

**UNIVERSIDADE FEDERAL DOS VALES DO  
JEQUITINHONHA E MUCURI**

**JORGE AUGUSTO BARROSO**

**CARACTERÍSTICAS DE MÚSCULOS DE GRUPOS GENÉTICOS DE  
BOVINOS TERMINADOS EM CONFINAMENTO**

**DIAMANTINA - MG  
2013**

JORGE AUGUSTO BARROSO

**CARACTERÍSTICAS DE MÚSCULOS DE GRUPOS GENÉTICOS DE BOVINOS  
TERMINADOS EM CONFINAMENTO**

Dissertação apresentada à Universidade Federal dos Vales do Jequitinhonha e Mucuri, como parte das exigências do Programa de Pós-Graduação em Zootecnia, para obtenção do título de *Magister Scientiae*.

Orientador: Prof. Cleube Andrade Boari

DIAMANTINA - MG  
2013

Ficha Catalográfica - Sistema de Bibliotecas/UFVJM  
Bibliotecária: Jullyele Hubner Costa CRB-6/2972

B277c 2014	Barroso, Jorge Augusto Características de músculos de grupos genéticos de bovinos terminados em confinamento / Jorge Augusto Barroso. – Diamantina: UFVJM, 2014. 59 p. : il.  Orientador: Prof. Dr. Cleube Andrade Boari Coorientador: Prof. Dr. Severino Delmar Junqueira Vilela  Dissertação (mestrado) –Universidade Federal dos Vales do Jequitinhonha e Mucuri. Faculdade de Ciências Agrárias. Mestrado - Programa de Pós-Graduação em Zootecnia, 2013.  1. Guzonel. 2. Guzolando. 3. Triceps brachii. 4. Semitendinosus. 5. qualidade de carne. I. Boari, Cleube Andrade. II. Villela, Severino Delmar Junqueira. III. Título.
---------------	--

**CDD 636.21**

Elaborada com os dados fornecidos pelo(a) autor(a).

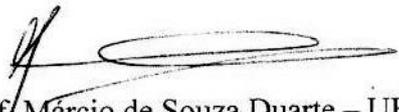
JORGE AUGUSTO BARROSO

**CARACTERÍSTICAS DE MÚSCULOS DE GRUPOS GENÉTICOS DE BOVINOS  
TERMINADOS EM CONFINAMENTO**

Dissertação apresentada à Universidade Federal dos Vales do Jequitinhonha e Mucuri, como parte das exigências do Programa de Pós-Graduação em Zootecnia, para obtenção do título de *Magister Scientiae*.

APROVADA em 31/10/2013

  
Prof. Cleube Andrade Boari – UFVJM  
Orientador

  
Prof. Márcio de Souza Duarte – UFV

  
Prof. Adalberto Rocha Lobo Júnior – UFVJM

  
Pesq. Mano Henrique França Mourthé – UFVJM

DIAMANTINA – MG  
2013

## DEDICATÓRIA

Dedico a mim, com meu jeito de ser, decisões instintivas feitas a cada instante, minhas limitações e minhas buscas, meus medos e momentos de coragem. Dedico, também, às circunstâncias do acaso, ao chamado destino e às grandes frustrações que nos marcam, que são conseqüências do próprio jeito de ser, sendo este conjunto o determinante de um caminho nessa vida, porém os sonhos e a fé em Deus sempre serão a luz deste caminho.

## AGRADECIMENTO

Agradeço a Deus pela saúde e capacidade, pela oportunidade de viver tudo que eu realmente busco e por me dar muito mais que eu peço.

Agradeço a todos os funcionários e professores do Departamento de Zootecnia da UFVJM, por suas contribuições ao meu crescimento, e, também, por buscarem, a cada dia, a excelência desse departamento, que representa uma parcela da minha vida. Um agradecimento especial ao Professor Cleube Boari, enquanto Orientador e Coordenador da Pós-Graduação, ao Professor Adalfredo Rocha Lobo Júnior e ao colega Flávio Motta, pelas contribuições na parte estatística e à coragem e disposição do Professor Severino Villela.

Agradeço, também, às contribuições do Dr. Mário Henrique Mourthé, Dr. Márcio de Souza Duarte e Dr. Pedro Veiga Paulino.

Agradeço à CAPES e a UFVJM pela bolsa de estudos durante todo o período.

Agradeço de forma especial a todos que, sem nenhuma obrigação, me ajudaram nessa trajetória, ou fizeram dela um caminho mais agradável de percorrer. Destes, os amigos que fiz em Diamantina, os colegas discentes, os funcionários e colegas da fazenda do Moura.

Também ao Bernardo e a todos da República Kzona Rural e agregados e à Dani, que muito contribuíram durante o período que estive em Viçosa.

Agradeço ao Fred (Frederico Borba), Sr. Márcio e Larissa Kretli, que foram realmente parceiros, já que as obrigações foram grandes e o trabalho sempre feito com o maior cuidado possível.

Agradeço, com todo o amor que posso sentir à minha irmã Aline, que foi o motivo da minha volta à Diamantina, e fez de sua casa a minha casa, e por contribuir para a decisão de buscar um novo rumo para minha vida.

## RESUMO

BARROSO, Jorge Augusto. Universidade Federal dos Vales do Jequitinhonha e Mucuri, Setembro de 2013. 59p. **Características de músculos de grupos genéticos de bovinos terminados em confinamento.** Orientador: Cleube Andrade Boari. Dissertação (Mestrado em Zootecnia).

Foram avaliados os *Longissimus dorsi et lumborum* (LTL), *Semitendinosus* (ST) e *Triceps brachii* (TB) obtidos de seis animais  $\frac{1}{4}$ Guzerá  $\frac{1}{4}$ Nelore  $\frac{1}{2}$ Simmental (Tri), seis animais  $\frac{1}{2}$ Guzerá  $\frac{1}{2}$ Nelore (GN) e seis animais  $\frac{1}{2}$ Guzerá  $\frac{1}{2}$ Holandês (GH), recriados a pasto com suplementação, terminados em confinamento de 82 dias e abatidos aos 24 meses. Foram mensurados o pH<sub>24horas</sub>, a capacidade de retenção de água, luminosidade (L\*), teor de proteína total, extrato etéreo, matéria seca, resíduo mineral fixo, teor de vermelho (a\*), teor de amarelo (b\*), croma (C\*), matiz (H\*), perdas de peso por cozimento, teor de colágeno total e solúvel, índice de fragmentação miofibrilar e força de cisalhamento. Não houve efeito significativo (P>0,05) dos grupos genéticos sobre o pH<sub>24horas</sub> do LTL (5,64), do ST (5,72) e TB (5,85). Os valores de pH<sub>24horas</sub> do LTL, referência à carcaça, estiveram dentro do intervalo de normalidade (5,3-5,7). Os grupos genéticos também não influenciaram, significativamente, o teor de extrato etéreo, os teores de proteína e matéria seca, resíduo mineral fixo, teor de amarelo, o matiz, as perdas de peso por cozimento, o índice de fragmentação miofibrilar, assim como o teor de colágeno total e solúvel. A força de cisalhamento e a capacidade de retenção de água foram, no entanto, influenciados pelos grupos genéticos, observando maior maciez no grupo GH, em relação ao GN. A capacidade de retenção de água apresentou maiores valores para o grupo GN em relação ao grupo GH, o que não demonstrou impacto sobre as principais qualidades comerciais da carne. O teor de vermelho e o croma apresentaram interações entre os grupos genéticos e os músculos estudados, sendo a variação dentro do grupo GH, diferente dos demais grupos genéticos, apresentando valores menores no ST, em relação aos demais grupos genéticos, e, substancialmente, maiores valores no TB em relação aos demais músculos. Comparando-se as características entre os diferentes músculos, foram percebidas diferenças significativas em todos os parâmetros estudados, dentre elas a menor força de cisalhamento do TB, e também do ST em relação ao LTL. Tal fato talvez seja decorrente do maior teor de extrato etéreo, das menores perdas de peso por cozimento do TB e do maior índice de fragmentação miofibrilar do TB e ST. Admite-se, também, que variações em parâmetros, quando comparados LTL, ST e TB entre si, decorram de especificidades anatômicas e fisiológicas dos músculos que os originaram. Conclui-se que, os grupos genéticos apresentaram semelhança em quase todos os parâmetros de qualidade estudados, demonstrando, porém, menores valores de força de cisalhamento para o grupo GH. Foi também representativa a melhor qualidade do TB, medida por parâmetros objetivos, em relação aos demais músculos estudados.

**Palavras-chave:** Guzonel, Guzolando, *Triceps brachii*, *Semitendinosus*, qualidade da carne, força de cisalhamento.

## ABSTRACT

BARROSO, A., Jorge. Universidade Federal dos Vales do Jequitinhonha e Mucuri, September 2013. 59p. **Characteristics of meat cuts of genetic cattle groups finished in feedlot.** Advise: Cleube Andrade Boari. Dissertation (Master's degree in Animal Science).

Were tested *Longissimus dorsi et lumborum* (LTL), *Semitendinosus* (ST) e *Triceps brachii* (TB) obtained from six animals  $\frac{1}{4}$ Guzerá  $\frac{1}{4}$ Nellore  $\frac{1}{2}$ Simmental (Tri), six animals  $\frac{1}{2}$ Guzerá  $\frac{1}{2}$ Nellore (GN) and six  $\frac{1}{2}$ Guzerá  $\frac{1}{2}$ Holstein (GH) recreated with pasture supplementation, 82 days in feedlot and slaughtered at 24 months. We measured the pH<sub>24h</sub>, the ability to retain water, lightness (L\*), total protein, ether extract, dry matter, fixed mineral residue, redness (a\*), yellowness (b\*), chroma (C\*), hue (H\*), cooking weight loss, total collagen and soluble, myofibrillar fragmentation index and shear force. There was no significant effect on pH<sub>24h</sub> (P > 0.05) between the genetic groups on the LTL (5.64), ST (5.72) and TB (5.85). The pH<sub>24h</sub> values of LTL, the reference substrate, were within the normal range (5.3 to 5.7). Genetic groups did not significantly influence the content of fat, the protein, dry matter and mineral, the yellowness, the hue, the weight losses by cooking, myofibrillar fragmentation index, as well as the content of total and soluble collagen. The shear force and the water retention capacity were influenced by genetic groups. The GH group was more tenderness than in the GN group. The capacity of water retention was higher in the GN group than in the GH group, which showed no impact on the main commercial qualities of meat. The content of red and chroma showed interactions among genetic groups and the muscles studied, and the variation in the GH group unlike other genetic groups had lower values in the ST and the other genetic groups had substantially higher values for TB compared to other muscles. Comparing the properties of the different muscles, significant differences were observed in all parameters studied, among them the lowest shear force of TB, and also the ST compared to LTL. This fact might be due to the higher content of fat, the less weight loss by cooking the TB and higher myofibrillar fragmentation index of TB and ST. Also it is assumed that variations in parameters when compared LTL, ST and TB among themselves, might be resulting of anatomical and physiological peculiarities of the muscles that originated them. We can conclude that the genetic groups were similar in almost all quality parameters studied, but lower values of shear force on the GH group. Also was relevant the best quality of TB, measured by objective parameters, compared to the other muscles studied.

**Keywords:** Guzonel, Guzolando, *Triceps brachii*, *Semitendinosus*, meat quality, shear force.

## LISTA DE TABELAS

Tabela 1 – Análise bromatológica dos ingredientes e da dieta .....	35
Tabela 2- Análise de variâncias das características de qualidade de carne de bovinos, considerando-se os grupos genéticos e músculos .....	44
Tabela 3. Análise de variâncias do teor de vermelho ( $a^*$ ) e croma ( $C^*$ ), com estudo das interações entre grupos genéticos e músculos .....	45

## SUMÁRIO

	Página
1. INTRODUÇÃO GERAL .....	09
2. REVISÃO DA LITERATURA .....	11
A influência do rápido desenvolvimento pré-abate .....	11
Aspectos físico-químicos da carne .....	12
Composição química .....	14
Cor – teores de vermelho e amarelo .....	17
Componentes estruturais da fibra .....	21
Índice de fragmentação miofibrilar .....	21
Colágeno .....	24
Maciez objetiva – força de cisalhamento .....	26
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS .....	28
3. ARTIGO .....	32
CARACTERÍSTICAS DE CORTES CÁRNEOS DE GRUPOS GENÉTICOS DE BOVINOS TERMINADOS EM CONFINAMENTO	
RESUMO .....	32
ABSTRACT .....	33
INTRODUÇÃO .....	34
MATERIAIS E MÉTODOS .....	35
Grupos genéticos, manejo dos bovinos e obtenção dos cortes cárneos .....	35
Análises instrumentais e físico-químicas .....	36
Análises estatísticas .....	39
RESULTADOS E DISCUSSÃO .....	40
Grupos genéticos e características da carne .....	40
Comparações entre os músculos .....	48
Considerações finais .....	49
CONCLUSÕES .....	50
ANEXO .....	57

## 1. INTRODUÇÃO GERAL

Em seu contexto geral, na bovinocultura de corte brasileira, há o predomínio da produção a pasto, em grandes extensões, e do emprego da raça Nelore, dada a sua adaptação às condições de clima e maior resistência aos desafios sanitários típicos. Embora o Brasil detenha o maior rebanho comercial de bovinos de corte do mundo, há a necessidade de intensificação e tecnificação da produção. Investimentos em genética e padronização de manejos, com vista à maior rentabilidade, competitividade e à obtenção de carne em quantidade e com características químicas e sensoriais mais apropriadas, que possa atender a clientes, internos e externos, cada vez mais exigentes.

Dentre opções para estas melhorias, a terminação de bovinos em confinamento poderia contribuir ao melhor gerenciamento zootécnico, e ao maior controle de parâmetros para formação de lotes para abate, como idade e peso, o que contribuiria à oferta de animais, cujo abate forneceria carcaças mais homogêneas. Ressaltam-se, também, as menores necessidades de investimentos para a estruturação e manutenção de sistemas para terminação em confinamento, quando comparado a sistemas de confinamento em ciclo completo, o que o torna uma alternativa viável a diversos pecuaristas.

Além dos investimentos no sistema de produção, o destaque tem sido dado aos cruzamentos entre raças zebuínas e taurinas, definido como cruzamento industrial, em função dos ganhos em heterose no desempenho e precocidade, assim como na agregação de características de qualidades desejáveis à carne, como maciez e suculência. Entretanto, o cruzamento entre raças Zebuínas, como raça Nelore e Guzerá, têm sido comum na pecuária brasileira, pois, permitem alguma complementariedade, dada à constatada superioridade de algumas raças em desenvolvimento e características da carne, como o Guzerá, por exemplo, quando comparado à raça Nelore. Comum é também em algumas regiões pecuaristas do Brasil, a forte presença de bovinos leiteiros, nas quais animais com sangue Holandês, concebidos com reprodutores Zebuínos, podem apresentar bom desempenho produtivo e interessantes características de carcaça e carne, tendo em vista que animais da raça Holandês produzem carne com atributos sensoriais, como maciez, comparáveis ou superiores a raças Taurinas de corte.

Pesquisas e investimentos têm sido realizados no Brasil, com vistas a mudanças nestes panoramas, mencionando-se, por exemplo, os esforços, como os da Associação Nacional dos Criadores e Pesquisadores (ANCP). Entretanto, grande enfoque foi e tem sido dado ao desempenho, para seleção de reprodutores, sendo apenas subjetivo à pesquisa de parâmetros

químicos e sensoriais de carne, o que, parcialmente, compromete a produção de carne com qualidade e o atendimento das necessidades de clientes mais exigentes.

A aceitação e valorização dos cortes cárneos provenientes de tais músculos são dependentes de características químicas, e, principalmente, sensoriais, as quais, sabidamente, são influenciadas por diversos aspectos como o sistema de produção, a genética e a região anatômica do músculo. Dada à importância destas características, a compreensão dos diversos parâmetros pode contribuir ao entendimento dos padrões de qualidade da carne e dos componentes adiposos e conjuntivos a ela associados, e, até mesmo, estabelecer métodos mais apropriados de preparo para o consumo. Também contribui para definir melhorias e adequações na produção e diretrizes para programas de cruzamentos e melhoramento animal. Do ponto de vista fisiológico, a pesquisa das características químicas e sensoriais da carne contribui ao entendimento das atividades metabólicas em diferentes tipos de miócitos, sobre seu aporte energético, atividades enzimáticas e suscetibilidade ao estresse.

Dentre as principais características a serem analisadas na carne, cujas interpretações permitem tantas inferências, conforme anteriormente abordado, menciona-se o pH e suas consequências nas qualidades da carne (coloração e adsorção da água), constituição química com destaque aos lipídios e as características dos constituintes miofibrilares e conjuntivos do músculo.

Considerando-se o exposto, esta pesquisa foi conduzida com o objetivo de se avaliar características de cortes cárneos de grupos genéticos de bovinos terminados em confinamento.

## 2. REVISÃO DE LITERATURA

### A influência do rápido desenvolvimento pré-abate

No desenvolvimento deste trabalho, algumas influências podem ter sido acarretadas pelo sistema de criação, onde o ganho de peso satisfatório pode ser obtido com a suplementação dos animais durante a recria a pasto e o máximo ganho é obtido na fase de acabamento em confinamento, com o fornecimento de uma dieta total contendo alto nível de energia.

