400 – 499 (US Low Choice), segundo padrões da AMSA (2001);

Schackelford *et al.* (1995) e Strydom *et al.* (2000b) compararam atributos de qualidade da carne, como teor de lipídios e potencial de deposição de gordura intramuscular (mármore), entre raças taurinas africanas (*Bos taurus africanus*) e raças taurinas europeias (*Bos taurus taurus*). Os autores de ambos trabalhos concluíram que a carne de raças puras ou adaptadas ao clima tropical, como Tuli (Sanga, *Bos taurus africanus*) e Bonsmara, é comparável ao mesmo nível de qualidade das raças Hereford e Angus, tanto em termos de gordura como em termos de maciez. A raça Bonsmara foi a que apresentou o maior nível de grau de mármore comparado às outras raças africanas testadas.

Esses resultados indicam que, apesar da base da genética dos rebanhos bovinos africanos ser geralmente reconhecida por *Bos indicus*, devido a observações

fenotípicas, há alguns estudos que puderam comprovar que existem raças africanas (puras ou sintéticas) de favorável adaptação às condições tropicais, desempenho produtivo e reprodutivo e qualidade de carcaça e carne mais relacionados às características de bovinos *Bos taurus taurus* do que com as características de animais *Bos indicus* (MEYER, 1984; STRYDOM *et al.*, 2000a; STRYDOM, 2008). As raças sul-africanas adaptadas podem significar uma excelente oportunidade para substituição da genética bovina por animais de melhor desempenho para regiões produtoras que são desafiadas com as mesmas condições que estas regiões da África (STRYDOM *et al.*, 2008).

Bovinos de raças zebuínas possuem a característica genética de serem tardios quanto à terminação, sobretudo por terem menor capacidade de assimilação de dietas de alta energia do que os animais taurinos. Assim, a composição genética configura um fator que afeta diretamente a quantidade de gordura da carne, de modo que o uso de raças em acasalamentos pode ser orientado conforme o perfil do produto final desejado.

4.3.4 Força de cisalhamento, perdas de peso por cocção e comprimento de sarcômero

Não houve diferença estatística ($p > 0,05$) entre as médias dos valores de Perdas de Peso por Cocção (PPC), Força de Cisalhamento (WBSF – *Warner-Bratzler Shear Force*) e Comprimento de Sarcômero (CS) dos grupos 2, 3, 4 e 5 (Tabela 29), sugerindo que a composição genética, ou seja, a proporção de genes da raça Bonsmara e de genes zebuínos de cada grupo, sob as condições desse experimento, não influenciou os resultados.

Tabela 29: Médias de PPC, WBSF e CS, comparando grupos 2, 3, 4 e 5

Grupo	PPC	WBSF	CS
	%	kg	µm
2	24,90 ^a	3,70 ^a	1,66 ^a
	dp ¹	±2,53	±0,10
3	23,70 ^a	3,99 ^a	1,65 ^a
	dp	±3,24	±0,07
4	23,85 ^a	4,01 ^a	1,70 ^a
	dp	±3,11	±0,09
5	23,60 ^a	4,10 ^a	1,61 ^a
	dp	±3,18	±0,14

^{a,b} Médias seguidas de letras diferentes na mesma coluna diferem entre si ($p < 0,05$) entre grupos para o respectivo fator

¹ Desvio Padrão

PPC: Perdas de Peso por Cocção

WBSF: Warner-Bratzler Shear Force ou Força de Cisalhamento

CS: Comprimento de Sarcômero

Há diversos relatos científicos que comprovam o efeito genético sobre a maciez da carne bovina. Koohmaraie (1994) relatou que 46% das variações na maciez da carne são atribuídas às variações genéticas dos animais.

Em geral, é reconhecido que quanto maior a porcentagem de genes *Bos indicus* na composição genética de um bovino, menor é a maciez da carne (CROUSE *et al.*, 1989; WHIPPLE *et al.*, 1990; DE BRUYN, 1991; SCHACKELFORD *et al.*, 1991; 1995; O'CONNOR *et al.*, 1997; PRINGLE *et al.*, 1997; FELÍCIO, 1997; 1999; STRYDOM *et al.*, 2000a; 2000b; STRYDOM, 2008; WHEELER *et al.*, 2010). Entretanto, a análise da variância e o teste de médias não acusou significância ($p > 0,05$) sobre essas diferenças numéricas, considerando todas as médias de WBSF estatisticamente semelhantes. Porém, nota-se que a diferença entre as médias de maior e menor valor

absoluto é de 0.4 Kg, que poderiam ser significantes se houvesse maior número de repetições.

Ainda que os animais do grupo 5 tenham produzido uma carne menos macia e fossem mais jovens do que os demais grupos, a média de 4,10 kg para WBSF está abaixo do valor de 4,6 kg de força de cisalhamento, proposto por Schackelford *et al.* (1991) como um limite relacionado a percepção sensorial da maciez na carne, ou seja, a carne classificada sensorialmente como macia corresponde a valores menores do que 4,6 kg de força de cisalhamento e, valores de WBSF acima deste limite estão relacionados ao aumento gradual da percepção de dureza da carne.

Considerando os padrões de classificação de maciez propostos pelo USDA (ESTADOS UNIDOS, 2012), as frequências de médias de WBSF dos grupos 2, 3, 4 e 5 foram divididas em três classes ($\leq 3,9$ Kg; $\leq 4,4$ Kg; e $> 4,4$ Kg) e, comparado-as entre si pelo teste do qui-quadrado, verificou-se que as diferenças entre as frequências de cada grupo são estatisticamente significativas ($p < 0,05$) (tabela 30). Observou-se um padrão de distribuição das frequências entre as classes muito diferente nos grupos de novilhas cruzadas (3, 4 e 5) em relação ao grupo de novilhas puras (2), ou seja, houve mais amostras classificadas apenas como macias ($\leq 4,4$ Kg) e mais amostras acima de 4,4 Kg nos grupos de animais cruzados (tabela 30) do que no grupo de animais puros da raça Bonsmara (75% das amostras muito macias – tabela 30). Os resultados sugerem que a composição genética, ou seja, a presença de genes zebuínos nas composições das novilhas cruzadas influenciou no atributo da maciez da carne quando é considerada a classificação de carne muito macia (“*very tender*”) e macia (“*tender*”) e que a genética Bonsmara é uma raça potencialmente produtora de carne muito macia.

Tabela 30: Comparação de classes de maciez (WBSF) entre os grupos 2, 3, 4 e 5

Grupo	≤ 3,9 Kg*		≤ 4,4 Kg		> 4,4 Kg		n total
	n	%	n	%	n	%	
2	12	75	4	25	0	0	16
3	5	50	2	20	3	30	10
4	8	57,1	1	7,1	5	35,7	14
5	4	36,4	4	36,4	3	27,2	11

$\chi^2 = 9,627$ $p < 0,05$

*: Frequências de amostras classificadas conforme padrões do USDA (2012) para WBSF.

X²: Qui-quadrado

Whipple *et al.* (1990) e Schackelford *et al.* (1994b) relataram que a variação do comprimento de sarcômero não foi a responsável pela melhoria da maciez e teve relação de baixa significância com os valores de WBSF, significando que, para alguns casos, a observação isolada dos valores de comprimento de sarcômero, sem relacionar com outras medidas, não pode prever um nível de maciez na carne.

A avaliação da correlação entre medidas de maciez objetiva (WBSF) e maciez sensorial é útil para definição de níveis ou magnitude de maciez que possam ser utilizados como padrões de classificação da carne. Diversos trabalhos foram desenvolvidos avaliando o coeficiente de correlação entre força de cisalhamento (WBSF) e maciez sensorial (O'HALLORAN *et al.*, 1997; DEVINE *et al.*, 1999; SHACKELFORD *et al.*, 1999; SILVA *et al.*, 1999; HANNULA *et al.*, 2004; PINTO Neto, 2008; WHEELER *et al.*, 2010). Wheeler *et al.* (1999). Otremba *et al.* (1999), Rhee *et al.* (1999), Lonergan *et al.* (2001) correlacionaram valores de WBSF com a avaliação de provadores treinados quanto à maciez sensorial da carne, obtendo índices em torno de – 0.85, significando que quanto maiores os valores de WBSF, menores eram as pontuações para maciez sensorial.

Na Tabela 31 estão apresentados os coeficientes de correlação entre as notas de maciez sensorial, julgadas pelos provadores treinados; e os valores de WBSF obtidos nas análises de amostras de um mesmo grupo. Foram observadas correlações

negativas entre WBSF e maciez sensorial ($p < 0,01$) em todos os grupos: grupo 2 (-0,48); grupo 3 (-0,67); grupo 4 (-0,59); grupo 5 (-0,64). Tais resultados denotam grandezas inversamente proporcionais como se observa cada vez que aumenta WBSF menores são as notas atribuídas à maciez sensorial. Esses resultados são semelhantes aos de outros trabalhos que também constataram correlações negativas menores que $-0,7$ (correlação moderada a alta) entre os mesmo atributos (LORENZEN *et al.*, 2003; PINTO Neto, 2008).

Tabela 31: Coeficientes de correlação entre maciez sensorial e força de cisalhamento (WBSF) dos grupos 2, 3, 4 e 5

Grupo	WBSF x Maciez sensorial
2	- 0,48**
3	- 0,67**
4	- 0,59**
5	- 0,64**
$\rho = -0.32^{**}$	

** $p < 0,01$

ρ : Coeficiente de correlação *pooled within groups*

4.4 Cor objetiva

As médias dos valores de L^* (luminosidade), a^* (teor de vermelho) e b^* (teor de amarelo), obtidas nas leituras de cor objetiva, estão apresentadas na Tabela 32, considerando o efeito do tempo de exposição da carne à luz e ao oxigênio (1, 24, 48, 72 e 96 horas) sobre essas variáveis, para cada grupo. As curvas apresentadas nas Figuras 13 a 17 facilitam a visualização das alterações de degradação da cor ao longo do tempo em cada grupo individualmente.

