

UNIVERSIDADE DE SÃO PAULO  
FACULDADE DE ZOOTECNIA E ENGENHARIA DE ALIMENTOS

**MARINA DE NADAI BONIN**

**Estudo da influência de touro e de genearca da raça Nelore nos  
aspectos quantitativos e qualitativos de carcaça e da carne**

---

Pirassununga

2008

MARINA DE NADAI BONIN

**Estudo da influência de touro e de genearca da raça Nelore nos aspectos quantitativos e qualitativos de carcaça e da carne.**

Dissertação apresentada à Faculdade de Zootecnia e Engenharia de Alimentos da Universidade de São Paulo, como parte dos requisitos para a obtenção do Título de Mestre em Zootecnia.

Área de Concentração: Qualidade e Produtividade Animal

Orientador: Prof. Dr. José Bento Sterman Ferraz

---

Pirassununga

2008

## DEDICATÓRIA

Dedico primeiramente a Deus, por guiar meus caminhos e permitir que eu chegasse até aqui.

Aos meus pais, Paschoal e Vera , pelos esforços, amor e confiança, sempre me encorajando a prosseguir, independente dos caminhos escolhidos.

Aos meus avós, Idalina, Éden (*in memoriam*) e Assunta, pelos ensinamentos e sabedoria passados sempre pelas maneiras mais humildes.  
Saudades eternas.....

Aos meus irmãos, Marcio e Mariana, pelo amor, apoio e cumplicidade.

Ao meu noivo Filipe, pela cumplicidade, amor e apoio em todos os momentos. O amor é construído a cada dia....

## AGRADECIMENTOS

A Universidade de São Paulo e à Faculdade de Zootecnia e Engenharia de Alimentos pela estrutura para obtenção deste título;

A Agro-Pecuária CFM – Ltda pelo fornecimento dos animais e ao Frigorífico Marfrig pela permissão e abertura de suas instalações para o abate e coleta de amostras dos animais deste experimento;

Ao Prof. Dr. José Bento Sterman Ferraz pela orientação e pelas conversas produtivas;

Aos professores Dr. Julio César Baliero, Dr. Joanir Pereira Eler, Dr. César G. de Lima e Dr. Gerson Barreto Mourão pela amizade e pelo auxílio na condução deste trabalho;

Ao Prof. Dr. Albino Luchiari pelos ensinamentos, incentivo e amizade;

Ao Prof. Dr. Paulo Roberto Leme pela sempre “segunda orientação”, pelos conselhos e pelas conversas amigas;

À Elisângela pelo seu sorriso e apoio em todo o processo de elaboração e condução desta pesquisa, além dos socorros contínuos!!!!

Aos funcionários do Abatedouro Escola, Dito, Beloni, Maurício, Charlaque, Dori, Mário e Élson pela amizade e prontidão em todos os momentos;

Aos amigos, Fernanda, Sandra, Aline, Minos, Preto, Cucco, Lu, Roulber, Jane, Andrezza M., Andrezza F., Lívia, Chico e Eloíse pela troca de conhecimentos, união e pelas boas risadas nas tardes improdutivas...

Aos amigos Rodrigo, Camila e Raquel;

Aos amigos distantes, mas presentes no coração: Fabiane, Luciane, Suellyn, Mayra, Pryscilla, Ronaldo, Mariela, Talita, Flávia, Fred, Mauro, Juninho..... Obrigada pela torcida e apoio sempre!

A todos os funcionários e pessoas que colaboraram de alguma forma para a obtenção deste título e para a condução deste trabalho de pesquisa.

## RESUMO

**BONIN, M.N. Estudo da influência de touro e de genearca da raça Nelore nos aspectos qualitativos e quantitativos de carcaça e da carne.** 2008. 180 p. Dissertação (Mestrado) – Faculdade de Zootecnia e Engenharia de Alimentos, Universidade de São Paulo, Pirassununga, 2008.

O presente trabalho teve como objetivo estimar a variabilidade genética existente entre touros e linhagens da raça Nelore, essas representadas pelos grandes genearcas, no que se refere à qualidade de carcaça e de carne. Os animais utilizados para coleta de dados de carcaça e carne pertenciam ao projeto de melhoramento genético e de avaliação para emissão de CEIP – Certificado Especial de Identificação e Produção, da Agro-Pecuária CFM-Ltda, e tinham idade entre 21 e 28 meses. Foram analisadas as características peso de carcaça quente (PCQ), área de olho de lombo (AOL), espessura de gordura subcutânea (EGS) e marmoreio (MAR). A qualidade de carne foi avaliada para os períodos de 7, 14 e 21 dias de maturação, quanto às perdas por exsudação (PE), perdas por cozimento (PC) e maciez (MAC). A avaliação da variabilidade genética entre linhagens foi efetuada com base em valores das diferenças esperadas na progênie (DEP) para as características PCQ, AOL, EGS, MAR e MAC aos 7, 14 e 21 dias de maturação. Foi encontrada variabilidade entre os touros e as linhagens estudadas sugerindo que um progresso genético pode ser conseguido pela seleção de animais para características de carcaça e carne dentro da raça Nelore.

Palavras-Chave: carcaça; DEP; genearcas; qualidade de carne; Warner Bratzler Shear Force.

## ABSTRACT

BONIN, M.N. **Study of the influence of steer and breeders of Nelore in the quality and quantitative aspects of carcass and beef.** 2008. 180 p. M.Sc. Dissertation – Faculdade de Zootecnia e Engenharia de Alimentos, Universidade de São Paulo, Pirassununga, 2008.

The present study had as objective to estimate the genetic variability between steers and breed lines of Nelore, these represented by the greatest breeders, referred to carcass and beef quality. The animals used to collect the samples of carcass and beef belonged to the project of genetic improvement and evaluation to emission of CEIP-Special Certificate of Identification and Production of CFM Farm-Ltda. The animals had age between 21 and 28 months. Were analyzed the characteristics of hot carcass weight (PCQ), rib eye area (AOL), backfat thickness (EGS), marbling (MAR). The beef quality was evaluated for the periods of 7, 14 and 21 days of ageing, as reference the drip loss (PE), cooking loss (PC) and tenderness (MAC). The evaluation of the genetic variability between the breed lines was done based in the values of the expected progeny differences (DEP) of the characteristics of PCQ, AOL, EGS, MAR and MAC at days 7, 14 and 21 of ageing. There was found a variability between steers and the breed lines studied, suggesting that a genetic process may be possible by selecting the animals to carcass and beef characteristics in the Nelore breed.

Key words: carcass; EPD; breeders; beef quality; Warner Bratzler Shear Force.

## LISTRA DE ILUSTRAÇÕES

Figura 1. Esquema representativo de uma fibra muscular e seus componentes.....	25
Figura 2. Esquema representativo de um filamento de actina e seus constituintes...	27
Figura 3. Representação gráfica das escalas de cor do sistema L*C*H* .....	46
Figura 4. Declínio de pH no músculo Longissimus.....	48
Figura 5. Fotografia da identificação individual de cada carcaça.....	85
Figura 6. Fotografia da aferição da temperatura da carcaça no coxão mole ( <i>Semimembranosus</i> ), após 24 horas de resfriamento.....	85
Figura 7. Fotografia da mensuração de pH após 24 horas de resfriamento no lado esquerdo de cada carcaça.....	86
Figura 8. Fotografia da mensuração da área de olho de lombo (AOL).....	87
Figura 9. Fotografias das escalas de marmoreio utilizadas, segundo padrão USDA (1999).....	89
Figura 10. Fotografia do procedimento de mensuração de cor nas amostras de carne.....	91
Figura 11. Representação gráfica dos valores de Peso de Carcaça Quente (PCQ) em função das médias de quadrados mínimos dos touros avaliados. As setas indicam os maiores e menores valores obtidos nesta característica.....	103
Figura 12. Representação gráfica dos valores de área de olho de lombo (AOL) em função das médias de quadrados mínimos dos touros avaliados. As setas	

indicam os maiores e menores valores obtidos nesta característica.....103

Figura 13. Representação gráfica dos valores de Espessura de Gordura Subcutânea (EGS) em função das médias de quadrados mínimos dos touros avaliados. As setas indicam os maiores e menores valores obtidos nesta característica.....107

Figura 14. Representação gráfica dos valores de Marmoreio (MAR) em função das médias de quadrados mínimos dos touros avaliados. As setas indicam os maiores e menores valores obtidos nesta característica.....107

Figura 15. Representação gráfica dos valores Hue (H\*) aos 7, 14 e 21 dias de maturação, em função das médias de quadrados mínimos dos touros avaliados.....114

Figura 16. Representação gráfica dos valores de L\* aos 7, 14 e 21 dias de maturação, em função das médias de quadrados mínimos dos touros avaliados.....114

Figura 17. Representação das tendências dos valores L\* aos 7, 14 e 21 dias de maturação, em função das médias de quadrados mínimos dos touros avaliados.....116

Figura 18. Representação das tendências dos valores Hue (H\*) aos 7, 14 e 21 dias de maturação, em função das médias de quadrados mínimos dos touros avaliados.....116

Figura 19. Representação gráfica dos valores de Warner Bratzler Shear Force (WBSF), aos 7 dias de maturação (MAC7), em função das médias de

quadrados mínimos dos touros avaliados. As setas indicam os maiores e menores valores obtidos nesta característica.....120

Figura 20. Representação gráfica dos valores de Warner Bratzler Shear Force (WBSF), aos 14 dias de maturação (MAC14), em função das médias de quadrados mínimos dos touros avaliados. As setas indicam os maiores e menores valores obtidos nesta característica.....121

Figura 21. Representação gráfica dos valores de Warner Bratzler Shear Force (WBSF), aos 21 dias de maturação (MAC21), em função das médias de quadrados mínimos dos touros avaliados. As setas indicam os maiores e menores valores obtidos nesta característica.....121

Figura 22. Representação gráfica dos valores de Warner Bratzler Shear Force (WBSF), aos 7 dias de maturação (MAC7), e dos valores de pH às 24 horas de resfriamento em função das médias de quadrados mínimos dos touros avaliados.....123

Figura 23. Representação gráfica dos valores de Warner Bratzler Shear Force (WBSF), aos 14 dias de maturação (MAC14), e dos valores de pH às 24 horas de resfriamento, em função das médias de quadrados mínimos dos touros avaliados.....124

Figura 24. Representação gráfica dos valores de Warner Bratzler Shear Force (WBSF), aos 21 dias de maturação (MAC21), e dos valores de pH às 24 horas de resfriamento, em função das médias de quadrados mínimos dos touros avaliados.....124

- Figura 25. Representação gráfica dos valores das Diferenças Esperadas na Progênie (DEP) para a característica Peso de Carcaça Quente (PCQ) estimadas para treze dos touros fundadores\* da raça Nelore.....133
- Figura 26. Representação gráfica dos valores das Diferenças Esperadas na Progênie (DEP) para a característica Área de Olho de Lombo (AOL) estimadas para treze dos touros fundadores\* da raça Nelore.....137
- Figura 27. Representação gráfica dos valores das Diferenças Esperadas na Progênie (DEP) para a característica Espessura de Gordura Subcutânea (EGS) estimadas para treze dos touros fundadores\* da raça Nelore.....139
- Figura 28. Representação gráfica dos valores das Diferenças Esperadas na Progênie (DEP) para a característica Marmoreio (MAR) estimadas para treze dos touros fundadores\* da raça Nelore.....141
- Figura 29. Representação gráfica dos valores das Diferenças Esperadas na Progênie (DEP) para as características Espessura de Gordura Subcutânea (EGS) e Marmoreio (MAR) estimadas para treze dos touros fundadores\* da raça Nelore.....144
- Figura 30. Representação gráfica dos valores das Diferenças Esperadas na Progênie (DEP) para as características Área de Olho de Lombo (AOL), Espessura de Gordura Subcutânea (EGS), Marmoreio (MAR) e Peso de Carcaça Quente (PCQ) estimadas para treze dos touros fundadores\* da raça Nelore.....145

Figura 31. Representação gráfica dos valores das Diferenças Esperadas na Progenie (DEP) para a característica Maciez (MAC) estimadas a partir de valores de Warner Bratzler Shear Force (WBSF), aos 7, 14 e 21 dias de maturação, para treze dos touros fundadores\* da raça Nelore.....147

Figura 32. Representação dos valores médios das Diferenças Esperadas na Progenie (DEP) para maciez aos 7, 14 e 21 dias de maturação e dos valores de DEP para marmoreio (MAR) para treze dos touros fundadores\* da raça Nelore.....152

## LISTA DE TABELAS

- Tabela 1. Características das fibras musculares vermelhas, intermediárias e brancas de animais de abate.....28
- Tabela 2. Escalas de marmoreio e valores numéricos correspondentes.....88
- Tabela 3. Fatores incluídos em modelos utilizados para a avaliação do efeito de touro sobre o peso de carcaça quente (PCQ), a área de olho de lombo (AOL), a espessura de gordura subcutânea (EGS), a marmorização (MAR), as perdas por exsudação (PE), as perdas por cozimento (PC), maciez (MAC), valores de  $L^*$ ,  $C^*$  (Chroma) e  $H^*$  (Hue) aos 7, 14 e 21 dias de maturação .....95
- Tabela 4. Coeficientes de herdabilidade para efeitos diretos ( $h^2$ ) e variância fenotípica ( $\alpha_p$ ) utilizados para a estimação dos valores das diferenças esperadas na progênie (DEP) para as características peso de carcaça quente (PCQ), área de olho de lombo (AOL), espessura de gordura subcutânea (EGS) marmoreio (MAR) e maciez (MAC) aos 7, 14 e 21 dias de maturação.....97
- Tabela 5. Estatísticas descritivas das variáveis idade de abate (IABATE), pH24, peso de carcaça quente (PCQ), área de olho de lombo (AOL) e espessura de gordura subcutânea (EGS), marmoreio (MAR), perdas por exsudação (PE) perdas por cozimento (PC), maciez (MAC), temperatura ao cisalhar as amostras (TMAC), valores de  $L^*$  ( $L^*$ ), Chroma ( $C^*$ ) e Hue ( $H^*$ ) aos 7, 14 e 21 dias de maturação mensuradas em novilhos da raça Nelore.....100
- Tabela 6. Valores de P que descrevem o nível de significância estatística dos efeitos de lote de abate, pH às 24 horas de resfriamento (pH24), espessura de gordura subcutânea (EGS) e temperatura ao cisalhar as amostras (TMAC) e suas respectivas significâncias, sobre as características de carcaça e

carne de novilhos da raça Nelore, durante os 7, 14 e 21 dias de maturação.....	101
Tabela 7. Número de filhos e parentesco mínimo (Mín) e máximo (Máx) de cada genearca para a composição dos genótipos dos animais cujas amostras de carne foram utilizadas.....	129
Tabela 8. Estatísticas descritivas das variáveis peso de carcaça quente (PCQ), área de olho de lombo (AOL) e espessura de gordura subcutânea (EGS), marmoreio (MAR) e maciez (MAC) aos 7, 14 e 21 dias.....	130
Tabela 9. Identificação dos genearcas e valores médios, mínimos e máximos das diferenças esperadas na progênie (DEP) obtidos para características de carcaça e carne em animais da raça Nelore.....	131
Tabela 10. Valores das diferenças esperadas nas progênies (DEP) e suas respectivas acurácias para as características peso de carcaça quente (PCQ), área de olho de lombo (AOL), espessura de gordura subcutânea (EGS), marmoreio (MAR) e maciez (MAC) aos 7, 14 e 21 dias de maturação, avaliadas em descendentes dos treze principais touros fundadores da raça Nelore no Brasil.....	132

# SUMÁRIO

1	Introdução .....	17
2	Revisão Bibliográfica .....	24
2.1	Músculo Esquelético .....	24
2.1.1	Proteínas dos miofilamentos .....	26
2.1.2	Tipos de fibras musculares .....	27
2.2	Aspectos qualitativos da carne bovina .....	28
2.3	Degradação muscular .....	32
2.3.1	Calpaínas .....	33
2.3.2	Catepsinas .....	39
2.3.3	Proteases e os tipos de fibra .....	41
2.4	Cor .....	42
2.5	Inflência do pH sobre a qualidade da carne .....	47
2.5.1	DFD .....	48
2.6	Temperatura .....	50
2.7	Maciez .....	51
2.8	Características de carcaça .....	56
2.8.1	Composição de Carcaça .....	56
2.8.2	Marmoreio e fatores qualitativos da carne .....	59
2.9	Influência genética na qualidade da carne .....	61
2.9.1	Seleção para maciez .....	68
2.10	Genearcas .....	74
3	Objetivos .....	80
4	Material e Métodos .....	82
4.1	Local de Execução .....	82
4.2	Animais .....	83
4.2.1	Touros .....	83
4.2.2	Genearcas .....	83
4.3	Abate .....	84
4.4	Mensurações na carcaça .....	86
4.4.1	pH .....	86
4.4.2	Área de Olho de Lombo e Espessura de Gordura Subcutânea .....	86
4.4.3	Marmoreio .....	87
4.4.4	Maturação .....	90
4.5	Análises Laboratoriais .....	90
4.5.1	Cor .....	90
4.5.2	Perdas por Exudação <sup>1</sup> .....	92
4.5.3	Perdas por Cozimento <sup>1</sup> .....	92
4.5.4	Força de Cisalhamento <sup>1</sup> .....	93
4.6	Análises Estatísticas .....	94
4.6.2	Diferença Esperada na Progênie (DEP) .....	96
5	Resultados e Discussão .....	99
5.1	Efeitos de fatores não genéticos sobre a qualidade de carcaça e carne .....	99
5.1.1	Peso de Carcaça Quente e Área de Olho de Lombo .....	102
5.1.2	Espessura de Gordura Subcutânea e Marmoreio .....	106
5.1.3	Cor .....	112
5.1.4	Maciez .....	118

5.2 Genearcas .....	129
5.2.1 Peso de Carcaça Quente .....	133
5.2.3 Área de Olho de Lombo .....	135
5.2.4 Espessura de Gordura Subcutânea .....	138
5.2.5 Marmoreio .....	140
5.2.6 Maciez .....	146
6 Conclusão .....	155
7 Referências Bibliográficas .....	157



## **1 Introdução**

A carne bovina é um excelente alimento, principalmente no que diz respeito a sua qualidade nutricional, pois contém proteínas de alto valor biológico e grande quantidade de vitaminas. Além disso, é uma importante fonte de vitaminas do complexo B, associadas às altas quantidades de minerais, especialmente o ferro, presente na forma altamente biodisponível para o ser humano. Segundo pesquisa realizada pela National Cattlemen's Beef Association (NCBA, 1997, 1998) nos Estados Unidos, uma pessoa que consome cerca de 100g de carnes diariamente tem 100% de suas exigências diárias em proteínas, ferro, zinco e vitaminas do complexo do B supridas. Além disso, desfrutam de dietas muito mais saudáveis e variadas que aquelas que não consomem carnes vermelhas.

Neste sentido, a carne bovina representa uma adequada fonte de nutrientes para crianças e mulheres como forma de auxílio à prevenção de anemias, deficiência esta considerada hoje como um dos prevalentes problemas de saúde pública. Além disso, o zinco mostra-se importante para o crescimento e desenvolvimento da função imune e atividade hormonal, além do CLA (Ácido Linoleico Conjugado), também presente em grandes quantidades na carne bovina, e que traz inúmeros benefícios à saúde como a redução de diversos tipos de câncer e melhora da função imune, além de diminuir os riscos de incidência de doenças cardíacas pelo auxílio na regulação do peso corporal e da distribuição de gordura, ajudando também a equilibrar os níveis de glicose sanguínea e o aparecimento do diabetes melitus (YURAWECZ et al. 1999).

Além dos fatores ligados ao valor nutricional da carne, outro ponto decisivo para o consumidor no ato da compra é a qualidade do produto. Este padrão de

qualidade esperado pode ser definido como resultado da satisfação de consumo, formada pela interação entre a maciez, suculência e sabor da carne, sendo a maciez o principal deles. Adicionalmente, os aspectos de comercialização ligados principalmente à cor da carne, também exercem grande influência na decisão de compra dos consumidores, visto que carnes com colorações mais escuras tendem a sofrer maior rejeição por parte dos consumidores.

Barcellos (2007), salienta que as percepções de qualidade do produto estão relacionadas aos hábitos alimentares dos consumidores, sendo importante assim, a identificação da nacionalidade e também a compreensão do contexto de consumo e os hábitos alimentares dos consumidores, uma vez que estes estão inseridos em uma cultura alimentar e determinarão as percepções dos consumidores quanto a qualidade do produto.

Portanto, carnes saudáveis, com adequado valor nutricional e qualidade no processamento, são fatores preponderantes de compra juntamente com aspectos de bem estar animal, segurança alimentar, cuidados com o meio ambiente e rastreabilidade.

Assim, a variabilidade dos padrões de qualidade encontrada na carne bovina gera um consenso mundial entre os consumidores, que alegam encontrar dificuldades na escolha das carnes, por sentirem-se inseguros quanto à sua maciez. Em alguns mercados, como o norte americano, por exemplo, consumidores mostram-se dispostos a pagar um preço mais elevado por carnes mais macias.

Com isso, as indústrias de carnes têm utilizado a maciez como princípio de venda, tomando as opiniões dos consumidores como diretrizes e servindo de direcionamento para a elaboração de produtos e criação de nichos de mercado específicos. Desta maneira, pesquisadores e indústria têm a variabilidade dos

padrões de qualidade da carne bovina como o maior desafio a ser superado na cadeia produtiva de gado de corte nos próximos anos.

Como consequência, a indústria da carne em alguns países como França, Austrália, Estados Unidos e Japão têm investido em pesquisas voltadas ao reconhecimento de indicadores de qualidade e buscado o aperfeiçoamento no domínio da biologia muscular e do controle de qualidade dos fatores que possam interferir na qualidade da carne.

Seguindo esta tendência, a seleção genética para melhoria das características qualitativas de carcaça e de carne tem sido cada vez mais focada. No entanto, no Brasil, pouca ou nenhuma seleção genética para a maioria das características relacionadas à qualidade de carne tem sido exercida na prática, devido a razões relacionadas ao custo ou ao tempo destinado para testes de progênie, por exemplo. O intervalo de tempo requerido para o, acasalamento, nascimento, seleção, abate e avaliação das características de interesse torna, o uso das características de carcaça e qualidade de carne extremamente difíceis de serem utilizadas, como objetivos ou critérios de seleção.

Claramente, ferramentas são necessárias para facilitar a melhoria genética das características de carne e carcaça. Algumas pesquisas têm sido desenvolvidas em todo o mundo na tentativa de se encontrar indicadores que possam facilitar essa melhoria genética da carne, da carcaça e da eficiência produtiva dos animais. Para isso estão disponíveis ferramentas, tais como: escores visuais, avaliações de carcaça por ultra-sonografia e informações genômicas como os knock-outs, transgênicos, seleção por marcadores, genômica funcional, entre outras.