Segundo BRESSAN et al. (2011), a diversidade de condições de produção e bases genéticas em bovinos de corte comerciais brasileiros, resulta em variabilidade da qualidade da carne, pois, sabe-se que tanto o sistema de terminação e genótipo influenciam a qualidade da carne. Estes autores reportam que, quando comparado a sistemas baseados em pastagens, a suplementação na terminação resulta em carne com maior teor de gordura e de cor mais clara. Porém, a influência sobre a maciez da carne não é clara. Estes autores demonstraram que o sistema de acabamento afetou, significativamente, o teor de umidade, proteína, gordura, cinzas, colesterol, luminosidade e teor de vermelho, pH e força de cisalhamento. A força de cisalhamento na carne fresca e maturada foi, significativamente, mais elevada nas amostras de terminação a pasto, com uma diferença de 0,80 e 0,40 kg, respectivamente, quando comparado com amostras de animais suplementados.

De acordo com o exposto por FALCITANO et al. (2008), a carne de animais em pastagem é geralmente mais escura e menos macia que a carne de animais alimentados com concentrados. A luminosidade da cor reduzida na carne de novilhos a pasto, geralmente está ligada a um maior pH final, menor marmoreio, ou aumento do conteúdo de mioglobina no músculo. Esses traços são frequentemente associados com a idade mais avançada, no momento do abate para novilhos terminados a pasto. O aumento no valor pH, devido à menor reserva de glicogênio no músculo, juntamente com uma cobertura de gordura reduzida, é consequência de maiores taxas de resfriamento e queda mais lenta do pH *post mortem*.

ARCHILE-CONTRERAS et al. (2010) expõe que, altas taxas de “*turnover* proteico” também podem aumentar as concentrações de enzimas proteolíticas intracelulares do miócito, medidas no momento do abate, o que pode afetar ainda mais a maciez, aumentando tanto a degradação do tecido conjuntivo e miofibrilar e sua renovação, durante a fase de terminação. Em consequência, o gado alimentado com alta inclusão de grão (alta energia) produziria carne mais macia que bovinos alimentados com forragem, em uma idade cronológica semelhante.

Esta hipótese também é confirmada por FISHELL et al. (1985) que relataram uma maior taxa de degradação e deposição de colágeno produza uma menor proporção de ligações cruzadas intermoleculares, o que implica, diretamente, na melhora da maciez da carne. Além disso, animais alimentados com um excesso de energia têm a tendência de acumular lipídios, que são benéficos à maciez, suculência, e, ainda, à produção de cobertura de gordura evita o encurtamento dos sarcômeros pelo efeito do resfriamento rápido das carcaças.

### **Aspectos físico-químicos da carne**

De acordo com RAMOS E GOMIDE (2009), dentre os índices avaliados na literatura, a combinação das medidas de pH, luminosidade e capacidade de retenção de água é a mais utilizada para se expressar qualidades sensoriais da carne no momento da compra.

Segundo estes autores, a validade da medida de  $\text{pH}_{24\text{horas}}$  está além de ser questionada, uma vez que é a chave para se acompanhar a glicólise muscular *post mortem*, estando correlacionada com qualidades importantes da carne, como capacidade de retenção de água, cor e textura, fatos estes confirmados por PFLANZER E FELÍCIO (2011).

A medida de cor é considerada um parâmetro chave na rotina de avaliação sensorial das indústrias processadoras de carne. A avaliação visual da palidez da mesma, por um painel de julgadores treinados, tem demonstrado uma correlação linear com valores objetivos de luminosidade (L ou L\*) ou medidas de brilho (RAMOS E GOMIDE, 2009). Assim, o índice de luminosidade é uma análise objetiva, que fornece informações importantes quanto à palidez da amostra, podendo ser usada na predição da qualidade final da carne, quando avaliada em conjunto com outros parâmetros.

Por fim, a medida de capacidade de retenção de água também ajuda a classificar adequadamente a carne quanto à qualidade, uma vez que, além de constituir importante parâmetro tecnológico, está diretamente relacionada com a extensão da desnaturação proteica, sendo, portanto, indicativo da condição exsudativa das carnes PSE (pálida, flácida e exsudativa), SER (coloração normal, mas exsudativa) e carne ácida.

NORMAN (1982) relataram o efeito do pH sobre a maciez da carne, e, geralmente, aceito por pesquisadores, a ocorrência de um aumento na maciez da carne com pH acima de 5,5 (ponto isoelétrico das proteínas miofibrilares), e, em seguida, uma melhoria substancial quando o pH sobe acima de 6,0. Este autor documenta, ainda, que grandes variações no pH final tinham sido associados com o estresse imediatamente pré-abate, mas a influência de raça quanto a susceptibilidade ao estresse dos bovinos não haviam sido bem estabelecidas.

De acordo com o mesmo autor, o pH muscular é o principal fator determinante da cor da carne magra, e que é, frequentemente, difícil de distinguir diferenças de cor, devido a raça daqueles, associada com as variações no pH final. Na verdade, as diferenças de pH podem ser relacionadas com a influência intrínseca da raça sobre a bioquímica do músculo, como metabolismo predominante no conjunto de fibras, estresse, capacidade de armazenar energia, entre outras.

No trabalho de BRESSAN et al. (2011), a média de pH foi semelhante em zebuínos e taurinos, sugerindo que os maiores níveis de estresse pré-abate, comumente relatado para o gado zebu, não pareceu ter um impacto negativo no pH da carne.

No trabalho de NORMAN (1982), variações marcantes inter-raça foram registrados em leituras de luminosidade. Os músculos dos animais Charolês apresentaram, significativamente, mais luminosidade, em comparação a outras raças. As diferenças entre o Nelore e Canchim foram pequenas, mas a partir de músculos Guzerá foram significativamente mais escuras em relação às outras raças estudadas. Houve uma elevada incidência de carne de corte escuro, particularmente na raça Nelore, sendo os animais puros zebuíno, especialmente sensíveis ao estresse, pouco antes do abate.

BRESSAN et al. (2011) apontam que, a luminosidade em amostras de carne de animais zebuínos foram maiores em 1,40 unidades em relação aos taurinos, quando em confinamento. No entanto, foi semelhante em carne de taurinos e zebuínos em animais somente a pasto (menor aporte energético), apontando que animais zebuínos, recebendo maior nível energético, acumulariam maior nível de lipídios e outros componentes que teriam consequência em maior brilho da carne.

Por afetar a aparência da carne antes do cozimento, seu comportamento durante o cozimento e a suculência durante a mastigação, a capacidade de retenção de água da carne é um atributo de importância óbvia. A diminuição da capacidade de retenção de água *in natura* é manifestada pela exsudação de fluido da carne não cozida que não foi congelada, como gotejamento da carne não cozida descongelada e como encolhimento das carnes cozidas, de onde ele é derivado, tanto da fase aquosa quanto da gordurosa (LAWRIE, 2005).

A capacidade da água ser retida no músculo, influencia as características da carne, tais como aparência, coloração, maciez e suculência. A cor da carne pode variar desde muito pálida, quando a capacidade de retenção de água é reduzida, a muito escura, quando a capacidade de retenção de água é elevada. Em relação à aparência, a carne pode apresentar superfície com muito brilho, correspondendo a músculo com baixa capacidade de retenção de água e muita perda de água ou carne sem brilho, naqueles cortes com capacidade de retenção

de água elevada. A maciez e a suculência estão associadas com água e a capacidade de retenção da mesma, devido ao aumento da força de cisalhamento em cortes com menores teores de umidade após o cozimento. A importância dessas características é observada em momentos distintos: aparência e coloração da carne estão associados com a aceitabilidade do consumidor e determinam a compra do produto ou não, enquanto as demais características, como sabor, suculência e maciez, estão relacionadas com a aceitabilidade global do produto (BRESSAN et al., 2004).

Porém, outras características da carcaça, além da raça de origem do animal, podem influenciar a normalidade da carne. McGILCHRIST et al. (2012) observaram que a proporção de carcaças com uma pH maior que 5,7 (DFD) diminuiu de uma forma curvilínea de cerca de 18% a 5%, quando o peso da carcaça aumentada de 150 kg a cerca de 220 kg, efeito este também demonstrado pela área de olho de lombo, principalmente em carcaças com menos de 350 kg, onde animais com maior musculatura apresentam menor incidência de cortes escuros. Também, o nível de ossificação e marmoreio das carcaças apresentaram efeitos significativos sobre o pH, onde animais mais velhos, em um mesmo peso ou com menor grau de acabamento, apresentam maior incidência de carne anômala, demonstrando, no trabalho destes autores, a grande influência do processo de produção e grau de acabamento sobre a qualidade da carne, a partir do aporte de glicogênio muscular pré-abate, onde animais mais bem alimentados apresentam menor incidência de cortes escuros, e, ainda, uma provável diferenciação em relação aos tipos de fibras musculares.

Considerando-se como padrão na literatura o estudo do *Longissimus dorsi et lumborum*, a normalidade fisiológica das carcaças é demonstrada com base neste músculo, porém HWANG et al. (2004), assim como NORMAN (1982), observaram este músculo ser mais susceptível a distúrbios metabólicos, sendo as diferenças de pH, capacidade de retenção de água e luminosidade, características específicas de cada músculo dependente do seu aporte de fibras (tipo de fibra), como relatado por CHOI e KIM (2009), e demonstrado por BRUGIAPAGLIA e DESTEFANIS (2012) e VESTERGAARD et al. (2000).

### **Composição química**

Em termos gerais, a composição da carne pode ser de, aproximadamente,  $75\text{g}\cdot 100\text{g}^{-1}$  de água,  $19\text{g}\cdot 100\text{g}^{-1}$  de proteína,  $3,5\text{g}\cdot 100\text{g}^{-1}$  de substâncias não proteicas solúveis e

2,5g.100g<sup>-1</sup> de gordura. Mas a compreensão da natureza, do comportamento da carne, e sua variabilidade, não podem ser embasadas em tais simplificações (LAWRIE, 2005).

Como exposto por BRESSAN et al. (2004), as proteínas da carne são divididas em três frações, de acordo com a função e a solubilidade: Sarcoplasmáticas, solúveis em água e formam esse grupo a mioglobina, hemoglobina, globulinas; miofibrilares, solúveis em NaCl, representadas pela miosina, troponina e actina; e insolúveis, integrantes ao tecido conjuntivo, formadas pelo colágeno, elastina e reticulina.

A carne é, geralmente, uma boa fonte de sais minerais, exceto cálcio, que está presente em pequenas quantidades. Os minerais são associados com a fração de água e proteína da carne, de forma que as porções mais magras contêm uma maior quantidade de sais minerais do que as porções mais gordas. O conteúdo de sais minerais na carne é em torno de 1g.100g<sup>-1</sup> (BRESSAN et al., 2004).

Segundo estes autores, a relação dos diferentes tecidos na carcaça está associada com a fase de maturidade em que o animal é abatido. O crescimento do animal corresponde a uma progressão gradual de um estado inferior a outro de maior complexidade e quando o corpo do animal atinge o máximo de complexidade, os tecidos são considerados “maduros” ou terminados. Os diferentes tecidos que compõe uma carcaça crescem em momentos distintos.

O conceito de maturidade é bastante questionado como por PFLANZER E FELÍCIO (2009) e PFLANZER E FELÍCIO (2011), que expõem um estudo sobre a prática das classificações de carcaças utilizadas no Brasil (Nelore). Estes autores demonstraram que a maturidade cronológica (cronologia dentária), pode ser substituída, com sucesso, pelo padrão de acabamento do animal (espessura de gordura subcutânea no *Longissimus dorsi et lumborum*). MANDELL et al. (1997), fizeram deste parâmetro o substituto da idade para confrontar a qualidade da carne de progênes Hereford e Simmental, onde se valoriza, em específico, o padrão de maior complexidade dos tecidos e a deposição de gordura como definição da idade de abate, obtendo-se ganhos na qualidade da carne ao se utilizar estes parâmetros.

A água é o constituinte mais importante quantitativamente e pode atingir percentuais próximos a 76g.100g<sup>-1</sup> na carne vermelha magra. Esse componente varia conforme o conteúdo de gordura, de maneira que, quanto maior o teor de gordura do músculo, menor o teor de água. Outro fator que determina variações no percentual de água da carne é a idade do animal. Animais mais jovens apresentam maior proporção de água na composição do organismo (BRESSAN et al., 2004). PFLANZER E FELÍCIO (2011) demonstraram estes

efeitos de maturidade fisiológica sobre a raça Nelore, observando alto coeficiente de correlação negativa entre umidade e lipídios.

Para animais de mesma faixa de idade, maior acúmulo de gordura por algum grupo genético pode refletir maior precocidade, como apontado por LIBORIUSSEN et al. (1977) e MANDELL et al. (1997), que apontam, ainda, a necessidade do conhecimento do momento certo do abate de cada raça ou grupo genético para que se obtenha as melhores qualidades da carne.

Com relação às perdas de água durante o cozimento, BRESSAN et al. (2004) reportam que as carnes vermelhas, submetidas a cozimento convencional (70 – 72 °C no interior da massa muscular), perdem de 29% a 41%, em relação ao peso inicial das amostras. Essa perda de água determina a concentração do valor nutritivo da carne e são diretamente dependentes do teor de lipídios da amostra.

Ainda de acordo com estes autores, a deposição das gorduras na carcaça acontece nos depósitos subcutâneos, viscerais ou na musculatura, com uma distribuição dispersa entre as fibras musculares ou, ainda, fazendo parte integrante da célula. No tecido muscular, a gordura está presente em quantidades que variam de 1,5 a 13g.100g<sup>-1</sup>. Quando a proporção de gordura no músculo situa-se na faixa entre 3 e 5g.100g<sup>-1</sup>, o músculo apresenta marmoreio.

A condição genética tem influência sobre a região de deposição das gorduras. Enquanto as raças britânicas apresentam maior predisposição para o marmoreio da carne, as raças zebuínas depositam quantidades menores de gordura entre as fibras musculares.

No trabalho de BRESSAN et al. (2011) o conteúdo de gordura foi mostrado estar associado com as características de qualidade da carne como cor, perdas de peso por cozimento e força de cisalhamento, sendo que a gordura foi moderadamente correlacionada com o pH e coloração vermelha. Com o aumento do conteúdo de gordura, a cor mais clara da gordura pode resultar em aumento na luminosidade da carne e a quantidade de mioglobina reativa ao oxigênio é esperada também a acrescentar, intensificando, assim, a coloração vermelha da carne. Também PFLANZER E FELÍCIO (2011) apontam maior classificação de gordura na carcaça, o que resultou em maior valor de luminosidade, assim como os valores de lipídios na carne magra, o que foi tido como efeito do aumento da gordura intramuscular, mesmo esta deposição não sendo visível (marmoreio) em animais zebuínos.

A variação na constituição química entre os diferentes músculos, em parte correlacionada à presença ou não do marmoreio, é definida por sua composição em termos de tipos de fibra. Observa-se que fibras glicolíticas (brancas) possuem maior teor de proteína e menor matéria seca e teor de lipídios em torno de 1mg/100mg ou menos (BRUGIAPAGLIA e

DESTEFANIS, 2012), sendo inferior aos valores encontrados em fibras oxidativas. As fibras vermelhas têm sua presença correlacionada, positivamente, com o conteúdo de lipídios dos músculos (CHOI e KIM, 2009), contribuindo para a suculência e aroma, além de estar associada à maior maciez da carne.

### **Cor – teores de vermelho e amarelo**

A cor constitui o primeiro impacto sobre o consumidor, despertando neste o desejo de consumir ou de rejeitar o produto, além de também fornecer uma indicação, embora nem sempre correta, sobre o grau de conservação do alimento (RAMOS E GOMIDE, 2009 e MANCINI E HUNT, 2005).

Segundo RAMOS E GOMIDE (2009), o principal pigmento na carne associado com a cor é a mioglobina, sendo a hemoglobina, o pigmento do sangue, o segundo em importância. A maioria da hemoglobina presente no músculo vivo é removida quando o animal é abatido, ficando a mioglobina responsável, em 90% ou mais, pela pigmentação de carnes obtidas de animais bem sangrados.

Segundo estes autores, pode-se considerar três fatores como os principais responsáveis pela cor da carne: a sua estrutura física; a concentração de pigmentos (mioglobina e hemoglobina), variável com o tipo de músculo e a espécie animal; o estado físico destes pigmentos.

A estrutura física da carne diz respeito às suas habilidades em absorver e, ou, dispersar a luz incidente. O estado químico dos pigmentos, para o presente trabalho, será considerado como homogêneo para todas as amostras, não sendo considerado fator de interferência. Consideraremos apenas as variações referentes à quantidade de pigmentos na carne.

À medida que a concentração de mioglobina no tecido muscular cresce, a carne se torna mais escura. Essa concentração varia consideravelmente entre os tecidos musculares, sendo influenciada pela espécie, sexo, idade e atividade física do animal e dos diferentes grupos musculares.

Outro fator que influencia a intensidade da cor da carne é o  $pH_{24horas}$ , que, em alguns casos, podem originar as condições DFD (Escura, Firme e Seca) e PSE (Pálida, Flácida e Exsudativa), conferindo aparência anormal à carne.