Observa-se que os valores de L^* aumentam com o tempo, o que pode ser devido à exsudação que ocorre em cortes frescos. O líquido exsudado torna a superfície da carne mais brilhante, refletindo mais a luz do ambiente, e, portanto, sendo lida pelo

colorímetro como uma amostra mais clara (AMSA, 2012). Os valores de a^* (intensidade de vermelho) e b^* (intensidade de amarelo) diminuem como resposta do processo de oxidação dos lipídios e dos pigmentos da carne (RICHARDS *et al.*, 2002; MANCINI *et al.*, 2005; AMSA, 2012). A intensidade de vermelho, por exemplo, está diretamente relacionada à quantidade e ao estado químico do íon ferro presente na mioglobina. Algumas enzimas competem com a mioglobina por oxigênio, resultando em maiores concentrações de desoximioglobina, que é mais suscetível a oxidação do que a oximioglobina, causando a alteração de cor (HEDRICK *et al.*, 1983; RAES, *et al.*, 2003; MANCINI *et al.*, 2005;2008; SANTOS, 2011).

A análise de variância comparando as médias de L^* , a^* e b^* de cada tempo, entre os grupos forneceu as seguintes informações: Considerando as médias no tempo de 1 hora de oxigenação nenhum dos grupos diferiu entre si ($p > 0,05$) para o fator luminosidade (L^*), e para valores de b^* (intensidade de amarelo). O grupo 1 apresentou a maior média de valor de a^* (23,01 – Tabela 32) ($p < 0,05$) do que os grupos 2, 3 e 4; o grupo 5 não diferiu de nenhum dos demais grupos. Esses resultados sugerem que a carne dos animais do grupo 1 (animais puros terminados em confinamento) estava mais vermelha do que os demais na primeira hora de oxigenação e exposição à luz. O tempo de exposição da superfície do corte ao oxigênio favorece a transformação da mioglobina em oximioglobina fazendo com que a carne adquira uma coloração vermelho-cereja e espera-se que os valores de a^* e b^* se estabilizem no decorrer do tempo de exposição da carne (WULF *et al.*, 1999; AMSA, 2012). Por isso, essa diferença da carne do grupo 1 frente aos demais grupos pode ser devido ao pouco tempo de oxigenação, em que 1 hora não fora o suficiente para estabilizar os pigmentos das amostras de outros grupos sob oxigenação.

Considerando as médias no tempo de 24 horas de oxigenação nenhum dos grupos diferiu entre si ($p > 0,05$) nos valores de L^* e a^* . O grupo 1 apresentou maior média de b^* (22,16 – Tabela 32), ou seja, a carne se apresentou mais amarela do que a carne o grupo 5 ($p < 0,05$). Os grupos 2, 3 e 4 não diferiram ($p > 0,05$) do grupo 1 e do grupo 5. O teor de amarelo nos músculos está relacionado com a quantidade de carotenoides presentes em maior ou menor quantidade na dieta dos bovinos, dependendo do tipo de alimento fornecido aos animais.

Diversos autores relataram diferenças na cor da carne e na cor da gordura de animais alimentados com dieta a base de concentrado ou volumoso (CROUSE *et al.*, 1984; SIMONNE *et al.*, 1996; YANG *et al.*, 2002; BAUBLITS *et al.*, 2004; REALINI *et al.*, 2004; DESCALZO *et al.*, 2005; MANCINI *et al.*, 2005; SANTOS, 2011). Neste estudo a carne dos animais do grupo 1, que durante o confinamento estiveram submetidos a uma dieta de alto concentrado, apresentou gordura mais amarelada.

Observando as médias no tempo de 48 horas de oxigenação não houve diferença estatística ($p > 0,05$) nos valores de L^* e de a^* entre nenhum dos grupos. A carne dos grupos 3 e 4 apresentaram as maiores médias no valor de b^* (22,59 e 23,52 respectivamente – Tabela 32) e diferiram estatisticamente dos grupos 2 e 5 que obtiveram as menores médias de valor de b^* (21,27 e 20,08 respectivamente – Tabela 32). O valor de b^* da carne do grupo 1 não diferiu ($p > 0,05$) de nenhum dos outros grupos. O resultado sugere que, com 48 horas de exposição ao oxigênio a carne de novilhas mestiças terminadas a pasto com suplementação dos grupos 3 e 4 apresentaram-se mais amarelas do que a carne dos grupos 2 (novilhas puras) e 5. Sistema de alimentação ou composição genética não exerceram efeitos sobre a cor, sobretudo nos valores de L^* e a^* .

Considerando as médias no tempo de 72 horas de oxigenação verificou-se que não houve diferença estatística ($p > 0,05$) nos valores de L^* entre os grupos avaliados. A carne dos grupos 2, 3 e 4 apresentou os maiores valores de a^* (23,76; 24,40; e 23,52 respectivamente – Tabela 32), diferindo estatisticamente ($p < 0,05$) dos grupos 1 e 5 que apresentaram coloração menos vermelha do que os outros grupos. A carne do grupo 3 apresentou o maior valor de b^* , portanto, esteve mais amarela à 72ª hora de oxigenação (21,09 – Tabela 32), diferindo estatisticamente ($p < 0,05$) dos demais grupos. A carne dos grupos 1 e 4 não diferiu entre si ($p > 0,05$) para o valor de b^* . Valor de b^* da carne do grupo 2 não diferiu estatisticamente dos valores dos grupos 1, 3 e 4. A carne do grupo 5 apresentou-se menos amarela nesse tempo de determinação da cor, diferindo estatisticamente ($p < 0,05$) da carne dos outros grupos, representando o menor valor de b^* (19,69 – Tabela 32) entre todos os grupos.

Na 96ª hora de oxigenação a oxigenação não houve diferença estatística ($p > 0,05$) entre os grupos para o valor de L^* . A carne dos grupos 3 e 4 apresentou-se mais

vermelha ($a^* = 24,71$ e $24,49$ respectivamente – Tabela 32) diferindo estatisticamente ($p < 0,05$) da carne do grupo 1 que apresentou o menor valor de a^* ($22,39$ – Tabela 32), ou seja, esteve menos vermelha. Os valores de a^* da carne dos grupos 2 e 5 não diferiu estatisticamente ($p > 0,05$) de nenhum dos outros grupos. Os valores de b^* dos grupos 2, 3 e 4 não diferiram entre si ($p > 0,05$) e apresentaram cor mais amarela do que a carne dos grupos 1 e 5 que não diferiram entre si ($p > 0,05$), mas diferiram da carne dos grupo 2, 3 e 4 ($p < 0,05$).

Esses resultados são compatíveis com trabalhos de French *et al.* (2000), Raes *et al.* (2003) e Santos (2011) que encontraram médias de L^* entre 34,6 e 40,7 de *L. dorsi* de animais taurinos britânicos. Esses autores consideraram estas médias coerentes para classificação da carne clara. Observando este parâmetro podem-se classificar as amostras de todos os grupos como carnes claras ou de alta luminosidade.

As curvas de L^* , a^* e b^* de cada grupo (Figuras 13 a 17) representam as alterações ou deterioração das medidas de cor da superfície da carne ao longo de 96 horas de exposição à oxigenação e à luz. De modo geral verificou-se aumento dos valores de L^* em todos os grupos nas 96 horas de avaliação. Valores de a^* e b^* aumentaram no período de avaliação entre 30 minutos e 24 horas de oxigenação; porém essas medidas diminuíram, atingindo os menores valores desta análise, entre 24 e 72 horas de exposição à oxigenação e à luz. Entre 72 e 96 horas observou-se que as medidas de a^* e b^* aumentaram ou se estabilizaram. Entretanto, observou-se que a carne dos animais do grupo 1 (novilhas puras confinadas) apresentou um aumento relevante (curva mais inclinada – Figura 13) dos valores de L^* e redução mais pronunciada dos valores de a^* e b^* , o que não ocorre nos grupos 2, 3, 4 e 5. Essa observação nos permite inferir que o sistema de alimentação, nesse experimento, pode exercer algum efeito sobre a velocidade das transformações da cor ao longo do tempo de exposição ao oxigênio e à luminosidade, ou seja, influencia na diminuição da velocidade de oxigenação das carnes dos animais terminados a pasto com suplementação (grupos 2, 3, 4 e 5).