Qualquer que seja o método utilizado é importante que sejam definidos os fenótipos relevantes para análise e os impactos não genéticos sobre o rendimento

da atividade. Evidentemente, as corretas identificações das variações dos méritos genéticos requerem o desenvolvimento de técnicas ou metodologias que acuradamente mensurem as características importantes no animal, que sejam altamente reproduzíveis, baratas e suficientes para descrever o fenótipo dos indivíduos, garantindo assim que as predições dos méritos genéticos específicos para características de fertilidade, crescimento e carcaça, entre e dentro de cada raça de gado de corte, possam aumentar o grau de consistência em qualidade e uniformidade dos produtos cárneos nos próximos anos.

Atualmente, a posição ocupada pelo Brasil como o maior fornecedor e segundo maior produtor mundial de carne bovina, com um rebanho de 205 milhões de cabeças, dentre as quais 70 % da raça Nelore, e produção de 8.950 mil toneladas de equivalente de carcaça (ABIEC, 2007), aumenta sua responsabilidade no desenvolvimento de um sistema voltado à produção de carnes com quantidade e qualidade desejados mundialmente.

Somente em 2007, as exportações de carne bovina brasileira alcançaram um volume total de 2.532.223 t.e.c (t.e.c. – tonelada equivalente de carcaça), sendo que deste montante 80% foi exportado *in natura* para 111 destinos, dentre eles a Rússia (29%), 25 países da União Européia (18%) e Egito (11%), somando somente entre esses países, 58% das exportações brasileiras de carne bovina *in natura*. Os restantes 20% foram ocupados pelas carnes industrializadas e miúdos, seguindo para 100 destinos, dentre os quais Estados Unidos, Reino Unido e países da União Européia (ABIEC, 2007). Todo este montante gerado pela exportação de carnes garantiu ao setor 17,5% da pauta de exportação do agronegócio brasileiro no ano de 2007 (NOGUEIRA, 2007).

Considerando-se a importância e o espaço ocupado pela carne bovina *in natura* nas exportações brasileiras, torna-se evidente que algumas melhorias relacionadas a qualidade da carne, principalmente em animais da raça Nelore, trariam impactos positivos a imagem e aos valores pagos pela carne bovina brasileira mundialmente .

Assim, para que a pecuária brasileira atinja patamares internacionais de qualidade e consiga nichos de mercado que melhor remunerem a carne bovina brasileira, faz-se necessária a identificação e inclusão de animais com genótipos superiores, (principalmente dentro da raça Nelore, visto sua prevalência no rebanho nacional de gado de corte), minimização dos efeitos adversos ambientais de produção e ainda a garantia de aplicação das melhores práticas de manejo pré e pós-abate nas fazendas e indústrias da carne bovina.

Pode-se pressupor, pelo histórico da introdução da raça Nelore no Brasil, uma variabilidade dentro desta raça. Com o objetivo de suprir necessidades produtivas e adaptativas não encontradas no rebanho nacional até então, exemplares desta raça foram importados da Índia entre os séculos XIX e XX e utilizados em rebanhos e núcleos de criação de bovinos da época. Desta maneira, alguns touros com características produtivas e raciais distintas e marcantes entre si, foram utilizados com maior frequência no rebanho nacional determinando assim a formação de linhagens dentro da raça Nelore. Assim, a variabilidade de características reprodutivas e produtivas dentro da raça Nelore pode ser constatada nos dias atuais, analisando-se, por exemplo, sumários de avaliação genética de touros onde são apresentados dados do mérito genético de cada animal quanto a características específicas.

Isso posto, foi proposto o presente trabalho que visa estudar a existência de variabilidade entre touros e linhagens da raça Nelore, em características de carcaça e carne de bovinos da raça Nelore.



## **2 Revisão Bibliográfica**

### **2.1 Músculo Esquelético**

O conhecimento da estrutura da carne e seus constituintes básicos, bem como da bioquímica do músculo, é fundamental para uma boa compreensão das propriedades funcionais da carne como alimento.

Segundo Guimarães e Adell (1995), a carne é composta basicamente de tecidos muscular, conectivo, epitelial e nervoso. As quantidades desses tecidos bem como as suas propriedades são responsáveis por sua qualidade e maciez. Os músculos esqueléticos são unidades do sistema muscular que podem estar ligados diretamente aos ossos, mas que em alguns casos também se ligam às cartilagens, fáscias e pele. A unidade de organização estrutural do músculo esquelético é a fibra muscular, uma célula altamente especializada, longa, cilíndrica e multinucleada. Cerca de 75 a 92% do volume total do tecido muscular é constituído pelas fibras musculares, sendo que a matriz extracelular, tecido conjuntivo, fibras nervosas e vasos sanguíneos constituem o volume restante.

A fibra muscular é composta principalmente por miofibrilas. Uma fibra muscular de um diâmetro de 50  $\mu\text{m}$  pode ter de 1000 até 2000 miofibrilas. As miofibrilas são formadas por um agrupamento ordenado de filamentos grossos e finos paralelos entre si, cuja distribuição ao longo da miofibrila é responsável pela formação de bandas (Figura 1). Quando observadas sob luz polarizada em microscópio, as bandas escuras são birrefringentes ou anisotrópicas, e por esta razão receberam o nome de bandas A e as faixas claras, por serem menos

anisotrópicas, receberam o nome de bandas I. A banda I é dividida ao meio por uma linha transversal escura chamada linha Z (GUIMARÃES; ADELL, 1995).

Guimarães e Adell (1995) descrevem o sarcômero como a unidade estrutural repetitiva da miofibrila onde ocorrem os eventos morfológicos do ciclo de contração e relaxamento do músculo (Figura 1), sendo delimitado como o segmento entre duas linhas Z sucessivas, incluindo, portanto, uma banda A e duas metades de bandas I. Os comprimentos do sarcômero e da banda I variam de acordo com o estado de contração do músculo, enquanto que a banda A permanece constante. Nos músculos em repouso de mamíferos o sarcômero tem aproximadamente 2,5 µm de comprimento. No centro da banda A existe uma zona mais pálida, chamada faixa H, que por sua vez é atravessada por uma estreita linha escura chamada linha M, que deste modo se localiza precisamente no centro da banda A. Além disso, em cada lado da linha M, dentro da zona H, existe uma região um pouco mais clara que é denominada de pseudo zona H (Figura 1).

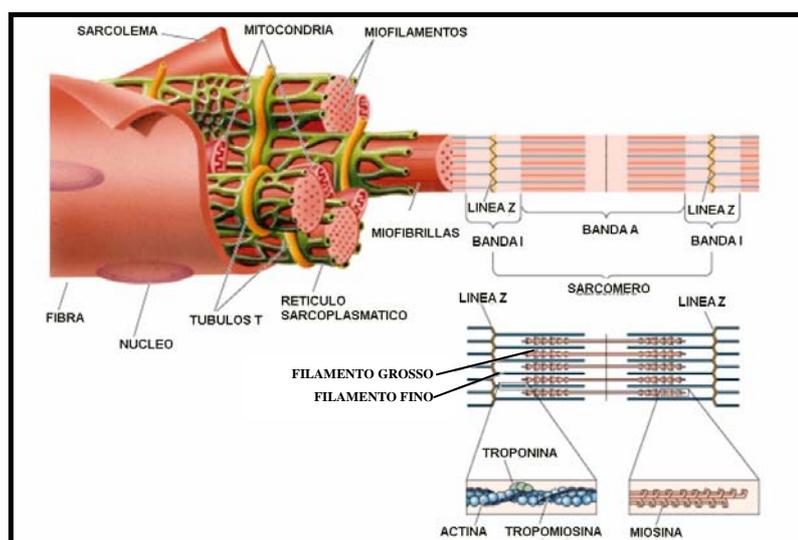


Figura 1. Esquema representativo de uma fibra muscular e seus componentes.

O estabelecimento destas bandas e regiões é conseqüência, como já foi dito, do arranjo dos filamentos grossos e finos no interior da miofibrila, e o conhecimento de suas funções torna-se importante para entender os fenômenos que ocorrem no músculo.

### **2.1.1 Proteínas dos miofilamentos**

As proteínas miosina e actina constituem de 75 a 80% das proteínas miofibrilares, sendo a porção restante constituída pelas proteínas reguladoras da função muscular, atuando direta ou indiretamente no complexo adenosina trifosfatoactina-miosina. As principais proteínas reguladoras, em ordem decrescente de concentração na miofibrila, são: tropomiosina, troponina, proteínas da linha M (creatina quinase, miomesina e proteína M),  $\alpha$ -actinina, proteína C e  $\beta$ -actinina (GUIMARÃES; ADELL, 1995; Warris, 2000).

A actina constitui de 20 a 25% das proteínas miofibrilares. É composta por subunidades globulares de actina G, que se polimerizam formando unidades de uma proteína fibrilar (actina F), que se entrelaçam duas a duas em hélice, forma característica do filamento de actina (Figura 2). A miosina constitui de 50 a 55% da proteína miofibrilar e se caracteriza por sua grande proporção de aminoácidos carregados positiva ou negativamente. A tropomiosina e a troponina representam, juntas, entre 16 e 20% das proteínas miofibrilares. A tropomiosina é responsável pela sensibilidade do sistema actomiosina ao cálcio que deflagra a contração, e a troponina é a proteína receptora deste íon. Ambas estão associadas ao filamento de

actina. A tropomiosina tem uma estrutura fibrilar composta por duas cadeias polipeptídicas enroladas e se posiciona sobre um sulco da superfície da actina, estendendo-se por 7 unidades de actina G, enquanto que a troponina é formada por três subunidades polipeptídicas, TnT, TnI e TnC, e se distribui a intervalos regulares em sítios específicos da tropomiosina (GUIMARÃES; ADELL, 1995; Warris, 2000).

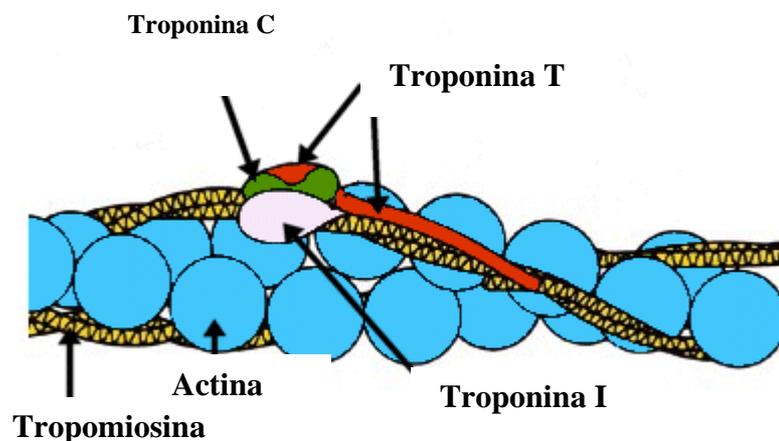


Figura 2. Esquema representativo de um filamento de actina e seus constituintes\*.

### 2.1.2 Tipos de fibras musculares

Segundo Guimarães e Adell (1995), os músculos podem ser classificados em brancos ou vermelhos de acordo com a intensidade de sua coloração, que por sua vez, depende da proporção de fibras vermelhas e brancas existentes. Normalmente os músculos são formados por uma mistura de fibras vermelhas e brancas, sendo que as últimas estão sempre em maior proporção, mesmo nos músculos que são visivelmente vermelhos. Os músculos também exibem fibras com característica

intermediárias entre os tipos vermelho e branco. O conteúdo maior de mioglobina das fibras vermelhas em relação às brancas é o responsável pela sua coloração. As características estruturais, funcionais e metabólicas das fibras musculares vermelhas, intermediárias e brancas são distintas e estão demonstradas na Tabela 1.

Tabela 1 - Características das fibras musculares vermelhas, intermediárias e brancas de animais de abate.

<b>CARACTERÍSTICA</b>	<b>F. VERMELHAS</b>	<b>F. INTERMEDIARIAS</b>	<b>F. BRANCAS</b>
Cor	Vermelha	Vermelha	Branca
Conteúdo em mioglobina	Alto	Alto	Baixo
Diâmetro da fibra	Pequeno	Pequeno-Intermediário	Grande
Velocidade de contração	Lenta	Rápida	Rápida
Tipo de contração	Tônica	Tônica	Fásica
Número de mitocôndrias	Alto	Intermediário	Baixo
Tamanho mitocondrial	Grande	Intermediário	Pequeno
Densidade capilar	Alta	Intermediária	Baixa
Metabolismo oxidativo	Abundante	Intermediário	Escasso
Metabolismo glicolítico	Escasso	Intermediário	Abundante
Conteúdo lipídico	Alto	Intermediário	Baixo
Conteúdo de glicogênio	Baixo	Alto	Alto

Fonte: Judge et al. (1989)

## 2.2 Aspectos qualitativos da carne bovina

As características qualitativas da carne bovina podem ser definidas como o resultado da interação entre diversos componentes da carne que resultam em alterações perceptíveis ao consumidor e que, conseqüentemente, determinam a qualidade do produto. Dentre essas características estão a cor, maciez, o sabor, a aparência, a palatabilidade, as perdas de líquidos e a microbiologia da carne.

Desta maneira, as variações qualitativas da carne bovina podem ser expressas pela alteração de qualquer uma destas características. Com isso,

mudanças em valores de pH, por exemplo, podem refletir em aumento do crescimento bacteriano, mudança de coloração, valores de maciez, suculência e perdas de líquido ao cozimento, fatores esses impreterivelmente percebidos pelos consumidores. Variações na maciez, por exemplo, podem ocorrer no abate, na estocagem *post-mortem*, pela combinação destes dois fatores ou ainda pelas diferenças no preparo pelo consumidor (KOOHMARAIE, 1996).

As tentativas para explicar a variabilidade na maciez da carne bovina têm incluído também os efeitos de idade do animal (DAVIS et al. 1979), raça (KOCK et al. 1982), regime nutricional (DIKEMAN et al. 1985; KOOHMARAIE, 1988b), número de dias em que o animal foi submetido ao confinamento (TATUM et al., 1980) e ao uso de promotores de crescimento (UNRUH et al., 1986). Ainda os efeitos de abatedouros, lote e data de abate podem complementar os fatores que contribuem em grande parte para a variação da maciez da carne bovina (KEELE et al., 1999).

Histoquimicamente, as características do músculo (CALKINS et al., 1981; SEIDEMAN; CROUSE, 1986; WHIPPLE et al., 1990a,b), e as atividades enzimáticas envolvidas na maturação *post mortem* também estão envolvidos no amaciamento muscular (CALKINS; KOOHMARAIE; SEIDEMAN, 1987; KOOHMARAIE; SEIDEMAN; CROUSE, 1988; KOOHMARAIE et al., 1988a,b,c; WHIPPLE et al., 1990a,b) e têm importante papel nos valores finais de maciez

A maturação *post-mortem* ocasionada pela degradação das estruturas protéicas miofibrilares (GOLL et al., 1983; LAWRIE, 1980; PARRISH et al., 1973, ROBSON et al., 1984) pela ação do sistema de proteases cálcio-dependentes (CALKINS; KOOHMARAIE; SEIDEMAN, 1987; GOLL et al., 1983; KOOHMARAIE; SCHOLLMEYER; DUTSON, 1986; KOOHMARAIE et al. 1988a,b,c; KOOHMARAIE; CROUSE; MERSMANN, 1989; ZEECE et al., 1986), pela ação das catepsinas

(CALKINS; KOOHMARAIE, SEIDEMAN, 1987) e pelo aumento *post-mortem* da força iônica muscular (OUALI, 1984; WU; SMITH, 1987) têm grande importância na maciez final da carne.

Outras variáveis também relacionadas com a maciez foram relatadas por diversos autores. Entre elas, o declínio de pH e temperatura foram mencionados por Whipple et al. (1990a), assim como o comprimento de sarcômero por Harris (1976) e Whipple et al. (1990a). Além destas, Burson e Hunt (1986) e Whipple et al. (1990a) mencionam o colágeno total e solúvel como variável a ser adicionada aos componentes responsáveis pelos diferentes valores de maciez encontrados na carne bovina.

Considerando-se que não somente a maciez exerça grande influência na escolha de carnes pelo consumidor, características de coloração e aparência geral do produto devem ser consideradas. Wulf e Wise (1999) afirmam que esta característica pode influenciar diretamente na decisão de compra do consumidor, sendo ainda o indicador inicial de qualidade e palatabilidade da carne.

Cruzamentos entre raças envolvendo animais *Bos indicus* como Nelore, Brahman, Sahiwal, entre outras, são utilizados frequentemente com o fim de maximizar a heterose, especialmente em climas tropicais e semitropicais onde essas raças oferecem vantagens adaptativas quanto à tolerância ao calor e a doenças (COLE et al., 1963; KING et al., 2006). Além disso, estudos revelam que animais *Bos indicus* apresentam ótimos resultados quanto às características reprodutivas e maternas (RILEY et al., 2003a,b; SMITH et al., 2007).

No entanto, resultados de pesquisas revelam que ao aumentar a porcentagem de *Bos indicus* em um cruzamento, diminui-se a maciez (CROUSE et al., 1989; KOCK et al. 1982; McKEITH et al., 1985; WILLIAMS et al., 1994) e

aumenta-se a variabilidade desta característica (WHEELER et al.,1990), sendo que animais dessa espécie, algumas vezes, são excluídos de programas de cruzamentos norte-americanos devido ao fato de oferecerem certo risco de redução na maciez da carne dos animais resultantes dos cruzamentos com *Bos taurus* (SHERBECK et al., 1996).

Assim, ao se estudarem as variações de qualidade de carne dentro de uma raça, deve-se também estar atento ao fato de que pouca ou nenhuma informação a respeito da variabilidade genética nos touros em características organolépticas, de cor e de composição da carcaça de suas progênes estejam disponíveis para orientação de pesquisas e programas de seleção (MAHER et al., 2004) e que, segundo Garrick (1994), há uma real e considerável variabilidade entre touros de uma mesma raça.

Por outro lado, em muitos sistemas de produção de bovinos, o peso de carcaça apresenta-se como um grande determinante do preço recebido por animal e, conseqüentemente, de grande importância para os produtores de gado de corte (CHARTERIS; GARRICK, 1997). Sendo assim, a valorização de sistemas de produção que aliem valores econômicos de carcaça, importantes para o produtor e, ao mesmo tempo, características de qualidade de carne que satisfaçam o consumidor e a indústria podem dar subsídios para o sucesso de programas de seleção voltados à qualidade da carne.

## 2.3 Degradação muscular

Ao se atentar para a importância do crescimento muscular para formação de carcaças de boa qualidade, os mecanismos de controle da degradação das proteínas miofibrilares tornam-se elusivos. Segundo Wheeler e Koohmaraie (1992) há diversos sistemas proteolíticos envolvidos em vários estágios da degradação muscular.

O processo de degradação muscular por enzimas proteolíticas pode também ser chamado de *maturação* que consiste na armazenagem das carnes a baixas temperaturas a fim de se aumentar sua maciez. A maturação da carne sob refrigeração tem sido efetuada por mais de um século. No entanto, este processo somente ocorria durante a venda e distribuição das carnes, sem a programação de períodos comerciais específicos de maturação (NOVAKOFSKI; BREWER, 2006).

Várias evidências sugerem que a causa do amaciamento da carne seja a proteólise das estruturas miofibrilares e das estruturas associadas pela atuação de enzimas proteolíticas (KOOHMARAIE, 1996). A importância desse sistema proteolítico deve-se ao fato destas enzimas serem responsáveis pela degradação das proteínas miofibrilares promovendo o relaxamento dos miofilamentos superficiais das miofibrilas (GOLL; KLEESE; SZPACENKO, 1989) e promovendo a quebra da tropomiosina e titina (WARRIS, 2000).

As proteínas miofibrilares, por sua vez, estão envolvidas nas inter (ex: desmina e vinculina) e intra-miofibrilas (ex: titina, nebulina e, possivelmente, a troponina T) acoplando as miofibrilas ao sarcolema por intermédio dos sarcômeros (ex: vinculina e distrofina) e fixando as células musculares à lâmina basal (ex: laminina, fibronectina) como descrito por Koohmaraie (1996). A função dessas

proteínas é manter a integridade estrutural das miofibrilas (KOOHMARAIE, 1996), sendo que a degradação dessas proteínas poderá causar o enfraquecimento das miofibrilas e, conseqüentemente, o amaciamento da carne (KOOHMARAIE, 1996).

### 2.3.1 Calpaínas

Estudos dos últimos 15 a 20 anos têm indicado que as calpaínas possuem o maior papel na proteólise *post mortem* responsável pela maciez da carne (DRANSFIELD, 1992; GOLL et al., 1974, 1992a,b; KOOHMARAIE, 1987, 1988a, 1992; KOOHMARAIE; SCHOLLMEYER, DUTSON, 1986; MORGAN et al., 1993; TAYLOR et al., 1995; ZEECE et al., 1986; WARRIS, 2000).

São encontrados dois tipos de calpaínas que se distinguem pela quantidade de  $\text{Ca}^{2+}$  para sua ativação. A  $\mu$ -calpaína requer uma menor concentração de  $\text{Ca}^{2+}$ , de 50 a 70  $\mu\text{M}$ , para iniciarem sua atividade, enquanto que as  $m$ -calpaínas necessitam de uma quantidade bem maior, variando de 1 a 5  $\text{mM}$  de  $\text{Ca}^{2+}$ , sendo esta última, no entanto, passível de hidrólise sendo convertida em  $\mu$ -calpaína (DAYTON et al., 1991; WARRIS, 2000).

Segundo Warris (2000) e Whipple et al. (1990a), essas enzimas possuem atividade máxima em condições neutras a alcalinas e podem ter sua atividade modulada por um inibidor, a *calpastatina*. Esse inibidor se liga às calpaínas impedindo que realizem a proteólise das miofibrilas. Esta ligação calpaína/calpastatina somente poderá ser revertida pela concentração suficiente de íons cálcio, pH e temperatura elevados. No entanto a calpastatina parece não poder

exercer ação inibitória sobre as calpaínas já ligadas à miofibrila (BOEHM et al., 1998).

As calpaínas têm sido encontradas no disco Z (WARRIS, 2000), no sarcolema e livre na linha M do músculo esquelético de frangos (ISHIURA et al., 1980). No músculo cardíaco de bovinos essas enzimas foram encontradas no disco Z e no sarcolema (LANE et al., 1985). Kleese et al. (1987) localizaram as calpaínas no músculo esquelético de serpentes do gênero *Crotalus*, na banda I do sarcômero. Estabelecendo uma relação cruzada entre a espécie bovina e esta espécie de serpentes, Whipple et al. (1990a), concluíram que ambas calpaínas e calpastatina, em organismos remotamente relacionados, possuem estruturas muito similares.