A carne com predominância de fibras vermelhas possui maior concentração de mioglobina que àquelas em que há a predominância de fibras brancas. Essa diferença está relacionada com o metabolismo respiratório (oxidativo), predominante nos músculos

vermelhos, em que o armazenamento de oxigênio, realizado pela mioglobina, é consistente com a elevada proporção de enzimas envolvidas no metabolismo oxidativo e a baixa quantidade de enzimas glicolíticas encontradas nessas fibras. Dependendo do tipo de músculo com predominância de fibras brancas, a quantidade de mioglobina é quase indetectável (CHOI E KIM, 2009; RAMOS E GOMIDE, 2009; MANCINI E HUNT, 2005).

Além da mioglobina, outros pigmentos são também encontrados (flavinas, vitamina B12, citocromos, oxidases e catalases), mas estão presentes em quantidades tão pequenas que sua contribuição para a cor da carne é mínima.

MANCINI E HUNT (2005) em uma ampla revisão observaram um grande número de trabalhos atribuindo efeitos de dieta sobre a cor do músculo. Sejam elas alterações de armazenamento do glicogênio, taxa de refrigeração, ou acumulação de antioxidante, todos os quais podem, em última análise, referir-se a traços intrínsecos fundamentais dos músculos, pH, consumo de oxigênio e redução da atividade da metamioglobina. Reportam ainda que a cor da gordura recebe menos atenção na literatura. No entanto, o regime alimentar pode afetar o conteúdo de carotenóides, o que pode influenciar a cor da gordura.

Outro tema não estudado no presente trabalho, mas que pode ter trazido diferenciais a esta qualidade na carne, é o sistema de habitação que, segundo MANCINI E HUNT (2005) e BRUGIAPAGLIA E DESTEFANIS (2012), pode afetar a cor da carne através de mudanças na atividade física, o que pode influenciar o tipo de fibra muscular e metabolismo.

NORMAN (1982) encontrou diferenças significativas nos níveis de pigmentos entre as raças. Consistentemente, maior mioglobina e concentrações total de pigmentos foram registrados em raças zebuínas. As diferenças entre o Guzerá e Charolês foram tão alto quanto 100% no *Semitendinosus* e *Longissimus dorsi et lumborum* e não foram associados com valores de pH final ou, aparentemente, às taxas de glicólise *post mortem*, desde que a queda do pH entre as raças foram semelhantes.

Estes autores apontam que, uma das diferenças mais óbvias entre raças é a cor do músculo. Os músculos dos animais Charolês e Canchim foram consistente e significativamente mais claros do que das raças Nelore e Guzerá. Estes autores estabeleceram a correlação entre o nível de mioglobina e pigmento total no músculo e os valores de luminância gravados objetivamente.

Na pesquisa realizada por BRESSAN et al. (2011), o teor de amarelo da carne fresca foi maior em taurinos que em zebuínos somente a pasto, sendo semelhante para os dois grupos genéticos, quando suplementados com concentrado energético.

Diferenças nos pigmentos entre os músculos é esperado, tendo como base as diferentes proporções dos tipos de fibra muscular e suas composições (CHOI E KIM, 2009; VESTERGAARD et al., 2000), observando-se diferenças significativas entre o *Longissimus dorsi et lumborum* e o *Semitendinosus* (VESTERGAARD et al., 2000; BRUGIAPAGLIA E DESTEFANIS, 2012) e entre o *Longissimus dorsi et lumborum* e o *Triceps brachii* (BRUAS-REIGNIER e BRUN-BELLUT, 1996).

BRUGIAPAGLIA e DESTEFANIS (2012) demonstram, ainda, diferenças entre os músculos quanto aos efeitos das variáveis durante o crescimento e o maior ou menor uso de cada grupo muscular, resultando em modificações em seu metabolismo e o tipo de fibra a ser formada durante o crescimento.

O ângulo de tonalidade possibilita definir, numericamente, a posição de uma amostra no sólido de cor, podendo, assim, estimar a cor predominante na amostra analisada. Por convenção, o ângulo  $0^\circ$  é fixado no eixo horizontal com +a (vermelho), aumentando no sentido anti-horário e realizando o círculo completo ( $360^\circ$ ) pelas diversas cores.

Considerando-se na carne, a presença de pigmentos somente vermelho e amarelo, a tonalidade da cor deve variar apenas entre os tons de vermelho e amarelo. Assim, o vermelho vai de  $330^\circ$  a  $25^\circ$ , laranja de  $25^\circ$  a  $70^\circ$  e o amarelo de  $70^\circ$  a  $100^\circ$ , sendo  $0^\circ$  o vermelho puro, cor predominante nas carnes.

O índice de saturação corresponde ao comprimento da projeção da localização da cor no plano ( $a^*$ ,  $b^*$ ), ou seja, o comprimento do vetor horizontal, que vai do ponto 0,0 (que, verticalmente, corresponde aos valores de Luminosidade que descrevem do preto ao branco, passando pelo cinza), até a própria cor e sua forma mais pura, ou seja, a distância do ângulo **hue** no centro do diagrama tridimensional.

Segundo BERIAIN et al. (2009), a diminuição no croma ( $C^*$ ) tem sido relacionada ao aparecimento de cor marrom na carne, sendo este efeito causado pela transformação da mioglobina em meta-mioglobina. Esta descoloração da carne é definida como divergência entre o ideal, segundo o consumidor, sendo algo menos desejável. CARPENTER et al. (2001) também encontraram correlações entre a aparência e a preferência de compra dos consumidores, sendo que diminui na seqüência vermelho > roxo > marrom, sendo o brilho bastante importante, ou seja, as variações de escurecimento dentro da luminosidade, e esta influência, diminuindo seqüencialmente em direção a um maior valor do Croma ( $C^*$ ), conclui-se que o maior valor do croma, ou seja, maior pureza do vermelho será mais atraente ao consumidor. Porém, estes autores observam nenhuma correlação entre as amostras

escolhidas e as qualidades sensoriais do produto cozido, sendo estes produzidos pela maciez e suculência.

No entanto, GOÑI et al. (2007) observaram correlações dos valores dos parâmetros de cor ( $L^*$ ,  $a^*$ ,  $b^*$ ,  $C^*$  e  $H^*$ ) no dia do abate, com os valores de força de cisalhamento de alguns músculos, tanto às 24 horas *post mortem*, quanto após 7 dias de maturação, observando-se 60 minutos de oxigenação do músculo antes da leitura, demonstrando, estes autores, equações elaboradas a partir das variáveis  $a^*$ ,  $b^*$  e  $C^*$ , que tornam possíveis a previsão da maciez dos cortes cárneos.

A variação sobre os pigmentos pode ser também provida pela dieta, como relatado por ABRIL et al. (2001), que reportam correlações positivas entre o teor de  $\beta$ -caroteno e as variáveis  $b^*$  (cor amarela),  $C^*$  (saturação) e  $H^*$  (tonalidade), e ainda a concentração de  $\beta$ -caroteno negativamente correlacionada com  $L^*$  (luminosidade). Também a vitamina E (ROBBINS et al., 2003), fornecida na alimentação dos animais, influenciou a cor às 24 horas *post mortem* e diminuiu o efeito marrom sobre a carne durante exposição em varejo. Porém, considerando-se a uniformidade da alimentação no presente trabalho, não é esperado que exista diferenças na ingestão de pigmentos pelos diferentes grupos genéticos, podendo ser considerado apenas diferenças na deposição dos pigmentos nos diferentes grupos musculares estudados.

Estes autores demonstraram a grande importância dos valores de pH final e do tempo de oxigenação necessário, antes que se faça a medição objetiva da cor da carne, sendo definidores de graves alterações aos padrões de cor ( $L^*$ ,  $a^*$ ,  $b^*$ ,  $C^*$ ,  $H^*$ ) de um músculo.

FRYLINCK et al. (2013) demonstraram diferenças de coloração entre grupos genéticos, e, ainda, a interação entre tais grupos e os sistemas de produção adotados. Estes autores observaram maiores incidências de carne DFD em animais da raça Nguni (raça nativa africana pouco melhorada), terminados em pastagem e com idade superior em relação a animais da mesma raça terminadas em confinamento ou em relação a animais dos cruzamentos contendo genética Brahman ou Simmental, em qualquer dos sistemas.

Estes autores observaram uma grande diferenciação para a taxa de glicólise, sendo estas diferenças atribuídas a diferentes proporções de fibras brancas, vermelhas ou intermediárias, o que levam a pHs e colorações finais bastante diferenciados. Esta conclusão está de acordo com JOO et al. (2013), que apontam a seleção de animais domésticos para ganho de peso, como forma de aumento da proporção de fibras glicolíticas, o que levaria a maior regularidade da queda do pH e valores ideais de  $pH_{24horas}$  em bovinos.

Também, o grau de acabamento pode influenciar a coloração da carne, observado por APPLE et al. (2014), onde menores graus proporcionam maior valor do ângulo hue, ou seja, carne mais amarela e também menores valores de Croma, ou seja, cores menos vivas que carcaças contendo maior cobertura de gordura subcutânea (*yield grade*). Estas observações têm relação com o pH que se apresentam com valores inferiores em graus de acabamentos menores.

### **Componentes estruturais da fibra**

A carne é composta por tecido muscular, diversos tipos de tecido conjuntivo e em pequena proporção de tecido epitelial e nervoso (BRESSAN et al., 2004).

Segundo LAWRIE (2005), os músculos variam tanto superficial como intrinsecamente. Eles diferem em tamanho, em forma, em ligação, em seus suprimentos nervosos e sanguíneos, em sua associação com outros tecidos e em sua ação. Resumidamente, os músculos são altamente diferenciados entre si pelo desempenho de inúmeros tipos de movimentos.

Estruturalmente, a superfície externa do músculo é envolvida por uma membrana conjuntiva que recebe o nome de epimísio. Da face interna do epimísio partem septos, denominados de perimísio, que vão envolver os feixes de fibras. Partindo do perimísio, saem outros septos que rodeiam cada fibra muscular, individualmente, e recebem o nome de endomísio (BRESSAN et al., 2004).

A unidade essencial do tecido muscular é a fibra, que consiste em elementos protéicos formados, as miofibrilas, entre as quais está uma solução, o sarcoplasma, e uma fina rede de túbulos, o retículo sarcoplasmático, a fibra sendo ligada por uma membrana muito fina (o sarcolema), à qual o tecido conjuntivo está ligado pelo lado de fora (LAWRIE, 2005).

### **Índice de fragmentação miofibrilar**

CALKINS E DAVIS (1980) demonstram que o índice de fragmentação miofibrilar do músculo fresco (24 horas *post mortem*), foi capaz de explicar a maior fração da variação da maciez que fatores como traços físicos (classificação de carcaças USDA) e o comprimento de sarcômero. O índice de fragmentação miofibrilar foi capaz de explicar até 53% da variação da maciez, segundo estes autores.

De acordo com CALKINS E SEIDEMAN (1988), a maciez de um músculo *post mortem* é definida pela quantidade e atividade do complexo calpaína dentro do músculo vivo, podendo ser controlada através da manipulação do crescimento dos animais. Segundo estes autores, é bem conhecido que o aumento da taxa de crescimento refletir aumentos na taxa de acreção de proteína. Este aumento ocorre por uma elevação da taxa de síntese de proteínas e uma concomitante, mas menor elevação da degradação da proteína. Sendo assim, o aporte enzimático responsável pela fragmentação miofibrilar, é responsável pela maciez do músculo, mesmo antes do abate do animal.

WHIPPLE et al. (1990a) apontam a atividade da calpastatina nas 24 horas *post mortem* como a mais importante contribuição para o modelo estatístico, que estes autores propõem para desmembrar a importância de cada variável sobre a maciez da carne. Assim, o complexo de enzimas da calpaína e sua atividade, são, segundo estes autores, o mais importante fator para a maciez da carne.

Segundo THERKILDSEN et al. (2008), a ligação entre a estratégia de produção e maciez em músculos específicos é consequência da taxa de degradação das proteínas musculares no animal vivo e as enzimas envolvidas também são responsáveis pela proteólise *post mortem*, que é essencial para a maturação. Estes autores concluíram que o abate em um momento de máxima degradação de proteínas musculares irá resultar em maciez superior da carne.

HWANG et al. (2004) documentaram que o tempo de início do rigor e subsequente proteólise, foi um fator determinante para maciez da carne, às 24 horas. Isto sugeriu que a proteólise *post mortem* foi fator significativo, influenciando na maciez da carne 24 horas *post mortem*. Ainda, estes autores apontam que o efeito adverso da conformação estrutural no músculo encurtado (encurtamento dos sarcômeros), foi insignificante para a maciez da carne quando proteólise *post mortem* foi maximizada.

TAYLOR et al. (1995) revisou que evidências levam a uma visão predominante de que as calpaínas são responsáveis por 90% ou mais do amaciamento que ocorre durante o armazenamento *post mortem*. Além disso, reportam que este amaciamento é o resultado direto da capacidade da calpaína para degradar a linha Z no músculo esquelético. Segundo estes autores, o tempo durante o qual maior amaciamento *post mortem* ocorre, não coincide com o tempo que as mudanças nas estruturas são observadas e o maior amaciamento *post mortem* ocorre durante os primeiros 3 ou 4 dias *post mortem*. Estes autores reportam que apenas algumas linhas Z, possivelmente menos de 5% do total, teriam de ser degradadas ou parcialmente degradadas para ter um grande efeito sobre a maciez. Relatam ainda, que o

índice de fragmentação miofibrilar foi amplamente adotado, como um método de estimar a degradação da linha Z no músculo *post mortem*. O índice de fragmentação miofibrilar é uma medida do comprimento médio das miofibrilas e é significativamente relacionado com a maciez, onde maior índice de fragmentação miofibrilar resulta em maior maciez do músculo.

GRUBER et al. (2006) concluíram que a maturação é importante, principalmente nos primeiros dias, quando há uma grande atividade das enzimas e uma melhoria substancial na maciez da carne. Porém, esta maior atividade inicial se perde com o tempo, diminuindo os efeitos da maturação e o seu impacto na qualidade da carne, não se justificando grandes períodos de armazenamento. Neste sentido, BRESSAN et al. (2011) relataram que a relação de força de cisalhamento 24 horas *post mortem*, com a força de cisalhamento após 10 dias de maturação, indica que a carne com força de cisalhamento maior em 24 horas tende a ter, também, maior força de cisalhamento após 10 dias de maturação.

GRUBER et al. (2006) demonstraram que a resposta à maturação é inversamente proporcional a maciez do músculo, para um mesmo tipo muscular, sendo maior a resposta em músculos que possuíssem força de cisalhamento acima de 5,5 kg. Sendo assim, a melhoria na maciez depende, não só do aporte de enzimas do músculo, mas, também, do quanto esse músculo pode ser melhorado.

Também BRESSAN et al. (2011) confirmaram que zebuínos, que tiveram a maior força de cisalhamento, se beneficiaram mais da maturação em termos de maciez da carne que animais taurinos.

Outro fator relevante para a melhoria na maciez da carne nos primeiros dias *post mortem* são as quebras na fibra, talvez por causas mecânicas (GESSINK et al. 1995).

Segundo GRUBER et al. (2006) a maioria dos estudos anteriores, que documentaram os efeitos da envelhecimento *post mortem* na maciez da carne, foram confinados para 1 ou apenas alguns músculos individuais, sendo necessário um aprofundamento nas especificidades e relações dos vários músculos que são utilizados como carne na alimentação humana.

A taxa e o grau de fragmentação da miofibrila é extremamente variável, dependendo de fatores biológicos como idade, raça, sexo e tipo muscular. GESSINK et al. (1995) reportam que a composição do tipo da fibra muscular determina a taxa de quebra das fibras *post mortem*. A maturação ocorre mais rapidamente em músculos com fibras glicolíticas que em músculos oxidativos. Várias explicações para essa diferença têm sido propostas, incluindo diferentes sensibilidades à proteólise, níveis variados de calpastatina e mudanças nas forças iônicas.

Na pesquisa de KING et al. (2003), a mais alta taxa de resfriamento apresentou consequências, tanto no encurtamento de sarcômero, quanto em uma menor taxa de proteólise nas primeiras 24 horas *post mortem*, demonstrando efeito não só sobre a taxa de glicólise do músculo, como também uma diminuição da atividade das enzimas calpaínas.

O efeito sobre a taxa de glicólise, e, conseqüentemente, sobre o pH final, é também fator de variação sobre a fragmentação miofibrilar no músculo, já que a atividade das enzimas proteolíticas são proporcionais aos valores de pH muscular. Assim, obtém-se maior atividade quanto maior o valor do pH, dentro dos limites normais da carne (CALKINS E SEIDEMAN, 1988).

### **Colágeno**

Segundo ARCHILE-CONTRERAS et al. (2010), o colágeno é um componente importante do tecido conjuntivo. Com a maturidade do animal, sua rigidez aumenta devido a intensificação na estabilidade da reticulação entre as moléculas de colágeno, proporcionando apoio estrutural aos músculos esqueléticos. O colágeno é o principal responsável pela rigidez estrutural da carne *post mortem* e é um importante determinante da variabilidade da textura da carne entre os músculos.