Tabela 32: Médias de L* a* e b* de cada um dos cinco grupos nos respectivos tempos de avaliação

Tempo ¹	Grupo	Cor da carne		
		L*	a*	b*
1 hora	1	38,52 ^a	23,01 ^a	20,13 ^b
	2	37,49 ^a	22,06 ^b	20,10 ^b
	3	38,28 ^a	21,51 ^b	20,27 ^a
	4	37,15 ^b	21,78 ^b	20,46 ^a
	5	37,07 ^b	22,23 ^b	19,22 ^c
24 horas	1	39,65 ^a	25,24 ^a	22,16 ^a
	2	38,81 ^a	24,22 ^a	21,66 ^a
	3	39,05 ^a	24,93 ^a	21,87 ^a
	4	37,65 ^a	24,52 ^a	21,41 ^a
	5	38,58 ^a	23,34 ^a	20,65 ^a
48 horas	1	39,84 ^a	23,76 ^a	21,55 ^{ab}
	2	38,58 ^a	24,05 ^a	21,27 ^b
	3	39,76 ^a	24,27 ^a	22,59 ^a
	4	38,37 ^a	23,91 ^a	23,52 ^a
	5	38,69 ^a	23,04 ^a	20,08 ^b
72 horas	1	40,66 ^a	22,68 ^b	20,29 ^b
	2	38,91 ^a	23,76 ^a	20,78 ^{ab}
	3	39,44 ^a	24,40 ^a	21,09 ^a

Tempo ¹	Grupo	Cor da carne		
		L*	a*	b*
96 horas	4	38,98 ^a	23,52 ^a	20,31 ^b
	5	39,43 ^a	22,59 ^b	19,69 ^c
	1	40,70 ^a	22,39 ^b	20,98 ^b
	2	39,69 ^a	23,83 ^{ab}	22,66 ^a
	3	39,69 ^a	24,71 ^a	22,25 ^a
	4	38,53 ^a	24,49 ^a	22,52 ^a
	5	39,36 ^a	23,22 ^{ab}	21,00 ^b

¹: Tempo de exposição à luminosidade e oxigenação

^{a,b} Médias seguidas de letras diferentes na mesma coluna diferem entre si ($p < 0,05$) entre grupos para o respectivo fator

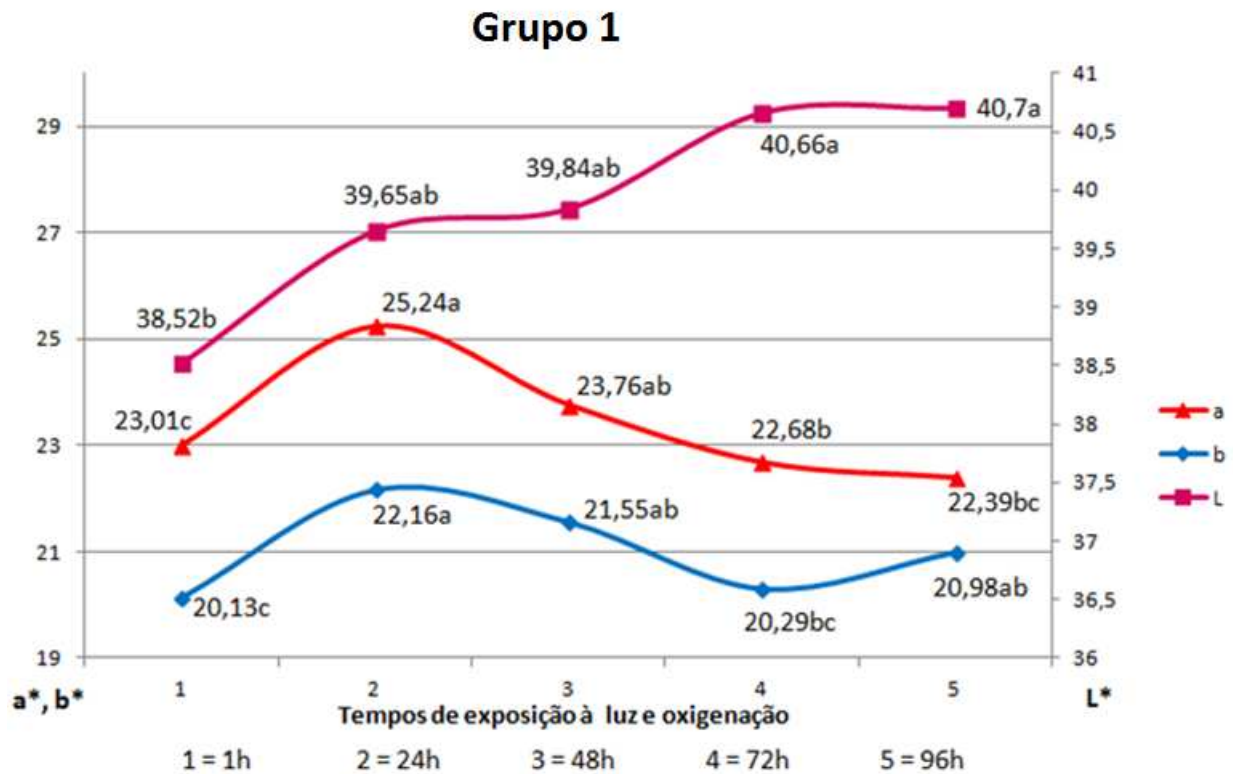


Figura 13: Curvas e Análise de Variância de médias de L*, a* e b* do Grupo 1 em 96 horas de exposição à oxigenação e luz

^{a,b,c}: médias seguidas de letras diferentes representam que houve diferença ($p < 0,05$) entre os tempos avaliados para o respectivo fator dentro de um mesmo grupo

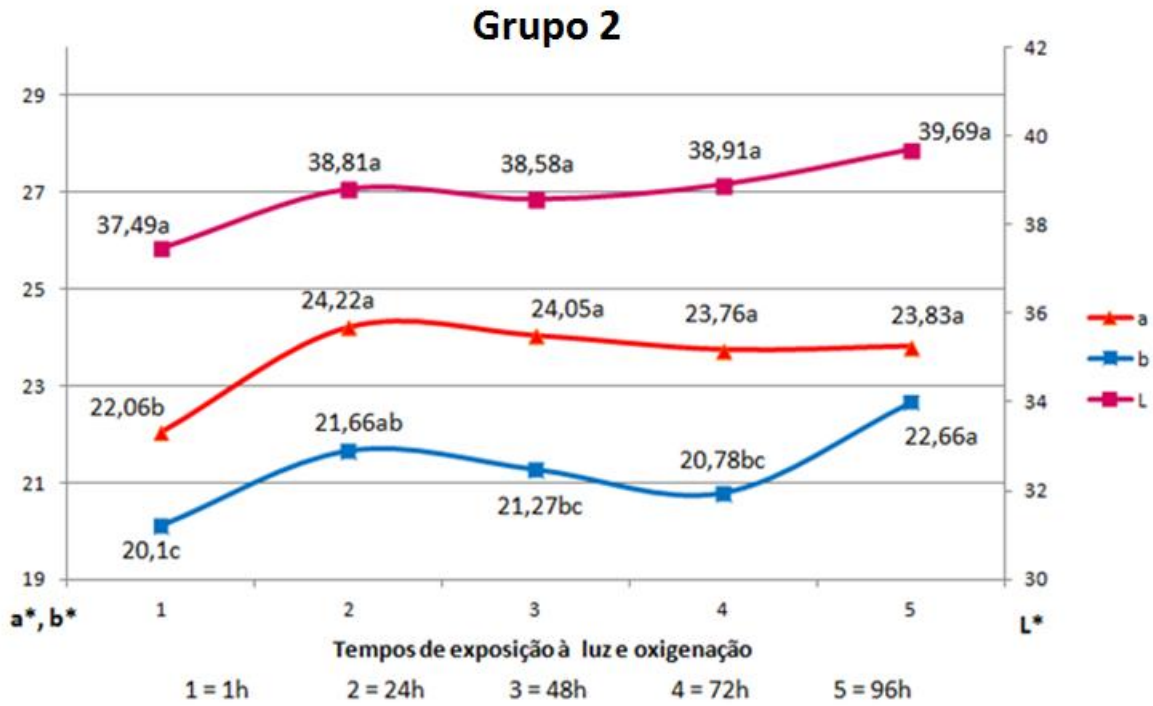


Figura 14: Curvas e Análise de Variância de médias de L*, a* e b* do Grupo 2 em 96 horas de exposição à oxigenação e luz

^{a,b,c}: médias seguidas de letras diferentes representam que houve diferença ($p < 0,05$) entre os tempos avaliados para o respectivo fator dentro de um mesmo grupo.

Grupo 3

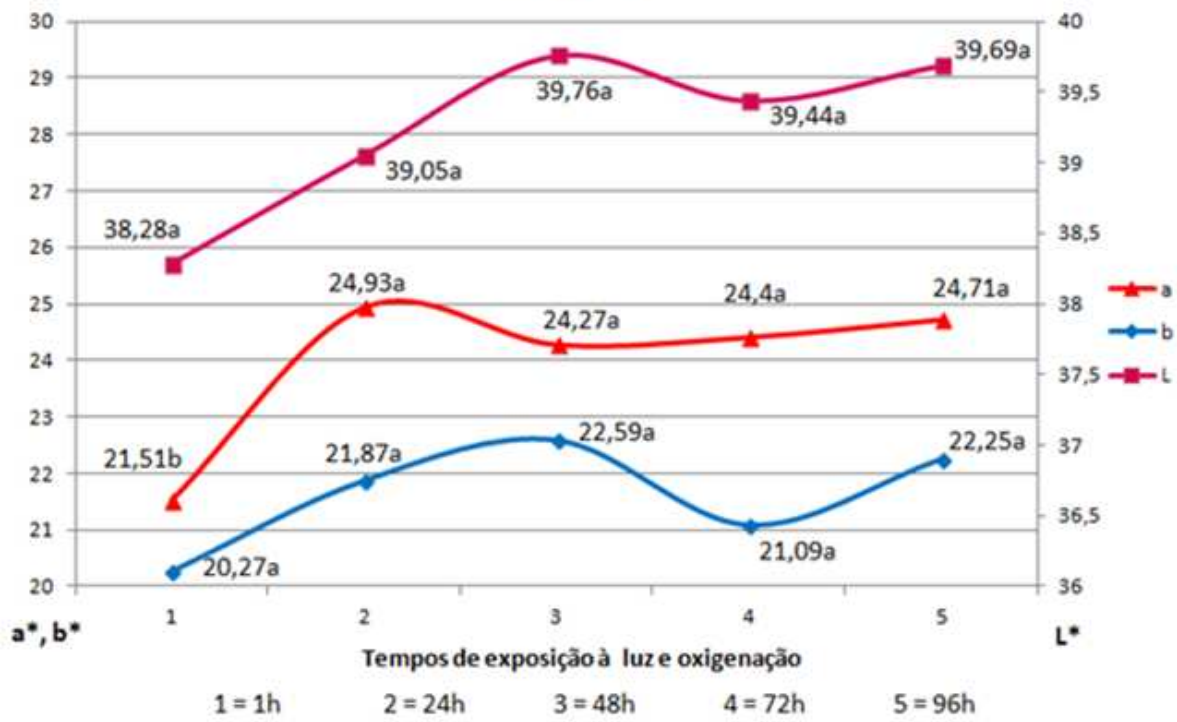


Figura 15: Curvas e Análise de Variância de médias de L*, a* e b* do Grupo 3 em 96 horas de exposição à oxigenação e luz

^{a,b,c}: médias seguidas de letras diferentes representam que houve diferença ($p < 0,05$) entre os tempos avaliados para o respectivo fator dentro de um mesmo grupo.