Alguns autores sugerem que a degradação da linha-Z dos sarcômeros pela ação das calpaínas contribui para a maciez da carne (DAVEY; GILBERT, 1969; PARRISH et al., 1973). Essa ação ocorre mais frequentemente com a fragmentação transversa das miofibrilas na junção da banda-I com a linha-Z, e as divisões longitudinais ocorrem nas demais estruturas do sarcômero (WHEELER et al., 1990). Neste sentido, o processo de maturação da carne promove uma disruptura das linhas Z, enfraquecendo as ligações intermiofibrilares (DAVEY; GILBERT, 1969), causando assim o amaciamento da carne. Tendo como base a influência dos íons  $Ca^{2+}$  na ação das calpaínas, Whipple et al. (1990a) afirmam que um nível muito baixo de  $Ca^{2+}$  livre (0,01 mM) parece ser suficiente para regular ou limitar a destruição indiscriminada do disco Z por essas enzimas, regulando assim o processo de amaciamento da carne.

Dentre os dois tipos de calpaínas mencionados, a  $\mu$ -calpaína tem sido relatada como a principal enzima responsável pela proteólise muscular post-mortem (DRANSFIELD, 1992, 1994; KOOHMARAIE, 1992, 1996; KOOHMARAIE;

SCHOLLMEYER; DUTSON, 1986; WHIPPLE et al.,1990a,b; WHIPPLE; KOOMARAIE, 1992). No entanto, a quantidade e atividade das calpaínas variam de acordo com a espécie, processo de produção do animal, tipo de músculo, desenvolvimento do rigor e as condições de estocagem (DRANSFIELD, 1994). Segundo este mesmo autor, durante o crescimento do animal os níveis de calpaína aumentam e o sua concentração final é estabelecida no momento do abate.

As proporções de calpastatina:μ-calpaína no músculo de bovinos têm sido relatados como sendo de 2:1, respectivamente (DRANSFIELD; JONES; MACFIE, 1981; ETHERINGTON; TAYLOR; DRANSFIELD, 1987; KOOHMARAIE et al., 1991, KOOHMARAIE; DOUMIT; WHEELER, 1996), sendo que a quantidade de calpastatina necessária para inibir a ação da μ-calpaína é duas vezes maior que a necessária para inibir a ação da m-calpaína (OUALI; TALMANT, 1990; KOOHMARAIE et al., 1991; KOOHMARAIE; DOUMIT; WHEELER, 1996).

A ação das calpaínas no metabolismo muscular *post mortem* se inicia a partir do momento em que as membranas do retículo sarcoplasmático e mitocôndria perdem sua habilidade de seqüestrar  $Ca^{2+}$  devido à queda de temperatura e da disponibilidade de ATP na célula. Com isso a concentração de  $Ca^{2+}$  celular tende a aumentar (DRANSFIELD,1994).

Jeacocke (1993) relata que a concentração intracelular de  $Ca^{2+}$  no músculo após a morte do animal varia substancialmente de 0,1 e 0,2 μM a valores superiores a 100 μM, quando o músculo entra em *rigor mortis*. Neste momento, devido ao decréscimo da disponibilidade de ATP na célula, a bomba de  $Ca^{2+}$  ATP-ase não consegue manter altas as concentrações de  $Ca^{2+}$  no interior do retículo sarcoplasmático, mantendo altas as concentrações celulares de  $Ca^{2+}$ (JEACOCKE,1993).

Dransfield (1994), descreve que neste momento a quantidade de cálcio disponível na célula é suficiente para ativar totalmente a  $\mu$ -calpaína, mas que esta quantidade é apenas suficiente para promover 30% da atividade total da m-calpaína, sendo que o restante permanece inativo na carne. Taylor et al. (1995), descrevem uma substancial degradação do sarcolema e sarcômeros no decorrer do primeiro dia *post mortem*, o que submete ao fato de que esta degradação preceda qualquer influxo extracelular de  $Ca^{2+}$  nas fibras musculares após a morte do animal.

Desta maneira, as condições durante o desenvolvimento do rigor são os fatores mais importantes para o controle do amaciamento e maturação da maioria dos cortes comerciais (DRANSFIELD, 1994). O mesmo autor relata que com o aumento da taxa de desenvolvimento do rigor, as enzimas são ativadas prematuramente a temperaturas prevalentemente altas. Segundo ele, durante as primeiras 24 horas após o abate, se as carcaças fossem mantidas a altas temperaturas (30° C) poder-se-ia obter cerca de 90% da maturação total, no entanto, a temperaturas de resfriamento (2° C) uma pequena quantidade, 8% da maciez, pode ocorrer (DRANSFIELD; WAKEFIELD; PARKMAN, 1992).

Boehm et al. (1998), descrevem, no entanto, que dependendo das concentrações intracelulares de  $Ca^{2+}$ , cerca de 95% da atividade total das calpaínas do músculo ocorre dos 4 aos 7 dias após a morte do animal, devido à ação das m-calpaínas e não das  $\mu$ -calpaínas. O mesmo autor discute ainda que se a  $\mu$ -calpaína tem um importante significado na proteólise *post mortem* esta deve ser atribuída à proteólise ocorrida nas primeiras 24 a 48 horas após a morte do animal, ou então estar relacionada a algum fator do tecido muscular *in situ* que provavelmente tenha sido removido durante a purificação parcial da  $\mu$ -calpaína em situações

experimentais, mas que este pode ser o responsável por tornar a  $\mu$ -calpaína proteoliticamente ativa no músculo.

Sob este ponto de vista, Boehm et al. (1998), supõem que um possível cenário seja de que a  $\mu$ -calpaína esteja envolvida na degradação dos sarcômeros e na quebra da integridade dos sarcolemas, eventos observados nas primeiras 24 a 48 horas após a morte do animal. Este promoveria o aumento da concentração de  $\text{Ca}^{2+}$  intracelular nas fibras musculares, onde a m-calpaína, por sua vez, estaria atuando na degradação das proteínas do citoesqueleto das células musculares após 48 a 72 horas, quando as concentrações de  $\text{Ca}^{2+}$  tenham se elevado a níveis suficientes para suportar sua atividade.

Parrish et al. (1981), encontraram que a concentração de  $\text{Ca}^{2+}$  livre no músculo após 10 a 14 dias de estocagem variou de 630 a 970  $\mu\text{M}$ . Esta concentração de  $\text{Ca}^{2+}$  é suficiente para a atuação total da m-calpaína, sendo esta a causa da baixa perda da m-calpaína durante os períodos de maturação.

Estas informações permitem prever um aumento progressivo da taxa de proteólise realizada pela m-calpaína concomitantemente com o aumento progressivo da concentração de íons cálcio livres na célula, (aumentando gradualmente de 100  $\mu\text{M}$  das 12 às 24 horas para 600 a 900  $\mu\text{M}$  aos 10 dias *post mortem*) e com a diminuição da atividade da calpastatina (BOEHM et al., 1998).

Boehm et al. (1998), relatam ainda que aliado a este aumento da concentração de  $\text{Ca}^{2+}$  livre na célula há a degradação da titina, nebulina, vinculina, troponina T e outras proteínas do citoesqueleto das células musculares com propriedades calpaína-sensitivas.

A partir das hipóteses encontradas por Bohem et al. (1998), e de um estudo detalhado da literatura, poderá ser encontrado que com o decorrer dos períodos de

estocagem há uma alteração nas atividades das calpaínas e de seu inibidor, a calpastatina. As atividades da calpastatina e da  $\mu$ -calpaína decaem rapidamente durante a estocagem *post mortem*. Esse decréscimo na atividade da calpastatina é altamente variável e oscila entre 17 a 67% da sua atividade *at mortem* e 1 dia *post mortem* e de 15 a 38% aos 7 dias de estocagem *post mortem* (BOEHM et al., 1998; KOOHMARAIE, et al., 1995a). Dependendo das condições, apenas 20 a 60% da atividade da  $\mu$ -calpaína e 20 a 70% da calpastatina, extraídas no momento da morte do animal permanecem após 24 horas. Esses dados embasam as possibilidades de que a atividade da  $\mu$ -calpaína possa decair mais rapidamente que a atividade da calpastatina durante a estocagem das carnes (BOEHM et al. 1998).

Esses resultados podem sugerir ainda que a menor atividade de  $\mu$ -calpaína e calpastatina durante a estocagem da carne possam ser devidas à degradação proteolítica dessas moléculas (DUCASTING et al., 1985; KOOHMARAIE et al., 1987; KOOHMARAIE; CROUSE; MERSMANN, 1989; VIDALENC et al., 1983). Essa degradação pode ser resultado de uma autólise extensiva da  $\mu$ -calpaína a polipeptídeos menores e proteoliticamente inativos e à degradação da calpastatina pela  $\mu$ -calpaína ou por outras proteases endógenas (BOHEM et al., 1998; COOLICAN; HATHAWAY, 1984; CRAWFORD; WILLIS; CAGNON, 1987; DeMARTINO et al., 1985; HATHAWAY; WERTH; HAEBERLE, 1982). Idéias contrárias revelam, no entanto, que a  $\mu$ -calpaína pode perder somente parte de sua atividade após um período de autólise excessiva (COTTIN et al., 1986; EDMUNDS et al., 1991; INOMATA et al., 1988; KOOHMARAIE, 1992, 1996).

Já a atividade da  $m$ -calpaína parece permanecer relativamente constante durante a estocagem *post mortem* (BOEHM et al., 1998), pois as concentrações

intracelulares de  $\text{Ca}^{2+}$  livres no músculo, após a morte do animal, são muito baixas para promover sua autólise (WHIPPLE; KOOHMARAIE, 1991).

Em trabalho publicado posteriormente, Koohmaraie (1996), defende uma posição contrária à mencionada anteriormente, afirmando que a m-calpaína ao ser exposta a quantidades suficientes de  $\text{Ca}^{2+}$  tende a entrar em autólise, resultando em sua completa inativação. Assim, quando submetida a longos períodos de estocagem toda a atividade da m-calpaína pode ser recuperada, mas, ao mesmo tempo, poderá ser inativada quando quantidades suficientes de cálcio estiverem presentes (KOOHMARAIE; CROUSE; MERSMANN, 1989). Com isso, Koohmaraie (1996) conclui que a  $\mu$ -calpaína e não a m-calpaína como a principal protease responsável pelo processo de amaciamento da carne.

Contrariamente às proposições anteriores, Boehm et al. (1998) e Geesink e Goll (1995), afirmam que as calpaínas não são extensivamente degradadas durante a estocagem *post mortem*, mas que se tornam progressivamente ligadas à fração miofibrilar. Segundo os autores, este fato é comprovado pelo isolamento da  $\mu$ -calpaína em músculos aos 7 dias *post mortem*, verificando-se que essa enzima encontra-se proteoliticamente inativa.

### 2.3.2 Catepsinas

Embora as calpaínas ocupem o papel central no amaciamento muscular, outras enzimas proteolíticas são citadas como coadjuvantes deste processo. Neste contexto, destacam-se as catepsinas. Essas enzimas, embora possuam um menor

papel no sistema proteolítico muscular *post mortem*, têm sua ação registrada durante todo o período de estocagem.

As catepsinas são encontradas nos lisossomos (KOOHMARAIE, 1996; WHIPPLE et al., 1990a) e liberadas no músculo após a morte do animal, com atividade máxima em condições medianamente ácidas (WARRIS, 2000), tomando maior espaço, aos 7 a 10 dias *post mortem* ou em carcaças estocadas a temperaturas inferiores a 15° a 20° C (KOOHMARAIE et al., 1988a,b; LaCOURT et al., 1986).

As catepsinas do tipo B, D e L são responsáveis pela degradação de proteínas miofibrilares incluindo a actina e miosina (MATSUKURA et al., 1981; MIKAMI et al., 1987; OUALI et al., 1988; SCHWARTZ; BIRD, 1977) ou apenas por desfazer o complexo acto-miosina, sem a degradação dessas proteínas (KOOHMARAIE, 1996).

Warris (2000), relata também a ação das catepsinas na degradação da Troponina-T, ligações cruzadas de colágeno e mucopolissacarídeos do tecido conectivo. Uma correlação positiva entre pH e atividade *in vitro* da  $\mu$ -calpaína e catepsinas B e B+L foi encontrada por Etherington (1984) e Koohmaraie, Schollmeyer e Dutson (1986).

Claramente, a ação das diversas proteases tem papel significativo na determinação de fatores qualitativos da carne. Desta maneira, o estudo de suas interações com os componentes musculares e bioquímicos da carne faz-se necessário para o entendimento das suas interferências sobre os variados grupos musculares da carcaça.

### 2.3.3 Proteases e os tipos de fibra

Há indicações de que a renovação protéica ocorre diferentemente nos músculos esqueléticos devido ao tipo de fibra que os compõem (GARLICK et al., 1989, GOLDBERG) e que músculos vermelhos têm maior atividade da calpastatina que músculos brancos.

Neste contexto, o tipo de fibra parece determinar a taxa e a extensão de degradação da linha-Z (DUTSON et al., 1974; HAY; CURRIE, WOLFE, 1973), evento este característico da atuação das proteases musculares e amaciamento da carne. Gann e Merkel (1978), demonstraram que ambas as fibras vermelhas (tipo I) e brancas (tipo II) sofrem fragmentação transversa na junção da banda-I/linha-Z e longitudinalmente nos sarcômeros, mas apenas as fibras brancas apresentaram significativa perda de material da linha Z após 2 e 10 dias *post-mortem*.

Estes dados embasam as afirmações anteriores, ressaltando que músculos com quantidade predominante de fibras do tipo branca como o músculo *Longissimus*, têm maior atividade das calpaínas e menor da calpastatina que músculos como o *Psoas major* com predominância de fibras vermelhas (KOOHMARAIE et al., 1988c; OUALI; TALMANT, 1990).

Ashmore (1974) e Ozawa et al. (2000) descrevem uma complexa relação entre pH e tipo de fibra. Segundo os autores, as fibras vermelhas possuem altas taxas de metabolismo oxidativo e de gliconeogênese devido ao fato de possuírem maiores quantidades de receptores  $\beta$ -adrenérgicos e, com isso, estarem mais susceptíveis à ação da epinefrina em situações de estresse. Assim, os músculos com maior proporção de fibras vermelhas estão mais propensos a gerar carnes *dark cutting* (carnes escuras), pois têm maior utilização de glicogênio/energia no período

*ante-mortem*, podendo resultar em perfis de queda de pH muscular anormais, com conseqüentes efeitos negativos a qualidade da carne como alterações de cor, capacidade de retenção de líquidos e maciez.

Ouali (1990) sugere, portanto, que o tipo de músculo exerce grande influência na qualidade da carne, especialmente na maciez. Dransfield, 1994 afirma que em bovinos, os níveis de  $\mu$ -calpaína tendem a diminuir e os de m-calpaína a aumentar quando a velocidade da contração muscular aumenta (Velocidade de contração das fibras, vide Tabela 1). Estas informações condizem com aquelas apresentadas por Ouali et al. (1988) que obtiveram uma menor maturação para as carnes provenientes de animais tratados com agentes anabólicos, os quais causaram uma redução na velocidade de contração muscular (Ouali et al., 1988; Ouali, 1990). Com isso, para músculos vermelhos (contração lenta) espera-se que seja necessário um maior período de maturação que para músculos brancos (contração rápida).

## 2.4 Cor

A decisão de compra do consumidor é influenciada, primeiramente, pela coloração da carne. Segundo Mancini e Hunt (2005), os consumidores julgam a descoloração da carne como um indicador de perda de frescor e inocuidade do produto.

Assim, a maioria dos aspectos relacionados à cor do produto devem-se a composição da mioglobina (Mb) pré e *post mortem*, pois esta é a principal proteína responsável pela coloração da carne. No entanto, outras proteínas como a

hemoglobina e a Citocromo C também parecem ter papel significativo na coloração das carnes bovina, suína e de frango (MANCINI; HUNT, 2005).

A quantidade de Mb em um determinado corte de carne bovina varia principalmente com atividade física dos músculos que o compõe e a maturidade fisiológica do animal ao abate. Alguns músculos são mais solicitados do que outros e, como consequência, apresentam grande proporção de fibras (células) vermelhas entre as fibras brancas, essas últimas sempre em maior número (FELÍCIO, 1999).

A mioglobina é uma proteína solúvel em água, composta por 8  $\alpha$ -hélices (A-H) ligadas por curtas seções não elicoidais aliadas a vários resíduos, dentre os quais a histidina merece mais atenção devido ao seu papel na estrutura e função da mioglobina (MANCINI; HUNT, 2005). A histidina-65 localizada na posição distal da molécula, influencia a dinâmica da coloração da carne afetando as relações espaciais com a porção heme-hidrofóbica da molécula. O ligante presente e a valência do ferro (Fe) são os que ditam a cor do músculo.

Quatro formas de mioglobina são primeiramente responsáveis pelas diferentes colorações assumidas pela carne bovina. A mioglobina quando em ausência ou concentrações muito baixas de oxigênio (<1,4mm Hg, Brooks, 1935, *apud* Mancini; Hunt, 2005) assume a forma de *Deoximioglobina*, que apresenta coloração *vermelho púrpura*, característica de produtos embalados a vácuo ou recém fatiados. Ao ser exposta a maiores concentrações de oxigênio a Mb assume coloração *vermelho cereja*, resultando na *Oximioglobina*. Este processo, no entanto, é dependente da temperatura da carne, pressão parcial de oxigênio, pH e competição por oxigênio devido a outros processos respiratórios (MANCINI; HUNT, 2005).

A descoloração, por sua vez, resulta da oxidação dos grupos ferro da mioglobina derivados dos íons ferro (LIVINGSTON; BROWN, 1992; WALLACE et al., 1982) que dão origem a *metabioglobina*, sendo esta o grande determinante da aparência do produto. Sua formação está aliada à quantidade de mioglobina presente na sub-superfície da carne, uma vez que a metamioglobina presente logo abaixo da superfície do produto (localizada entre oximioglobina superficial e a deoximioglobina interior) migra gradualmente para a superfície da carne. Sua formação é dependente de uma série de fatores, entre os quais, da pressão parcial de oxigênio, temperatura, pH, atividade redutora da carne e, em alguns casos, do crescimento microbiano (MANCINI; HUNT, 2005).

A quarta forma assumida pela mioglobina é a *Carboximioglobina*, adquirida principalmente em embalagens com baixas concentrações de monóxido de carbono ou as chamadas “*embalagens de atmosfera modificada*”. Esta molécula provoca a coloração vermelho cereja na carne com relativamente maior estabilidade que as demais formas da mioglobina.

Para a avaliação instrumental da cor da carne, MacDougall (1994), afirma não existir uma recomendação geral, pois os instrumentos de medida como colorímetros e espectrofotômetros podem ter características distintas quanto ao diâmetro da abertura, tipo de iluminante e ângulo de observação, produzindo resultados semelhantes, mas não iguais.

Existem alguns métodos tradicionalmente utilizados para se medir a cor e os bons colorímetros, em geral, permitem que se faça a leitura em qualquer um deles. Os métodos mais conhecidos são os espaços Yxy, determinados pelo chamado *color space*, (método utilizado para expressar a cor de um objeto ou uma fonte de

luz usando notação numérica), desenvolvido a partir dos valores triestímulos XYZ e os espaços  $L^* a^* b^*$  e  $L^* C^* H^*$  (FELÍCIO, 1999; MANCINI; HUNT, 2005).

O espaço  $L^* a^* b^*$ , também conhecido como CIELAB, foi desenvolvido pela Comissão Internacional de Iluminação (CIE), em 1976, e muito utilizado em todas as áreas onde a mensuração de cor é necessária. Neste espaço,  $L^*$  indica luminosidade e  $a^*$  e  $b^*$  são as coordenadas de cromaticidade, onde o eixo  $-a^*-----+a^*$  vai de verde a vermelho e  $-b^*-----+b^*$  vai de azul a amarelo. Em cada uma dessas direções (eixos a e b), quando se caminha para as extremidades tem-se maior saturação da cor (FELÍCIO, 1999). As coordenadas  $L^* C^* H^*$  são relacionadas à resposta visual a cor. As diferenças de coloração nas coordenadas do sistema CIELAB podem ser detectadas pela maioria dos observadores (HUNTER; HAROLD, 1987) e os consumidores, por sua vez, são capazes de detectar mudanças da ordem de uma escala desse sistema (ZHU; BREWER, 1999).

Segundo definição do manual de avaliação de cor publicado pela American Meat Science, AMS, (1991),  $H^*$  (Hue) é o nome da cor e a qualidade que distingue as famílias de cores (vermelho, verde, azul, etc), sendo o resultado das diferenças dos impulsos e tamanhos de onda que produzem na retina a sensação de cor. Já  $L^*$  é o valor de luminosidade da cor e o parâmetro que distingue cores claras e escuras. O Chroma ( $C^*$ ) é a intensidade de uma cor, ou seja, a qualidade pela qual se podem distinguir cores fortes e fracas, também conhecido como o grau de saturação de cor (Figura 3).

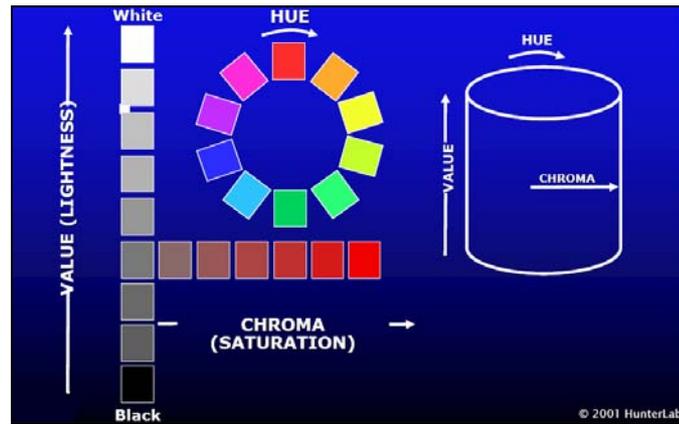


Figura 3 - Representação gráfica das escalas de cor do sistema L\*a\*b\* (\*)

(\*)Disponível em <http://www.hunterlab.com/pdf/color.pdf>

## **2.5 Influência do pH sobre a qualidade da carne**

As catepsinas e as calpaínas têm sido relatadas em inúmeras pesquisas como sendo altamente influenciáveis pelo pH. No entanto, essas diferenças de pH devem ser apenas parcialmente responsáveis pelas diferenças na maciez (SHACKELFORD et al. 1991).

Diversas pesquisas apontam um declínio na maciez quando há um aumento de pH 5,4 para 6,1 (BARNIER et al., 1992; PURCHAS, 1990). A relação entre o pH final e os valores de força de cisalhamento indicam que há um aumento da força de cisalhamento com o aumento dos valores de pH até um máximo de 6,0, declinando quando próximos ou superiores ao pH 7,0 (PURCHAS; AUNGSUPAKORN, 1993).

Purchas e Aungsupakorn (1993) descrevem ainda uma relação curvilínea entre o pH final e os valores de Shear Force, como previamente já relatados para outras espécies como suína e ovina (DRANSFIELD et al., 1985; PURCHAS et al., 1990), indicando que valores extremos de pH (muito altos ou muito baixos) podem resultar em valores menores de Warner Bratzler Shear Force, geralmente acompanhados por problemas qualitativos da carne, principalmente referentes ao aspecto dos cortes e suas características físico-químicas.