Também SILVA et al. (2010) revisaram os resultados de vários estudos, indicando que a maciez e outras características sensoriais da carne, são influenciadas pelo teor e solubilidade do colágeno. Todos os estudos citados encontraram uma forte correlação entre o teor de colágeno insolúvel dos músculos na carne crua e o pico dos valores de força de cisalhamento.

Estes autores observaram que alguns estudos relataram uma diminuição do colágeno total e / ou aumento da solubilidade do colágeno de animais alimentados com dietas ricas em energia. Assim, a carne de animais que contêm uma grande proporção de colágeno termo-lábil recém-sintetizado afetou, positivamente, a textura da carne. Desta forma, concluíram que, a maciez da carne pode ser melhorada pelo abate dos animais, quando está ocorrendo o máximo *turnover* protéico.

ARCHILE-CONTRERAS et al. (2010) relataram que, além da taxa de crescimento, as características de colágeno muscular e maciez da carne também podem ser influenciadas por fatores como tipo e composição da alimentação, manejo dos animais, idade, atividade física, e também o músculo a ser analisado.

Neste sentido, GESSINK et al. (1995) expõem que um fator importante é o papel fisiológico do músculo, na qual determina a quantidade e solubilidade do tecido conjuntivo,

tipo e a composição da fibra muscular. Da mesma forma, FALCITANO et al. (2008) observaram que o efeito do teor de colágeno sobre a maciez da carne é músculo dependente, sendo maior nos músculos com elevado teor de colágeno como o *Semitendiosus*, em comparação com os músculos contendo pequenas quantidades de colágeno, tais como o *Longissimus dorsi et lumborum*.

Como relatado por ARCHILE-CONTRERAS et al. (2010), cada músculo é estruturalmente e metabolicamente diferente, e estas diferenças refletem seu alto grau de especialização funcional, que, por sua vez, sugere plasticidade metabólica e capacidade de adaptação, de acordo com a função a ser executada. Desta forma, o *Semitendinosus* apresenta maior teor de colágeno total e menor porcentagem de colágeno solúvel ao calor que o *Longissimus toracis et lumborum*. A quantidade superior de colágeno total e solubilidade inferior no *Semitendinosus* está provavelmente relacionada com suas funções locomotoras, e, além disso, a grande quantidade de elastina estável ao calor presente pode, também, impedir fisicamente a solubilização do colágeno associado com este músculo.

Estes autores relataram que a região anatômica e funções dos músculos podem ser responsáveis por suas diferentes respostas aos tratamentos. Afirmaram, também, que a grande diferença entre os valores absolutos de solubilidade de colágeno em cada músculo, pode desempenhar um papel significativo na determinação das suas respostas para qualquer tratamento pré-abate.

JUDGE E ABERLE (1982) reportaram pesquisas que relatam alta correlação entre a quantidade de cada componente da cadeia de colágeno e a força de cisalhamento do músculo. Estes autores reportam, ainda, estudos, onde o endurecimento ocorre durante o cozimento da carne e observam que a resistência ao cisalhamento aumenta em duas fases, a segunda das quais é acompanhado pelo encurtamento muscular. Estes autores, e ainda LEPETIT et al. (2000), sugeriram que o encurtamento ocorra como consequência de encolhimento térmico do colágeno intramuscular.

Assim, quantidades variáveis de tensão podem ser geradas em colágeno maduro após encolhimento térmico devido à presença de ligações cruzadas intermoleculares termicamente estáveis (SILVA et al., 2010). Estas ligações cruzadas podem ser responsáveis pela tendência de músculos relativamente menos macios terem colágeno intramuscular com temperatura de retração relativamente elevada.

Estas mudanças físicas da molécula de colágeno foram descritas e medidas por LEPETIT (2008). Este autor demonstra que, antes do aquecimento, o colágeno tem uma estrutura quase cristalina e um módulo de elasticidade muito elevado. Mas, quando aquecido à

temperaturas de 58-65 ° C, há uma transição a partir do estado nativo helicoidal ordenado (cristalina) para uma estrutura em espiral de forma aleatória (amorfo) da molécula de colágeno.

As fibras de colágeno encolhem, quando as ligações de hidrogênio nas moléculas de colágeno são destruídas pelo calor acima de 60-65 ° C. Se o colágeno é livre para encurtar, ele diminui para cerca de 0,2 do seu comprimento original.

Um importante mecanismo pelo qual o colágeno influencia a textura da carne é através da contração das redes de colágeno durante o cozimento. O encolhimento do tecido conjuntivo intramuscular espreme as miofibrilas aquecidas, liberando os fluidos, afetando suas propriedades. Desta forma, este autor descreve as mudanças durante o aquecimento do colágeno, que tem como consequência a perda de suas qualidades naturais.

### **Maciez objetiva – força de cisalhamento**

Segundo LEPETIT (2008), a influência de uma característica sobre a maciez da carne depende do nível das outras características. A carne é um material fibroso composto em qualquer nível da sua estrutura, e, como tal, suas propriedades macroscópicas dependem das características de todos estes níveis. Várias destas características são modificadas durante o cozimento. Algumas destas contribuem para determinar as propriedades mecânicas da maciez da carne crua têm baixo efeito ou nenhum na maciez da carne cozida.

No trabalho de CALKINS E DAVIS (1980), doze variáveis físicas e histológicas representaram, aproximadamente, 75% da variação observada no valor da força de cisalhamento, demonstrando o quanto podem ser dissolvidas as causas de variação da maciez. Características físicas (grau de marmoreio, cor, textura, peso de carcaça e espessura de gordura) e comprimento de sarcômero representaram cerca de 27,5 e 24,3% da variação do valor da força de cisalhamento e classificação maciez subjetiva respectivamente.

PEDRÃO et al. (2009) concluíram que a sensação de textura da carne é ditada por vários fatores, incluindo a quantidade de gordura intramuscular, tecido conjuntivo, complexo actomiosina, e sua capacidade de retenção de água.

STELZLENI et al. (2007) apontam que o aumento do plano nutricional, através da suplementação na fase de terminação, melhorou as características de carcaça, maciez e os atributos sensoriais. Estes autores observaram diferenças de até 2 kg na força de cisalhamento, para bifos de mesmo músculo, comparando-se animais terminados em confinamento ou não, onde os que receberam altas quantidades de concentrado energético apresentaram carne mais

macia em todos os músculos estudados. Esta melhoria na maciez é atribuída à alta energia da dieta, que promove rápidas taxas de síntese protéica e produz carne com uma alta proporção de colágeno recém-sintetizado, solúvel ao calor. Neste mesmo sentido, estes autores demonstram a significativa maior maciez da carne de touros jovens, em relação aos animais adultos, apontando como a principal causa desta variação a maior solubilidade do colágeno, presente em todos os músculos destes animais.

PEDRÃO et al. (2009) concluem que, embora o músculo “rombóide” tenha apresentado 22,9% mais colágeno e em especial, cerca de 14 vezes o número de ligações cruzadas de colágeno, em relação ao *Longissimus dorsi et lumborum*, este foi quase 1,4 vezes mais duro. Este resultado foi inesperado em termos absolutos segundo o autor, já que os maiores valores de colágeno e de reticulação deste são esperados para dar uma maior dureza à carne. Uma explicação reside no nível mais elevado de marmoreio do rombóide (12-15%), o que oferece menor resistência ao corte da lâmina na medição da força de cisalhamento.

A gordura de cobertura ou grau de acabamento é um importante indicador de qualidade de carcaça, uma vez que afeta diretamente a velocidade de refrigeração. Ela desempenha o papel de um isolante térmico e interfere no processo de conversão músculo em carne (ZUIN et al., 2012).

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ABRIL, M.; CAMPO, M.M.; ÖNENÇ, A.; SAÑUDO, C.; ALBERTI, P.; NEGUERUELA, A.I. Beef colour evolution as a function of ultimate pH. **Meat Science**, v.58, p.69-78, 2001.
- APPLE, J. K.; MACHETE, J. B.; STACKHOUSE, R. J.; JOHNSON, T. M.; KEYS, C. A.; YANCEY, J. W.S. Color stability and tenderness variations within the gluteus medius from beef top sirloin butts. **Meat Science**, v.96, p.56–64, 2014.
- ARCHILE-CONTRERAS, A.C.; MANDELL, I.B.; PURSLOW, P.P. Disparity of dietary effects on collagen characteristics and toughness between two beef muscles. **Meat Science**, v.86, p.491-497, 2010.
- BERIAIN, M.J.; GOÑI, M.V.; INDURAIN, G.; SARRIÉS, M.V.; INSAUSTI, K. Predicting Longissimus dorsi myoglobin oxidation in aged beef based on early post-mortem colour measurements on the carcass as a colour stability index. **Meat Science**, v.81, p.439–445, 2009.
- BRESSAN, M. C.; VIEIRA, J. O.; FARIA, P. B.; NETO, J. V.; ANDRADE, P. L. FIGUEIREDO, E. E. S. História, aspectos econômicos, obtenção e ciência da carne. 113 p. Universidade Federal de Lavras/FAEPE, Lavras MG, 2004.
- BRESSAN, M. C., RODRIGUES, E. C., ROSSATO, L. V., RAMOS, E. M., GAMA, L. T. Physicochemical properties of meat from *Bos taurus* and *Bos indicus*. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.40, n.6, p.1250-1259, 2011.
- BRUAS-REIGNIER, F. and BRUN-BELLUT, J. Changes affecting the *Longissimus dorsi*, *Triceps brachii caput longum* and *Rectus femoris* muscles of young Friesian bulls during meat ageing. **Meat Science**, v.43, Nos 3- 4, 335-344, 1996.
- BRUGIAPAGLIA, A. and DESTEFANIS, G. Influence of the housing system on meat quality of double muscled Piemontese young bulls. **Livestock Science** v.145, p.73–78, 2012.
- CALKINS, C. R. and DAVIS, G. W. Fragmentation Index of Raw Muscle as a Tenderness Predictor of Steaks from US Good and US Standard Steer and Bullock Carcasses. **Journal of Animal Science**, v.50, p.1067-1072, 1980.
- CALKINS, C. R. and SEIDEMAN, S. C. Relationships among calcium-dependent protease, cathepsins b and h, meat tenderness and the response of muscle to aging. **Journal of Animal Science**, v.66, p.1186-1193, 1988.
- CARPENTER, C. E.; CORNFORTH, D. P.; WHITTIER, D. Consumer preferences for beef color and packaging did not affect eating satisfaction. **Meat Science**, v.57, p.359-363, 2001.
- CHOI, Y.M. and KIM, B.C. Review article: Muscle fiber characteristics, myofibrillar protein isoforms, and meat quality. **Livestock Science** v.122, p.105–118, 2009.
- FAUCITANO, L.; CHOUINARD, P. Y.; FORTIN, J.; MANDELL, I. B.; LAFRENIÈRE, C.; GIRARD, C. L. and BERTHIAUME, R. Comparison of alternative beef production systems based on forage finishing or grain-forage diets with or without growth promotants: 2. Meat

quality, fatty acid composition, and overall palatability. **Journal of Animal Science**, v.86, p.1678–1689, 2008.

FISHELL, V. K.; ABERLE, E. D.; JUDGE, M. D. and PERRY, T. W. Palatability and muscle properties of beef as influenced by preslaughter growth rate. **Journal of Animal Science**, v.61, No. 1, 1985.

FRYLINCK, L.; STRYDOM, P.E.; WEBB, E.C.; du TOIT, E. Effect of South African beef production systems on post-mortem muscle energy status and meat quality. **Meat Science**, v.93, p.827–837, 2013.

GEESINK, G. H.; KOOLMEES, P. A.; VAN LAACK, H. L. J. M.; SMULDERS, E. J. M. Determinants of Tenderisation in Beef *Longissimus dorsi* and *Triceps brachii* Muscles. **Meat Science**, v.41, No.1, p.7-17, 1995.

GOÑI, M.V.; BERIAIN, M.J.; INDURAIN, G.; INSAUSTI, K. Predicting *Longissimus dorsi* texture characteristics in beef based on early post-mortem colour measurements. **Meat Science**, v.76, p.38–45, 2007.

GRUBER, S. L.; TATUM, J. D.; SCANGA, J. A.; CHAPMAN, P. L.; SMITH, G. C. and BELK, K. E. Effects of postmortem aging and USDA quality grade on Warner-Bratzler shear force values of seventeen individual beef muscles. **Journal of Animal Science**, v.84, p.3387–3396, 2006.

HWANG, I.H.; PARK, B.Y.; CHO, S.H.; LEE, J.M. Effects of muscle shortening and proteolysis on Warner–Bratzler shear force in beef *Longissimus* and *Semitendinosus*. **Meat Science**, v.68, p.497–505, 2004.

JOO, S.T.; KIM, G.D.; HWANG, Y.H.; RYU, Y.C. Control of fresh meat quality through anipulation of muscle fiber characteristics. **Meat Science**, v.95, p.828-836, 2013.

JUDGE, M. D. and ABERLE, E. D. Effects of chronological age and postmortem aging on thermal shrinkage temperature of bovine intramuscular collagen. **Journal of Animal Science**, v.71, p.54-68, 1982.

KING, D. A.; DIKEMAN, M. E.; WHEELER, T. L.; KASTNER, C. L. and KOOHMARAIE ,M. Chilling and cooking rate effects on some myofibrillar determinants of tenderness of beef. **Journal of Animal Science**, v.81, p.1473–1481, 2003.

LAWRIE, R. A. *Ciência da carne*. 384p. 6 ed. São Paulo: Editora Artmed, 2005.

LEPETIT, J.; GRAJALES, A.; FAVIER, R. Modelling the effect of sarcomere length on collagen thermal shortening in cooked meat: consequence on meat toughness. **Meat Science**, v.54, p.239-250, 2000.

LEPETIT, J. Collagen contribution to meat toughness: Theoretical aspects. **Meat Science**, v.80, p.960–967, 2008.

LIBORIUSSEN, T.; ANDERSEN, B. B.; BUCHTER, L.; KOUSGAARD, K.; MOLLER, A. J. Crossbreeding experiment with beef and dual-puppose sire breeds on Danish Dairy cows.

IV Physical, chemical and palatability characteristics of *Longissimus dorsi* and *Semitendinosus* muscles from crossbred young bulls. **Livestock Production Science**, v.4, p.31- 43, 1977.

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

MANDELL, I.B.; GULLETT, E.A.; WILTON, J.W.; KEMP, R.A.; ALLEN, O.B. Effects of gender and breed on carcass traits, chemical composition, and palatability attributes in Hereford and Simmental bulls and steers. **Livestock Production Science**, v.49, p.235-248, 1997.

McGILCHRIST, P.; ALSTON, C.L.; GARDNER, G.E.; THOMSON, K.L.; PETHICK, D.W. Beef carcasses with larger eye muscle areas, lower ossification scores and improved nutrition have a lower incidence of dark cutting. **Meat Science**, v.92, p.474–480, 2012.

NORMAN, G. A. Effect of breed and nutrition on the productive traits of beef cattle in south-east Brazil: part 3-Meat Quality. **Meat Science**, v.6, p.79-96, 1982.

PEDRÃO, M. R.; LASSANCE, F.; SOUZA, N. E.; MATSUSHITA, M.; TELLES, P. and SHIMOKOMAKI M. Comparison of proximate chemical composition and texture of cupim, *Rhomboideus* m. and lombo, *Longissimus dorsi* m. of Nelore (*Bos indicus*). **Brazilian Archives Of Biology And Technology**, v.52, n.3, p.715-720, May-June 2009.

PFLANZER, S. B. and FELÍCIO, P.E. Effects of teeth maturity and fatness of Nellore (*Bos indicus*) steer carcasses on instrumental and sensory tenderness. **Meat Science** v.83, p.697–701, 2009.

PFLANZER, S. B. and FELÍCIO, P. E. Moisture and fat content, marbling level and color of boneless rib cut from Nellore steers varying in maturity and fatness. **Meat Science**, v.87, p.7–11, 2011.

RAMOS, E. M. e GOMIDE, L. A. M. Avaliação da qualidade de carnes: fundamentos e metodologias., 1ª ed, 1ª reimpressão, 599 p. Editora UFV, Viçosa MG, 2009.

ROBBINS, K.; JENSEN, J.; RYAN, K.J.; HOMCO-RYAN, C.; McKEITH, F.K.; BREWER, M.S Dietary vitamin E supplementation effects on the color and sensory characteristics of enhanced beef steaks. **Meat Science**, v.64, p.279–285, 2003.

SILVA, C.C.G.; REGO, O.A.; SIMÕES, E.R.E.; ROSA, H.J.D. Consumption of high energy maize diets is associated with increased soluble collagen in muscle of Holstein bulls. **Meat Science**, v.86, p.753–757, 2010.

STELZLENI, A. M.; PATTEN, L. E.; JOHNSON, D. D.; CALKINS, C. R. and GWARTNEY, B. L. Benchmarking carcass characteristics and muscles from commercially identified beef and dairy cull cow carcasses for Warner-Bratzler shear force and sensory attributes. **Journal of Animal Science**, v.85, p.2631-2638, 2007.

TAYLOR, R. G.; GEESINK, G. H.; THOMPSON, V.; KOOHMARAIE, F. M. and GOLL, D. E. Is Z-disk degradation responsible for postmortem tenderization? **Journal of Animal Science**, v.73, p.1351-1367, 1995.