Grupo 4

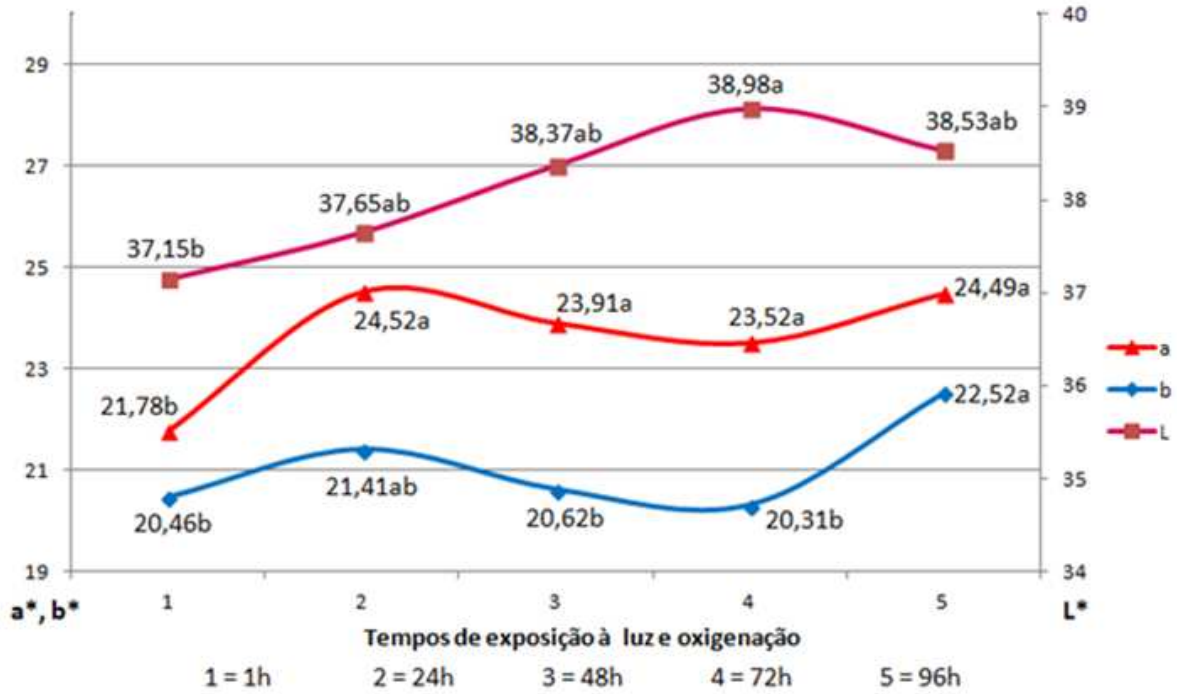


Figura 16: Curvas e Análise de Variância de médias de L*, a* e b* do Grupo 4 em 96 horas de exposição à oxigenação e luz

^{a,b,c}: médias seguidas de letras diferentes representam que houve diferença significativa ($p < 0,05$) entre os tempos avaliados para o respectivo fator dentro de um mesmo grupo

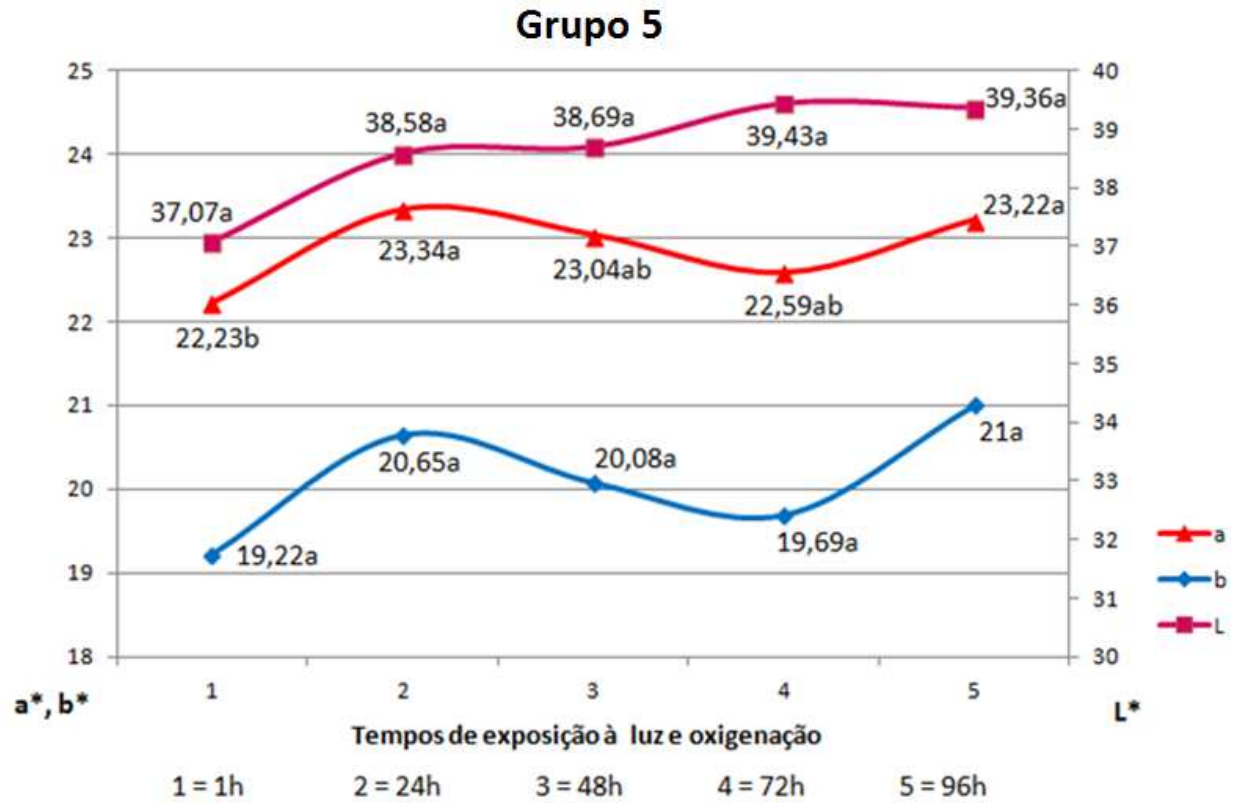


Figura 17: Curvas e Análise de Variância de médias de L*, a* e b* do Grupo 5 em 96 horas de exposição à oxigenação e luz

^{a,b,c}: médias seguidas de letras diferentes representam que houve diferença significativa ($p < 0,05$) entre os tempos avaliados para o respectivo fator dentro de um mesmo grupo.

5. CONSIDERAÇÕES FINAIS

- Não foram observadas alterações na queda de pH durante o resfriamento que comprometesse os atributos da qualidade.
- As novilhas de todos os grupos estudados foram classificadas para acabamento de gordura e conformação com escores entre 3 e 4, denotando o potencial da genética Bonsmara, que, aliada à dieta de alta energia, mesmo à pasto com suplementação, é capaz de produzir carcaças de qualidade em termos de cobertura de gordura e musculosidade, que podem influenciar em outros atributos da qualidade do produto final.
- Novilhas Bonsmara, terminadas em 120 dias de confinamento, apresentaram melhor desempenho de ganho de peso ao longo da terminação, produzindo animais mais pesados e carcaças quentes mais pesadas do que novilhas terminadas a pasto com suplementação; havendo, portanto, efeito de alimentação sobre o ganho de peso.
- Animais puros Bonsmara confinados produziram carne com maior teor de lipídios totais e maior grau de mármore visual do que animais terminados a pasto com suplementação, significando que, nas condições desse estudo, houve efeito de alimentação sobre esses atributos.
- Apesar de haver muitos relatos científicos com resultados diferentes, neste experimento não foi verificado efeito da alimentação do período de terminação, ou efeito de composição genética sobre maciez (WBSF), perdas de peso por cocção ou comprimento de sarcômero. Entretanto foram verificadas diferentes distribuições de médias de WBSF entre as classes de maciez utilizadas como referência. É possível classificar a carne de novilhas puras Bonsmara como “muito macia” e a carne de novilhas mestiças (Bonsmara x Nelore) como “macia”, denotando que, apesar de não haver prejuízo na maciez da carne de nenhum dos grupos, observou-se diferentes distribuições das frequências de amostras classificadas como “*very tender*” e “*tender*” entre os grupos de animais cruzados em relação aos puros.