Além disso, alguns autores descrevem também que a capacidade termal transitória do colágeno, em bovinos, também pode aumentar com a elevação do pH e este efeito pode estar diretamente relacionado à diminuição da maciez da carne (PURCHAS; AUNGSUPAKORN, 1993).

Na Figura 4 está representada a curva normal de pH esperada no músculo *Longissimus* de bovinos durante as primeiras 24 horas *post mortem* (Adaptado de WHIPPLE et al. 1990a,b).

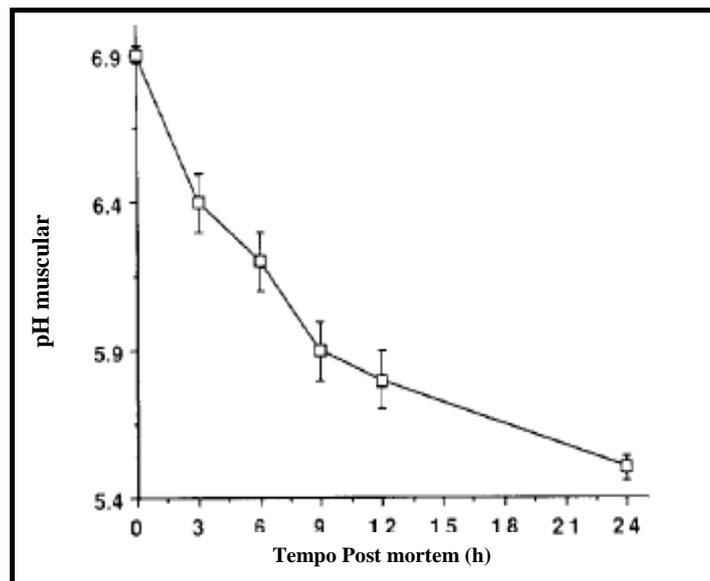


Figura 4 - Declínio de pH no músculo Longissimus.

### 2.5.1 DFD

DFD (Dark, Firm and Dry) ou carne com alto pH final, é produzida pela redução do glicogênio muscular antes do abate e, subseqüentemente, com reduzida produção de ácido láctico na carne (DRANSFIELD, 1994). Isto pode resultar no rápido desenvolvimento do rigor, liberação precoce dos íons cálcio e produção de calpaínas muito ativas e com curto tempo de vida em temperaturas prevalentemente altas (ETHERINGTON et al., 1990). Durante o resfriamento normal, carcaças com um valor de pH final em torno de 7,0, têm todo o processo de amaciamento ocorrendo antes das 24 horas, não havendo assim maturação (DRANSFIELD, 1994). O mesmo

autor afirma, portanto, que os valores de força de cisalhamento para carnes com altos valores de pH final sejam favorecidos pelo aumento da capacidade de retenção de água no interior do músculo, resultando assim em carnes mais macias, porém com a aparência prejudicada (coloração escura) pelo ressecamento superficial do corte.

A incidência de carnes DFD é marcadamente dependente da categoria do animal. Isto ocorre na proporção de 1-5% dos novilhos e novilhas, de 6-10% das vacas e 11-15% dos touros jovens (TARRANT, 1981).

A alteração da cor aparece como uma das três principais conseqüências deletérias à qualidade do produto em animais com carne DFD. Wulf et al. (1996), descrevem que carnes com coloração mais escuras apresentam valores superiores de WBSF que carnes com coloração normal e que estas, por sua vez, têm maiores valores de WBSF que carnes com coloração pálida. Já Jeremiah, Tong e Gibson (1991) e Riley et al. (2003b) afirmam que carcaças com carnes mais escuras tendem a ser mais macias. Wulf et al (1996) relatam que as diferenças de maciez observadas entre as colorações de carcaça estão relacionadas com a extensão da proteólise ocorrida nas primeiras 24 horas após o abate e estas marcadamente dependentes do pH.

As inferências dos autores quanto a relação entre a coloração da carne e a maciez reflete a grande influência do pH em ambas características, onde problemas de queda de pH podem ocasionar carnes escuras (DFD) ou mais claras (PSE – Palid, Soft and Exudative) e, conseqüentemente, alterações nas propriedades químicas e físicas da carne.

## **2.6 Temperatura**

Dados da literatura revelam que a uma faixa de temperatura constante, variando de 0 a 40° C, a taxa de maturação pode aumentar cerca de 2,5 vezes a cada 10° C (DAVEY; GILBERT, 1976; DRANSFIELD; JONES; MACFIE, 1981). Isto significaria que carnes maturadas durante 10 dias a 0° C, teriam a mesma maturação daquelas mantidas por 4 dias a 10° C ou apenas por 1,5 dia a 20° C. Por outro lado, Wulf et al. (1996) sugerem que diferenças nas taxas de resfriamento causadas por diferentes pesos de carcaça também podem resultar em diferenças na maciez final da carne, possivelmente pela alteração na ativação e atividade das proteases.

Em temperaturas próximas a 40° C a taxa de maturação é diminuída e pára quando as enzimas são completamente inativadas a temperaturas em torno de 60° C, atingidas no cozimento (DAVEY; GILBERT, 1976). Dransfield (1994) afirma que acima desta temperatura as atividades enzimáticas não podem ser regeneradas e o processo de maturação é interrompido. Assim, o autor descreve que um cozimento lento poderá proporcionar uma maior maciez na carne se comparada àquelas não maturadas. No entanto, carnes que já tenham sido completamente maturadas não apresentarão este efeito.

Dransfield (1994), sugere então a otimização do processo de resfriamento da carne como maneira de prevenir essas mudanças de energia de ativação e, conseqüentemente, um melhor amaciamento da carne. Como argumento, o autor utiliza simulações computacionais para obter dados que mostraram que cerca de 50% da dureza da carne ocasionada pela diminuição da atividade das calpaínas durante o resfriamento, pode ser revertida pelo adequado resfriamento, podendo

assim ser uma alternativa para se aumentar a aceitabilidade e comercialização da carne de animais *Bos indicus*.

## 2.7 Maciez

Dransfield (1994), relata que o nível de maciez da carne pode ser obtido por métodos sensoriais ou instrumentais, a partir da carne crua ou cozida, sendo o grau de dureza encontrado na carne como resultado da soma das contribuições dos componentes estruturais não degradados no processo de maturação, incluindo o tecido conectivo, comprimento de sarcômero, gordura e água, aliados ainda aos componentes remanescentes que não sofreram ação das calpaínas.

O processo de amaciamento da carne não acontece de maneira igual em todos os animais de uma mesma espécie, ocasionando assim uma alta variabilidade no processo de amaciamento, tendo como consequência resultados inconsistentes de maciez ao nível dos consumidores (KOOHMARAIE, 1996).

Esta variabilidade pode estar relacionada a fatores genéticos e fisiológicos, podendo variar de acordo com o tipo de criação, sexo, alimentação, manejo, idade e parentesco do animal. As variações genéticas na qualidade da carne podem ser detectadas por diferentes maneiras, seja por métodos objetivos, como o painel sensorial ou subjetivos como pela força de cisalhamento no músculo *Longissimus*.

A maciez é comumente mensurada no músculo *Longissimus* (Contra-filé), pois este músculo oferece o maior valor total dos cortes da carcaça e é considerado como um corte de aceitável maciez, suculência e sabor por parte dos consumidores (DIKEMAN et al., 2005).

Recomenda-se que as amostras retiradas do contra-filé para avaliações da força de cisalhamento devam ser assadas até uma temperatura interna em torno de 70° C e que seis ou mais sub-amostras cilíndricas sejam retiradas de cada bife, paralelamente às fibras, para que se consiga uma maior repetibilidade dos valores de força de cisalhamento (WHEELER; SHACKELFORD; KOOHMARAIE, 1996).

Alguns autores estabelecem uma relação entre os valores de WBSF e níveis de maciez aceitáveis pelos consumidores. Wulf et al. (1996) utilizou valores de WBSF > 3,85 kg como sendo de maciez inaceitável, no entanto Tatum et al. (1999) obtiveram as mesmas opiniões com valores superiores a 4,54 kg. Já Dikeman et al. (2005), citam valores próximos a 5,0 kg como sendo moderadamente macios. Para raças de *Bos taurus* tropicalmente adaptadas, Robinson et al. (2001) descrevem valores médios de 4,55 kg obtidos em aparelho Warner Bratzler Shear Force.

Koohmaraie (1996), descreve a existência de períodos distintos de maturação da carne como ponto ideal para diferentes espécies. Segundo o autor, para a espécie bovina seria necessário um período de 10 a 14 dias de maturação para obtenção de resultados satisfatórios de maciez. Dransfield (1994), por outro lado, afirma que a maturação da carne bovina por um período de 10 dias a 1° C é suficiente para que ocorra 80% do total de maturação da carne. Dransfield et al. (1992), afirmam, no entanto, que mesmo sob condições laboratoriais controladas o máximo aumento conseguido na maciez foi de 14% durante a maturação. Por outro lado, não foi encontrada interação entre tempo de maturação e valores de WBSF em trabalho realizado por Shackelford et al. (1991). Já O'Connor et al. (1997), sugerem que processo de maturação parece ser mais efetivo quando os valores de WBSF forem superiores a 3,85 Kg.

Koohmaraie et al. (1995a,b) e Koohmaraie, Shackelford e Wheeler (1996), descrevem que a atividade da calpastatina mensurada 24 horas após o abate, a uma temperatura de estocagem de 1° C, é relacionada com a maciez final da carne, com um coeficiente de correlação de 0,64 ou 0,66 entre atividade da calpastatina às 24 horas e valores de WBSF aos 14 dias de maturação para carne ovina e bovina, respectivamente (KOOHMARAIE et al., 1995a). Estes resultados sugerem que a alta atividade da calpastatina resulta em um decréscimo da atividade da calpaína e, portanto, decréscimo da maciez (BOHEM et al., 1998).

Contrariamente, Stolowski et al. (2006) encontraram que a atividade da calpastatina não está relacionada com as diferenças encontradas entre os valores de WBSF e os períodos de maturação. Dransfield (1994), afirmam que a extensão do processo de maturação é relacionada com os níveis de calpaínas às 24 horas, podendo variar de acordo com seus níveis iniciais e sua ativação durante o desenvolvimento do rigor.

Pesquisas têm sido desenvolvidas através de análises de regressão de algumas características para se prever a maciez. Davis et al. (1979), incluindo em suas estimativas para predição de maciez, a percentagem de exsudato expressivo, índice de fragmentação miofibrilar, comprimento de sarcômero, perdas por cozimento e porcentagem de colágeno solúvel, foram capazes de explicar 68% da variação desta característica. Calkins, Davis e Sanders (1980), utilizaram características de carcaça, comprimento de sarcômero e outros parâmetros químicos para estimar a maciez, derivando um modelo com  $R^2$  de 0,68.

Whipple et al. (1990b), utilizando um coeficiente de regressão linear entre valores de calpastatina e Warner Bratzler Shear Force (WBSF) revelaram que a cada 50 unidades de aumento da atividade da calpastatina, um dia *post mortem*,

havia um acréscimo de 1 kg no valores de WBSF, revelando a alta correlação existente entre a atividade da calpastatina e valores objetivos de força de cisalhamento da carne, indicativo real de maciez. Outros autores como Johnson et al. (1990), Sherbeck et al. (1996), Wulf et al. (1996) também encontraram correlações das mesmas magnitudes para esses fatores.

Em trabalho desenvolvido por Riley et al. (2003b), foi encontrada maior correlação entre maciez e calpastatina do que desta característica com a atividade de  $\mu$  e m-calpaína. No entanto, essas correlações ainda são muito controversas (McDONAGH et al., 2001; PRINGLE et al., 1997; SHERBECK et al., 1996; WULF et al., 1997; WULF; PAGE, 2000).

Para avaliações genéticas alguns autores defendem que os valores de WBSF mensurados no músculo *Longissimus* não sejam uma indicação acurada dos valores desta mesma medição em outros músculos (HARRIS; SHORTHOSE, 1998; SHACKELFORD; WHEELER; KOOHMARAIE, 1995), pois a correlação genética entre a maciez mensurada no músculo *Longissimus* e aquela mensurada no músculo *Semitendinosus* (Lagarto), por exemplo, é baixa, sugerindo que o ganho genético para maciez dos músculos da carcaça, como um todo, seja mais difícil (JOHNSTON et al., 2001), principalmente pelos diferentes padrões de maturação e atividade enzimática particulares de cada grupo muscular (STOLOWSKI et al., 2006).

Além disso, Kerth et al. (2007) descrevem uma diferença de valores de WBSF nas diferentes porções do contra-filé. Segundo estes autores, efeitos significativos de tratamentos detectados na região lombar deste músculo não apresentaram o mesmo efeito quando mensurados na região torácica deste corte.

Adicionalmente, Morris et al. (2006) encontraram influência de períodos de maturação sobre a detecção de efeitos genéticos sobre a qualidade de carne, onde as maiores variações nos valores de WBSF foram encontrados nos períodos intermediários de maturação. Assim, os valores de WBSF quando utilizados como ferramenta de seleção de animais para carnes mais macias deve levar em consideração os vários fatores que influenciam esta característica, inclusive o processamento e as condições aplicadas no momento do abate (BURROW et al., 2001). Os mesmos autores afirmam também que a seleção para maciez por métodos objetivos como os valores de WBSF sejam muito mais herdáveis que as subjetivas (painéis sensoriais) e propiciam condições mais exeqüíveis, ou seja, são praticáveis e custo-efetivas para seleção desta característica em animais *Bos indicus* e *Bos taurus*.

Neste contexto, Smith et al. (2003) e Oddy et al. (2001), defendem a hipótese de que animais possam ter potencial genético com efeitos variáveis sobre os componentes relacionados a maciez, onde uma carcaça, particularmente, pode ter carne macia como resultado de um genótipo ideal para comprimento de sarcômero e ao mesmo tempo um genótipo indesejável para a proteólise *post mortem* e tecido conectivo. Com isso, os autores sugerem que a melhor maneira para se detectar QTL's (Quantitative Traits Loci) ou variabilidade genética entre animais relacionada a qualidade da carne, é pela utilização de medidas diretas de maciez como pelo uso dos valores de Warner Bratzler Shear Force, preferencialmente com um ou mais intervalos *post mortem*, representando assim os vários períodos em que a carne será consumida.

## 2.8 Características de carcaça

### 2.8.1 Composição de Carcaça

A carcaça é a unidade mais importante nos estudos sobre carnes, uma vez que determina o valor do animal tanto para o produtor quanto para os processadores (CALLOW, 1948 *apud* BERG; BUTTERFIELD, 1976).

A carcaça contém elementos comestíveis e não-comestíveis, sendo que a maior parte dos elementos, não-comestíveis, é representada pelos ossos (BERG; BUTTERFIELD, 1976).

Músculo, gordura, ossos e tecidos conectivos representam a maior parte dos componentes das carcaças. O músculo, no entanto, é fração mais importante da carcaça se considerada sua maior procura pelo consumidor. Segundo Berg e Butterfield (1976), uma boa carcaça deve ter grande quantidade de músculo, pequena quantidade de ossos e uma adequada quantidade de gordura, variando com a preferência do consumidor, uma vez que a proporção de músculo varia inversamente com a de gordura. Callow (1948), McMeekan (1940, 1941) e Pállson (1940) *apud* Lawrie (2005) afirmam que o tecido muscular na carcaça de bovinos ocupa 49 a 68% do seu peso total, sendo inversamente proporcional a quantidade de tecido gorduroso, este último sendo determinado, por sua vez, por fatores como idade, raça e plano de nutrição, não havendo diferenças marcantes entre espécies.

Alguns autores como Berg e Butterfield (1976), Luchiari Filho (2000), Shorthose e Harris, (1991), acreditam em uma ordem lógica de deposição de diferentes tipos de gordura na carcaça e classificam o marmoreio como a última gordura a ser depositada, embora essa teoria seja discutida por outros autores (DI

MARCO, 1998; VAZ; RESTLE, 2003), que acreditam que vários fatores, incluindo alterações da curva de crescimento e diferenças de níveis alimentares em diferentes fases da vida, influenciem esta característica.

Analisando a importância da composição da carcaça para diferentes elos da cadeia da carne bovina, encontraremos diferentes graus de importância atribuídos aos tecidos que compõem uma carcaça.

Por parte dos frigoríficos há uma maior demanda por carcaças com alta participação de músculos, a qual pode ser atribuída ao maior peso individual dos cortes na desossa (BRONDANI et al., 2006). Da mesma maneira, a gordura também é importante, pois durante o resfriamento reduz as perdas de água e mantém o bom aspecto visual dos cortes.

Por outro lado, o consumidor não está interessado na gordura, mas no “sabor” que esta proporciona, indicando com isso que são desejáveis carcaças com uma boa participação da gordura e determinadas quantidades de marmoreio na carne (MÜLLER, 1987). Segundo Smith et al. (1985), o marmoreio pode explicar 33% da variação de palatabilidade no lombo e 7% no traseiro do animal. Porém, por parte do produtor, carcaças com o mínimo de gordura de cobertura seriam mais viáveis, visto que este é o tecido de deposição mais onerosa (Berg e Butterfield, 1976).

Diversos aspectos devem ser observados quando se pretende produzir uma carcaça com qualidade e com as quantidades desejadas de cada tecido. Neste contexto, o peso de abate dos animais exerce uma grande influência na composição da carcaça, mas não pode ser considerado independentemente da raça, sexo e histórico nutricional dos animais. Após atingirem a puberdade, animais criados em planos positivos de nutrição tendem a atingir um estágio em que o crescimento do tecido muscular é mais lento que a deposição de gordura. Da mesma maneira, a

taxa e quantidade de gordura depositada dependem do plano de nutrição do animal, maturidade, raça e sexo. Assim, o peso de abate dos animais deve coincidir com o ponto de maturidade do animal em que se consiga obter um nível de gordura desejável na carcaça, evitando-se assim gastos desnecessários em sistemas de produção de gado de corte (Berg e Butterfield, 1976).

Inúmeras pesquisas sugerem que o efeito de sexo sobre características de carcaça de animais criados sob mesmas condições nutricionais, torna-se evidente principalmente quanto a curva de crescimento, deposição e acúmulo dos tecidos muscular e adiposo (PRICE; YEATES, 1969). Os autores afirmam que animais inteiros crescem mais rapidamente que animais castrados e estes mais rápido que novilhas. Por outro lado, o padrão para deposição de gordura em novilhas e animais castrados parece ser superior ao de animais inteiros (BERG; BUTTERFIELD, 1976).

As diferenças nas quantidades de gordura na carcaça entre animais de diferentes sexos, parece ser uma combinação entre o estágio em que o animal inicia a fase de deposição de gordura e a taxa em que este evento ocorre. A deposição de gordura em relação ao crescimento ósseo e muscular possui aspecto curvilíneo com pico de deposição ocorrendo primeiramente em novilhas e animais castrados, comparativamente a animais inteiros, onde novilhas podem atingir um nível ótimo de deposição de gordura com menores pesos de carcaça que novilhos e animais inteiros, respectivamente (BERG; BUTTERFIELD, 1976).

Ainda, a proporção de músculos na carcaça, indicadas pela área de olho de lombo (AOL), avaliadas por ultra-som, tendem a diminuir com o aumento dos dias de confinamento (HAMLIN et al., 1995). Com isso, podemos sugerir que com o aumento dos dias aos quais os animais são submetidos a dietas de alto concentrado, têm também um aumento no peso vivo e na taxa de deposição de gordura na carcaça

devido às mudanças dos estágios da curva de crescimento e deposição de tecidos dos animais (BERG; BUTTERFIELD, 1976; LUCHIARI FILHO, 2000). Esta indicação pode ser ainda sustentada pelos efeitos de idade e peso de carcaça quente sobre a variação da AOL encontradas por Hamlin et al. (1995).

Elzo et al. (1998) relatam que animais terminados com pesos vivos mais elevados apresentaram maiores valores de AOL, EGS, Marmoreio e carnes mais macias. No entanto, as características AOL e EGS parecem estar fenotipicamente não correlacionadas (ELZO et al., 1998; SCHENKEL; MILLER; WILTON, 2004).

Bergen et al. (2006) sugerem, portanto, que pode haver uma boa resposta a seleção para a porção magra da carcaça, representada pelo tecido muscular dos animais, e ainda para outras características economicamente importantes como Peso de Carcaça Quente (PCQ), Espessura de Gordura Subcutânea (EGS) e marmoreio (MAR).

### **2.8.2 Marmoreio e fatores qualitativos da carne**

A gordura intramuscular é uma característica importante, pois é a fração de tecido adiposo que se deposita na fibra muscular e que, de modo geral, contribui para o sabor e a maciez da carne, características estas perceptíveis e apreciadas pelo consumidor (MÜLLER, 1987). Pesquisas têm mostrado que o lipídio depositado intramuscularmente (marmoreio) e a palatabilidade da carne podem ser aumentados pela transferência dos animais criados em pastagem para dietas de alto concentrado durante 90 a 190 dias antes do abate (DUCKETT et al., 1993). Além disso, French et al. (2000), afirmam que animais terminados em pastagem possuem coloração de gordura subcutânea mais amarelada que aqueles terminados em confinamento,

podendo esta ser uma desvantagem quanto à aceitação do consumidor para os animais terminados em pastagens. No entanto, animais terminados em pastagem têm a vantagem de serem menor custo-efetivos que aqueles terminados em dietas com alto grão (ALLEN et al., 1996; McMILLIN et al., 1990) e promovem maiores facilidades de manejo principalmente para aqueles produtores situados em regiões geograficamente inapropriadas para cultivo de grãos ou ainda em climas, como o brasileiro, que favorecem a criação e terminação de animais em sistema de pastagem.

Di Marco (1998) e May et al. (1992), demonstraram que carnes com maior grau de marmoreio necessitam de menos força para rompimento de suas fibras. No entanto, esta relação entre maciez e marmoreio da carne não é sustentada por outros autores que descrevem a maciez e o marmoreio como características não necessariamente correlacionadas (BURROW et al., 2001; RILEY et al., 2005; WHEELER et al., 1994). Jones e Tatum (1994), atribuem 9 e 5,1% das variações nos valores de WBSF (após 10 dias de maturação) a valores de marmoreio e espessura de gordura subcutânea, respectivamente. Brondani et al. (2006), estudando a maciez da carne de animais da raça Hereford avaliadas por painel sensorial e pelo método de Shear Force, encontraram correlação positiva entre estes fatores ( $r = 0,81$ ,  $P < 0,05$ ) e a área do músculo *Longissimus dorsi* ( $r = 0,78$ ,  $P < 0,05$ ).

Brondani et al. (2006), observaram uma correlação negativa entre a porcentagem de perda por cocção e a espessura de gordura subcutânea ( $r = -0,85$ ). Anteriormente, Müller (1987), descreveu que as perdas pelo descongelamento e por cocção são influenciadas pelo marmoreio, de modo que o aumento do marmoreio reduz essas perdas. Assim, quanto maior a porcentagem dessas perdas, mais dura será a carne, sendo maior a força necessária para o rompimento das fibras. Alguns

autores sugerem, no entanto, que o aumento da taxa de maturação é independente do grau de acabamento ou marmorização em novilhos, animais inteiros ou novilhas (MARTIN et al. 1971) bem como do nível de colágeno presente na carne desses animais (DRANSFIELD et al. 1981).