THERKILDSEN, M.; HOUBAK, M. B.; BYRNE, D. V. Feeding strategy for improving tenderness has opposite effects in two different muscles. **Meat Science**, v.80, p.1037–1045, 2008.

WHIPPLE, G; KOOHMARAIE, M; DIKEMAN M. E.; CROUSE J. D. Predicting beef-longissimus tenderness from various biochemical and histological muscle traits. **Journal of Animal Science**, v.68, p.4193-4199, 1990.

VESTERGAARD, M.; OKSBJERG, N. and HENCKEL, P. Influence of feeding intensity, grazing and finishing feeding on muscle fibre characteristics and meat colour of *Semitendinosus*, *Longissimus dorsi* and *Supraspinatus* muscles of young bulls. **Meat Science**, v.54, p.177 – 185, 2000.

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

### 3. ARTIGO

## CARACTERÍSTICAS DE MÚSCULOS DE GRUPOS GENÉTICOS DE BOVINOS TERMINADOS EM CONFINAMENTO

### RESUMO

Foram avaliados os *Longissimus dorsi et lumborum* (LTL), *Semitendinosus* (ST) e *Triceps brachii* (TB) obtidos de seis animais ¼ Guzerá ¼ Nelore ½ Simmental (Tri), seis animais ½ Guzerá ½ Nelore (GN) e seis animais ½ Guzerá ½ Holandês (GH), recriados a pasto com suplementação, terminados em confinamento de 82 dias e abatidos aos 24 meses. Foram mensurados o pH<sub>24horas</sub>, a capacidade de retenção de água, luminosidade (L\*), teor de proteína total, extrato etéreo, matéria seca, resíduo mineral fixo, teor de vermelho (a\*), teor de amarelo (b\*), croma (C\*), matiz (H\*), perdas de peso por cozimento, teor de colágeno total e solúvel, índice de fragmentação miofibrilar e força de cisalhamento. Não houve efeito significativo ( $P>0,05$ ) dos grupos genéticos sobre o pH<sub>24horas</sub> do LTL (5,64), do ST (5,72) e TB (5,85). Os valores de pH<sub>24horas</sub> do LTL, referência à carcaça, estiveram dentro do intervalo de normalidade (5,3-5,7). Os grupos genéticos também não influenciaram significativamente o teor de extrato etéreo, os teores de proteína e matéria seca, resíduo mineral fixo, teor de amarelo, o matiz, as perdas de peso por cozimento, o índice de fragmentação miofibrilar, assim como o teor de colágeno total e solúvel. A força de cisalhamento e a capacidade de retenção de água foram, no entanto, influenciados pelos grupos genéticos, observando maior maciez no grupo GH, em relação ao GN. A capacidade de retenção de água apresentou maiores valores para o grupo GN em relação ao grupo GH, o que não demonstrou impacto sobre as principais qualidades comerciais da carne. O teor de vermelho e o croma apresentaram interações entre os grupos genéticos e os músculos estudados, sendo a variação dentro do grupo GH, diferente dos demais grupos genéticos, apresentando valores menores no ST, em relação aos demais grupos genéticos, e, substancialmente, maiores valores no TB em relação aos demais músculos. Comparando-se as características entre os diferentes músculos, foram percebidas diferenças significativas em todos os parâmetros estudados, dentre elas a menor força de cisalhamento do TB, e também do ST em relação ao LTL. Tal fato talvez seja decorrente do maior teor de extrato etéreo, das menores perdas de peso por cozimento do TB e do maior índice de fragmentação miofibrilar do TB e ST. Admite-se, também, que variações em parâmetros, quando comparados LTL, ST e TB entre si, decorram de especificidades anatômicas e fisiológicas dos músculos que os originaram. Conclui-se que, os grupos genéticos apresentaram semelhança em quase todos os parâmetros de qualidade estudados, demonstrando, porém, menores valores de força de cisalhamento para o grupo GH. Foi também representativa a melhor qualidade do TB, medida por parâmetros objetivos, em relação aos demais músculos estudados.

**Palavras-chave:** Guzonel, Guzolando, *Triceps brachii*, *Semitendinosus*, qualidade de carne, força de cisalhamento.

## ABSTRACT

Were tested *Longissimus dorsi et lumborum* (LTL), *Semitendinosus* (ST) e *Triceps brachii* (TB) obtained from six animals  $\frac{1}{4}$ Guzerá  $\frac{1}{4}$ Nellore  $\frac{1}{2}$ Simmental (Tri), six animals  $\frac{1}{2}$ Guzerá  $\frac{1}{2}$ Nellore (GN) and six  $\frac{1}{2}$ Guzerá  $\frac{1}{2}$ Holstein (GH) recreated with pasture supplementation, 82 days in feedlot and slaughtered at 24 months. We measured the pH<sub>24h</sub>, the ability to retain water, lightness (L\*), total protein, ether extract, dry matter, fixed mineral residue, redness (a\*), yellowness (b\*), chroma (C\*), hue (H\*), cooking weight loss, total collagen and soluble, myofibrillar fragmentation index and shear force. There was no significant effect on pH<sub>24h</sub> (P > 0.05) between the genetic groups on the LTL (5.64), ST (5.72) and TB (5.85). The pH<sub>24h</sub> values of LTL, the reference substrate, were within the normal range (5.3 to 5.7). Genetic groups did not significantly influence the content of fat, the protein, dry matter and mineral, the yellowness, the hue, the weight losses by cooking, myofibrillar fragmentation index, as well as the content of total and soluble collagen. The shear force and the water retention capacity were influenced by genetic groups. The GH group was more tenderness than in the GN group. The capacity of water retention was higher in the GN group than in the GH group, which showed no impact on the main commercial qualities of meat. The content of red and chroma showed interactions among genetic groups and the muscles studied, and the variation in the GH group unlike other genetic groups had lower values in the ST and the other genetic groups had substantially higher values for TB compared to other muscles. Comparing the properties of the different muscles, significant differences were observed in all parameters studied, among them the lowest shear force of TB, and also the ST compared to LTL. This fact might be due to the higher content of fat, the less weight loss by cooking the TB and higher myofibrillar fragmentation index of TB and ST. Also it is assumed that variations in parameters when compared LTL, ST and TB among themselves, might be resulting of anatomical and physiological peculiarities of the muscles that originated them. We can conclude that the genetic groups were similar in almost all quality parameters studied, but lower values of shear force on the GH group. Also was relevant the best quality of TB, measured by objective parameters, compared to the other muscles studied.

**Keywords:** Guzonel, Guzolando, *Triceps brachii*, *semitendinosus*, meat quality, shear force.

## INTRODUÇÃO

A pecuária de ciclo curto, com terminação em confinamento, tem sido almejada como maneira de se intensificar a produção e de se elevar a rentabilidade em alguns empreendimentos agropecuários brasileiros, além de contribuir à obtenção de carne com características mais desejáveis. Visando otimizar este sistema, têm sido praticados cruzamentos de raças zebuínas entre si, como Guzerá e Nelore, e a inserção de genética taurina, como Simental, para se explorar ganhos em heterose, complementariedade e melhorias nas características da carne (GAMA et al., 2013; MAGIONNI et al., 2010). Em outro aspecto, há de se mencionar, também, cruzamentos entre raças leiteiras, como Holandês, e raças zebuínas para corte, prevalentes principalmente em bacias leiteiras, nas quais podem representar farta opção de animais com potencial produtivo para corte (ALMEIDA JÚNIOR et al., 2008).

Na pecuária brasileira, historicamente, têm sido dada ênfase em melhorias nos índices zootécnicos e na produtividade, sendo subjetiva a pesquisa de parâmetros químicos e sensoriais da carne, o que, parcialmente, pode comprometer a obtenção de carne para o atendimento de clientes mais exigentes por qualidade.

Deve-se, no entanto, avaliar a carne, considerando-se parâmetros que apresentem relação com sua qualidade e aceitação, como o pH, a capacidade de retenção de água, cor e luminosidade, perda de peso por cozimento, maciez e sua composição química e características físico-químicas de seus componentes estruturais (PFLANZER E FELÍCIO, 2011; SCHÖNFELDT E STRYDOM, 2011; MANCINI e HUNT, 2005). O conhecimento destas características é importante, pois podem refletir o padrão de qualidade da carne dos músculos e grupos genéticos distintos, sendo possível avaliar se há e quais seriam as diferenças nas carnes obtidas do abate destes animais.

A análise da carne proveniente de um único músculo, como o *Longissimus dorsi*, pode não ser uma representação fiel das características de toda uma carcaça, pois existem especificidades anatômicas e fisiológicas (SCHÖNFELDT E STRYDOM, 2011; GRUBER et al., 2006; ARCHILE-CONTRERAS et al., 2010; PROST et al., 1975). Por esta razão, faz-se necessário o estudo de distintos cortes cárneos.

Considerando-se o exposto, esta pesquisa foi conduzida com o objetivo de se avaliar as características de cortes cárneos de grupos genéticos de bovinos terminados em confinamento.

## MATERIAL E MÉTODOS

### Grupos genéticos, manejo dos bovinos e obtenção dos músculos

Foram utilizados 18 animais, seguindo um delineamento inteiramente casualizado (DIC), sendo seis  $\frac{1}{2}$ Guzerá  $\times$   $\frac{1}{2}$ Girolando (GH); seis  $\frac{1}{2}$ Guzerá  $\times$   $\frac{1}{2}$ Nelore (GN) e seis  $\frac{1}{4}$ Guzerá  $\times$   $\frac{1}{4}$ Nelore  $\times$   $\frac{1}{2}$ Simmental (TRI), nascidos em mesma estação de monta, recriados sob as mesmas condições, terminados em confinamento de 82 dias, abatidos com média de 24 meses de idade e peso médio de 526,09 kg por animal. Os animais, previamente tratados contra endo e ectoparasitos, foram alojados em curraletes de 120 m<sup>2</sup> (6 m x 20 m), sem cobertura e com piso sem pavimentação. Foram alimentados com mesma dieta de terminação com relação volumoso:concentrado de 50:50, com base na matéria seca. A dieta (Tabela 1) foi calculada de acordo com o CQBAL 3.0 BR-CORTE®, para atender os requerimentos nutricionais dos animais, objetivando ganho de peso médio diário (GMD) de 1,5 kg/animal, estimando o consumo de matéria seca em 2,5 kg de MS/100 kg de peso corporal.

Tabela 1 – Análise bromatológica dos ingredientes e da dieta.

Ingrediente	MS	PB	EE	FDN	FDA	MM <sup>1</sup>
	%	%MS				
Silagem de sorgo	37,78	6,38	2,73	52,48	25,31	1,77
Concentrado *	88,90	16,02	3,22	13,26	3,85	3,29
Dieta	63,34	11,20	2,97	32,87	14,58	2,53

MS = matéria seca, PB = proteína bruta, EE = extrato etéreo, FDN = fibra em detergente neutro, FDA = fibra em detergente ácido, MM = matéria mineral. \*Composição: milho quebrado (36,13%), sorgo moído (36,13%), farelo de soja (12%), farelo de algodão 38% PB (12%), uréia (0,740%) e <sup>1</sup>núcleo mineral (3%). <sup>1</sup>Composição/kg: Ca= 130 g; P= 40 g; Na= 111 g; S= 20 g; Mg= 94 g; Co= 60 mg; Cu= 650 mg; I= 40 mg; Mn= 520 mg; Se= 9 mg; Zn= 1.960 mg; Fe= 1.120 mg; F= 400 mg; Lasalocida= 500 mg e Virginamicina= 750 mg

Os animais foram alimentados 2 vezes ao dia *ad libitum*, regulado para 5% de sobras.

Ao final do período experimental, os animais passaram por jejum alimentar de 24 horas, foram pesados e abatidos. Suas carcaças, resfriadas por 24 horas em câmara frigorífica a 5°C. Antes da desossa, foi mensurada a espessura da gordura subcutânea (acabamento) entre a 12 e 13<sup>o</sup> costelas, utilizando-se paquímetro graduado em milímetros. Posteriormente, as carcaças foram desossadas, sendo realizado o toailete dos cortes, retirando os excessos de tecido adiposo e tecido conectivo. Foram retiradas amostras dos músculos *Longissimus dorsi et lumborum* (LTL) na região entre a 12<sup>a</sup> e a 13<sup>a</sup> costela e *Triceps brachii* (TB) e *Semitendinosus* (ST) na região mediana de maior diâmetro da peça muscular.

## **Análises instrumentais e físico-químicas**

### **Mensuração do pH**

Utilizou-se alíquotas de dois gramas de cada amostra, homogeneizadas em 20 mL de água deionizada, sendo imediatamente realizada a leitura em potenciômetro previamente calibrado com soluções padrão (BRASIL, 2008).

### **Capacidade de retenção de água**

Logo após a retirada das amostras, a capacidade de retenção de água foi obtida pelo método de pressão em papel-filtro, adaptando-se o método de RAMOS e GOMIDE (2009). As amostras, em cubos de aproximadamente 0,5 g, foram dispostas sob papel filtro, prensadas entre placas de acrílico durante 5 minutos, com o uso de pesos de 10 kg. Após a prensagem, o material residual foi retirado do papel filtro com uso de uma lâmina e rapidamente pesado. As perdas de peso por pressão foram obtidas a partir do cálculo da porcentagem do peso final em relação ao peso inicial da amostra.

### **Composição química**

As amostras foram trituradas e homogeneizadas a fresco e analisada a umidade (Método 934.01; AOAC, 1990), proteína (Método 920.85; AOAC, 1990), estrato etéreo (EE; Método 920.85; AOAC, 1990), e cinzas (Método 924.05; AOAC, 1990) a fim de determinar a composição química dos bifés.

### **Análise instrumental da cor**

Cor objetiva foi medida em 5 locais na superfície de cada bife (2,54 cm de espessura), utilizando-se colorímetro Chroma Meter CR-400 (Konica Minolta, Japão). As seguintes definições foram usadas: iluminante D65 para os valores de CIE L\* a\* e b\* e ângulo padrão de observação de 10°. Os valores obtidos no sistema CIE L\* a\* e b\* geraram um valor médio para cada bife. A calibração do instrumento foi feita antes do uso, conforme recomendação do fabricante. Calculou-se o croma (C) pela equação:  $C = (a^{*2} + b^{*2})^{1/2}$ . O matiz, ou tonalidade

cromática, foi calculado pela equação do ângulo Hue ( $H^\circ$ ):  $H^\circ = \tan^{-1} b^*/a^*$  (AMSA, 2012; Konica Minolta Sensing, 2007).

### **Índice de fragmentação miofibrilar**

O índice de fragmentação miofibrilar foi determinado no do músculo fresco, de acordo com OLSON et al. (1976), modificado por CULLER et al. (1978). A concentração de proteínas da suspensão de miofibrilas foi determinada por método de Biureto (GORNALL et al., 1945). Alíquotas da suspensão de miofibrilas foram diluídas com um isolamento médio para corrigir a concentração de proteínas em  $0,5 \pm 0,05$  ml/ml. A suspensão miofibrilar diluída foi agitada e vertida em uma cubeta e a absorvância desta suspensão, medida, imediatamente, a 540 nm. A absorvância foi multiplicada por 200 para dar um IMF para cada amostra.

### **Teor de colágeno total e solúvel**

O procedimento utilizado para determinar o teor de colágeno e solubilidade foram tomados a partir HADLICH et al. (2006), modificado a partir da metodologia de WOESSNER (1961), com pequenos ajustes. Amostras em duplicata (5,0 g), a partir de cada bife pulverizado, foram colocadas em tubos de ensaio de centrífuga descartáveis de 50 ml. Para cada tubo, 20 ml de ddH<sub>2</sub>O foi adicionado. Os tubos foram, então, tapados e colocados em Banho Maria a 80°C, durante 120 min. Os tubos foram, então, arrefecidos a 4°C durante 15 min e depois centrifugados durante 20 min a  $27,216 \times g$  a 2°C, usando um rotor JA-17 (Beckman Coulter, Fullerton, CA), em centrífuga Avanti J-25 (Beckman Coulter, Fullerton, CA). Sobrenadantes foram decantados para um frasco de cozimento com cinco ml de ddH<sub>2</sub>O, sendo adicionado ao sedimento residual da carne, misturado e vertido, individualmente, em novos frascos de cozimento. Cinco mililitros de ddH<sub>2</sub>O foram utilizados para enxaguar o tubo de teste do pelete remanescente e esta foi adicionada ao frasco residual. Trinta mililitros de ácido clorídrico (HCl 6 N) foi adicionado a cada sobrenadante combinado e 50ml do mesmo ácido a cada um dos frascos residuais. Os frascos foram selados e hidrolisados a 120°C a 1 atm durante 4 h em autoclave (CROSS et al., 1973). O sobrenadante e residual hidrolisados foram filtrados em papel de filtro (#2) e diluídos (1:25 e 1:50, respectivamente) em ddH<sub>2</sub>O. O pH das amostras filtradas foi ajustado para 6,0 com NaOH 2N. Dois mililitros de cada um dos filtrados neutralizados foram adicionados a tubos de ensaio individuais. Para todos os tubos, 1 ml de uma solução oxidante (1,41 g de cloramina T dissolvido em 100 ml de solução tampão,

30,0 g de ácido cítrico mono-hidrato, 15,0 g de NaOH, 90 g de acetato de sódio trihidrato, dissolvido em 500 ml ddH<sub>2</sub>O, e, em seguida, colocado em um balão volumétrico de 1L com 290 ml propanol) foi adicionado. Depois, os tubos descansaram por 20 minutos em temperatura ambiente, 1 ml de cor de reagente (5 g de 4- dimetilbenzaldeído, 20 ml propanol, de 9 ml de ácido perclórico 60%) foi adicionado a cada tubo. As amostras foram centrifugadas (vórtexzadas), cobertas com folha de alumínio e colocadas num banho de água a 60°C por 15min. Tubos foram removidos, descobertos e deixados arrefecer a temperatura ambiente. Amostras foram, então, transferidas para cubetas e lidas em espectrofotômetro a 560 nm.