- Novilhas compostas por 50% de genes Bonsmara e 50% de genes zebuínos, mesmo sendo mais jovens e mais leves ao início da terminação, submetidas à dieta de pasto com suplementação de alta energia, desempenharam bom ganho de peso atingindo a mesma média de peso vivo e ganho médio diário que os demais grupos ao final da terminação, possivelmente por efeitos de heterose máxima. Entretanto, essas mesmas novilhas produziram carcaças quentes mais leves do que as novilhas compostas com porcentagens maiores de genes Bonsmara, mas sem diferir estatisticamente das médias de rendimento de carcaça dos demais grupos.
- Novilhas Bonsmara puras, terminadas a pasto com suplementação, apresentaram maior média de Área de Olho de Lombo do que os animais mestiços, sugerindo que nas condições desse experimento houve efeito da composição genética sobre o desenvolvimento muscular, denotando que animais puros da genética Bonsmara possuem potencial para maior musculosidade do que os animais mestiços.
- Novilhas Bonsmara puras, terminadas a pasto, produziram carne com maior teor de lipídios totais do que animais mestiços alimentados com a mesma dieta; e novilhas compostas por 75 a 87,5% de genes Bonsmara produziram carne com maior porcentagem de lipídios do que novilhas compostas por 50% genes Bonsmara e 50% de genes zebuínos, todas sob a mesma dieta. Esses resultados sugerem que houve efeito da genética sobre deposição lipídica, verificando que, quanto maior a proporção de genes zebuínos na composição genética de um animal menor é o potencial de deposição de lipídios na carne.
- Na avaliação objetiva da cor, a carne de novilhas puras Bonsmara terminadas em confinamento apresentou-se mais vermelha na primeira hora de oxigenação do que a carne das novilhas dos demais grupos; e com 24 horas de oxigenação a carne das novilhas confinadas se apresentou mais amarela do que a carne de novilhas mestiças (50% Bonsmara 50% Nelore) terminadas a pasto suplementado, provavelmente devido à coloração da gordura que se torna mais amarelada em animais alimentados com carotenoides presentes na dieta do confinamento.

- Observou-se que a carne dos animais do grupo 1 apresentou curvas de alterações da cor mais inclinadas ao longo do tempo de oxigenação, verificando um aumento significativo dos valores de L* e redução mais pronunciada dos valores de a* e b*, o que não ocorre nos grupos 2, 3, 4 e 5. É possível inferir que o sistema de alimentação, nas condições desse experimento, influenciou a velocidade das transformações da cor ao longo do tempo de exposição ao oxigênio e à luminosidade, ou seja, diminuindo a velocidade de oxigenação das carnes dos animais terminados a pasto com suplementação (grupos 2, 3, 4 e 5).

6. CONCLUSÃO

A raça Bonsmara representa uma alternativa genética para regiões tropicais que, aliada a estratégias de nutrição como dietas concentradas em confinamento ou pastejo com suplementação de alta energia, produz carne muito macia, compatível com o padrão de classificação de maciez adotados pelo USDA (“*very tender*” para forças de cisalhamento $\leq 3,9$ Kg). Comparando os quatro grupos de composições genéticas distintas, observou-se que o teor de lipídios, grau de mármore e área de olho de lombo foram maiores nas novilhas puras Bonsmara, denotando o potencial genético da raça para deposição de lipídios e desenvolvimento da musculabilidade. Ainda assim, novilhas cruzadas Bonsmara x Nelore em diferentes proporções, não apresentaram prejuízo nos atributos da qualidade.

7. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

AMSA - AMERICAN MEAT SCIENCE ASSOCIATION. **Meat Evaluation Handbook. Beef Grading.** Natl. Live Stock and Meat Board, Chicago, IL, 161p. 2001,

AMSA - AMERICAN MEAT SCIENCE ASSOCIATION. **Research guidelines for cookery, sensory evaluation and tenderness measurements of fresh meat.** Natl. Live Stock and Meat Board, Chicago, IL, 1995.

AMSA, American Meat Science Association. **Meat Color Measurement Guidelines.** Illinois, USA.135 p. 2012.

AOAC – ASSOCIATION OF OFFICIAL ANALYTICAL CHEMIST. **Official Methods of Analysis.** 18^a ed. Gaithersburg, Maryland. EUA, 2005.

BARTLE, S. J.; PRESTON, R. L. **Roughage level and limited maximum intake regimens for feedlot steers.** Journal of Animal Science, Champaign, v. 70, n.11, p. 3293-3303, nov. 1992.

BAUBLITS, R.T.; BROWN, A.H.; POHLMAN, F.W.; JOHNSON, Z.B.; ONKS, D.O.; LOVEDAY, H.D. **Carcass and beef color characteristics of three biological types of cattle grazing cool-season forages supplemented with soyhulls.** Meat Science, Barking, v. 68, p. 297-303, 2004.

BENNETT, L.L.; HAMMOND, A.C.; WILLIAMS, M.J.; KUNKLE, W.E.; JOHNSON, D.D.; PRESTON, R.L.; MILLER, M. F. **Performance, carcass yield, and carcass quality characteristics of steers finished on rhizoma peanut (*Arachis glabrata*)-tropical grass pasture or concentrate.** Journal of Animal Science, Albany, v. 73, p. 1881-1887, 1995.

BIANCHINI, W.; SILVEIRA, A.C.; ARRIGONI, M.B.; JORGE, A.M.; RODRIGUES, E.; MARTINS, C.L.; ANDRIGHETTO, C.; HADLICH, J.C.; MORALES, D.C. **Acompanhamento da queda de pH e temperatura em diferentes pontos da carcaça de bovinos Nelore, Aberdeen Angus, ½ Aberdeen Angus, Brangus e Pardo Suíço superprecoces.** In: IX Congresso Internacional de Zootecnia e XVII Congresso Nacional de Zootecnia - zootec 2007, 2007, Londrina. Anais do IX Congresso Internacional de Zootecnia e XVII Congresso Nacional de Zootecnia, 2007

BLIGH, E. G.; DYER, W. J. A rapid method of total lipids extraction and purification. **Canadian Journal of Biochemistry and Physiology**, v. 37, p. 911-917, 1959. In:

CECCHI, H. M. **Fundamentos teóricos e práticos em análise de alimentos**. Campinas: Editora da Unicamp, 212p. 1999.

BOGGS, D. L.; MERKEL, R. A. **Live animal carcass evaluation and selection manual**. Kendall/ Hunt Publishing Company, 2ª edição, Toronto – Ontario, Canadá, 1980.

BOLEMAN, S.J.; BOLEMAN, S.L.; MILLER, R.K. **Consumer evaluation of beef of known categories of tenderness**. Journal of Animal Science, Albany, v.74, p.2187-2194, 1996.

BONSMA, J. **Cross-breeding, breed creation and the genesis os the Bonsmara. Livestock production**. A global approach. Cape Town: Tafelberg Publishers, p. 90-110. 1980.

BONSMARA BRASIL. Associação Brasileira dos Criadores da Raça Bonsmara. Disponível em <http://www.bonsmara.org.br/bonsmara/brasil>. Acessado em 09 de outubro de 2013.

BOWLING, R.A.; RIGGS, J.K.; SMITH, G.C.; CARPENTER, Z.L.; REDDISH, R.L.; BUTLER, O.D. **Production, carcass and palatability characteristic of steers produced by different management systems**. Journal of Animal Science, Albany, v.46, p. 333-340, 1978.

BRASIL. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. Instrução Normativa nº 9 – 4/5/2004. **Sistema Brasileiro de Classificação de Carcaças de Bovinos**. Brasília: Ministério da Agricultura Pecuária e Abastecimento, 2004.

BRASIL. **Sistema Nacional de Tipificação de Carcaças Bovinas**. Ministério da Agricultura Pecuária e Abastecimento. Portaria nº 612, de 05 de outubro de 1989.

BRASIL. **Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento**. Regulamento de Inspeção Industrial e Sanitária de Produtos de Origem Animal. Brasília: Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento, 241p. 1997.

BRESSAN, M.C. et al. **Genotype x environment interactions for fatty acid profiles in *Bos indicus* and *Bos taurus* finished on pasture or grain**. Journal of Animal Science, n.89, p.221-232, 2011.

BRIDI, A.M. **Qualidade da carne para o mercado internacional**. Londrina, 2003. Disponível em

<http://www.uel.br/pessoal/ambridi/Carnesecarcacasarquivos/QualidadedaCarneparaoMercadoInternacional.pdf>. Acessado em: 20 de setembro de 2011.

BRIDI, A.; CONSTANTINO, C.; TARSITANO, M.A. **Qualidade da carne de bovinos produzidos em pasto**. 2011. Disponível em: <http://www.uel.br/grupo-pesquisa/gpac/pages/arquivos/Qualidade%20da%20Carne%20de%20Bovinos%20Produzidos%20em%20Pasto.pdf>. Acesso em 3 de fevereiro de 2013.

BRONDANI, I. L.; RESTLE, J. **Efeito das dietas contendo cana-de-açúcar ou silagem de milho no desempenho de novilhos em confinamento**. Ciência Rural, Santa Maria, v. 21, n. 1, p. 129-134. 1991.

CASAS, E.; WHITE, S. N.; WHEELER, T. L.; SHACKELFORD, S. D.; KOOHMARAIE, M.; RILEY, D. G.; CHASE JR, C. C.; JOHNSON, D. D.; SMITH, T. P. L. **Effects of calpastatin and u-calpain markers in beef cattle on tenderness traits**. Journal of Animal Science, Savoy, IL, v. 84, n.3, p. 520-525, Mar. 2006.

CIE. Colorimetry, 2nd ed., CIE Publications n. 15.2, Commission Internationale de l'Eclairage, Viena, 1986.

CIGB. Centro de Inteligência em Genética Bovina. Crescimento da venda de sêmen taurino no país. 2011. Disponível em: <http://www.cigeneticabovina.com.br/index.php?ref=04&id=1992>. Acessado em: 09 de novembro de 2011.

CORNFORTH, D.P. **Color and its importance**. In: PEARSON, A.M.; DUTSON, T.R. Quality attributes and their measurement in meat, poultry, and fish products. New York, Chapman and Hall, p. 34-68. 1994.

CROSS, H. R., WEST, R. L.; DUTSON, T. R. **Comparison of methods for measuring sarcomere length in beef semitendinosus muscle**. Meat Sci. 5:261-266. 1981.