Também, relação entre marmoreio e suculência da carne foi descrita por Kerth et al. (2007), levando-os a sugerir que métodos para aumentar as escalas de marmoreio em animais terminados em pastagem podem ser utilizados como ferramentas para se aumentar a suculência da carne deste grupo de animais.

Referente às diferenças das escalas de marmoreio encontradas entre raças, Cole et al. (1963) observaram que ao aumentar a percentagem de Brahman ou Sahiwal nos cruzamentos, diminuía-se o peso de carcaça e as escalas de marmoreio, obtendo-se de classificação *Slight* para animais *Bos Indicus* e carcaças com menores valores de Quality Grade (DAMON et al., 1960, WHEELER et al., 2001). Resultados semelhantes foram obtidos por Kerth et al. (2007) e Thénard et al. (2006) que afirmaram que animais com tamanho corporal médio, jovens e terminados em pastagem terão, em média, classificação *Slight* para escalas de marmoreio.

## **2.9 Influência genética na qualidade da carne**

A utilização da genômica na agricultura e na produção animal tem possibilitado avanços na segurança alimentar, nos pontos de colheita, rastreabilidade e qualidade de produtos de origem animal (como carne e leite) pelo aumento da eficiência nos cruzamentos e no conhecimento da fisiologia animal. Com isso, técnicas baseadas no DNA têm sido desenvolvidas para detecção de

contaminações bacterianas (segurança alimentar), para identificação de animais e espécies (rastreadabilidade de rebanhos e indivíduos) e para a seleção genética, principalmente voltada ao ganho genético na qualidade da carne (HOCQUETTE et al., 2007).

As variações nas seqüências de DNA dos genes que influenciam a bioquímica ou a forma de expressão de determinadas características são as principais causas das diferenças encontradas entre animais criados em um ambiente particular e ainda por muitas das diferenças fenotípicas entre raças (REECY; SPURLOCK; STAHL, 2006; SMITH et al., 2003). Dentro de uma mesma raça, segundo Smith et al. (2003), podem ocorrer variações que afetam a expressão, atividade ou localização da proteína produzida por determinado gene. Essas alterações, segundo Reecy, Spurlock e Stahl, (2006), podem ter efeito em muitos outros genes.

Algumas características mais complexas como a maciez, são governadas pela interação entre muitos genes com pequenos efeitos que dependem, por exemplo, das características do tecido conjuntivo, quantidade de lipídios, composição das fibras, maturação da carne e todos os complexos de fenômenos biológicos envolvidos em cada uma destas características (HOCQUETTE et al., 2007). Adicionalmente podemos citar o gene DNAJA1 (BERNARD et al., 2006) que foi descoberto e patenteado por parecer ser responsável por mais de 63% da variabilidade encontrada na maciez da carne. Além disso, Cundiff, Gregory e Koch (1989), descrevem que a variação existente entre características biológicas economicamente importantes é vasta e parecem estar sob vários níveis de controle genético.

Pesquisas revelam também que a interação entre o genótipo do animal e o ambiente são de extrema importância em climas tropicais e subtropicais, onde exercem maior impacto nas raças ou tipos raciais classificados para algumas características produtivas importantes (Frisch; Vercoe, 1984), uma vez que, segundo Burrow et al. (2001) a tolerância dos indivíduos a estressores ambientais têm significativo impacto na taxa de crescimento, composição corporal, quantidade de carne na carcaça e na qualidade da carne. Assim, a diversidade fenotípica das muitas raças de bovinos em todo o mundo mostra-se como uma excelente ferramenta para o estudo dos mecanismos responsáveis pelo controle de patógenos, tolerância a altitudes, ao calor, e a susceptibilidade a doenças (HOCQUETTE et al., 2007).

Smith et al. (2003) atribuem cerca de 46% da variação na maciez a efeitos genéticos e 54% ao ambiente. Os autores propõem que um aumento significativo na maciez pode ser alcançado pelo controle dos fatores ambientais e pela seleção genética entre raças ou dentro das raças, viabilizando inclusive a solução de problemas encontrados pelas indústrias nos quais estão inclusos a grande variabilidade na maciez da carne bovina.

Alguns setores da indústria de carnes estão investindo em genética molecular procurando identificar animais com alto potencial em acumular gordura intramuscular, visando a produção de carnes mais macias e saborosas (HOCQUETTE et al., 2007). Os mesmos autores descrevem, por exemplo, que genes preferencialmente expressados em animais da raça “Japanese Black” estão associados com a síntese de ácidos graxos monoinsaturados (MUFA), deposição de gordura, desenvolvimento da adipogênese e regulação muscular, como os exemplos de genes preferencialmente expressados em animais da raça Holandesa atuando

como uma classe funcional envolvida com o tecido conectivo e com o desenvolvimento do músculo esquelético.

Além disto, animais da raça “Japanese Black” podem apresentar diferenças quanto ao local e a taxa de deposição do tecido adiposo, além de possíveis diferenças nas vias de sinalização envolvidas na conversão dos carboidratos em lipídios durante a lipogênese. Estas podem ser também as explicações para algumas das diferenças encontradas entre raças ou animais de uma mesma raça quanto às diferenças nas características como gordura na carcaça, musculosidade, marmoreio, maciez, entre outras.

Com isso Burrow et al. (2001), sugerem que diferenças quantitativas e qualitativas na qualidade da carne bovina ficam evidentes entre raças, cruzamentos ou entre touros de uma mesma raça. Neste caso, os autores atribuem aos efeitos genéticos aditivos e ao impacto da correlação entre eles, os efeitos sobre características econômicas, adaptativas e produtivamente importantes para produção de carne bovina, evidenciando a habilidade e controle dos aspectos quantitativos da carne por meios genéticos. Burrow et al. (2001), relatam ainda que dados da literatura referentes à maioria das características de carcaça são moderadamente herdáveis, indicando que um importante progresso genético possa ser conseguido pela seleção de animais dentro das raças.

Van Vleck et al. (1992), afirmam que touros dentro de uma mesma raça ou dentro de um cruzamento, quando classificados em relação às suas maiores diferenças, podem apresentar maior variabilidade que a encontrada entre raças, sugerindo assim a seleção de touros dentro das raças. No entanto, os autores afirmam também que a seleção para características qualitativas da carne como a maciez e a palatabilidade, são mais facilmente detectadas entre raças do que dentro

de uma mesma raça, pois alegam ser mais fácil a detecção de raças excepcionais que animais excepcionais. Sainz, Magnabosco e Manicardi (2005), avaliando animais da raça Nelore, mostraram que as carcaças dessa raça apresentam grandes variações quantitativas e qualitativas e que essas variações podem ser atribuídas a diferenças genéticas existentes entre linhagens dentro desta mesma raça.

A variabilidade dentro de raças detectada por King et al. (2006), ao avaliar animais Brahman e Nelore cruzados com animais da raça Angus, revelaram grande variação nos valores de gordura subcutânea, área de olho de lombo e escores de marmoreio entre famílias com a mesma percentagem de genética zebuína, sendo estas superiores às variações encontradas entre raças. Estas diferenças, principalmente relacionadas ao marmoreio, sugerem a seleção para estas características dentro das raças Nelore e Brahman, pois vêm questionar o conceito de que animais *Bos indicus* têm menor capacidade de depositar gordura de marmoreio que animais *Bos taurus* e sugerem ainda que animais *Bos indicus* possuem a capacidade de adicionar marmoreio em sistemas de cruzamento (O'CONNOR et al. 1997). Smith et al. (2003), complementam propondo que a seleção genética a partir de valores de maciez pode ser oportuna, mas devendo-se sempre se atentar que características qualitativas como sabor e suculência podem sofrer influências tanto dos sistemas de produção quanto do preparo do consumidor.

Além disso, alguns autores sugerem também uma grande variabilidade para características de carcaça entre raças e dentro de cada raça (ELZO et al. 1998). Por isso, Bergen et al. (2006) sugerem que programas de seleção genética para características de carcaça devem ser efetuados baseados em características indicativas de rendimento de carcaça como área de olho de lombo (AOL) e espessura de gordura subcutânea (EGS).

Hamlin et al. (1995), afirmam que a seleção para aumento da AOL possa gerar animais mais pesados e com maior exigência de energia de manutenção, descrevendo uma correlação genética positiva entre AOL e peso vivo do animal. Além disso, o tipo de músculo exerce grande influência no nível de expressão de alguns genes e a seleção em favor do aumento da musculosidade na carcaça pode diminuir as atividades dos músculos predominantemente oxidativos como o *Rectus abdominis* e o *Semitendinosus* (HOCQUETTE et al., 2007).

Shackelford, Wheeler e Koochmaraie (1995) desenvolvendo equações para prever o rendimento de cortes da carcaça bovina, encontraram que entre todas as características de carcaça, a gordura subcutânea medida na altura da 12<sup>a</sup> costela foi a que melhor explicou os valores de rendimento de cortes ( $r^2 = 0,58$ ). Já para a porção de carcaça comercializável, os melhores preditores foram a quantidade de músculos e marmoreio.

As equações de predição desenvolvidas por Shackelford, Wheeler e Koochmaraie (1995), para características de carcaça foram capazes de explicar 69-78% da variação fenotípica do rendimento de carcaça e 84 a 96% da variabilidade nesta característica, levando os autores a sugerirem que programas de seleção para características de carcaça podem ser conduzidos baseados em equações de predição, sendo possível detectar com eficiência populações geneticamente diferentes quanto às características de carcaça.

Desta maneira, Burrow et al. (2001) sugerem a seleção para múltiplas características conseguida pela criação de índices de seleção que reúnam atributos de carcaça e carne e ainda sejam passíveis de aplicação em sistemas de produção comerciais.

Quando se pretende selecionar para maciez, portanto, deve ser dada especial atenção a vários fatores incluindo touro, mercado, terminação, grupo de contemporâneo e lote de abate (ROBINSON et al., 2001). Segundo estes autores, nas raças tropicalmente adaptadas, o efeito de touro é a terceira maior fonte de variação sobre a maciez do músculo *Longissimus*, depois de grupo de contemporâneo e raça.

Alguns autores sugerem, assim, que a seleção para características relacionadas à maciez possa obter sucesso em alguns programas de seleção (ELZO et al. 1998, O'CONNOR et al. 1997), mas não em outros, baseados nas baixas estimativas de herdabilidade para esta característica e também pela diferença existente entre touros quanto aos diferentes valores de maciez (BARKHOUSE et al. 1996; BRYCE; HOUSTON; HARRIES, 1963; VAN VLECK et al., 1992, WULF et al., 1996). Adicionalmente, Robinson et al. (2001), afirmam que menores variações de maciez são encontradas quando se têm controle das condições pré e pós-abate, sugerindo assim que o ganho genético para esta característica possa ser pequeno e ter pouco significado comercial. No entanto, reavaliações destas informações devem ser realizadas utilizando-se animais *Bos indicus*.

Quanto a seleção para marmoreio, Hocquette et al. (2007), relatam que esta pode ser ainda mais complexa que a seleção para maciez, pois requer grande precisão do avaliador uma vez que são efetuadas julgamentos visuais da carcaça e da carne e com isso há grande susceptibilidade a maiores erros-padrão exigindo, para isto, um maior número de amostras que o normalmente utilizado em avaliações de carcaça.

Portanto, o marmoreio, a atividade da calpastatina e a maciez da carne são considerados por Wulf et al. (1996), como influenciados pelo genótipo do animal e,

assim, diferenças genéticas entre essas características podem ser encontradas entre e dentro de raças de gado de corte. (CROUSE et al., 1989; KOCH et al. 1976; KOCH; CUNDIFF; GREGORY, 1982 ; O'CONNOR et al., 1997 ; SHACKELFORD et al., 1994).

### 2.9.1 Seleção para maciez

As diferenças de maciez encontradas entre animais de origem *Bos taurus* e *Bos indicus* têm sido alvo de pesquisas há vários anos, com vistas à determinação dos fatores fisiológicos, bioquímicos e genéticos responsáveis por esta variabilidade entre os animais destas diferentes origens (JOHNSON et al., 1989; KOOHMARAIE, 1996; SHACKELFORD et al., 1991 ; WARRIS, 2000; WHEELER et al., 1990; WHIPPLE et al., 1989, 1990; WULF et al., 1996, 1997; Wulf; Page, 2000).

Poucas pesquisas foram realizadas com raças tropicalmente adaptadas sobre atributos de qualidade de carne e carcaça de animais criados em pastagens dos trópicos e subtropicais. Algumas pesquisas têm sido conduzidas neste sentido procurando isolar os fatores responsáveis pelas variações qualitativas da carne de animais *Bos indicus* e *Bos taurus*.

Whipple et al. (1990) mostraram que a carne de animais *Bos indicus*, com exceção da percentagem de gordura, foi muito similar à dos animais *Bos taurus*. Das diferenças de maciez encontradas entre esses grupos, segundo Whipple et al. (1990a,b), os componentes miofibrilares e as atividades do sistema de proteases cálcio dependentes pareceram ser os principais deles. Esses componentes, no processo de maturação, são diretamente afetados pela taxa e extensão da proteólise muscular que, segundo Wheeler et al. (1990), ocorre de maneira desigual

em diferentes raças e entre animais de uma mesma raça (KOOHMARARIE, 1996; NOVAKOFSKI; BREWER, 2006). Whipple et al. (1990b), descrevem uma menor atividade da  $\mu$ -calpaína e maior atividade da calpastatina em gado da raça Brahman (*Bos indicus*) que em gado da raça Hereford (*Bos taurus*), imediatamente *post mortem*, podendo esta ser a explicação das diferenças de maciez encontradas entre as raças.

A autólise da  $\mu$ -calpaína em diferentes cruzamentos também parece ser distinta, (Whipple et al., 1990a), sugerindo a existência de proteases que hidrolisam a calpastatina nos animais com maior genética *Bos taurus*, mas que parecem não estar presentes em animais com genética *Bos indicus*, o que explica o declínio da atividade da calpastatina nos *Bos taurus* e não nos *Bos indicus*.

Em outro experimento, Whipple et al. (1989), também avaliaram diferenças de maciez entre *Bos taurus* e *Bos indicus* utilizando o cruzamento de Hereford x Angus (H x A) e gado cruzado da raça Sahiwal (S), constatando que no primeiro dia *post mortem* a atividade da calpastatina nos cruzamento (H x A) havia perdido 65% de sua atividade, enquanto que nos cruzamentos da raça Sahiwal houve uma perda, no mesmo período, de apenas 40 a 44% da atividade desta enzima, sugerindo assim uma maior atividade da calpastatina em animais com maior percentagem genética de *Bos indicus*. No entanto, a raça Sahiwal, representante da classe de animais *Bos indicus* neste experimento, pode diferir em alguns aspectos dos animais Nelore (*Bos indicus*) utilizados em nosso experimento.

Da mesma maneira, Johnson et al. (1989b), também constataram uma maior atividade de calpastatina em animais  $\frac{3}{4}$  Brahman que em animais Angus ou  $\frac{1}{2}$  Brahman, no entanto, não detectaram diferenças nas quantidades de  $\mu$  e m-calpaínas entre os grupos de raça, sugerindo, neste caso, que a variação de maciez

entre raças deve-se à atividade da calpastatina e não às diferenças nas quantidades de enzimas cálcio dependentes encontradas em cada raça. Torna-se oportuno destacar, portanto, que os animais *Bos indicus* utilizados por Johnston et al. (1989b) e Whipple et al. (1989) podem diferir quanto ao seu perfil genético, uma vez que a raça Sahiwal teve sua origem essencialmente em animais *Bos indicus* e já a raça Brahman foi criada a partir de raças Britânicas como a Longhorn. No entanto a raça Brahman também é classificada como *Bos indicus* e apresenta similaridades fisiológicas relacionadas a qualidade da carne de animais de outras raças deste gênero.

Purchas (1972), relata que ao avaliar características relacionadas à maciez em gado Holandês e mestiço Holandês x Brahman, obtiveram uma maior estabilidade do disco Z nos mestiços, nos dando assim argumentos para concluir que a maior estabilidade do disco Z está diretamente relacionada com uma menor maciez, devido a menor ação das proteases cálcio dependentes.

Riley et al. (2003a,b), relatam alta correlação negativa entre a atividade da calpastatina e valores de suculência. No entanto, este mesmo resultado não foi confirmado por outros autores (WULF et al., 1996,1997; WULF; PAGE, 2000). Dikeman et al. (2005), relatam uma correlação positiva (0,10) entre valores de WBSF, suculência e sabor em progênies de animais *Bos indicus*.

Shackelford et al. (1991), concluem então que a maior proteólise observada nos *Bos taurus* e a menor extensão deste evento nos animais *Bos indicus* se deve a uma maior atividade de calpastatina nos músculos desta espécie.

Assim Whipple et al. (1990b), sugerem a calpastatina como um importante preditor da maciez do músculo *Longissimus*, quando se pretende comparar raças ou variação entre raças e gêneros. Também, que este parâmetro aliado a técnicas

como a de índice de fragmentação miofibrilar (MFI) e comprimento de sarcômero podem ser implementadas para se determinar o potencial genético de touros em produzir progênes com carnes mais macias.

Diferenças genéticas na maciez da carne foram relatadas por Wulf et al. (1996), avaliando bovinos da raça Charolês e Limousin e entre touros destas duas raças. Os autores atribuíram estas diferenças a dois fatores, sendo o primeiro deles relacionado às diferenças genéticas na maciez ocorridas anteriormente ao primeiro dia *post mortem*, e o segundo relacionado às diferenças genéticas da maciez determinadas até o momento da morte do animal.

Riley et al. (2003a,b), trabalhando com animais da raça Brahman estabelecem uma comparação entre filhos de nove diferentes touros da raça Brahman, encontrando uma diferença entre touros quanto à atividade da  $\mu$ -capaína, sugerindo assim um controle genético deste fator. Estas informações ainda são complementadas pelos diferentes padrões de maturação encontrados nas progênes desses touros, levando os autores a sugerirem um programa de melhoria de maciez em rebanhos envolvendo duas séries de atividades; sendo a primeira pela seleção de touros e a segunda pela alocação das carnes em diferentes períodos de maturação seguindo o padrão de maturação detectado para cada touro.

Neste contexto, aplicando estas idéias às condições brasileiras, poder-se-ia notar que a princípio, as dinâmicas produtivas das indústrias frigoríficas brasileiras não suportariam a alocação de carnes de filhos de diferentes touros em períodos de distintos maturação, seja pela indisponibilidade e organização de câmaras de maturação para este fim ou ainda pela variabilidade de matéria-prima recebida pelos frigoríficos. No entanto, este seria um ponto interessante para a indústria, pois sendo possível a identificação de animais com maiores taxas de maturação e,

conseqüentemente, menores períodos de estocagem, viabilizaria uma melhor dinâmica de ocupação de câmaras de resfriamento ou até mesmo de distribuição de produtos maturados. Para isso, seria necessária a união de produtores e indústria buscando-se programas de melhoramento genético e identificação de animais com estes perfis metabólicos.

Neste sentido, Wulf et al. (1996), relatam que as diferenças nos valores de WBSF encontradas para as progênes de diferentes touros persistiram após longos períodos de maturação. No entanto, as diferenças nos valores de WBSF das progênes de cada touro diminuam cerca de 50% com o decorrer dos períodos de maturação, demonstrando assim que, em tempos de maturação mais longos, o número de progênes por touro necessárias para detectar diferenças genéticas na maciez da carne diminui. Experiência semelhante foi obtida por Stolowski et al. (2006), que não obtiveram diminuição efetiva dos valores de WBSF mensurado aos 14 dias de maturação para animais com larga influência genética de *Bos indicus*.

Além da variação genética entre e dentro de raças, as atividade de proteases e taxa de amaciamento da carne discutidas anteriormente, outros fatores têm sido mencionados como possíveis coadjuvantes na variabilidade da carne de animais *Bos indicus* e *Bos taurus*.

Dransfield (1994), menciona a adaptação ao calor como a expressão da mudança na atividade enzimática e conseqüente alteração no coeficiente de temperatura ou energia de ativação. Há casos em que as enzimas podem operar normalmente a altas temperaturas e que, quando submetidas a baixas temperaturas, podem tornar-se menos efetivas, como testado e demonstrado pela mudança da atividade das calpaínas resultando na produção de carnes mais duras. Para Dransfield (1994), essas pequenas mudanças nos coeficientes de temperatura

podem contribuir para o menor amaciamento da carne sendo, portanto, consistente com a habilidade de tolerância ao calor dos animais *Bos indicus*.

Oddy et al. (2001) e Riley et al. (2003a,b), também aliam a adaptação ao calor em animais *Bos indicus* com diferenças quantitativas encontradas em animais desta espécie. Para esses autores, a diferença entre as raças bovinas quanto a adaptação ao calor provavelmente resulte em diferenças na estrutura da célula muscular e na maturação das carnes, devido a taxas distintas de ingestão e utilização de nutrientes que aliadas a outras formas de estressores ambientais podem influenciar as características de carcaça e palatabilidade. Já Elzo et al. (1998), atribuem a efeitos genéticos antagônicos às diferenças de maciez encontradas em animais adaptados a ambientes tropicais severos, como os animais da raça Brahman. No entanto, esses autores parecem ser contrariados pelos resultados de Crews Jr e Franke (1998) e Robinson et al. (2001).

As afirmações de Burrow et al. (2001) e Riley et al. (2002) corroboram com estas afirmativas, pois relatam a existência de diferenças de atributos de qualidade de carne entre animais *Bos indicus* e não somente entre animais de uma mesma raça, evidenciando assim que trabalhos de seleção genética poderão ser conduzidos desde a escolha das raças que melhor se adaptem ao sistema de produção e ao suprimento de carnes com padrão comercialmente desejável, bem como a partir da seleção de animais geneticamente superiores dentro da raça para produção de carne economicamente viável e qualitativamente desejável.

Finalmente, a herdabilidade média da combinação de grupos de animais *Bos indicus* e *Bos taurus* para valores de WBSF igual a 0,26, obtida por Burrow et al. (2001), indica que a seleção para maciez em animais com genótipo tropicalmente

adaptados pode ser mais efetiva que em animais *Bos taurus*, dependendo da extensão da variação existente na característica.

## 2.10 Genearcas

O germoplasma de bovinos foi introduzido no Brasil há cerca de 450 anos, oriundo de Portugal e da Espanha pertencentes à espécie *Bos taurus*. Em fins do século XIX, foram importados animais da Índia (*Bos indicus*) que se adaptaram muito bem ao Brasil, em função da semelhança das condições ambientais locais com as de seu país de origem, caracterizados pelo clima predominantemente tropical (MAGNABOSCO et al., 1997). O fator que motivou essas importações, segundo Abreu (1984) *apud* Magnabosco et al. (1997) foi a necessidade de animais para tração e para a produção de carne e leite, qualidades consideradas insatisfatórias nos animais nacionais ou europeus existentes na época e, principalmente, nos cruzamentos entre estes.