Para determinar o conteúdo de colágeno real, a quantidade de hidroxiprolina foi multiplicada por 7,52 para o sobrenadante, e de 7,25 para o resíduo (CROSS et al., 1973), e, em seguida, dividido por 1000 para se obter o conteúdo de colágeno sobrenadante e residual insolúvel. Colágeno total (mg de colágeno / g de carne), foi definida como o colágeno solúvel somado ao colágeno insolúvel, e a porcentagem de solubilidade foi calculada como o colágeno solúvel dividido pelo total de colágeno, multiplicado por 100.

### **Força de cisalhamento – Warner e Bratzler**

A força de cisalhamento foi medida em bifes descongelados a 4°C por 24 h e assado em Forno elétrico (Layr, Luxo Inox) pré-aquecido a 150°C. A temperatura interna dos bifes foram monitorada por termopares constatan de cobre calibre 20 (Omega Engineering, Stamford, CT), inserido no centro geométrico aproximado de cada bife e ligado a um monitor digital. Quando a temperatura interna dos bifes atingiu 35°C, os mesmos foram virados e deixou-se atingir uma temperatura interna de 70°C, antes da remoção do forno. Os bifes assados foram arrefecidos por 24 h a 4°C (AMSA, 1995). Oito núcleos circulares (1,27 cm de diâmetro) foram retirados de cada bife paralelo ao longo do eixo das fibras musculares (AMSA, 1995). Cada núcleo foi cortado uma vez próximo ao centro, perpendicularmente à direção da fibra por uma máquina de cizalhar Warner-Bratzler (G-R Manufacturing Company, Manhattan, KS, USA).

### **Perdas de peso por cozimento**

As perdas de peso por cozimento foram avaliadas nos bifes que foram utilizados na medição da força de cisalhamento. As perdas no cozimento foram registradas após os bifes serem

assados em forno. Os valores de perdas foram calculados como a diferença entre o peso das carnes antes e depois de grelhadas em forno.

### **Análises estatísticas**

Uma análise de variância (ANOVA) foi realizada para as características de qualidade de carne, sendo os tratamentos compostos pelos grupos genéticos e músculos, em um esquema de parcela subdividida com fatorial 3 (grupos genéticos)  $\times$  3 (músculo). Neste caso, o modelo linear utilizado para a ANOVA contemplava os efeitos fixos de grupos genéticos, músculo e suas interações, além do efeito aleatório de animal dentro dos grupos genéticos. As ANOVAs dos dados foram realizadas utilizando o procedimento MIXED do SAS (SAS, 2008; versão 9.2). O teste *Tukey* foi aplicado para discriminar as médias de quadrados mínimos quando efeitos significativos ( $P \leq 0,05$ ) foram detectados na ANOVA.

Para verificar as relações entre as variáveis estudadas, uma análise de correlação de *Pearson* foi realizada. As análises de correlação foram realizadas para os dados brutos (sem ajuste) e para os resíduos (dados ajustados para o modelo). Para isso, o procedimento CORR do SAS foi utilizado. Correlações foram consideradas significativas quando o valor da probabilidade foi menor ou igual a 5%.

## RESULTADOS E DISCUSSÃO

### Grupos genéticos e características da carne

De forma geral, os resultados das análises realizadas não apresentaram diferenças entre os grupos genéticos (Tabela 2), sendo observadas diferenças sobre a capacidade de retenção de água e a maciez medida pela força de cisalhamento.

Observou-se uma menor capacidade de retenção de água nas amostras de músculos do grupo GN ( $P < 0,05$ ), sendo intermediária no grupo TRI e os menores valores sendo observados no grupo GH. A capacidade de retenção de água apresentou correlações com as perdas de peso por cozimento e com o colágeno total e o colágeno solúvel, não se correlacionando com o pH e a força de cisalhamento, como observado por WARNER et al. (2010), sendo, segundo CHOI E KIM (2009) maiores valores de capacidade de retenção de água, associados com a maior composição em fibras oxidativas.

Com relação ao  $pH_{24horas}$  do LTL, obtido entre 12° e 13° costelas, padrão para análises de pH de carcaça, considera-se que nenhuma das carcaças apresentou valores anormais, tendo em vista que as médias estiveram dentro do intervalo de 5,3 a 5,7 (McGILCHRIST, 2012), somando-se a este fato, que a luminosidade dos cortes cárneos condissse com os limites observados na literatura, dentre o intervalo de  $L^* = 40$  a  $L^* = 50$  (BOLFE et al., 2012; RAMOS E GOMIDE, 2009; ABRIL et al., 2001). Desta forma, mesmo havendo diferenças dos grupos genéticos sobre a capacidade de retenção de água, conforme observado, ainda, assim, há de se considerar que os valores são normais para a carne bovina (RAMOS E GOMIDE, 2009).

Os valores de força de cisalhamento foram menores no grupo GH ( $P < 0,05$ ), intermediários no grupo TRI, não se diferenciando dos demais, e significativamente maiores para o grupo GN.

Segundo GIRARD et al. (2012), os dois componentes principais de carne são as miofibrilas e o tecido conjuntivo, os quais são considerados os principais determinantes da sua força de cisalhamento. No entanto, nenhuma dentre estas variáveis apresentou diferenças entre os grupos genéticos. Porém, este resultado é observado na literatura para o efeito de cruzamento entre raças zebuínas e taurinas (GOLL et al., 2008; RUBENSAM et al., 1998).

JOO et al. (2013) propõem que maciez da carne é principalmente afetada pela quantidade e solubilidade do tecido conjuntivo. Contrariamente a isto, na presente pesquisa, não foram observadas correlações entre as medições de colágeno e a força de cisalhamento,

talvez devido aos efeitos da temperatura de cozimento sobre as moléculas de colágeno (GEESINK et al., 1995; LEPETIT, 2008).

Porém, são observadas correlações significativas entre a força de cisalhamento e algumas das variáveis estudadas, como  $\text{pH}_{24\text{horas}}$ , estrato etéreo, perdas de peso por cozimento e o índice de fragmentação miofibrilar.

Também DAVIS et al. (1979), estudando carcaças de mesmas classificações USDA, de animais com mesma idade, sexo, nutrição, exercício físico, estresse, temperatura de conservação, duração de maturação e método de cozimento, observaram variação da maciez da carne, concordando com o presente trabalho. Estes autores demonstraram ainda que, entre as principais variáveis correlacionadas com a força de cisalhamento, estão o índice de fragmentação, o conteúdo de lipídios e as perdas de peso por cozimento.

GEESINK et al. (1995) e BELTRÁN et al. (1997), observaram que o  $\text{pH}$  *post mortem* exerce um efeito altamente significativo sobre os parâmetros instrumentais e sensoriais relacionados com a maciez e qualidade da carne, quanto maior o  $\text{pH}_{24\text{horas}}$ , mais macia e succulenta a carne. Parte desta maior maciez é dirigida da maior atividade das calpaínas em valores de  $\text{pH}$  superiores e consequente fragmentação miofibrilar.

Mesmo não havendo diferenças significativas para os valores de índice de fragmentação na presente pesquisa, esta é uma variável chave na variação da maciez entre os grupos genéticos estudados. Segundo CALKINS E DAVIS (1980) e WHIPPLE et al. (1990A), a fragmentação miofibrilar é responsável por 56,6% e 50,0%, respectivamente, da variação observada no valor da força de cisalhamento do LTL fresco.

Os sistemas de enzimas proteases *in vivo*, são relatados por CALKINS E SEIDEMAN (1988), como diferencial entre animais e oportunidade para seleção genética e manipulação do crescimento. Segundo JOO et al. (2013) e XIONG et al. (2007), fibras rápidas, tipo II (glicolíticas) são mais suscetíveis à rápida degradação proteolítica *post mortem* que fibras lentas tipo I (oxidativas). Assim, a seleção de animais para aumentar a taxa de crescimento e teor de carne magra, muda o metabolismo muscular oxidativo, para músculos com maiores proporções de fibras glicolíticas, ou seja, tipo menos vermelho, mais branco, com maior proporção calpaina/calpastatina (OUALI E TALMANT, 1990).

Assim, como na presente pesquisa, WHIPPLE et al. (1990b) e RUBENSAM et al. (1998), observam uma menor maciez em bovinos com maior grau de sangue zebuíno. Estes autores concluem este estar correlacionado com a menor taxa de proteólise *post mortem*, como efeito de uma maior atividade do inibidor de calpaínas, a calpastatina.

Diferenças na deposição de gordura entre as grupos genéticos são observadas por MANDELL et al. (1997) e LIBORIUSSEN et al. (1977). Tais autores, assim como PFLANZER E FELÍCIO (2009; 2011) e DAVIS et al. (1979) observaram a profunda correlação entre o grau de acabamento da carcaça e o conteúdo de lipídios, com a maciez da carne, observando graus de acabamentos superiores como melhoradores da maciez.

Observa-se, na presente pesquisa, baixos valores médios de lipídios em todos os grupos genéticos, estando estes conteúdos de lipídios correlacionados com a maciez da carne. HOCQUETTE et al. (2010) e HWANG et al. (2010) observam que fibras vermelhas (oxidativas), possuem maior complexidade metabólica, contendo maiores teores de fosfolipídios e triglicerídeos na composição de suas membranas. Tendo como base o princípio disposto por JOO et al. (2013) em relação à seleção para ganho de peso e carne magra, e conseqüentemente, maior proporção de fibras glicolíticas, é observada a influência (correlação) desta composição com a força de cisalhamento na presente pesquisa.

MANDELL et al. (1997) também observaram que as perdas de peso por cozimento, são negativamente correlacionadas com maciez. Estes autores afirmam que esta ocorrência seja, provavelmente, devido a um menor teor de matéria seca em músculos com maiores perdas. As perdas de peso por cozimento também são demonstradas por GIRARD et al. (2012) como fator influenciador da força de cisalhamento, sendo, segundo estes autores, um forte indicativo de desnaturação das proteínas.

A observação da interação entre os valores de  $a^*$  para os músculos em diferentes grupos genéticos (Tabela 3), e, conseqüentemente, a interação dos valores de Cromo (altamente correlacionados), pode ser atribuída, basicamente, às diferenças na composição dos músculos em termos de fibras para os diferentes grupos genéticos (JOO et al., 2013; HWANG et al., 2010). Isto, por que o teor de vermelho ( $a^*$ ) é fundamentalmente a presença da hemoglobina, a qual depende da fisiologia do músculo, sendo presente em fibras musculares com metabolismo oxidativo (LEE et al., 2010). Desta forma, é possível se estabelecer que, entre os grupos genéticos, o GH possua menor proporção de fibras oxidativas (maior proporção de fibras glicolíticas) em seu músculo ST.

A presença de menor teor de vermelho ( $P < 0,05$ ) no ST dos animais GH, pode ser conseqüência de diferenças entre raças, como demonstrado por LIBORIUSSEN et al. (1977), já que tais animais tinham mesma alimentação e sistema de criação (LEE et al., 2010; MANCINI E HUNT, 2005; VESTERGAARD et al., 2000). Desta forma, a variação em termos de raça, deve representar a seleção de animais para aumento da taxa de crescimento e

teor de carne magra, o que é capaz de alterar o metabolismo muscular, de vermelho (oxidativo) para branco (glicolítico) (FRYLINCK et al., 2013; JOO et al., 2013).

Considerando-se os músculos, observa-se diferentes variações para o grupo GH em relação aos grupos GN e TRI. Observando-se que o grupo GN apresentou menores proporções de fibras vermelhas no LTL (menor valor de  $a^*$ ), o grupo GH apresentou menores valores, também, no músculo ST, e valor substancialmente superior no TB. Pela observação das variações, é possível concluir-se que a diferenciação, em termos de fibras, é resultado do uso da musculatura (FRYLINCK et al., 2013; MANCINI E HUNT, 2005), onde o LTL apresentou, sempre, a tendência de menores valores. Porém, no grupo GH, talvez pela sua conformação de carcaça, apresentando maior uso da musculatura do dianteiro, e conseqüentemente, maior deposição de fibras oxidativas devido ao seu maior esforço para locomoção, resultando em um teor de vermelho significativamente maior no TB e significativamente menor no ST destes animais.

### **Comparações entre os músculos**

A comparação entre os músculos (Tabela 2) evidencia as diferenças em suas constituições químicas e teciduais, muitas das quais conseqüências das características anatômicas e fisiológicas peculiares dos músculos *in vivo* (SCHÖNFELDT E STRYDOM, 2011; GRUBER et al., 2006).

A normalidade dos valores de  $pH_{24horas}$  para o LTL permite inferir que os animais, provavelmente, não tenham sofrido estresse pré-abate em nível suficiente para influenciar a desejável conversão de músculo em carne (RAMOS E GOMIDE, 2009), resultando em carnes normais, tanto no que se refere a cor, luminosidade, capacidade de retenção de água e perdas de peso por cozimento.

Entretanto, embora o LTL tenha apresentado valores de  $pH_{24horas}$  considerados normais (pH: 5,3 a 5,7), os músculos ST e TB apresentaram médias superiores, algumas das quais, inclusive, maiores que o limite máximo da normalidade (5,7), fato também observado por HILDRUM et al. (2009). Estas diferenças são justificadas segundo JOO et al. (2013) e HWANG et al. (2010), pela maior extensão da glicólise em músculos com fibras predominantemente glicolíticas, como esperado para o LTL.

Tabela 2- Análise de variâncias das características de qualidade de carne de bovinos, considerando-se os grupos genéticos e músculos.

Variável	Grupos genéticos			EPM	Valor de <i>P</i>	Músculo			EPM	Valor de <i>P</i>
	GH	TRI	GN			LTL	ST	TB		
pH24h	5,8	5,8	5,7	0,07	0,73	5,6 <sup>c</sup>	5,8 <sup>b</sup>	5,9 <sup>a</sup>	0,06	<0,01
CRA	65,1 <sup>b</sup>	63,2 <sup>ab</sup>	61,7 <sup>a</sup>	0,88	0,05	66,6 <sup>b</sup>	59,1 <sup>a</sup>	64,4 <sup>b</sup>	0,88	<0,01
L*	43,6	42,1	43,1	0,49	0,12	41,8 <sup>b</sup>	45,2 <sup>a</sup>	41,8 <sup>b</sup>	0,37	<0,01
PPC	24,9	25,5	24,1	0,82	0,48	24,2 <sup>b</sup>	27,6 <sup>a</sup>	22,7 <sup>b</sup>	0,77	<0,01
b*	15,2	15,3	18,4	0,34	0,34	1,6 <sup>b</sup>	1,2 <sup>b</sup>	0,08 <sup>a</sup>	0,16	<0,01
H°	0,1	0,1	0,1	0,01	0,46	0,12 <sup>b</sup>	0,09 <sup>b</sup>	0,14 <sup>a</sup>	0,01	0,02
MS	25,2	25,4	25,9	0,27	0,15	26,1 <sup>a</sup>	25,8 <sup>a</sup>	24,6 <sup>b</sup>	0,23	<0,01
PB	22,3	22,7	23,0	0,29	0,27	23,4 <sup>a</sup>	23,1 <sup>a</sup>	21,6 <sup>b</sup>	0,22	<0,01
EE	1,0	0,8	1,0	0,08	0,33	0,86 <sup>b</sup>	0,74 <sup>b</sup>	1,22 <sup>a</sup>	0,08	<0,01
CINZA	1,2	1,1	1,2	0,01	0,08	1,18 <sup>b</sup>	1,22 <sup>a</sup>	1,09 <sup>c</sup>	0,01	<0,01
IFM	44,1	50,4	45,8	3,60	0,46	37,8 <sup>b</sup>	53,4 <sup>a</sup>	49,1 <sup>a</sup>	3,50	<0,01
CoTo	0,8	0,8	0,8	0,05	0,96	0,68 <sup>b</sup>	0,82 <sup>a</sup>	0,80 <sup>a</sup>	0,04	0,05
CoSo	63,7	62,8	61,2	1,14	0,33	64,6 <sup>a</sup>	58,0 <sup>b</sup>	65,1 <sup>a</sup>	1,14	<0,01
FC	3,8 <sup>b</sup>	4,0 <sup>ab</sup>	4,3 <sup>a</sup>	0,11	0,03	4,9 <sup>a</sup>	4,3 <sup>b</sup>	2,8 <sup>c</sup>	0,11	<0,01

pH24h = pH as 24 horas; CRA = capacidade de retenção de água; L\* = luminosidade; PPC = perdas por cozimento; b\* = teor de vermelho; H° = matiz; MS = matéria seca; PB = proteína bruta; EE = estrato etéreo; CINZA = resíduo mineral fixo; IFM = índice de fragmentação miofibrilar; CoTo = colágeno total; CoSo = colágeno solúvel; FC = força de cisalhamento; GH = ½Guzerá, ½Girolando; TRI = ¼Guzerá, ¼Nelore, ½Simmental; GN = ½Guzerá, ½Nelore; LTL = *Longissimus toracis et lumborum*; ST = *Semitendinosus*; TB = *Triceps brachii*; EPM = erro padrão da média. Médias na mesma linha seguidas de letras diferentes diferem estatisticamente segundo seu respectivo valor de *P*.