CROSS, H.R.; CARPENTER, Z.L.; SMITH, G.C. **Effects of intramuscular collagen and elastin on bovine muscle tenderness**. Journal of Food Science, Chicago, v.38. 998-1003p. 1973.

CROUSE, J.D.; CROSS, H.R.; SEIDEMAN, S.C. **Effects of a grass or grain diet on the quality of three beef muscles**. Journal of Animal Science, Albany, v. 58, p. 619-625, 1984.

CROUSE, J.D.; SEIDEMAN, S.C.; CUNDIFF, L.V. **The effect of carcass electrical stimulation on meat obtained from *Bos indicus* and *Bos taurus* Cattle.** Journal of Food Quality, Westport, v. 10, p. 407-416, 1988.

CROUSE, J.D.; CUNDIFF, L.V.; KOCH, R.M.; KOOHMARAIE, M.; SEIDEMAN, S.C. **Comparisons of *Bos indicus* and *Bos taurus* inheritance for carcass beef characteristics and meat palatability.** Journal of Animal Science, v.67., 2661-2668p. 1989.

CROUSE, J.D.; CUNDIFF, L.V.; KOCH, R.M.; KOOHMARAIE, M.; SEIDEMAN, S.C. **Comparisons of *Bos indicus* and *Bos Taurus* inheritance for carcass beef characteristics and meat palatability.** In: Department of Agriculture. Agricultural Research Service. Beef Research Program, Nebraska, p. 125-127. 1993.

CHRYSTALL, B. **Meat Texture Measurement.** In: PEARSON, A.M.; DUTSON, T.R. Eds. Quality Attributes and their Measurement in Meat, Poultry and Fish Products, Adv. Meat Res. – 9, capítulo 12, p. 316-336, 1994.

CUNDIFF, L. V., K. E. GREGORY, R. M. KOCH, G. E. DICKERSON. **Genetic diversity among cattle breeds and its use to increase production efficiency in a temperate environment.** Proc. 3rd World Cong. Genet. Appl. to Livest. Prod., Lincoln, NE. M:271. 1986.

DAMON JR, R.A.; CROWN, R.M.; SINGLETARY, C.B.; MCCRAINE. S.E. **Carcass characteristics of purebred and crossbred beef steers in the Gulf Coast Region.** Journal of Animal Science, Albany, v. 19, p. 820-844, 1960.

DE BRUYN, J.F. **Production and product characteristics of different cattle genotypes under feedlot conditions.** D. Sc. Thesis, Pretoria, South Africa: University of Pretoria. 1991.

DESCALZO, A.M.; INSANI, E.M.; BIOLATTO, A.; SANCHO, A.M.; GARCIA, P.T.; PENSEL, N.A.; JOSIFOVICH, J.A. **Influence of pasture or grain-based diets supplemented with vitamin E on antioxidant/oxidative balance of Argentine beef.** Meat Science, Barking, v. 70, p. 35-44, 2005.

DEVINE, C.E.; WAHLGREN, N.M.; TORNBERG, E. **Effect of rigor temperature on muscle shortening and tenderization of restrained and unrestrained beef muscle *Longissimus thoracicus et lumborum*.** Meat Science, v.51, p.61-72, 1999.

EMBRAPA. Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária – Gado de Corte. Confinamento de Bovinos. In: Suplementação em Pasto e Confinamento de Bovinos. Campo Grande, 2000. Disponível em: <http://www.cnpqg.embrapa.br/publicacoes/naoseriadas/cursosuplementacao/confinamento/#2 LOCALIZAÇÃO E>. Acessado em: 09 de novembro de 2011.

ESTADOS UNIDOS. Department of Agriculture. Cattle on feed. Washington, 2011. Disponível em: http://www.usda.gov/wps/portal/usda/usdahome?navid=DATA_STATISTICS Acessado em: 18 de setembro de 2011.

ESTADOS UNIDOS. Operational Requirements for the USDA Certification of ASTM Tenderness Marketing Claims. USDA LPS Program, October 2012. Disponível em: <http://www.ams.usda.gov/AMSV1.0/ams.fetchTemplateData.do?template=TemplateN&navID=TendernessMarketingClaimStandards&rightNav1=TendernessMarketingClaimStandards&topNav=&leftNav=GradingCertificationandVerification&page=TendernessMarketingClaim&resultType=&acc> Acessado em: 10 de agosto de 2013.

FAO. Food and Agriculture Organization of United Nations. Agriculture and Animal Feed Industry. Rome, 2006. Disponível em <http://www.ifif.org/files/WorldFeedOverview.ppt> . Acessado em 21 de setembro de 2011.

FELÍCIO, P.E. de. **Fatores ante e post mortem que Influenciam na qualidade da carne vermelha**. In: Reunião Anual da Sociedade Brasileira de Zootecnia, 30., 1993, Rio de Janeiro. Anais. Rio de Janeiro: SBZ.p.43-52. 1993.

FELÍCIO, P.E. de. **Fatores que Influenciam na Qualidade da Carne Bovina**. In: A. M. Peixoto; J. C. Moura; V. P. de Faria. (Org.). Produção de Novilho de Corte. 1.ed. Piracicaba: FEALQ, v. Único, p.79-97. 1997.

FELÍCIO, P.E. **Qualidade da carne bovina: características organolépticas**. In: REUNIÃO ANUAL DA SOCIEDADE BRASILEIRA DE ZOOTECNIA, 36. Porto alegre, 1999. Anais. Porto Alegre: Sociedade Brasileira de Zootecnia, p. 89-97. 1999.

FELICIO, P.E. de. Qualidade da Carne Bovina: Características Físicas e Organolépticas. 2002. Disponível em: <http://www.fea.unicamp.br/deptos/dta/carnes/files/sbz1.pdf>. Acessado em: 21 de setembro de 2011.

FELÍCIO, P. E. de. Classificação e tipificação de carcaças. **Texto de conferência proferida no Congresso CBNA**, Goiânia, Goiás, 2005.

FELÍCIO, P.E. de. **Classificação e tipificação de carcaças**. In: Pires, A.V. Bovinocultura de Corte, seção XI, cap. 63.p. 1263-1282. Vol. II. Ed. Fealq. ISBN: 978-85-7133-070-2 vl II. Piracicaba. 2010.

FELÍCIO, P.E. de. **Tecnologias para Avaliação da Carcaça e Qualidade da Carne**. 1º Simpósio Internacional de Avaliação Animal e Qualidade da Carne. Pirassununga, 2011. Anais. p. 61-73. 2011.

FRENCH, P., O'RIORDAN, E. G., MONAHAN, F. J., CAFFREY, P. J., VIDAL, M., MOONEY, M. T., TROY, D. J., & MOLONEY, A. P. **Meat quality of steers finished on autumn grass, grass silage concentrate-based diets**. Meat Science, 56, 173±180. 2000.

FRENCH, P.; O'RIORDAN, E.G.; MONAHAN, F.J.; CAFFREY, P.J. MOONEY, M.T.; TROY, D.J.; MOLONEY, A.P. **The eating quality of meat of steers fed grass and/or concentrates**. Meat Science, Barking, v.57, p. 379-386, 2001.

GALLINGER, M.M.; MARCELIA, M.; GARCIA, P.T.; LASTA, J.; ZANELLI, M.; GONZALEZ, B. **Meat quality of zebu cross-bred: sensory and mechanical evaluation**. In: International Congress of Meat Science an Technology, 38., 1992, Clermont-Ferrand: IcoMsT, p. 45-48. 1992.

GOLL, D.E.; THOMPSON, V.F.; TAYLOR, R.G.; ZALEWSKA, T. Is calpain activity regulated by membranes and autolysis or by calcium and calpastatin? Bioessays, New York, v.14, p.549-556, 1992.

GREGORY, K. E., L. V. CUNDIFF, R. M. KOCH. **Comparison of crossbreeding systems and breeding stocks used in suckling herds of continental and temperate areas**. Plenary Session. Proc. 2nd World Cong. Genet. Appl. to Livest. Prod., Madrid, Spain. V482. 1982.

GREGORY, K.E.; CUNDIFF, L.V.; KOCH, R.M.; DIKEMAN, M.E.; KOOHMARAIE, M. **Breed Effects, Retained Heterosis, and Estimates of Genetic and Phenotypic Parameters for Carcass and Meat Traits of Beef Cattle**. Journal of Animal Science, 72: 1174 – 1183. 1994.

HANNULA, T.; PUOLANNE, E. **The effect of cooling rate on beef tenderness: The significance of pH at 7°C.** Meat Science, v.67, 403-408, 2004.

HEDRICK, H.B.; PATERSON, J.A.; MATCHES, A.G.; MORROW, R.E.; STRINGER, W.C.; LIPSEY, R.J. **Carcass and palatability characteristics of beef produced on pasture, corn silage and corn grain.** Journal of Animal Science, Albany, v. 68, p. 254-265, 1983.

HEDRICK, H.B.; ABERLE, E.D.; FORREST, J.C.; JUDGE, M.D.; MERKEL, R.A. Principles of meat science. 3rd.ed. Dubuque: Kendall/Hunt Publishing, 354p. 1994.

HOFMANN, K. pH: a quality criterion for meat. Fleischwirtschaft, Frankfurt, v.68, p. 67-70, 1988.

HONIKEL, K.O. The water binding of meat. **Fleischwirtsch**, v.67, n.2, p. 1098-1102, 1987.

IBGE. Fundação Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. Disponível em : http://www.ibge.gov.br/home/estatistica/populacao/condicaodevida/pof/2008_2009_analise_consumo_default.shtm. Acessado em 30 de outubro de 2011.

IBGE. Fundação Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. Pesquisa de Produção Pecuária Municipal. Disponível em: http://www.lapbov.com.br/web/index.php?pag=cont&id_noticia=4226 Acessado em 19 de outubro de 2012.