As importações fizeram surgir assim um período de multiplicação desse tipo bovino, quer pelo seu crescimento natural nos primeiros núcleos, quer pelo cruzamento contínuo e absorvente de touros indianos com a vacada crioula, fato que determinou o “azebuamento” progressivo de considerável parcela do rebanho brasileiro (SANTIAGO, 1987). Segundo o autor, a exploração do gado Nelore no Brasil teve importante papel no azebuamento do rebanho nacional e a introdução desta raça no rebanho brasileiro pode ser dividida em três fases bem distintas.

A primeira compreendeu meados da década de 1870 até 1930 em que uma importante importação de gado Nelore possibilitou a renovação de rebanhos, os quais se apresentavam bastante mestiçados, devido às várias tentativas de

formação do gado Indubrasil, ou então, porque muitos criadores não se preocupavam com a pureza racial ou com as características étnicas das variedades indianas. Segundo Santiago (1984), esta fase de importações teve seu auge em 1920 com um total de 1904 animais vindos da Índia. Esta primeira fase foi marcada pelo aparecimento da peste bovina em animais importados da Ásia, o que alarmou o Governo Federal que determinou, incontinenti, a proibição das importações e tornou obrigatório o período de quarentena para as levas que já estivessem a caminho do Brasil. Somente em 1930, a título de exceção, dois importadores conseguem licença para uma nova importação.

A segunda fase se estendeu de 1930 a 1960 e foi influenciada pela infusão de reprodutores relativamente puros, importados neste período, marcando uma fase de seleção genética visando a pureza racial de muitos plantéis, tendo como valioso auxiliar o serviço de Registro Genealógico, oficialmente criado em 1936.

A terceira fase iniciou-se praticamente em 1960, como resultante da importação iniciada por Celso Garcia Cid, completada no ano seguinte por lotes trazidos da Índia por diversos criadores. Essa fase foi reconhecida como uma fase de introdução de “sangue novo”, sendo marcada pela entrada de cerca de uma centena de reprodutores, de ambos os sexos, que trouxe apreciável melhoria para o rebanho brasileiro da raça Nelore. Concernente a este período, a importação de 1962 se destacou pela vinda de animais excepcionais, pelas suas características raciais, de desenvolvimento e, sobretudo, como raçadores. No entanto, o ano de 1964 marca o fim das importações por decisão do Governo Federal, em que ficam proibidas as importações de zebuínos, bubalinos e outros animais domésticos procedentes de países onde grassarem doenças infecto-contagiosas e parasitárias

não existentes no Brasil. Esta fase encerrou mais um ciclo de importações do Zebu, após a entrada de 565 reprodutores verificada entre 1952 e 1962.

Os animais importados nestas três fases, portanto, destinaram-se principalmente aos estados do Rio de Janeiro, Bahia e Minas Gerais (MAGNABOSCO et al., 1997), onde se encontravam as propriedades e os rebanhos dos pioneiros a importar o gado indiano. Existem indicações de que o número de zebuínos importados da Índia não ultrapasse 7.000 cabeças, apesar de hoje existirem, no Brasil, mais de 160 milhões de animais com genes oriundos desses zebuínos (MAGNABOSCO et al., 1997).

Certamente a importação de diversos animais teve entre eles alguns reprodutores que se encaixavam perfeitamente ao padrão racial preconizado na época. Assim, esses reprodutores foram amplamente utilizados e, conseqüentemente, tiveram grande influência na população atual. Além disso, o advento da inseminação artificial possibilitou que alguns genearcas (ou seus descendentes), aumentassem ainda mais sua influência genética nos rebanhos brasileiros (MAGNABOSCO et al., 1997). Alguns raçadores como Tajmahal, Godhavari, Kurupathy, Golias, Karvadi, Bima, Akasamu, Padhu, Cacique, Nagpur, Rastã, Checurupadu e Bazuá tornaram-se conhecidos e granjearam fama como melhoradores de plantéis, nos deferentes centros de criação de zebuínos da variedade Nelore, sendo classificados então como genearcas ou formadores de **linhagens** dentro da raça Nelore.

Para Magnabosco et al. (1997), o termo **linhagem** refere-se a um grupo de animais que apresentam parentesco entre si devido a um ancestral representado por um genearca, reprodutor fundador da fase contemporânea (material genético importado até a década de 60) da raça Nelore.

Santiago (1987), salienta que dentro de uma raça distinguem-se **famílias e linhagens**. A noção de família pode ser definida como a descendência direta e colateral de um casal por um certo número de gerações. Já a linhagem é constituída pelos descendentes diretos de um genitor – macho ou fêmea – os quais devem apresentar, com notável fixidez, certos traços ou qualidades, que lhes foram legados por heranças biológicas, daquele antepassado comum.

Lôbo et al. (2003), salientam que em uma dada linhagem, a existência de animais com mesma genealogia não implica, necessariamente, na mesma bagagem genética, pois a amostragem mendeliana ocorre durante a formação dos gametas. O uso intensivo de um determinado reprodutor possibilita a maior amplitude de variação no desempenho das progênies. Apesar do reduzido número de genearcas responsáveis pela formação do Nelore brasileiro, há evidências de diferentes perfis genéticos entre as linhagens, de acordo com o critério de seleção empregado (LÔBO et al., 2003).

Ainda, Lôbo et al. (2003) destacam que a importância da identificação de diferenças no perfil genético de cada linhagem consiste na possibilidade de direcionar os acasalamentos, otimizando-os e, conseqüentemente, alcançando maiores progressos genéticos nas características incluídas no objetivo de seleção e evitando altos níveis de endogamia no rebanho ou na raça. Outros ganhos provenientes dos acasalamentos otimizados são o aumento (ou pelo menos a manutenção) da variabilidade genética aditiva e a sustentabilidade da raça, evitando-se a necessidade, a médio e longo prazos, da incorporação extra de genes com uso de outras raças ou a importação de reprodutores sem qualquer tipo de avaliação genética.

Revisando a literatura referente a introdução do Nelore no Brasil e a formação de linhagens dentro desta raça, pode-se constatar que em mais de 100 anos de seleção, características relacionadas ao crescimento e reprodução foram bastante exploradas em pesquisas e programas de seleção da raça Nelore. No entanto, aquelas referentes à variabilidade de qualidade de carne e carcaça, dentro da raça, foram iniciadas há poucos anos no Brasil como pode ser verificado nos trabalhos realizados por Bonin et al. (2007a,b), Guedes (2005), Pereira (2006), Rezende et al. (2007a,b), Sainz, Magnabosco e Manicardi (2005) e Silva et al. (2007).



### **3 Objetivos**

Os objetivos do presente trabalho foram:

- Avaliar a variabilidade existente entre touros para aspectos qualitativos e quantitativos da carcaça e da carne em animais da raça Nelore;
- Avaliar a existência de variabilidade entre linhagens da raça Nelore, representadas pelo genearcas mais importantes da raça, com relação aos aspectos qualitativos e quantitativos da carcaça e da carne.



## **4 Material e Métodos**

### **4.1 Local de Execução**

Esta pesquisa foi idealizada e realizada no Grupo de Melhoramento Animal e Biotecnologia (GMAB) do Departamento de Ciências Básicas (ZAB) da Faculdade de Zootecnia e Engenharia de Alimentos da Universidade de São Paulo – FZEA/USP, localizado no município de Pirassununga, SP.

Os animais utilizados neste estudo foram originários da Fazenda São Francisco, pertencente à Agro-Pecuária CFM Ltda., localizada no município de Magda, Estado de São Paulo, nascidos na safra 2004, todos da raça Nelore e contemporâneos aos tourinhos selecionados para obtenção de CEIP – Certificado Especial de Identificação e Produção, aprovado pelo Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento, sob portaria nº 267, de 04 de maio de 1995.

O abate dos animais ocorreu no frigorífico Marfrig, localizado no município de Promissão – SP, onde foram colhidos os dados referentes às carcaças. As análises das características físico-químicas da carne foram efetuadas no Laboratório de Tecnologia de Carnes, do Departamento de Zootecnia da FZEA/USP.

Os dados individuais dos animais e suas informações de pedigree foram coletados e armazenados em banco de dados sob responsabilidade do GMAB.

## **4.2 Animais**

### **4.2.1 Touros**

Para as análises do efeito de touro sobre as características qualitativas e quantitativas da carne foram utilizados 475 animais, filhos de 54 touros Nelore selecionados para características de crescimento, reprodução e escores visuais. Neste estudo foram considerados apenas touros com a disponibilidade de, no mínimo, três filhos no banco de dados e progênes com idades entre 21 e 28 meses, contemporâneos da safra de 2004. Os grupos de contemporâneo deste estudo foram determinados pelos lotes de abate, totalizando seis lotes.

Até os 18 meses de idade os animais permaneceram em pastagem, sendo a partir daí confinados recebendo alimentação a base de silagem de milho e concentrado de média energia. No confinamento os animais foram divididos em lotes homogêneos quanto ao peso e enviados para abate ao atingirem peso vivo final médio de 550 kg.

### **4.2.2 Genearcas**

Foi realizada uma avaliação genética por modelos mistos sob modelo animal completo, que geraram as diferenças esperadas de progênie – DEP - para características de carcaça e qualidade de carne de 13 touros fundadores da raça Nelore (Genearcas): Tajmahal, Godhavari, Kurupathy, Golias, Karvadi, Bima, Akasamu, Padhu, Cacique, Nagpur, Rastã, Checurupadu e Bazuá. Os valores de

DEP foram estimados com base em informações de 668 animais dos quais foram coletados dados de carcaça e carne e ainda pela utilização de animais pertencentes ao banco de dados do GMAB que apresentavam algum grau de parentesco com os animais cujas carcaças e carne foram avaliadas. Assim, os valores de DEP foram estimados a partir de informações relativas a 3982 animais, incluindo seus ancestrais, até os genearcas.

As características peso de carcaça quente (PCQ), área de olho de lombo (AOL), espessura de gordura subcutânea (EGS), marmoreio (MAR) e maciez (MAC) utilizadas para estimação dos valores das diferenças esperadas na progênie (DEP) foram obtidas da mesma maneira que para as análises de variabilidade entre touros, como descrito a seguir.

### **4.3 Abate**

Os abates ocorreram em seis lotes e foram realizados nos dias 22/08, 29/08, 13/09, 17/10, 01/11 e 08/11/2006, de maneira convencional, na Indústria frigorífica Marfrig localizado no município de Promissão - SP. Para todos os lotes de animais deste experimento, preconizou-se que o abate ocorresse nos primeiros lotes da manhã, após um período médio de 12 horas de jejum, apenas com acesso a água, nos currais de espera do frigorífico.

No abate foram coletados os números de identificação individual dos animais e afixadas etiquetas individuais de identificação, com o número da ordem de abate, ao lado esquerdo de cada carcaça (Figura 5). Após o abate as carcaças foram serradas ao meio, longitudinalmente, em duas partes iguais, porém pesadas juntas para obtenção do peso da carcaça quente (PCQ). Posteriormente foram enviadas à

câmara de resfriamento a  $2^{\circ}\text{C} \pm 1^{\circ}\text{C}$  por 24 horas para que atingissem temperaturas inferiores a  $7^{\circ}\text{C}$  mensuradas no coxão-mole (*Semimembranosus*) (Figura 6).



Figura 5 - Fotografia da identificação individual de cada carcaça.



Figura 6 - Fotografia da aferição da temperatura da carcaça no coxão mole (*Semimembranosus*), após 24 horas de resfriamento.

## **4.4 Mensurações na carcaça**

### **4.4.1 pH**

Após as 24 horas de resfriamento procedeu-se a mensuração do pH no lado esquerdo de cada carcaça, com auxílio de peagâmetro digital (modelo HI8314, marca Hanna Instruments), equipado com sonda de penetração específica para carcaças (Figura 7).



Figura 7 - Fotografia da mensuração de pH após 24 horas de resfriamento no lado esquerdo de cada carcaça.

### **4.4.2 Área de Olho de Lombo e Espessura de Gordura Subcutânea**

O lado esquerdo de cada carcaça foi serrado na altura da 12<sup>a</sup> e 13<sup>a</sup> costelas e teve o contra-filé separado para mensuração da área de olho de lombo (AOL) e

espessura de gordura subcutânea (EGS) no músculo *Longissimus*. Para medição da AOL foi utilizada uma grade quadriculada, transparente, graduada em centímetros, a qual foi sobreposta ao músculo, permitindo a determinação de sua área em cm<sup>2</sup> (LUCIARI FILHO, 2000; STEINER, 2003), Figura 8.. A EGS foi determinada com o auxílio de uma régua graduada em milímetros.



Figura 8 - Fotografia da mensuração da área de olho de lombo (AOL).

#### **4.4.3 Marmoreio**

Para as análises de marmoreio (MAR), utilizou-se como referência o padrão do United States Department of Agriculture - USDA Quality Grade (1999), com seis escalas de avaliação (Tabela 2, Figura 9) divididas em quatro subclasses, sendo 0, 25, 50, 75. Posteriormente, para a análise dos dados utilizou-se a notação numérica recomendada pelo (USDA, 1999) para conversão dos valores subjetivos em valores numéricos, como demonstrados na Tabela 2.

Perkins (2007, comunicação pessoal), sugere que o período necessário para que haja uma adequada visualização da gordura intramuscular no músculo *Longissimus*

deve ser de 48 horas após o resfriamento, período este empregado para o resfriamento das carcaças em frigoríficos norte-americanos. No entanto, devido às condições operacionais dos frigoríficos brasileiros, as carcaças passam apenas por um período de resfriamento de 24 horas após o abate. Como a coleta de dados de carcaça deste estudo foi realizada em frigorífico comercial brasileiro, algumas mensurações como o marmoreio, AOL e EGS foram coletadas após 24 horas de resfriamento.

Tabela 2 - Escalas de marmoreio e valores numéricos correspondentes.

Escala	Valor numérico correspondente
Slight	400
	425
	450
	475
Small	500
	525
	550
Modest	575
	600
	625
Moderate	650
	675
	700
	725
Slightly Abundant	750
	775
	800
	825
Moderately Abundant	850
	875
	900
	925
	950
	975

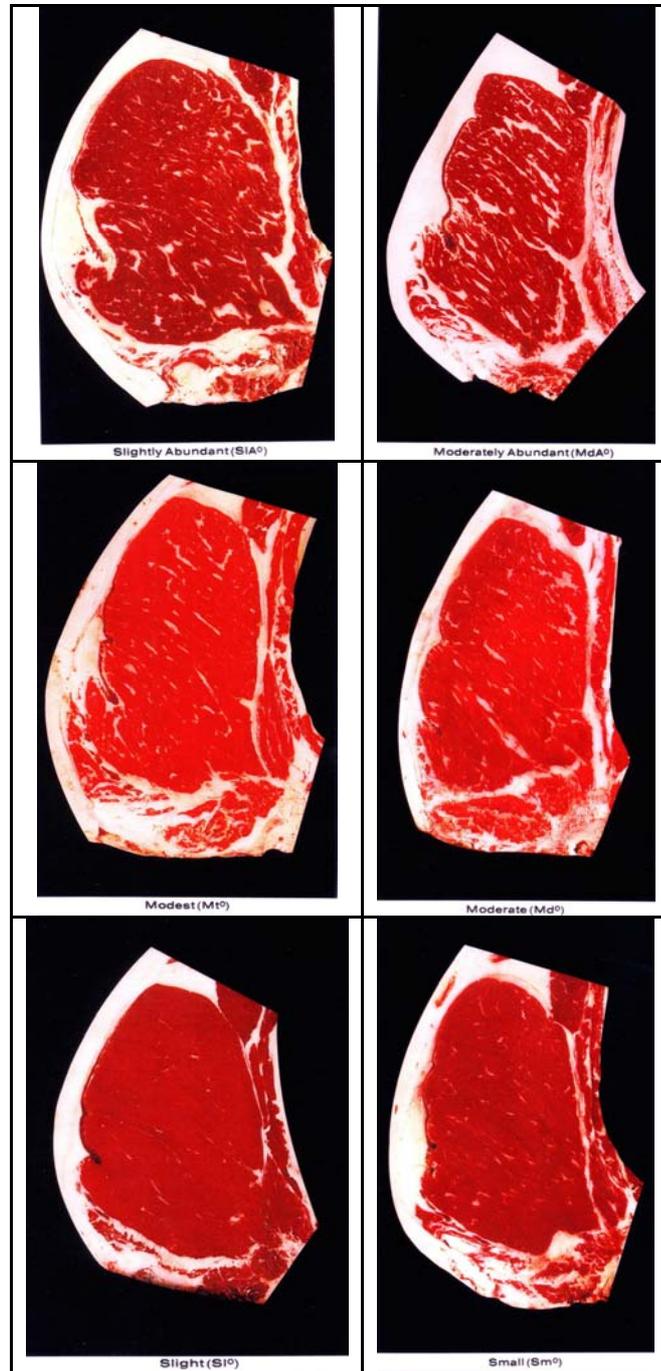


Figura 9 - Fotografias das escalas de marmoreio utilizadas, segundo padrão USDA (1999).

#### **4.4.4 Maturação**

Após as mensurações da AOL, EGS e MAR foram coletadas três amostras do músculo *Longissimus* com 2,5 cm de espessura para maturação por 7, 14 e 21 dias. Preconizou-se que em todos os lotes de abate as amostras para os respectivos dias de maturação fossem retiradas na mesma seqüência e localização do músculo *Longissimus*, estabelecendo-se que para os 7, 14 e 21 dias de maturação, seriam destinadas as amostras retiradas na altura da 12<sup>a</sup>, 11<sup>a</sup> e 10<sup>a</sup> costelas, respectivamente.

As amostras foram identificadas individualmente e embaladas à vácuo em filme flexível, padrão BB300 Cry-o-vac®, específico para maturação de carnes, sendo posteriormente acondicionadas em caixas de papelão específicas para carnes e então armazenadas em câmara de maturação do frigorífico a 2° C ± 1° C, durante seus respectivos períodos de maturação.

#### **4.5 Análises Laboratoriais**

##### **4.5.1 Cor**

As amostras foram retiradas das embalagens, colocadas em bandejas de alumínio e expostas ao ambiente (18° C) para oxigenação durante 20 minutos.

A cor das amostras foi determinada pela média de três mensurações tomadas em três pontos de cada amostra com o auxílio de um colorímetro portátil, modelo MiniScan XE, marca Hunter Lab, com fonte de luz D65, ângulo de observação de 10° e abertura da célula de medida de 30 mm (Figura 10). Foi utilizada a escala L\*,

$a^*$ ,  $b^*$  do sistema CIELab, onde o  $L^*$  é o croma associado à luminosidade ( $L^*= 0$  preto, 100 branco),  $a^*$  é o croma que varia do verde (-) ao vermelho (+); e  $b^*$ , que varia do azul (-) ao amarelo (+). A calibração do aparelho era efetuada com um padrão branco ( $L^*= 93,80$ ,  $a^*= -0,89$ ,  $b^*=0,95$ ) e outro preto ( $L^*= 1,19$ ,  $a^*= 1,27$ ,  $b^*= 1,92$ ).



Figura 10 - Fotografia do procedimento de mensuração de cor nas amostras de carne.

A partir dos valores de  $a^*$  e  $b^*$  foram calculados os valores de Chroma ( $C^*$ ), (eq.1) e Hue ( $H^*$ ), (eq.2):

$$C^* = \sqrt{((a^*)^2 + (b^*)^2)} \quad (1)$$

$$H^* = \tan^{-1}\left(\frac{b^*}{a^*}\right) \text{ onde;} \quad (2)$$

$a^*$  = croma que varia do verde (-) ao vermelho (+)

$b^*$  = croma que varia do azul (-) ao amarelo (+)

Tan = tangente

$C^*$  = chroma

$H^*$  = hue

#### **4.5.2 Perdas por Exsudação<sup>1</sup>**

As amostras (amostras + exsudato + embalagem + etiqueta) foram pesadas individualmente ( $P_i$ ), dentro de bandejas de alumínio previamente taradas, em uma balança semi-analítica (Marte AS, 2000) com precisão de  $\pm 0,01$  g. Posteriormente, as amostras foram retiradas das embalagens e pesadas novamente ( $P_f$ ), na mesma bandeja e descontados os pesos da embalagem + etiqueta (0,15g). As Perdas por Exsudação foram então determinadas pela diferença de peso da amostra antes e depois da eliminação do exsudato ( $P_f$ ), sendo:

$$[PE = (P_i - P_f) / P_i], \text{ expressa em \%}.$$

#### **4.5.3 Perdas por Cozimento<sup>1</sup>**

As amostras foram pesadas individualmente ( $P_i$ ), dentro de bandejas de alumínio previamente taradas, em uma balança semi-analítica (Marte AS, 2000) com precisão  $\pm 0,01$  g e colocadas em forno elétrico pré-aquecido à temperatura de 170°C. A temperatura interna (aproximadamente centro geométrico) dos bifes foi acompanhada com termômetros individuais até que atingissem temperatura interna da ordem de 71°C.

Posteriormente, procedeu-se a pesagem das amostras ( $P_f$ ) na mesma bandeja em que foram assadas para determinação das Perdas por Cozimento (PC).

---

<sup>1</sup>Análises realizadas segundo método proposto pela American Meat Science (AMS), 1995.

As perdas ao cozimento (PC) foram então determinadas pela diferença de peso da amostra antes e depois do cozimento, sendo:

$$[PC = (P_i - P_f) / P_i], \text{ expressa em \%}.$$

Para esta medida não se efetuou a retirada da camada de gordura subcutânea das amostras, podendo assim ter ocorrido uma alteração dos valores das de PC devido ao derretimento da gordura subcutânea durante o cozimento.

#### **4.5.4 Força de Cisalhamento<sup>1</sup>**

As amostras para determinação da força de cisalhamento foram as mesmas utilizadas para as determinações de perdas por exsudação e ao cozimento. No entanto, após a retirada das amostras do forno e pesagem para obtenção das perdas por cozimento, estas foram mantidas a uma temperatura ambiente de 18° C até que a temperatura interna da amostra estivesse equilibrada com a temperatura ambiente.

Para a determinação da força de cisalhamento foi utilizado um aparelho tipo “Warner Bratzler Shear Force” mecânico com capacidade de 25kg e velocidade do seccionador de 20 cm/minuto. De cada amostra foram retiradas oito sub-amostras cilíndricas de 1,27 cm (½”) de diâmetro com auxílio de uma furadeira elétrica modelo Ferrari FG-13. O valor de maciez de cada amostra foi representado pela média aritmética dos valores de força de cisalhamento obtidos nas oito sub-amostras. Estes procedimentos foram repetidos para todas as amostras correspondentes aos três períodos de maturação.

---

<sup>1</sup>Análises realizadas segundo método proposto pela American Meat Science (AMS), 1995.

## **4.6 Análises Estatísticas**

O banco de dados composto por informações de qualidade de carcaça e de carne de 668 animais foi submetido a alguns procedimentos de edição, para então serem processadas às análises de verificação da variabilidade entre touros e genearcas em todas as características analisadas.