Tabela 3. Análise de variâncias do teor de vermelho (a\*) e croma (C\*), com estudo das interações entre grupos genéticos e músculos.

Grupo genético	Músculo			EPM
	LTL	ST	TB	
Valor de a*				
GN	13,2 <sup>bA</sup>	14,9 <sup>aA</sup>	14,1 <sup>aA</sup>	0,39
TRI	13,9 <sup>aA</sup>	14,4 <sup>aA</sup>	14,5 <sup>aA</sup>	0,39
GH	13,1 <sup>bA</sup>	13,1 <sup>bB</sup>	15,0 <sup>aA</sup>	0,39
Croma				
GN	13,3 <sup>bA</sup>	14,9 <sup>aA</sup>	14,3 <sup>aA</sup>	0,36
TRI	14,0 <sup>aA</sup>	14,4 <sup>aA</sup>	14,6 <sup>aA</sup>	0,36
GH	13,2 <sup>bA</sup>	13,2 <sup>bB</sup>	15,2 <sup>aA</sup>	0,36

GH = ½Guzerá, ½Girolando; TRI = ¼Guzerá, ¼Nelore, ½Simmental; GN = ½Guzerá, ½Nelore; LTL = *Longissimus toracis et lumborum*; ST = *Semitendinosus*; TB = *Triceps brachii*; EPM = erro padrão da média. Médias na mesma linha seguidas de letras minúsculas diferentes diferem estatisticamente ( $P < 0,05$ ), médias na mesma coluna seguidas de letras maiúsculas diferentes diferem estatisticamente ( $P < 0,05$ ).

Os valores de  $pH_{24\text{horas}}$  do LTL, ST e TB desta pesquisa, apresentaram similaridade com aqueles obtidos por BRUGIAPAGLIA E DESTEFANIS (2012), BOLFE et al. (2012), VESTERGAARD et al. (2000), ALLINGHAM et al. (1998) e PUGA et al. (1999).

A capacidade de retenção de água também apresentou diferenças entre os músculos, sendo menor no ST em relação aos demais músculos. Este parâmetro se mostrou correlacionado com as medidas de cor ( $L^*$ ,  $a^*$ ,  $b^*$ ,  $H^*$  e  $C^*$ ), podendo, assim, ser fonte de variação na decisão de compra pelos consumidores (MANCINI E HUNT, 2005).

A luminosidade dos diferentes músculos encontra-se dentro do intervalo normal apresentado na literatura, de  $L^*=40$  a  $L^*=50$  (BOLFE et al., 2012; BRUGIAPAGLIA E DESTEFANIS, 2012; ABRIL et al., 2001).

Porém, os valores observados por BRESSAN et al. (2011) e FERNANDES et al. (2008) se apresentam abaixo dos aqui relatados, observando-se que estes autores obtiveram valores de pH superiores aos da presente pesquisa. Assim é possível, também, se evidenciar a relação estreita entre os valores de luminosidade com o pH e a capacidade de retenção de água (RAMOS E GOMIDE, 2009; MANCINI E HUNT, 2005).

Admite-se que os valores para estes parâmetros obtidos nesta pesquisa, independente de variações, estejam todos dentro do intervalo de normalidade da carne. Entretanto, mesmo havendo normalidade, há de mencionar algumas situações que fugiram àquela regra, como, por exemplo, o ST, com maior pH, apresentar maior luminosidade.

No presente trabalho, foi observado menor teor de amarelo ( $b^*$ ) no TB ( $P<0,05$ ) em relação aos demais músculos, tal como relatado por BRUGIAPAGLIA E DESTEFANIS (2012). O teor de amarelo ( $b^*$ ), de forma geral, foi inferior aos relatados na literatura (BRUGIAPAGLIA E DESTEFANIS, 2012; BRESSAN et al., 2011; HILDRUM et al., 2009; VESTERGAARD et al., 2000; PUGA et al., 1999; ALLINGHAM et al., 1998). Entretanto, o teor de amarelo ( $b^*$ ) no TB, demonstram estar acima dos valores encontrados por PUGA et al. (1999).

Da mesma forma, foi observado menores valores de matiz ( $H^*$ ) para o TB, concordando com a pesquisa desenvolvida por GOÑI et al. (2007), na qual diferentes valores foram evidenciados. De forma geral, os presentes valores se apresentaram abaixo dos observados por APPLE et al. (2014), ou seja, coloração mais vermelha.

Os valores de croma ( $C^*$ ) também se apresentaram abaixo dos observados por APPLE et al. (2014) e em relação ao ST, na pesquisa de ROBBINS et al. (2003), produzindo menor saturação da cor na presente pesquisa.

As perdas por cozimento foram maiores que os valores apresentados por HWANG et al. (2004) e próximo aos encontrados por ALLINGHAM et al. (1998) para o LTL. Porém, os valores encontrados para a presente pesquisa, são maiores ( $P < 0,01$ ) no ST em relação ao LTL de ambos os trabalhos. HWANG et al. (2004) também observaram maiores perdas no ST que no LTL, assim como foi observado na presente pesquisa para o LTL e TB. As perdas de peso por cozimento apresentaram correlação com a força de cisalhamento e pH, demonstrando que músculos com menor capacidade de manutenção de líquidos foram mais resistentes ao corte (PFLANZER E FELÍCIO, 2009).

A composição química da carne, na qual proteínas são o principal componente da matéria-seca, pode ser influenciada pelo quantitativo de tecido adiposo (PFLANZER E FELÍCIO, 2011; BRESSAN et al., 2011). A relação entre proteína e gordura, dada, também, a afinidade de cada pela água, influencia alguns parâmetros de qualidade da carne, como as perdas de peso por cozimento, capacidade de retenção de água, o teor de resíduo mineral fixo, a luminosidade e a força de cisalhamento (RAMOS e GOMIDE, 2009). Em um músculo, a gordura pode estar presente somente no miócito, e, também, nos espaços extracelulares, podendo estas últimas formar o efeito sensorial denominado por marmoreio.

Conforme HOCQUETTE et al. (2009), quando o quantitativo de extrato etéreo é inferior a  $2,5\text{g}\cdot 100\text{g}^{-1}$ , não há impacto ou presença da gordura marmorizada, representando esta fração a composição biológica da célula. Por esta consideração, admite-se que o teor de extrato etéreo dos três músculos estudados se deve à composição normal dos miócitos. Há de ressaltar, porém, que dentre estes cortes houve maior teor de extrato etéreo no TB. Conforme HOCQUETTE et al. (2009) e JOO et al. (2013), maiores teores de extrato etéreo geralmente ocorrem em cortes provenientes de músculos com maior quantidade de fibras oxidativas, como o *Triceps brachii*, na decorrência do maior conteúdo de fosfolipídios e triglicerídeos de membranas.

Na presente pesquisa, não houve diferença na composição química entre LTL e ST, diferentemente do trabalho de LIBORIUSSEN et al. (1977), que observaram LTL com maiores valores de matéria seca e lipídios que os ST.

O conteúdo de extrato etéreo do LTL é menor que o valor relatado por MAGGIONI (2009), para diferentes cruzamentos Nelore x taurinos, e por MAGGIONI et al. (2010), em diferentes graus de sangue Nelore x taurinos. Porém, estes autores também não observaram quantitativos superiores que  $2,0\text{g}\cdot 100\text{g}^{-1}$ . Para o teor de extrato etéreo no LTL, ST e TB, os valores foram menores que os observados por BRUAS-REIGNIER E BRUN-BELLUT

(1996) em Holandês e superiores aos relatados por BRUGIAPAGLIA E DESTEFANIS (2012), em animais da raça Piemontês.

Variações nos quantitativos de proteína e extrato etéreo, em diferentes cortes cárneos, são encontradas na literatura, das quais os dados desta pesquisa mostram similaridade (BRUGIAPAGLIA E DESTEFANIS, 2012; MAGGIONI et al., 2010; BRUAS-REIGNIER E BRUN-BELLUT, 1996).

Na presente pesquisa, são observados menores valores do índice de fragmentação miofibrilar do LTL em relação aos demais músculos. Tal constatação vai contra o princípio da presença de uma maior relação calpaína/calpastatina em fibras glicolíticas, sendo as principais componentes do LTL de bovinos (OUALI E TALMANT, 1990; WHIPPLE et al., 1990b).

Porém, observa-se que o índice de fragmentação miofibrilar apresentou correlação positiva com os valores de pH, o que é resultado da maior atividade das enzimas proteolíticas nos músculos com maiores valores de pH (WHIPPLE et al., 1990a; CALKINS E SEIDEMAN, 1988). Também JOO et al. (2013) reportam que as carcaças com menor pH muscular teriam carne menos macias.

A esta variabilidade, é observado, ainda, por THERKILDSEN et al. (2008), que o máximo *turnover* proteico pode ocorrer em momentos diferentes para os músculos em uma carcaça. Assim, um músculo pode apresentar diferentes valores de maciez e desenvolver diferentes níveis de fragmentação miofibrilar *post mortem*.

Diferentes quantitativos de colágeno total entre diferentes músculos (SCHÖNFELDT E STRYDOME, 2011; SILVA et al., 2010; PURSLOW, 2005; BRUAS-REIGNIER E BRUN-BELLUT, 1996), foram observados na presente pesquisa, sendo que o LTL demonstrou possuir menor quantidade de colágeno em sua composição. Observação esta, condizente com a idéia de que este músculo não exerce trabalho comparável ao dos demais, durante a movimentação. E, ainda, segundo JOO et al. (2013), músculos de contração lenta (fibras oxidativas) apresentam maiores teores de colágeno.

Sendo a fração solúvel do colágeno a mais susceptível à proteólise, seu nível depende da taxa de *turnover*, ocorrendo em cada músculo no momento do abate (PURSLOW et al., 2012). Na presente pesquisa, a solubilidade do colágeno foi menor no ST em relação aos demais músculos estudados, o que condiz com os resultados apresentados por ARCHILE-CONTRERAS et al. (2010). Desta forma, conclui-se que, além de um teor mais alto de colágeno em relação ao LTL, o ST possui uma menor solubilidade entre os músculos estudados, o que lhe garante uma maior rigidez devido à maior porcentagem de ligações cruzadas (ARCHILE-CONTRERAS et al., 2010; SILVA et al., 2010).

É interessante observar a inexistência de correlações entre os parâmetros de colágeno e a força de cisalhamento, concluindo-se que este diferencial na constituição do músculo não apresentou influência sobre a maciez (SILVA et al., 2010; LEPETIT, 2008; JUDGE E ABERLE, 1982).

Observou-se menor força de cisalhamento para o TB e maior para o LTL, sendo o ST intermediário. Menores valores de força de cisalhamento do TB em relação ao LTL também foram relatados por HILDRUM et al. (2009) e GRUBER et al. (2006), sendo que estes últimos relatam o LTL com maior força de cisalhamento que o ST. Entretanto, estes resultados diferem dos encontrados por HWANG et al. (2004), que não observaram diferenças entre os valores de força de cisalhamento entre LTL e ST resfriados a 5°C e de PROST (1975), que observou o ST mais macio que o TB para novilhos jovens.

Observa-se, assim, que a maciez de cortes é bastante variável e suscetível à ampla gama de fatores e suas interações.

Deste modo, pode-se apontar o TB como beneficiado por características como menores perdas de peso por cozimento, maior estrato etéreo e maior índice de fragmentação, assim como o ST foi beneficiado pelo maior índice de fragmentação. Porém, o LTL foi prejudicado pelo encurtamento dos sarcômeros, sendo a força de cisalhamento correlacionada com estas características.

### **Considerações finais**

Foram constatadas diferenças em todos os parâmetros quando comparados os diferentes músculos. Entretanto, mesmo havendo estas variações, admite-se que elas se enquadram nos intervalos normais observados na literatura e que, provavelmente, tenham pouco efeito prático na aceitação ou rejeição dos cortes pelo consumidor.

Considera-se que produzir animais dos genótipos  $\frac{1}{2}$ Guzerá,  $\frac{1}{2}$ Girolando (GH), resultará em obtenção de carne substancialmente mais macia que a produção de animais  $\frac{1}{2}$ Guzerá,  $\frac{1}{2}$ Nelore (GN), em condições semelhantes às aqui estabelecidas, incluindo-se terminação em confinamento. Sendo assim, entende-se que, além de parâmetros como avaliação de desempenho e índices zootécnicos, os valores de força de cisalhamento são diferenciais na escolha entre os grupos genéticos estudados.

## CONCLUSÃO

Conclui-se que o grupo genético  $\frac{1}{2}$ Guzerá,  $\frac{1}{2}$ Holandês produziu carne mais macia que o grupo  $\frac{1}{2}$ Guzerá,  $\frac{1}{2}$ Nelore, terminados em confinamento, sendo este um dos principais parâmetros que mantém correlação com qualidade e aceitação da carne. Porém, a pesquisa dos demais parâmetros, constituintes da qualidade da carne, não apresentou diferenças entre os grupos genéticos.

Comparando-se diferentes músculos entre si, foram observadas variações em todos os parâmetros de qualidade, os quais principalmente influenciados pelas especificidades anatômicas e fisiológicas dos músculos de origem.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ABRIL, M.; CAMPO, M.M.; ÖNENÇ, A.; SAÑUDO, C.; ALBERTI, P.; NEGUERUELA, A.I. Beef colour evolution as a function of ultimate pH. **Meat Science**, v.58, p.69-78, 2001.
- APPLE, J. K.; MACHETE, J. B.; STACKHOUSE, R. J.; JOHNSON, T. M.; KEYS, C. A.; YANCEY, J. W.S. Color stability and tenderness variations within the gluteus medius from beef top sirloin butts. **Meat Science**, v.96, p.56-64, 2014.
- ALLINGHAM, P. G.; HARPER, G. S.; HUNTER, R. A. Effect of growth path on the tenderness of the *Semitendinosus* muscle of Brahman-cross steers. **Meat Science**, v.48, No. 1/2, p.65-73, 1998.
- ALMEIDA JÚNIOR, G. A.; COSTA, C.; CARVALHO, S. M. R.; PERSICHETTI JÚNIOR, P.; PANICHI, A. Composição físico-química de carcaças de bezerros holandeses alimentados após o desaleitamento com silagem de grãos úmidos ou grãos secos de milho ou sorgo. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.37, n.1, p.164-170, 2008.
- AMSA. **American Meat Science Association**. Research guidelines for cookery, sensory evaluation and tenderness measurements of fresh meat. Chicago, IL: National Livestock and Meat Board. 1995.
- AMSA. **American Meat Science Association**. Meat Color Measurement Guidelines. August, 2012.
- AOAC (1990). **Association of Official Analytical Chemists**. Official methods of analysis (15 ed.). Washington: AOAC. 1990.
- ARCHILE-CONTRERAS, A.C.; MANDELL, I.B.; PURSLOW, P.P. Disparity of dietary effects on collagen characteristics and toughness between two beef muscles. **Meat Science**, v.86, p.491-497, 2010.
- BELTRÁN, J. A.; JAIME, I.; SANTOLARIA, P.; SAÑUDO, C.; ALBERTÍ, P. and RONCALÉS P. Effect of stress-induced high post-mortem pH on protease activity and tenderness of beef. **Meat Science**, v.45, No.2, p.201.-207, 1997.
- BOLFE, F. C.; TARSITANO, M. A.; PINTO, A. B. M. R.; BRAZOROTTO, J.; KRINCHEV A.; BRIDI, A. M. Avaliação da cor e pH do músculo *Semitendinosus* maturado de novilhos inteiros cruza Angus x Nelore. In: Anais da 49ª Reunião Anual da Sociedade Brasileira de Zootecnia. Brasília – DF, 23 a 26 de Julho de 2012.
- BRESSAN, M. C.; RODRIGUES, E. C.; ROSSATO, L. V.; RAMOS, E. M.; GAMA, L. T. Physicochemical properties of meat from *Bos taurus* and *Bos indicus*. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.40, n.6, p.1250-1259, 2011.
- BRUAS-REIGNIER, F. and BRUN-BELLUT, J. Changes affecting the *Longissimus dorsi*, *Triceps brachii caput longum* and *Rectus femoris* muscles of young Friesian bulls during meat ageing. **Meat Science**, v.43, Nos3- 4, p.335-344, 1996.

BRUGIAPAGLIA, A. and DESTEFANIS, G. Influence of the housing system on meat quality of double muscled Piemontese young bulls. **Livestock Science**, v.145, p.73-78, 2012.

CALKINS, C. R. and DAVIS, G. W. Fragmentation Index of Raw Muscle as a Tenderness Predictor of Steaks from US Good and US Standard Steer and Bullock Carcasses. **Journal of Animal Science**, v.50, p.1067-1072, 1980.