IBGE. Fundação Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. Indicadores da Produção Pecuária. Março 2013. Disponível em: http://www.ibge.gov.br/home/estatistica/indicadores/agropecuaria/producaoagropecuaria/abate-leite-couro-ovos_201204_publicacao_completa.pdf . Acessado em: 20 de agosto de 2013.

IMMONEN, K.; SCHAEFER, D.M.; PUOLANNE, E.; KAUFFMAN, R.G.; NORDHEIM, E.V. The relative effect of dietary energy density on repleted and resting muscle glycogen concentrations. Meat Science, Barking, v.54, p. 155-162, 2000.

JEREMIAH, L. E., TONG, A. K. W. & GIBSON, L. L. *Meat Sci.*, 30, 97. 1991

KOCH, R.M.; DIKEMAN, M.E.; CROUSE, J.D. **Characterization of biological types of cattle (Cycle III). III. Carcass composition, quality and palatability.** Journal of Animal Science, Albany, v. 54, p. 35-45, 1982.

KOOHMARAIE, M. **Biochemical factors regulating the toughening and tenderization process of meat.** Meat Science, v.43, 193p. 1996.

KOOHMARAIE, M. **Muscle proteinases and meat ageing.** Meat Science, Barking, v.36, p.93-104, 1994.

KOOHMARAIE, M. **The role of Ca²⁺ - dependent proteinases (calpains) in post mortem proteolysis and meat tenderness.** Biochimie, Paris, v.74, p. 239-245, 1992.

KOOLMEES, P. A., F. Korteknie, and F.J.M. Smulders. 1986. **Accuracy and utility of sarcomere length assessment by laser diffraction.** Food Microstr. 5:71-76. l'Eclairage, Viena, 1986.

LARICK, D.K.; HEDRICK, H.B.; BAILEY, M.E.; WILLIAMS, J.E.; HANCOCK, D.L.; GARNER, G.B.; MORROW, R.E. **Flavor constituents of beef as influenced by forage and grain- feeding.** Journal of Food Science, Chicago, v.52, p. 245-251, 1987.

LEANDER, R.C.; HEDRICK, H.B.; STRINGER, W.C.; CLARCK, J.C.; THOMPSON, G.B.; MATCHES, A.G. **Characteristics of bovine *longissimus* and *semitendinosus* muscles from grass and grain-fed animals.** Journal of Animal Science, Albany, v,46, p. 965-970, 1978.

LOFTUS, R.T.; MACHUGH, D.E; BRADLEY, D.G.; SHARP, P.M. **Evidence for two independent domestications of cattle.** Proc. National Academy of Science, USA, v.91, 2757-2761, 1994.

LUCHIARI FILHO, A. **Pecuária da carne bovina.** 1. ed. São Paulo: R Vieira, 2000.

LUCKETT, R.L.; BIDNER, T.D.; ICAZA, E.A.; TURNER, J.W. **Tenderness studies in straightbred and crossbred steers.** Journal of Animal Science, Albany, v. 40, p. 468-475, 1975.

MADER, T. L.; DAHLQUIST, J. M.; SCHMIDT, L. D. Roughage sources in beef cattle finishing diets. **Journal of Animal Science**, Champaign, v. 69, n. 2, p. 462-471, 1991.

MANCINI, R.A.; HUNT, M.C. **Current research in meat color.** Meat Science. 71, 100 – 121. 2005

MANCINI, R. A., M. SEYFERT, M. C. HUNT. **Effects of data expression, sample location, and oxygen partial pressure on initial nitric oxide metmyoglobin formation and metmyoglobin-reducing-activity measurement in beef muscle.** Meat Sci. 79:244–251. 2008.

MARQUES, D.C. **Criação de bovinos.** 2 ed. São Paulo: Nobel, p.664. 1974.

MEILGAARD, M.; CIVILLE, G. V.; CARR, B. T. **Sensory Evaluation Techniques.** 3ed. Boca Raton. CRC Press, Inc. 387p. 1999.

MENEZES, L.F.G.; RESTLE, J.; BRONDANI, I.L.; SILVEIRA, M.F.; FREITAS, L.S.; PIZZUTI, L.A.D. **Características da carcaça e da carne de novilhos superjovens da raça Devon terminados em diferentes sistemas de alimentação.** Revista Brasileira de Zootecnia.v.39, n.3, p.667-676, 2010.

MEYER, E.H.H. **Chromosomal and biochemical genetic markers of cattle breed in Southern Africa.** Proceedings of the 2nd World Congress on Sheep and Beef Cattle Breeding, Pretoria, South Africa, p. 328-339. 1984.

MITCHELL, G. E., REED, A. W., & ROGERS, S. E. **Influence of feeding regimen on the sensory qualities and fatty acid contents of beef steaks.** Journal of Food Science, 56, 1102±1106. 1991.

MLC. Meat and Livestock Commission. Progress on beef carcass classification. Technical bulletin no. 22. 1975.

MOLETTA, J. L.; RESTLE, J. **Características de carcaça de novilhos de diferentes grupos genéticos terminados em confinamento.** Revista da Sociedade Brasileira de Zootecnia, Viçosa, v. 26, n. 5, p.876-888, 1996.

MONSMA, C.C.; NEY, D.M. **Interrelationship of stearic acid content and triacylglycerol composition of lard, beef tallow and cocoa butter in rats.** Lipids, Heidelberg, v.28, n.6, p. 539-547, 1993.

MORGAN, J.B.; SAVELL, J.W.; HALE, D.S.; MILLER, R.K.; GRIFFIN, D.B.; CROSS, H.R.; SHACKELFORD, S.D. **National beef tenderness survey.** Journal of Animal Science, v.69, p.3274-3283, 1991.

MUIR, P.D.; SMITH, N.B.; WALLACE, G.J.; CRUICKSHANK, G.J.; SMITH, D.R; **The effect of short-term grain feeding in liveweight gain and beef quality.** New Zealand Journal of Agricultural Research, London, v.41, p.517-526, 1998.

O'CONNOR, S.F.; TATUM, J.D.; WULF, R.D.; GREEN, R.D.; SMITH, G.C. **Genetic effects on beef tenderness in *Bos indicus* composite and *Bos taurus* cattle.** Journal of Animal Science, v.75. 1822-1830p. 1997.

O'HALLORAN, G.R.; TROY, D.J.; BUCKLEY, D.J. **The relationship between early post-mortem pH and the tenderisation of beef muscles.** Meat Science, v.45, n.2, p.239-251, 1997.

OJEU. Official Journal of the European Union L 299/95, 16/11/2007. **Commission Regulation (EEC) 1234/07 of 22 October 2007 Annex v.** Community scales for the classification of carcasses referred to in article 42. 2007.

PEACOCK, F.M.; PALMER, A.Z.; CARPENTER, J.W.; KOGER, M. **Breed and heterosis effects on carcass characteristics of Angus, Brahman, Charolais and crossbred steers.** Journal of Animal Science, Albany, v. 49, p. 391- 395, 1979.

PEACOCK, F.M.; KOGER, M.; PALMER, A.Z.; CARPENTER, J.W.; OLSON, T.A. **Additive breed and heterosis effects for individual and maternal influences on feedlot gain and carcass traits of Angus, Brahman, Charolais and crossbred steers.** Journal of Animal Science, Albany, v.55, p.767, 1982.

PINTO NETO, M. **Efeitos da taxa de resfriamento, forma de desossa e suspensão de carcaças nos atributos de qualidade de cortes de carne bovina.** Tese de doutorado. Faculdade de Engenharia de Alimentos. Universidade Estadual de Campinas. 2008.

PRINGLE, T.D.; WILLIAMS, S.E.; LAMB, B.S.; JOHNSON, D.D.; WEST, R.L. **Carcass characteristics, the calpain system, and aged tenderness of Angus and Brahman crossbreed steers.** Journal of Animal Science, v. 75, p. 2955-2961, 1997.

PURCHAS, R.W. Effect of sex and castration on growth and composition. In: PEARSON, A.J.; DUTSON, T.R. **Growth regulation in farm animals: advances in meat research.** London: Elsevier Applied Science, Chap. 8, p. 203-254. 1991.

RAES, K.; BALCAEN, A.; DIRINCK, P.; WINNE, A. De; CLAEYS, E.; DEMEYER, D.; SMET, S. De. **Meat quality, fatty acid composition and flavor analysis in Belgian retail beef.** Meat Science, v. 65, p. 1237-1246. 2003.

REAGAN, J.O.; STRIBLING, K.V.; CARPENTER, L.; CAMPION, D.R. **Microbiological, vacuum packaging and palatability attributes of beef produced at varied levels of forages and grain.** Journal of Animal Science, Albany, v.53, p. 1482-1488, 1981.

REALINI, C.E.; DICKETT, S.K.; BRITO, G.W.; DALLA RIZZA, M.; DE MATTOS, D. **Effect of pasture vs. concentrate feeding with or without antioxidants on carcass characteristics, fatty acid composition, and quality of Uruguayan beef.** Meat Science, Barking, v. 66, p. 567-577, 2004.

RICHARDS, M. P., MODRA, A. M., & LI, R. **Role of deoxyhemoglobin in lipid oxidation of washed cod muscle mediated by trout, poultry and beef hemoglobins.** Meat Science, 62(2), 157–163. 2002.

RLM 3.2. **Programa Ração Lucro Máximo 3.2.** Integra software. Disponível em: <http://www.integrasoftware.com.br/rlm31/produto.php>. Acessado em 09 de outubro de 2013.

ROÇA, R.O. **Tecnologia da carne e produtos derivados.** Botucatu: Faculdade de Ciências Agrônômicas, UNESP, 202p. 2000.