As características quantitativas e qualitativas de carcaça e carne analisadas foram: peso de carcaça quente (PCQ), área de olho de lombo (AOL), espessura de gordura subcutânea (EGS), marmoreio (MAR), componentes da cor como o  $L^*$ ,  $C^*$ ,  $H^*$ , maciez (MAC), perdas por exsudação (PE) e perdas por cozimento (PC) aos 7, 14 e 21 dias de maturação.

Paras as análises de touro, os dados de qualidade de carcaça e de carne de animais de pai desconhecido, filhos de lote com reprodutores múltiplos ou filhos de touros com menos de 3 filhos no banco de dados foram desconsiderados.

Desse modo o banco de dados analisado para verificação da variabilidade entre touros nas características estudadas foi composto por 475 animais. Já o banco de dados utilizado para o estudo da variabilidade entre genearcas foi formado por informações 668 animais.

Para a determinação da variabilidade entre touros foram testados dois tipos de análises, considerando touro como efeito fixo e aleatório, optando-se por considerar touro como efeito aleatório. O modelo estatístico utilizado para a detecção da variabilidade entre touros sobre as características estudadas considerou uma estrutura de meio-irmãos paternos com touro como efeito aleatório, além dos efeitos fixos descritos na Tabela 3. Com isso estimou-se um componente de variância

associado ao efeito de touro e testou-se o valor estimado da contribuição de touro (é como se fosse o valor genético) para a característica em questão.

Para a análise de variância utilizou-se o procedimento PROC MIXED do pacote estatístico SAS (Statistical Analyses System, 2003), no nível de significância de 5%.

Tabela 3 – Fatores incluídos em modelos para a avaliação da variabilidade entre touros sobre o peso de carcaça quente (PCQ), a área de olho de lombo (AOL), a espessura de gordura subcutânea (EGS), a marmorização (MAR), as perdas por exsudação (PE), as perdas por cozimento (PC), maciez (MAC), valores de L\*, C\* (Chroma) e H\* (Hue) aos 7, 14 e 21 dias de maturação.

Característica	Fatores				
	Lote de Abate	Idade de Abate	pH24	EGS	T°C
PCQ	X	X			
AOL	X	X			
EGS	X	X			
MAR	X	X			
PE7	X	X	X	X	
PE14	X	X	X	X	
PE21	X	X	X	X	
PC7	X	X	X	X	
PC14	X	X	X	X	
PC21	X	X	X	X	
MAC7	X	X	X	X	X
MAC14	X	X	X	X	X
MAC21	X	X	X	X	X
L* 7	X	X	X	X	
L* 14	X	X	X	X	
L* 21	X	X	X	X	
C* 7	X	X	X	X	
C* 14	X	X	X	X	
C* 21	X	X	X	X	
H* 7	X	X	X	X	
H* 14	X	X	X	X	
H* 21	X	X	X	X	

#### 4.6.2 Diferença Esperada na Progenie (DEP)

O modelo matemático que expressa o desempenho de cada animal utilizado nas análises uni-características utilizado para estimar os valores genéticos aditivos dos animais, em especial dos genearcas, pode ser representado pelo seguinte modelo linear misto na forma matricial:

$$y = X\beta + Zu + e$$

em que:

$y$  = Vetor das variáveis dependentes;

$\beta$  = Vetor dos efeitos fixos;

$u$  = Vetor dos efeitos aleatórios de valor genético aditivo do animal;

$e$  = Vetor dos efeitos aleatórios residuais.

$X$  e  $Z$  = Matrizes de incidência relacionando as observações ( $y$ ) aos seus respectivos efeitos fixos ( $\beta$ ) e genético aditivo do animal ( $u$ ).

Os valores das DEP's para as características analisadas foram estimados com base nas informações de 668 animais dos quais foram coletados dados de carcaça e carne. Ainda foram utilizados animais pertencentes a um banco de dados do GMAB, que apresentavam algum grau de parentesco com os animais que tiveram dados de carcaça e carne analisados, totalizando assim 3982 animais.

Os componentes de variância necessários para obtenção dos parâmetros genéticos foram estimados pelo Método da Máxima Verossimilhança Restrita (REML), empregando-se o programa MTDFREML descrito por Boldman et al. (1995).

Na Tabela 4 estão descritos os coeficientes de herdabilidade para efeitos diretos ( $h^2$ ) e variância fenotípica ( $\sigma_p^2$ ) utilizados para a estimação dos valores das

diferenças esperadas na progênie (DEP) das características analisadas. Os coeficientes utilizados para estimação deste parâmetro foram baseados nos valores apresentados no Sumário de Touros Nelore CFM 2007 (AGRO-PECUÁRIA CFM, 2007).

Tabela 4 - Coeficientes de herdabilidade para efeitos diretos ( $h^2$ ) e variância fenotípica ( $\sigma_p^2$ ) utilizados para a estimação dos valores das diferenças esperadas na progênie (DEP) para as características peso de carcaça quente (PCQ), área de olho de lombo (AOL), espessura de gordura subcutânea (EGS) marmoreio (MAR) e maciez (MAC) aos 7, 14 e 21 dias de maturação.

<b>Variáveis</b>	<b><math>h^2</math></b>	<b><math>\sigma_p^2</math></b>
PCQ	0,46	1118,43
AOL	0,27	85,20
EGS	0,19	1,48
MAR	0,33	8818,85
MAC7	0,29	1,59
MAC14	0,29	1,52
MAC21	0,20	1,31



## **5 Resultados e Discussão**

### **5.1. Efeitos de fatores não genéticos sobre a qualidade de carcaça e carne**

As estatísticas descritivas das características analisadas estão apresentadas na Tabela 5. Na Tabela 6 estão descritas as relações entre as características bem como o grau de significância obtido em cada uma delas.

A EGS influenciou linearmente as características MAR, MAC7, MAC14, PC14 e L\*14 ( $P < 0,05$ ). Todas as características avaliadas neste estudo, exceto as PC14, apresentaram efeito de lote de abate ( $P < 0,05$ ). A idade ao abate apresentou efeito linear somente com a característica MAR ( $P < 0,05$ ).

Foi constatada relação linear entre pH24 e C\*, H\* e L aos 7, 14 e 21 dias de maturação ( $P < 0,05$ ). Esta mesma característica foi relacionada linearmente com a MAC7 e com PE aos 7,14 e 21 dias de maturação ( $P < 0,05$ ). Já as PC foram influenciadas linearmente pelo pH apenas aos 14 e 21 de maturação. Não foi detectado efeito ( $P > 0,05$ ) da TMAC sobre a maciez em nenhum dos períodos de maturação.

Tabela 5 - Estatísticas descritivas das características idade de abate (IABATE), pH às 24 horas de resfriamento (pH24), peso de carcaça quente (PCQ), área de olho de lombo (AOL) e espessura de gordura subcutânea (EGS), marmoreio (MAR), perdas por exsudação (PE) perdas por cozimento (PC), maciez (MAC), temperatura ao cisalhar as amostras (TMAC), valores de L\* (L\*), Chroma (C\*) e Hue (H\*) aos 7, 14 e 21 dias de maturação mensuradas em novilhos da raça Nelore.

Característica	n	Média	Mín	Máx	DP	CV, %
IABATE, dias	466	738,14	656,00	826,00	36,90	5,00
pH24	446	5,92	5,48	6,45	0,19	3,19
PCQ, kg	449	288,99	261,50	325,50	13,04	4,51
AOL, cm <sup>2</sup>	462	58,00	90,00	40,28	6,35	8,69
EGS, mm	466	4,32	1,00	9,00	1,80	41,77
MAR, un	474	427,06	400,00	600,00	42,48	9,94
TMAC7, °C	425	18,26	14,80	21,90	1,31	7,15
TMAC14, °C	446	18,28	14,50	20,90	1,37	7,50
TMAC21, °C	464	17,78	13,90	20,60	1,48	8,34
MAC7, kg	462	5,99	2,44	9,64	1,40	23,45
MAC14, kg	463	4,95	1,65	8,37	2,83	7,30
MAC21, kg	467	4,35	1,79	7,39	1,07	24,67
PE7, %	419	2,80	0,18	6,11	1,23	44,02
PE14, %	428	3,70	0,41	7,70	1,51	40,80
PE21, %	420	4,50	0,84	8,53	1,50	33,35
PC7, %	443	12,15	3,85	20,13	3,20	26,32
PC14, %	457	10,83	3,88	18,00	2,84	26,22
PC21, %	455	10,72	1,98	18,18	3,21	29,94
L*7	463	37,83	30,86	44,89	2,91	7,72
L*14	463	37,92	29,00	45,48	3,44	9,07
L*21	458	38,73	31,21	46,15	2,82	7,30
C*7	460	20,94	14,66	25,37	2,36	11,29
C*14	458	21,62	13,32	28,13	3,00	13,91
C*21	449	22,82	17,12	26,89	1,97	8,66
H*7	460	40,08	34,01	45,72	1,99	4,98
H*14	458	39,64	27,95	47,26	2,80	7,06
H*21	449	40,52	35,17	48,11	1,97	4,86

n = número de observações; Mín = valor mínimo encontrado em cada característica; Máx = valor máximo encontrado em cada característica; DP = desvio padrão; CV = coeficiente de variação.

Tabela 6 - Valores de P que descrevem o nível de significância estatística dos efeitos de lote de abate, Idade ao abate, pH às 24 horas de resfriamento (pH24), espessura de gordura subcutânea (EGS), temperatura ao cisalhar as amostras (TMAC) e suas respectivas significâncias, sobre as características peso de carcaça quente (PCQ), pH às 24 horas de resfriamento (pH24), área de olho de lombo (AOL) e espessura de gordura subcutânea (EGS), marmoreio (MAR), valores de L\* (L\*), Chroma (C\*), Hue (H\*), maciez (MAC), perdas por exsudação (PE) e perdas por cozimento (PC) aos 7, 14 e 21 dias de maturação.

Características	Fatores				
	Lote Abate	Idade Abate	pH24	EGS	TMAC
PCQ	<0,0001	0,1187	-	-	-
pH24	<0,0001	0,7690	-	0,9514	-
AOL	<0,0001	0,6592	-	-	-
EGS	0,0002	0,7837	-	-	-
MAR	<0,0001	0,0151	-	<0,0001	-
MAC7	0,0366	0,4925	0,0537	0,0148	0,9717
MAC14	<0,0001	0,6741	0,0775	0,0359	0,7631
MAC21	0,0040	0,2153	0,1507	0,7054	0,1997
PE7	<0,0001	0,7569	0,0150	0,7558	-
PE14	<0,0001	0,1828	0,1616	0,0195	-
PE21	<0,0001	0,1277	0,0009	0,1283	-
PC7	0,6878	0,8524	0,1366	0,6185	-
PC14	0,0866	0,9729	0,0422	0,8369	-
PC21	<0,0001	0,2721	0,0223	0,4036	-
L*7	<0,0001	0,8526	0,0021	0,8594	-
L*14	<0,0001	0,6131	0,0005	0,0591	-
L*21	<0,0001	0,6749	0,0076	0,5373	-
C*7	<0,0001	0,6378	<0,0001	0,8228	-
C*14	<0,0001	0,6686	<0,0001	0,3618	-
C*21	0,0013	0,5653	<0,0001	0,9195	-
H*7	<0,0001	0,5192	0,0081	0,2345	-
H*14	<0,0001	0,7079	0,0305	0,1310	-
H*21	<0,0001	0,2964	0,0711	0,6425	-

### **5.1.1 Peso de Carcaça Quente e Área de Olho de Lombo**

Os pesos de carcaça quente (PCQ) dos touros avaliados estão representados na Figura 11. Observando o gráfico, pode-se constatar que há uma variação de aproximadamente 4 kg entre o menor e maior valor de Peso de Carcaça Quente obtida no banco de dados. Desta maneira, fica evidente a superioridade de alguns touros em produzir progênes com maiores pesos de carcaça.

No presente estudo, ao se observar o comportamento da característica AOL para cada touro analisado, nota-se a variabilidade existente dentro da raça Nelore quanto ao potencial genético de alguns reprodutores em melhorar a musculosidade e rendimento de cortes de suas progênes (Figura 13). A diferença entre médias das medidas de AOL entre os valores extremos desta característica, representou uma diferença de aproximadamente  $3,68 \text{ cm}^2$ , demonstrando a grande variabilidade entre touros da raça Nelore quanto à musculosidade de suas progênes.

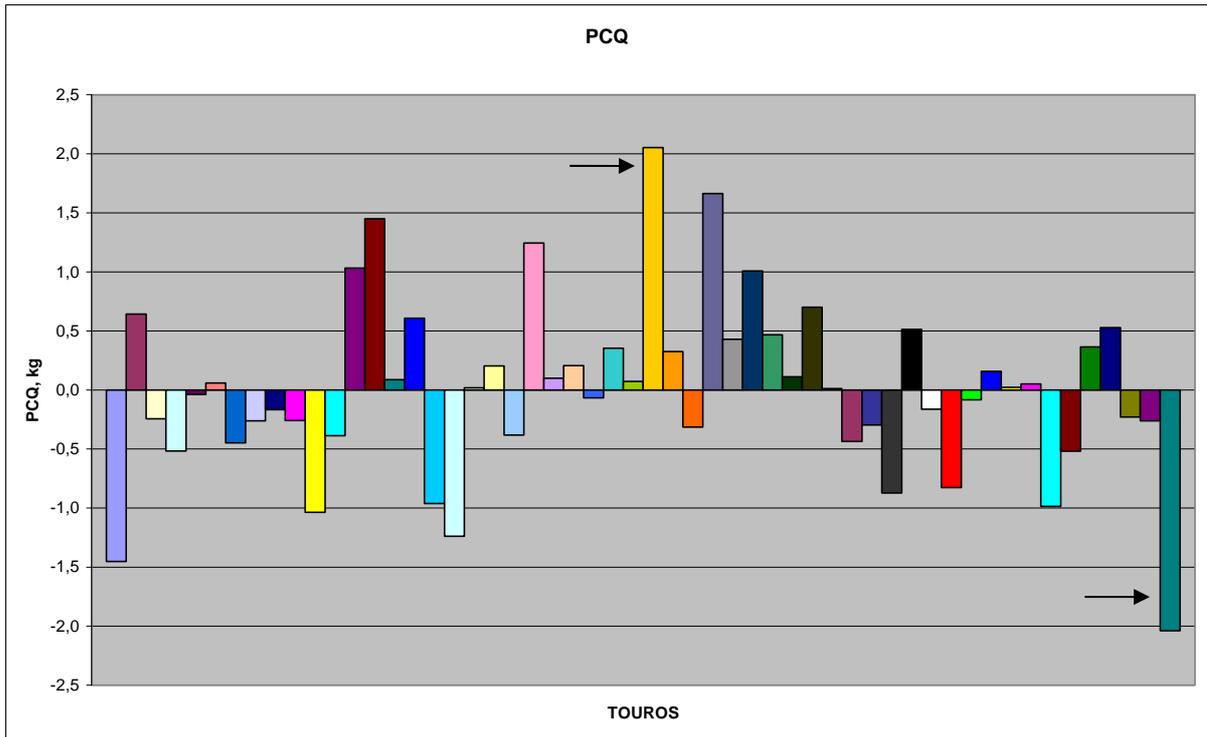


Figura 11 - Representação gráfica dos valores de Peso de Carcaça Quente (PCQ) em função das médias de quadrados mínimos dos touros avaliados. As setas indicam os maiores e menores valores obtidos nesta característica.

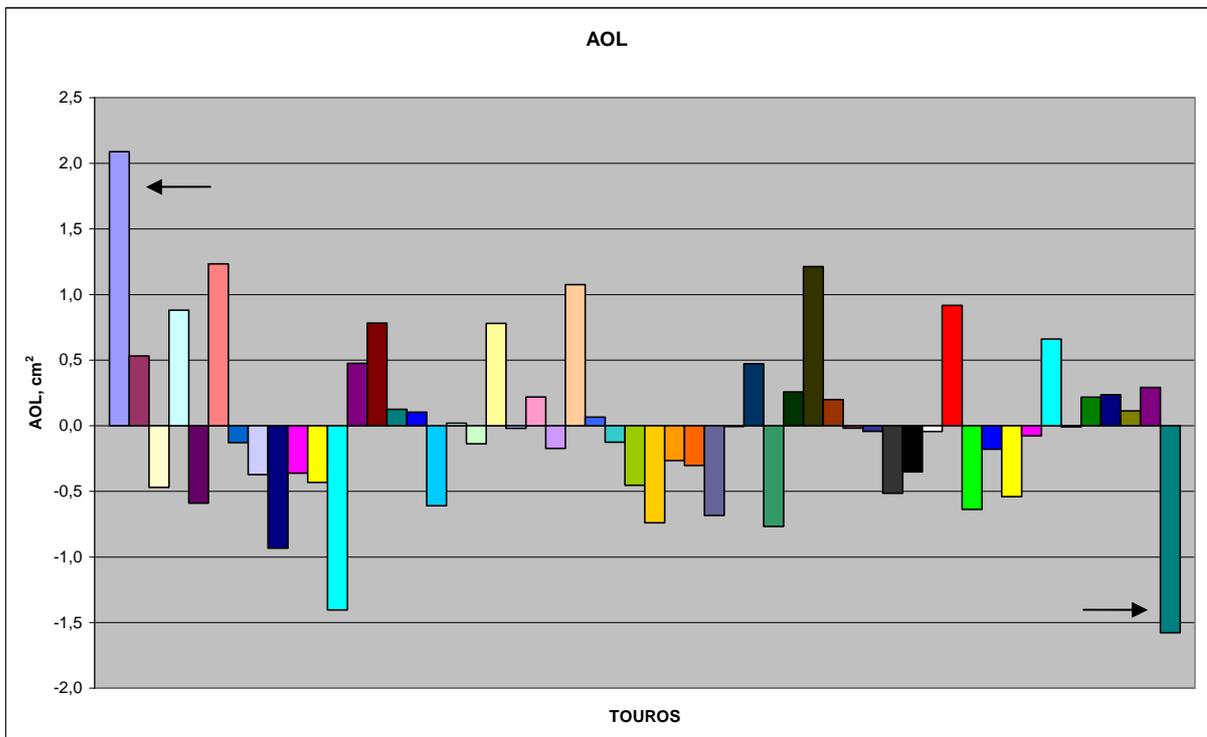


Figura 12 - Representação gráfica dos valores de área de olho de lombo (AOL) em função das médias de quadrados mínimos dos touros avaliados. As setas indicam os maiores e menores valores obtidos nesta característica.

Berg e Butterfield (1976) descrevem uma variação na composição da carcaça de acordo com a fase da curva de crescimento do animal. Assim, ao nascimento os músculos ocupam uma alta percentagem da composição corporal do animal, aumentando ligeiramente durante a fase de crescimento e diminuindo percentualmente com o início da fase de engorda. Pode-se perceber, portanto, que primeiramente os músculos e então a gordura são os tecidos de influência principal na composição de carcaça, considerando que os ossos, em nenhuma fase, ocupam um papel dominante na determinação das proporções relativas dos três tecidos principais. Assim, alguns autores sugerem que ao se aumentar os dias em que os animais sejam submetidos a dietas de alto concentrado, tenha-se também um aumento no peso vivo e na taxa de deposição de gordura na carcaça, devido às mudanças dos estágios da curva de crescimento e deposição de tecidos, conforme indicaram Berg e Butterfield (1976) e Luchiari Filho (2000).

A proporção de músculos na carcaça, indicadas pela área de olho de lombo, tende a diminuir com o aumento dos dias de confinamento (HAMLIN et al., 1995), pois neste período há um aumento da quantidade de gordura na carcaça. Segundo Tarouco et al. (2007), quanto maior a quantidade de gordura subcutânea na carcaça, menor o peso dos cortes comerciais em um mesmo peso de carcaça. A taxa e a quantidade de gordura depositada na carcaça dependem também do plano de nutrição do animal, maturidade, raça e sexo. Assim, o peso de abate dos animais deve coincidir com o ponto de maturidade do animal em que se consiga obter níveis de gordura e músculos desejáveis na carcaça (BERG; BUTTERFIELD, 1976).

Silva et al. (2006) avaliando as alterações de características de carcaça, pela utilização de ultra-som, de tourinhos Nelore confinados, com idades em torno de 10 meses, observaram um efeito do período de confinamento sobre a área do músculo

*Longissimus*, em que o aumento dos dias em confinamento resultaram também em uma maior área do músculo *Longissimus*. Os dados de Silva et al. (2006) diferem daqueles apresentados por (HAMLIN et al., 1995), pois, segundo os autores, os animais ainda encontravam-se em fase de crescimento, onde o músculo *Longissimus* ainda não havia atingido seu limite de crescimento.

Bergen et al. (2006) afirmam que pode haver uma boa resposta a seleção para a porção magra da carcaça, representada pelo tecido muscular dos animais e ainda para outras características economicamente importantes como Peso de Carcaça Quente (PCQ) e AOL, sendo estas últimas, ótimos indicativos de rendimento da carcaça. Hamlin et al. (1995), no entanto, afirmam que programas de seleção voltados para aumento da AOL podem gerar animais mais pesados e com maior exigência de energia de manutenção, descrevendo uma correlação genética positiva entre AOL e peso vivo do animal.

Burrow et al. (2001) e Riley et al. (2002) relatam, no entanto, a existência de diferenças entre atributos de qualidade de carne entre animais *Bos indicus* e não somente entre animais de uma mesma raça, evidenciando assim que trabalhos de seleção genética poderão ser conduzidos pela escolha das raças que melhor se adaptem ao sistema de produção e ao suprimento de carnes com padrão comercialmente desejável e a partir da seleção de animais geneticamente superiores dentro de uma raça para produção de carne economicamente viável e qualitativamente desejável.

Neste estudo, pôde-se constatar que a variabilidade existente entre as progênes dos diferentes reprodutores quanto às características de carcaça, principalmente relacionadas à musculabilidade, revela a superioridade de alguns animais em produzir carcaças de melhor qualidade e com maior rendimento de

cortes. Idéia semelhante já havia sido indicada por Elzo et al. (1998), ao afirmarem a existência de uma grande variabilidade para características de carcaça entre raças e dentro de cada raça da espécie bovina.

### **5.1.2 Espessura de Gordura Subcutânea e Marmoreio**

Observando os resultados obtidos neste estudo sobre a deposição de gordura subcutânea obtêm-se indicações de touros com diferentes capacidades de melhorar a deposição de gordura nas carcaças de suas progênies (Figura 13). Além disso, puderam-se detectar animais com maiores escalas de marmoreio salientando a capacidade de alguns touros em imprimir o aumento de gordura intramuscular em suas progênies (Figura 14). Foi encontrado efeito de idade sobre o grau de marmoreio dos animais e relação linear entre a EGS, MAR, MAC7, MAC14, PC14 e L\*14 ( $P < 0,05$ ), (Tabela 6).