CALKINS, C. R. and SEIDEMAN, S. C. Relationships among calcium-dependent protease, cathepsins b and h, meat tenderness and the response of muscle to aging. **Journal of Animal Science**, v.66, p.1186-1193, 1988.

CHOI, Y.M. and KIM, B.C. Review article: Muscle fiber characteristics, myofibrillar protein isoforms, and meat quality. **Livestock Science** v.122, p.105-118, 2009.

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

CULLER, R. D.; PARRISH, F. C.; SMITH, G. C.; CROSS, H. R. Relationship of myofibril fragmentation index to certain chemical, physical and sensory characteristics of bovine longissimus muscle. **Journal of Food Science**, v.43, p.1177-1180, 1978.

DAVIS, G.W.; SMITH, G.C.; CARPENTER, Z.L.; DUTSON, T.R.; CROSS, H.R. Tenderness variations among beef steaks from carcasses of the same USDA quality grade. **Journal of Animal Science**, v.49 p.103, 1979.

FERNANDES, A.R.M.; SAMPAIO, A.A.M.; HENRIQUE, W.; OLIVEIRA, E. A.; TULLIO, R. R.; PERECIN, D. Características da carcaça e da carne de bovinos sob diferentes dietas, em confinamento. **Arquivo Brasileiro de Medicina Veterinária Zootecnia**, v.60, n.1, p.139-147, 2008.

FRYLINCK, L.; STRYDOM, P.E.; WEBB, E.C.; du TOIT, E. Effect of South African beef production systems on post-mortem muscle energy status and meat quality. **Meat Science**, v.93, p.827-837, 2013.

GAMA, L.T.; BRESSAN, M.C.; RODRIGUES, E.C.; ROSSATO, L.V.; MOREIRA, O.C.; ALVES, S.P.; BESSA, R.J.B. Heterosis for meat quality and fatty acid profiles in crosses among *Bos indicus* and *Bos taurus* finished on pasture or grain. **Meat Science**, v.93, p.98-104, 2013.

GEESINK, G. H.; KOOLMEES, P. A.; VAN LAACK, H. L. J. M.; SMULDERS, E. J. M. Determinants of Tenderisation in Beef *Longissimus dorsi* and *Triceps brachii* Muscles. **Meat Science**, v.41, n.1, p.7-17, 1995.

GIRARD, I.; BRUCE, H.L.; BASARAB, J.A.; LARSEN, I.L.; AALHUS, J.L. Contribution of myofibrillar and connective tissue components to the Warner–Bratzler shear force of cooked beef. **Meat Science**, p.92, p.775–782, 2012.

GOLL, D. E.; MARCHELLO, J. A.; DUFF, G. C.; THOMPSON, V. F.; MARES, S. W.; AHMAD, H. A. Effect of two dietary concentrate levels on tenderness, calpain and calpastatin

activities, and carcass merit in Waguli and Brahman steers. **Journal of Animal Science**, v.86, p.1426-1433, 2008.

GOÑI, M.V.; BERIAIN, M.J.; INDURAIN, G.; INSAUSTI, K. Predicting *Longissimus dorsi* texture characteristics in beef based on early post-mortem colour measurements. **Meat Science**, v.76, p.38-45, 2007.

GORNALL, A. G.; BARDAWILL, C. J.; DAVID, M. M. Determination of serum proteins by means of the biuret reaction. **Journal of Biological Chemistry**, v.177, p.751-766, 1949.

GRUBER, S. L.; TATUM, J. D.; SCANGA, J. A.; CHAPMAN, P. L.; SMITH, G. C.; BELK, K. E. Effects of postmortem aging and USDA quality grade on Warner-Bratzler shear force values of seventeen individual beef muscles. **Journal of Animal Science**, v.84, p.3387-3396, 2006.

HADLICH, J. C.; MORALES, D. C.; SILVEIRA, A. C.; OLIVEIRA, H. N.; CHARDULO, L. A. L. Efeito do colágeno na maciez da carne de bovinos de distintos grupos genéticos. **Acta Scientiarum Animal Science**, v.28, n.1, p.57-62, 2006.

HILDRUM, K. I.; RODBOTTEN, R.; HOY, M.; BERG, J.; NARUM, B.; WOLD, J. P. Classification of different bovine muscles according to sensory characteristics and Warner Bratzler shear force. **Meat Science**, v.83, p.302-307, 2009.

HOCQUETTE, J. F.; GONDRET, F.; BAÉZA, E.; MÉDALE, F.; JURIE, C.; PETHICK, D. W. Intramuscular fat content in meat-producing animals: development, genetic and nutritional control, and identification of putative markers. **Animal**, v.4, n.2, p.303-319, 2010.

HWANG, I.H.; PARK, B.Y.; CHO, S.H.; LEE, J.M. Effects of muscle shortening and proteolysis on Warner-Bratzler shear force in beef *Longissimus* and *Semitendinosus*. **Meat Science**, v.68, p.497-505, 2004.

HWANG, Y. H.; KIM, G. D.; JEONG, J. Y.; HUR, S. J.; JOO, S. T. The relationship between muscle fiber characteristics and meat quality traits of highly marbled Hanwoo (Korean native cattle) steers. **Meat Science**, v.86, p.456-461, 2010.

JOO, S.T.; KIM, G.D.; HWANG, Y.H.; RYU, Y.C. Control of fresh meat quality through manipulation of muscle fiber characteristics. **Meat Science**, v.95, p.828-836, 2013.

JUDGE, M. D. and ABERLE, E. D. Effects of chronological age and postmortem aging on thermal shrinkage temperature of bovine intramuscular collagen. **Journal of Animal Science**, v.54, p.68-71, 1982.

LEE, S.H.; JOO, S.T.; RYU, Y.C. Skeletal muscle fiber type and myofibrillar proteins in relation to meat quality. **Meat Science**, v.86, p.166-170, 2010.

LEPETIT, J. Collagen contribution to meat toughness: Theoretical aspects. **Meat Science**, v.80, p.960-967, 2008.

LIBORIUSSEN, T.; ANDERSEN, B. B.; BUCHTER, L.; KOUSGAARD, K.; MOLLER, A. J. Crossbreeding experiment with beef and dual-purpose sire breeds on Danish Dairy cows.

IV Physical, chemical and palatability characteristics of *Longissimus dorsi* and *Semitendinosus* muscles from crossbred young bulls. **Livestock Production Science**, v.4, p.31-43, 1977.

MAGGIONI, D. Produção e qualidade da carne de bovinos cruzados (*Bos taurus taurus* vs. *Bos taurus indicus*) submetidos a duas dietas e abatidos com dois graus de acabamento. Tese (doutorado em Zootecnia). Universidade Estadual de Maringá. Maringá, Brasil, 2009.

MAGGIONI, D.; MARQUES, J. A.; ROTTA, P. P.; PEROTTO, D.; DUCATTI, T.; VISENTAINER, J. V.; PRADO, I. N. Animal performance and meat quality of crossbred young bulls. **Livestock Science**, v.127, p.176-182, 2010.

MANCINI, R.A. and HUNT, M.C. Current research in meat color. **Meat Science**, v.71, p.100-121, 2005.

MANDELL, I.B.; GULLETT, E.A.; WILTON, J.W.; KEMP, R.A.; ALLEN, O.B. Effects of gender and breed on carcass traits, chemical composition, and palatability attributes in Hereford and Simmental bulls and steers. **Livestock Production Science**, v.49, p.235-248, 1997.

McGILCHRIST, P.; ALSTON, C.L.; GARDNER, G.E.; THOMSON, K.L.; PETHICK, D.W. Beef carcasses with larger eye muscle areas, lower ossification scores and improved nutrition have a lower incidence of dark cutting. **Meat Science**, v.92, p.474-480, 2012.

OLSON, D. G.; JR., PARRISH, F. C.; STROMER, M. H. Myofibril fragmentation and shear resistance of three bovine muscles during postmortem storage. **Journal of Food Science**, v.41, p.1036-1041, 1976.

OUALI, A.; TALMANT, A. Calpains and calpastatin distribution in bovine, porcine and ovine skeletal muscles. **Meat Science**, v.28, p.331-348, 1990.

PFLANZER, S. B. and FELÍCIO, P.E. Effects of teeth maturity and fatness of Nellore (*Bos indicus*) steer carcasses on instrumental and sensory tenderness. **Meat Science**, v.83, p.697-701, 2009.

PFLANZER, S. B. and FELÍCIO, P. E. Moisture and fat content, marbling level and color of boneless rib cut from Nellore steers varying in maturity and fatness. **Meat Science**, v.87, p.7-11, 2011.

PROST, E.; PECZYNSKA, E.; KOTULA, A. W. Quality characteristics of bovine meat.II. Beef tenderness in relation to individual muscles, age and sex of animals and carcass quality grade. **Journal of Animal Science**, v.41, n.2, 1975.

PUGA, D. M. U.; CONTRERAS, C. J. C.; TURNBULL, M. R. Avaliação do amaciamento de carne bovina de dianteiro (*Triceps brachii*) pelos métodos de maturação, estimulação elétrica, injeção de ácidos e tenderização mecânica. **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, v.19, n.1, Campinas, Jan.-Apr. 1999.

PURSLOW, P. P. Intramuscular connective tissue and its role in meat quality. **Meat Science**, v.70, p.435-447, 2005.

PURSLOW, P. P.; ARCHILE-CONTRERAS, A. C.; CHA, M. C. MEAT SCIENCE AND MUSCLE BIOLOGY SYMPOSIUM: Manipulating meat tenderness by increasing the turnover of intramuscular connective tissue. **Journal of Animal Science**, v.90, p.950-959, 2012.

RAMOS, E. M. e GOMIDE L. A. M. Avaliação da qualidade de carnes: fundamentos e metodologias. 1ª ed, 1ª reimpressão. 599 p. Editora UFV, Viçosa MG, 2009.

ROBBINS, K.; JENSEN, J.; RYAN, K.J.; HOMCO-RYAN, C.; McKEITH, F.K.; BREWER, M.S Dietary vitamin E supplementation effects on the color and sensory characteristics of enhanced beef steaks. **Meat Science**, v.64, p.279-285, 2003.

RUBENSAM, J. M.; FELÍCIO, P. E.; TERMIGNONI, C. Influência do genótipo *Bos indicus* na atividade de calpastatina e na textura da carne de novilhos abatidos no sul do Brasil. **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, v.18, n.4, Campinas, Oct./Dec. 1998.

SCHÖNFELDT, H.C. and STRYDOM, P.E. Effect of age and cut on tenderness of South African beef. **Meat Science**, v.87, p.206–218, 2011.

SILVA, C.C.G.; REGO, O.A.; SIMÕES, E.R.E.; ROSA, H.J.D. Consumption of high energy maize diets is associated with increased soluble collagen in muscle of Holstein bulls. **Meat Science**, v.86, p.753-757, 2010.

THERKILDSEN, M.; HOUBAK, M. B.; BYRNE, D. V. Feeding strategy for improving tenderness has opposite effects in two different muscles. **Meat Science**, v.80, p.1037-1045, 2008.

WARNER, R.D.; GREENWOOD, P.L.; PETHICK, D.W.; FERGUSON, D.M. Review: Genetic and environmental effects on meat quality. **Meat Science**, v.86, p.171-183, 2010.

WHIPPLE, G; KOOHMARAIE, M; DIKEMAN M. E.; CROUSE J. D. Predicting beef-longissimus tenderness from various biochemical and histological muscle traits. **Journal of Animal Science**, v.68, p.4193-4199, 1990.

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

WOESSNER, J. F. The determination of hydroxyproline in tissue and protein samples containing small proportions of this imino acid. **Archives of Biochemistry and Biophysics**, v.93, p.440-447, 1961.

VESTERGAARD, M.; OKSBJERG, N.; HENCKEL, P. Influence of feeding intensity, grazing and finishing feeding on muscle fibre characteristics and meat colour of *Semitendinosus*, *Longissimus dorsi* and *Supraspinatus* muscles of young bulls. **Meat Science**, v.54, p.177-185, 2000.

XIONG, Y. L.; MULLINS, O. E.; STIKA, J. F.; CHEN, J.; BLANCHARD, S. P.; MOODY, W. G. Tenderness and oxidative stability of post-mortem muscles from mature cows of various ages. **Meat Science**, v.77, p.105-113, 2007.

## ANEXO

Tabela 3 – Valores de correlações de Pearson. Correlações brutas (superior direita) e correlações residuais (inferior esquerda) entre variáveis de qualidade de carne.

	pH24h	CRA	L*	MS	PB	EE	RMF	a*	b*	H*	C*	PPC	IMF	CoTo	CoSo	FC
pH24h		0,00	<b>-0,39</b>	-0,25	<b>-0,31</b>	<b>0,28</b>	<b>-0,34</b>	-0,23	<b>0,40</b>	<b>0,42</b>	-0,20	<b>-0,35</b>	<b>0,48</b>	0,12	-0,13	<b>-0,59</b>
CRA	-0,11		<b>0,45</b>	-0,01	0,05	-0,21	0,25	<b>0,32</b>	<b>-0,45</b>	<b>-0,48</b>	<b>0,29</b>	<b>0,52</b>	0,18	<b>0,35</b>	<b>-0,48</b>	0,05
L*	<b>-0,69</b>	0,11		0,07	0,11	-0,19	<b>0,47</b>	0,09	<b>-0,41</b>	<b>-0,41</b>	0,06	<b>0,59</b>	-0,12	0,25	-0,21	0,17
MS	0,07	-0,16	-0,07		<b>0,95</b>	-0,02	<b>0,34</b>	<b>-0,29</b>	-0,02	0,05	<b>-0,30</b>	0,02	0,01	-0,11	-0,11	<b>0,47</b>
PB	0,07	-0,13	-0,14	<b>0,93</b>		<b>-0,32</b>	<b>0,45</b>	-0,26	-0,10	-0,03	<b>-0,28</b>	0,12	0,00	-0,13	-0,20	<b>0,58</b>
EE	0,12	-0,14	0,07	<b>0,41</b>	0,13		<b>-0,54</b>	-0,02	<b>0,28</b>	0,27	0,00	<b>-0,36</b>	0,02	0,10	<b>0,35</b>	<b>-0,48</b>
RMF	-0,09	0,04	0,01	-0,14	-0,09	<b>-0,41</b>		-0,17	<b>-0,29</b>	-0,23	-0,20	<b>0,33</b>	0,03	-0,18	<b>-0,31</b>	<b>0,56</b>
a*	<b>-0,56</b>	<b>0,29</b>	<b>0,30</b>	-0,10	-0,09	-0,09	0,08		<b>-0,34</b>	<b>-0,50</b>	<b>1,00</b>	0,04	0,05	0,08	-0,02	-0,22
b*	<b>0,44</b>	<b>-0,50</b>	<b>-0,37</b>	0,14	0,11	0,03	0,06	<b>-0,59</b>		<b>0,98</b>	-0,26	<b>-0,57</b>	0,05	-0,02	0,16	<b>-0,32</b>
H*	<b>0,50</b>	<b>-0,51</b>	<b>-0,38</b>	0,14	0,11	0,06	0,04	<b>-0,69</b>	<b>0,99</b>		<b>-0,43</b>	<b>-0,54</b>	0,03	-0,03	0,16	-0,25
C*	<b>-0,54</b>	0,26	<b>0,27</b>	-0,09	-0,08	-0,09	0,09	<b>1,00</b>	<b>-0,53</b>	<b>-0,63</b>		-0,01	0,06	0,08	-0,01	-0,25
PPC	<b>-0,40</b>	<b>0,44</b>	<b>0,45</b>	-0,18	-0,16	-0,13	-0,04	0,14	<b>-0,44</b>	<b>-0,42</b>	0,10		-0,08	0,04	-0,25	<b>0,34</b>
MFI	<b>0,37</b>	-0,13	<b>-0,48</b>	0,21	0,24	0,05	0,12	-0,15	0,14	0,14	-0,14	<b>-0,31</b>		-0,23	-0,26	<b>-0,32</b>
CoTo	-0,09	0,26	0,16	-0,01	-0,04	0,09	<b>-0,30</b>	-0,06	0,00	0,02	-0,06	0,00	<b>-0,45</b>		0,00	-0,19
CoSo	<b>-0,26</b>	-0,17	0,23	0,14	0,08	0,22	-0,04	0,02	-0,04	-0,04	0,01	0,06	-0,13	0,08		-0,24
FC	<b>-0,36</b>	0,12	0,22	-0,25	-0,23	<b>-0,28</b>	-0,05	0,19	-0,19	-0,22	0,18	<b>0,33</b>	<b>-0,32</b>	0,05	-0,17	

Valores em negrito são significativos ( $P < 0,05$ ).

pH24h = valor de pH às 24 horas *post mortem*; CRA = capacidade de retenção de água; L\* = luminosidade; MS = matéria seca; PB = proteína bruta; EE = estrato etéreo; RMF = resíduo mineral fixo; a\* = pigmento vermelho; b\* = pigmento amarelo; C\* = croma; H\* = ângulo Hue; PPC = perdas por cozimento; CoSa = comprimento de sarcômero; IMF = índice de fragmentação miofibrilar; CoTo = colágeno total; CoSo = colágeno solúvel; FC = força de cisalhamento.