SANTOS, C.C. **Impacto em características qualitativas de carne bovina in natura decorrente do manejo nutricional e de tecnologia pós-abate, e sua relação com grupo genético.** Tese (doutorado). Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, ESALQ. 171 p. Piracicaba, 2011.

SANTOS, R. dos. **Os cruzamentos na pecuária tropical.** Uberaba: Editora Agropecuária Tropical, p.672. 1999.

SCHAAKE, S.L.; SKELLEY, G.C.; HALPIN, E.; GRIMES, L.W.; BROWN, R.B.; CROSS, D.L.; THOMPSON, C.E. **Carcass and meat sensory traits of steers finished on fescue and clover, summer forage, or for different periods in drylot.** Journal of Animal Science, Albany, v.71, p. 3199-3205, 1993.

SCHROEDER, J.W.; CRAMER, D.A.; BOWLING, R.A.; COOK, C.W. **Palatability, shelf life and chemical differences between forage- and grain – finished beef.** Journal of Animal Science, Albany v. 50, p. 852-859, 1980.

SILVA, J.A.; PATARATA, L.; MARTINS, C. **Influence of ultimate pH on bovine meat tenderness during ageing.** Meat Science, v.52, p. 453-459, 1999.

SHACKELFORD, S.D. KOOHMARAIE, M., MILLER, M.F., CROUSE, J.D., REAGAN, J.O. **An evaluation of tenderness of the *longissimus* muscle of Angus by Hereford versus Brahman crossbred heifers.** Journal of Animal Science, 69, 171-177. 1991.

SHACKELFORD, S.D.; KOOHMARAIE, M.; SAVELL, J.W. **Evaluation of Longissimus dorsi Muscle pH at Three Hours Post Mortem as a predictor of beef tenderness.** Meat Science.v. 37, p. 195 – 204, 1994 [a].

SHACKELFORD, S. D.; KOOHMARAIE, M.; CUNDIFF, L. V.; GREGORY, K. E.; ROHRER, G. A.; SAVELL, J.W. **Heritabilities and phenotypc and genetic correlations for bovine post rigor calpastatina activity, intramuscular fat content, Warner-Bratzler Shear Force, retail product yield and growth rate.** Journal of Animal Science, Albany, v.72, p. 857-863, 1994 [b].

SHACKELFORD, S.D.; WHEELER, T.L.; KOOHMARAIE, M. **Relationship between shear force and trained sensory panel tenderness ratings of 10 major muscles from *Bos indicus* and *Bos taurus* cattle.** Journal of Animal Science, v.73. 3333-3340p.1995.

SHACKELFORD, S.D.; WHEELER, T.L.; KOOHMARAIE, M. **Evaluation of slice shear force as an objective method of assessing beef Longissimus tenderness.** Journal of Animal Science, v.77, p.2693-2699, 1999.

SHERBECK, J.A.; TATUM, J.D.; FIELD, T.G.; MORGAN, J.B.L; SMITH, G.C. **Feedlot performance, carcass trait and palatabity traits of Hereford and Hereford x Brahman steers.** Journal of Animal Science, Albany, v.73, p. 3613-3620, 1995.

SHERBECK, J.A.; TATUM, J.D.; FIELD, T.G.; MORGAN, J.B.L; SMITH, G.C. **Effect of phenotipcs expression of Brahman breeding on marbling and tenderness traits.** Journal of Animal Science, Albany, v. 74, p.304-309, 1996.

SIMONNE, A.H.; GREEN, N.R.; BRANSBY, D.I. **Consumer acceptability and betacarotene content of beef as related to cattle finishing diets.** Journal of Food Science, Chicago, v. 61, p. 1254-1256, 1996.

SMULDERS, F. J. M., MARSH, B. B., SWARTZ, D. R., RUSSELL, R. L. & HOENECKE, M.E. **Beef tenderness and sarcomere length.** *Meat Science.*, 28, 349-363. 1990.

SNEDECOR, G.W.; COCHRAN, W.G.; **Statistical methods.** The Iowa State University Press. USA. 503p. 6th ed. 1978.

STATSOFT. Statistica for Windows, versão 7.0. 2004. (Software estatístico)

STRYDOM, P. E., NAUDÉ, R. T., SCHOLTZ, M. M., & VAN WYK, J. B. **Characterisation of indigenous cattle breeds in relation to carcass characteristics.** *Animal Production*, 70, 241–252. 2000[a].

STRYDOM, P. E., NAUDÉ, R. T., SCHOLTZ, M. M., & VAN WYK, J. B. **Characterisation of indigenous cattle breeds in relation to meat quality traits.** *Meat Science*, 55, 79–88. 2000[b].

STRYDOM, P.E. **Do indigenous southern african cattles breeds have the right genetics for commercial production of quality meat?** *Meat Science*, v. 80, issue 1, p. 86-93, 2008.

STRYDOM, P. E., FRYLINCK, L., VAN DER WESTHUIZEN, J., & BURROW, H. M.. **Growth performance, feed efficiency and carcass and meat quality of tropically adapted breed types from different farming systems in South Africa.** *Australian Journal of Experimental Agriculture*, 48, 599–607. 2008.

TAKAHASHI, G., LOCHNER, J.V., MARSH, B.B. **Effects of low-frequecy electrical stimulation on beef tenderness.** *Meat Science*, 11, 207-225. 1984.

THOMPSON, J. **Managing meat tenderness.** *Meat Science*, v.62, p.295-308. 2002.

VAZ, F. N.; RESTLE, J. **Características de carcaça e da carne de novilhos Hereford terminados em confinamento com diferentes fontes de volumoso.** *Revista Brasileira de Zootecnia*, Viçosa, v. 34, n. 1, p. 230-238, jan. 2005

VAZ, F.N.; RESTLE, J.; PADUA, J.T.; METZ, P.A.M.; MOLETTA, J.L.; FERNANDES, J.J.R. **Qualidade da carcaça e da carne de novilhos abatidos com pesos similares, terminados em diferentes sistemas de alimentação.** *Ciência Animal Brasileira*, v.8, n.1, p.31-40, 2007.

VAZ, F.N.; RESTLE, J.; METZ, P.A.M.; MOLETTA, J.L. **Características de carcaça de novilhos Aberdeen angus terminados em pastagem cultivada ou confinamento.** *Ciência Animal Brasileira*, v.9, n.3, p.590-597, jul./set. 2008.

VESTERGAARD, M.; THERKILDSSEN, M.; HENCKEL, P.; JENSEN, L.R.; ANDERSEN, H.R.; SEJRSEN, K. **Influence of feeding intensity, grazing and finishing feeding on meat and eating quality of young bulls and the relationship between muscle fibre characteristics, fibre fragmentation and meat tenderness.** *Meat Science*, v.54, p. 187-195. 2000.

ZILIO, D.M.; VINCENTI, F.; BALLICO, S.; FICCO, A.; JUÁREZ, M. **Effect of castration and crossbreeding on meat quality traits of Maremmana beef cattle.** *Italian Journal of Animal Science*, Pavia, v.8, p. 516-518, 2009.

WHEELER, T.L.; SCHACKELFORD, S.D.; KOOHMARAIE, M. **Sampling, cooking, and coring effects on Warner-Bratzler shear force values in beef.** *Journal of Animal Science*, Albany, v.74, p.1553, 1996[a].

WHEELER, T. L., L. V. CUNDIFF, R. M. KOCH, and J. D. CROUSE. **Characterization of biological types of cattle (Cycle IV): Carcass traits and longissimus palatability.** *J. Anim. Sci.* 74:1023–1035. 1996[b].

WHEELER, T. L.; SHACKELFORD, S. D.; KOOHMARAIE, M. **Tenderness classification of beef: III. Effect of the interaction between end point temperature and tenderness on Warner-Bratzler shear force values of beef *longissimus*.** *Journal of Animal Science*, v.77, p.400-407, 1999.

WHEELER, T. L., L. V. CUNDIFF, S. D. SHACKELFORD, and M. KOOHMARAIE. **Characterization of biological types of cattle (Cycle V): Carcass traits and longissimus palatability.** *J. Anim. Sci.* 79:1209–1222. 2001.

WHEELER, T. L., L. V. CUNDIFF, S. D. SHACKELFORD, and M. KOOHMARAIE. **Characterization of biological types of cattle (Cycle VI): Carcass traits and longissimus palatability.** *J. Anim. Sci.* 82:1177–1189. 2004.

WHEELER, T. L., L. V. CUNDIFF, S. D. SHACKELFORD, and M. KOOHMARAIE. **Characterization of biological types of cattle (Cycle VII): Carcass, yield, and longissimus palatability traits.** *J. Anim. Sci.* 83:196–207. 2005.

WHEELER, T.L.; CUNDIFF, L.V.; SHACKELFORD, S.D.; KOOHMARAIE, M. **Characterization of biological types of cattle (Cycle VIII): Carcass, yield, and longissimus palatability traits.** Journal of Animal Science, Albany, v.88, p.3070-3083, 2010.

WHIPPLE, G., KOOHMARAIE, M., DIKEMAN, M. E., CROUSE, J.D., HUNT, M.C., KLEMM, R.D. **Evaluation of attributes that effect *longissimus* muscle tenderness in *Bos Taurus* and *Bos indicus* cattle.** Journal of Animal Science, 68, p.2716-2728. 1990.

WULF, D.M.; WISE, J.W. **Measuring muscle color on beef carcasses using the L* a* b* color space.** Journal of Animal Science, Albany, v. 77, p. 2418–2427, 1999.

YANG, A.; LANARI, M.C.; BREWSTER, M.; TUME, R.K. **Lipid stability and meat color of beef from pasture-and grain-fed cattle with or without vitamin E supplement.** Meat Science, Barking, v. 60, n.1, p. 41-50, 2002.