Analisando as Figuras 13 e 14 observa-se que alguns touros tiveram valores positivos de EGS e também de MAR, com uma diferença de aproximadamente 2,5 mm de EGS e 21 unidades de escala de marmoreio entre o maior e menor valor encontrado para cada uma dessas características. Essas diferenças evidenciam que existem importantes distinções entre as progênies dos touros avaliados e que animais que produzem descendentes com maior deposição de gordura e marmoreio poderão ser selecionados.

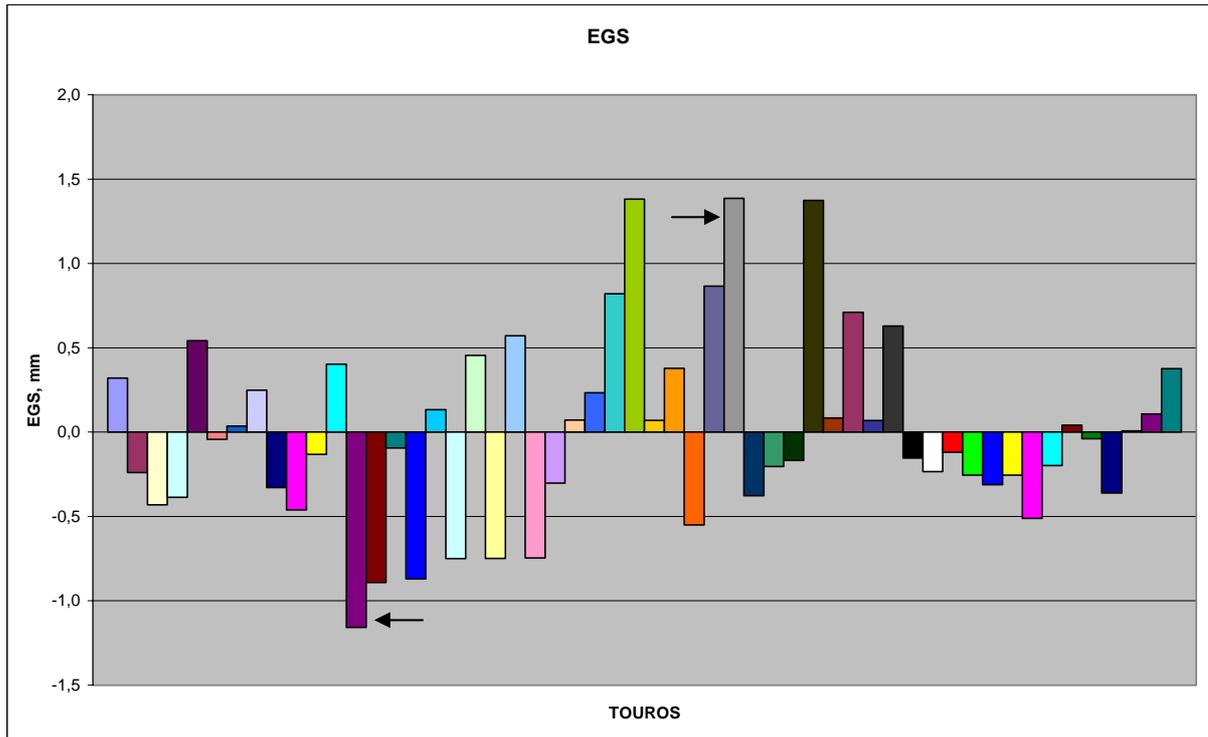


Figura 13 - Representação gráfica dos valores de Espessura de Gordura Subcutânea (EGS) em função das médias de quadrados mínimos dos touros avaliados. As setas indicam os maiores e menores valores obtidos nesta característica.

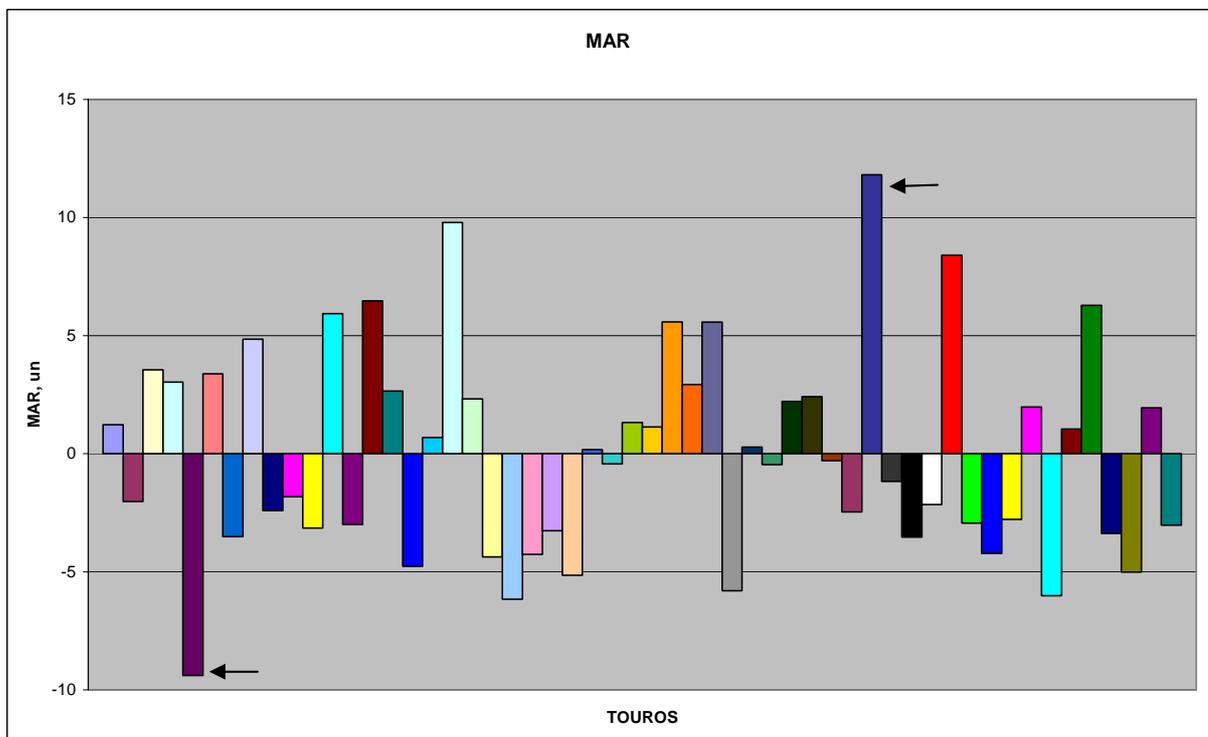


Figura 14 - Representação gráfica dos valores de Marmoreio (MAR) em função das médias de quadrados mínimos dos touros avaliados. As setas indicam os maiores e menores valores obtidos nesta característica.

Hocquette et al. (2007), salientam a importância do estudo das variabilidades quanto à deposição de gordura em animais *Bos indicus*, pois estas devem vir a questionar diversos preceitos, principalmente no que se refere à capacidade de animais *Bos indicus* em agregar mármore na carcaça de suas progênes. As informações obtidas por O'Connor et al. (1997) corroboram com as de Hocquette et al. (2007), pois ao avaliarem carcaças de animais das raças Nelore e Brahman concluíram que ambas as raças têm a capacidade de adicionar mármore em sistemas de cruzamento.

Já Cole et al. (1963), observaram que ao aumentar a percentagem Brahman ou Sahiwal nos cruzamentos diminuía-se o peso de carcaça e as escalas de marmoreio das carcaças. Por outro lado, King et al. (2006), contestam os dados obtidos por Cole et al. (1963), ao avaliar animais Brahman e Nelore versus Angus, revelando grande variação nos valores de gordura subcutânea, área de olho de lombo e escores de marmoreio entre famílias com a mesma percentagem de genética zebuína, sendo estas superiores às variações encontradas entre raças.

Os resultados obtidos no presente estudo revelam a existência de animais com potencial genético para melhorar o marmoreio nas carcaças de suas progênes. Com isso, a variabilidade encontrada entre touros, tanto para EGS quanto para MAR oferecem ferramentas suficientes para seleção de características de carcaça dentro da raça Nelore. Além disso, Bergen et al. (2006), afirmam que programas de seleção genética baseados nestas características podem promover uma melhoria significativa das características de carcaça do rebanho.

Shackelford, Wheeler e Koohmaraie (1995), descrevem a gordura subcutânea medida na altura da 12<sup>a</sup> costela como sendo um dos melhores indicativos de rendimento de cortes ( $r^2 = 0,58$ ). Além disso, a quantidade de

músculos e o marmoreio também são descritos por esses autores como bons preditores da porção comercializável da carcaça. Tarouco et al. (2007) recomendam as medidas de AOL avaliadas por ultra-som como bons preditores da percentagem total da porção comestível dos cortes do traseiro.

Além da variabilidade encontrada entre os touros para MAR e MAC, também foi detectada relação linear entre EGS, MAR e MAC (Tabela 6). Estes efeitos indicam que ao se alterar a espessura de gordura subcutânea na carcaça, poderão também estar sendo alteradas as escalas de marmoreio e os valores de maciez da carne.

As relações entre a deposição de gordura subcutânea e marmoreio como indicativo de precocidade dos animais ou rendimento de carcaça já foram bastante focadas em diversas pesquisas. No entanto, as relações entre a EGS, MAR e a maciez ainda são bastante controversas.

Elzo et al. (1998), relatam que animais terminados com pesos vivos mais elevados apresentaram maiores valores de AOL, EGS, Marmoreio e carnes mais macias. Di Marco (1998) e May et al. (1992) embasam essas afirmações ao demonstrarem que carnes com maior grau de marmoreio necessitam de menos força para rompimento de suas fibras, sendo assim mais macias.

No entanto, Burrow et al. (2001); Riley et al. (2005) e Wheler et al. (1994), acreditam que estas não sejam características necessariamente correlacionadas. Jones e Tatum (1994), atribuem cerca de 9 e 5,1% das variações nos valores de WBSF e maciez da fibra muscular aos valores de marmoreio e espessura de gordura subcutânea, respectivamente.

Alguns autores como Martin et al. (1971) sugerem que o aumento da taxa de maturação é independente do grau de acabamento ou marmorização em novilhos,

animais inteiros ou novilhas. Além disso, Wulf et al. (1996), classificam o marmoreio, e a maciez da carne como fatores altamente influenciáveis pelo genótipo do animal e, assim, diferenças genéticas entre essas características podem ser encontradas entre e dentro de raças de gado de corte. (CROUSE et al., 1989 ; KOCH et al., 1976; KOCH, CUNDIFF, GREGORY, 1982 ; O'CONNOR et al., 1997 ; SHACKELFORD et al., 1994).

As indicações encontradas na literatura salientam as influências genéticas sobre o marmoreio e a maciez da carne, demonstrando a possibilidade de utilização destas características em programas de seleção genética voltados à qualidade da carne, comprovando ser possível a exploração da variabilidade destas características dentro da raça Nelore.

Foi detectada relação linear entre EGS e PC14 ( $P < 0,05$ ), (Tabela 6). Segundo informações de Brondani et al. (2006) há uma correlação negativa entre a porcentagem de perda por cocção e a espessura de gordura subcutânea ( $r = -0,85$ ). Anteriormente, Müller (1987) descreveu que as perdas pelo descongelamento e por cocção também podem ser influenciadas pelo marmoreio, de modo que o aumento das escalas de marmoreio causem uma redução dessas perdas.

Assim, o efeito da EGS, encontrado neste estudo, sobre as PC aos 14 dias de maturação pode ser explicada pela combinação dos valores de EGS a diversos fatores como o MAR e os valores de MAC obtidos aos 7 e 14 dias de maturação. Neste estudo foi encontrada variabilidade entre touros tanto para EGS quanto MAR, significando assim que existe diferença entre reprodutores e que há uma relação benéfica entre essas características, como já discutida anteriormente.

Baseando-se nas informações desses autores, pode-se inferir que ao efetuar-se a seleção genética para características relacionadas à EGS e MAR poderá se

obter efeitos positivos sobre alguns parâmetros qualitativos da carne como as perdas por cozimento, fator este diretamente relacionado à percepção sensorial do consumidor ao ingerir e preparar o produto. Assim, de posse da relação linear entre as características EGS, MAR e MAC podem-se sugerir que ao selecionar animais com maior uniformidade de acabamento de gordura, com algum marmoreio e também com carnes mais macias, estarão também sendo reduzidas as perdas ao cozimento uma vez que, segundo Brondani et al. (2006), estas sejam características negativamente correlacionadas.

Relação linear foi encontrada também para as características EGS e L\*14 ( $P < 0,05$ ), (Tabela 6). Essa relação pode ser explicada pelo possível aumento das escalas de marmoreio ao se aumentar a EGS na carcaça. Alguns autores como Berg e Butterfield, (1976); Shorthose e Harris, (1991) e Luchiari Filho, (2000) classificam o marmoreio como a última gordura a ser depositada. Assim um aumento da quantidade de EGS na carcaça poderia estar relacionado a um aumento da gordura intramuscular.

Analisando desta maneira, carnes com maiores quantidades de marmoreio influenciariam a cor da carne, pois a coloração amarelada da gordura intramuscular causaria maiores reflexões na superfície dos bifes, (principalmente com o decorrer dos dias de maturação onde há um maior “salpicamento” dos pontos de gordura na superfície) causando uma alteração nos valores de L\*, variável representativa da luminosidade superficial das amostras. Suposição semelhante foi elaborada por Baublits et al. (2004), ao propor que diferenças no grau de marmoreio poderiam afetar a coloração da carne. Outros aspectos relacionados à coloração da carne serão discutidos no tópico a seguir.

### **5.1.3 Cor**

Foi encontrada variabilidade entre touros quanto aos valores de  $H^*$  e  $L^*$  (Figura 15 e 16, respectivamente), sugerindo a existência de animais com valores superiores e inferiores a média da população para estas características (Tabela 5). No entanto, não foi detectada variabilidade entre touros para a característica  $C^*$ . Foi detectado efeito linear de pH sobre as características  $L^*$ ,  $C^*$  e  $H^*$  aos 7, 14 e 21 dias de maturação ( $P < 0,05$ ).

A cor é um importante atributo de qualidade da carne, pois atua como um dos mais importantes fatores de aceitabilidade por parte dos consumidores, principalmente referente à aparência do tecido muscular exposta no momento da venda dos cortes (INSAUSTI et al., 1999). Este aspecto qualitativo da carne pode ser adversamente afetado em todas as etapas da cadeia produtiva, desde as operações de abate até as etapas de resfriamento e a maturação do produto. Também a embalagem, distribuição e comercialização, incluindo a incidência de luz e outras condições de exposição do produto também podem influenciar a cor da carne (KROPF, 1993). Dentre estes fatores, a raça dos animais é um dos parâmetros produtivos que mais influenciam a qualidade da carne.

Assim, o efeito de raça sobre a coloração pode ser explicado, sob um aspecto, pela precocidade dos animais (RENERRE, 1982). Por outro lado, há de se considerar as diferentes concentrações de mioglobina presentes na carne de animais de diferentes raças (DEMOS; MANDIGO, 1996). Além disso, alguns autores atribuem as variações qualitativas da carne a diferenças genéticas entre e dentro de raças (LIBORIUSSEN et al., 1977), sugerindo que diferenças metabólicas entre animais de uma mesma raça ou de diferentes raças possam ser consideradas como

fatores importantes e merecedores de maiores estudos sobre a coloração da carne (FAUSTMAN; CASSENS, 1991).

Segundo Hunt et al. (1991) e Insausti et al. (1999), o aumento nos valores de  $H^*$  relaciona-se negativamente ( $r=-0,60$ ) com coloração vermelha da carne. Isto pode ser explicado pelo fato de que ao se aumentar os valores de  $H^*$  haverá uma tendência à prevalência de pigmentos amarelos, verde e azul, consecutivamente, na composição da cor. (Figura 3). Relação entre valores de  $L^*$  e  $H^*$  foi estabelecida por MacDougall (1982) encontrando correlação de  $r=0,77$  ( $p<0,0001$ ) para estas características. Assim, como os valores de  $L^*$  estão relacionados à luminosidade (quanto maiores os valores de  $L^*$ , mais claras as cores) e  $H^*$  às famílias de cores (ao aumentar-se os valores de  $H^*$  parte-se da cor vermelha às cores mais claras como amarelo, verde e tons suaves de azul), ao se aumentar os valores de  $L^*$  e  $H^*$ , estarão sendo produzidas cores mais claras, elucidando assim as correlações entre estas características encontradas por MacDougall (1982) e Mos et al. (1994).

Baseados nas informações da literatura pode-se inferir então que a variabilidade encontrada entre touros para os valores de  $L^*$  e  $H^*$  possa ser explicada pelas diferenças genéticas existentes entre os reprodutores, diferenças estas que produziriam progênies com diferentes componentes relacionados à coloração da carne. As possíveis influências referentes à idade, ao manejo e procedimentos de abate também seriam fatores oportunos para explicar esta variabilidade, uma vez que foram detectados efeitos estatísticos de idade e lote de abate neste estudo.

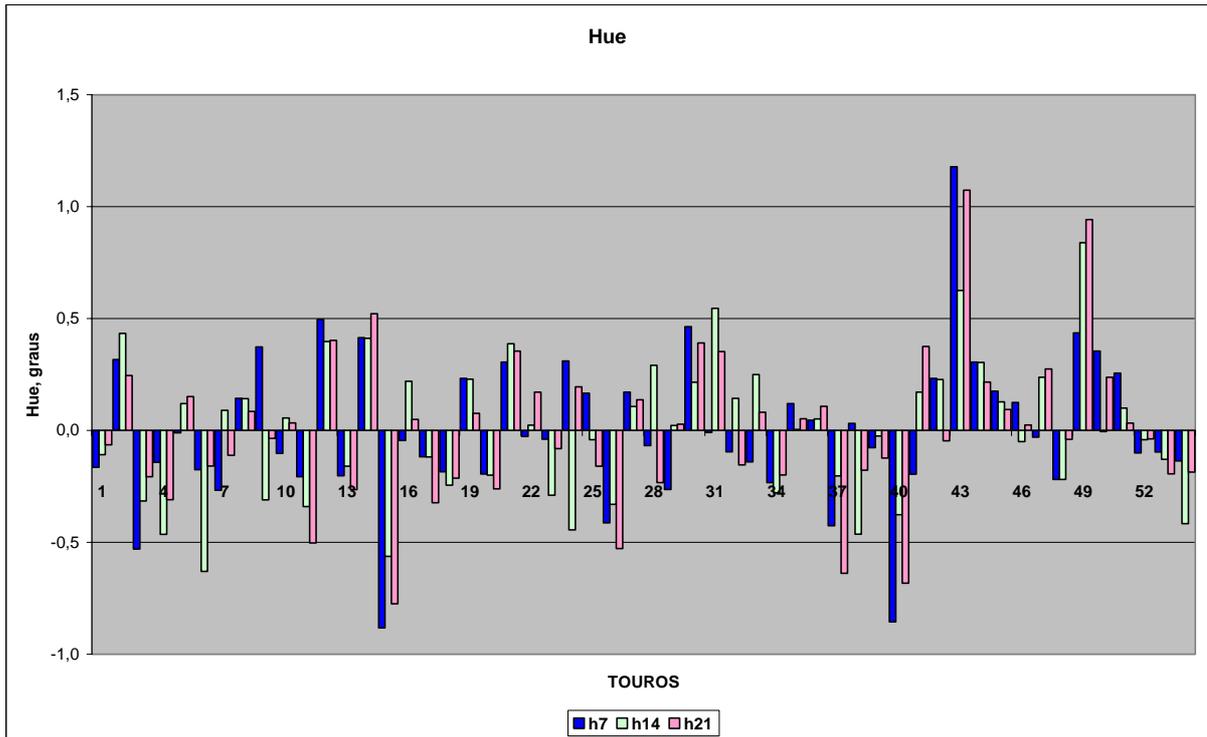


Figura 15 - Representação gráfica dos valores Hue (H\*) aos 7, 14 e 21 dias de maturação, em função das médias de quadrados mínimos dos touros avaliados.

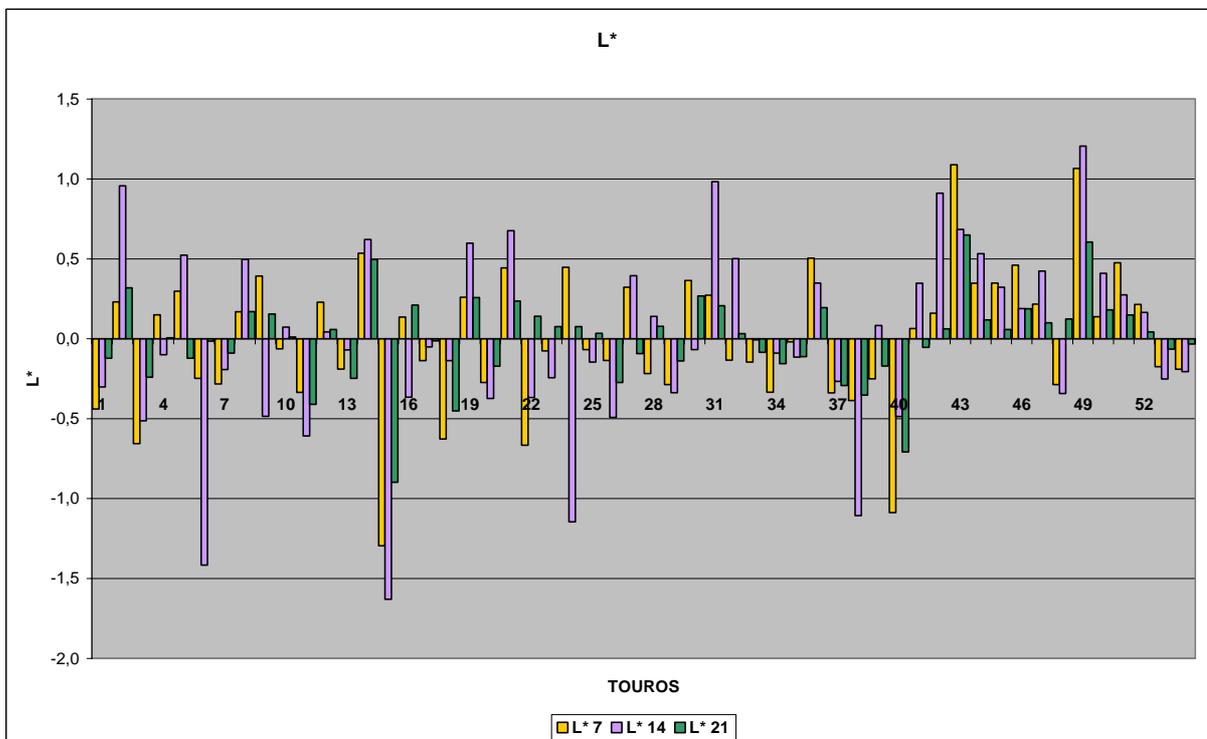


Figura 16 - Representação gráfica dos valores de L\* aos 7, 14 e 21 dias de maturação, em função das médias de quadrados mínimos dos touros avaliados.

Além disso, Insausti et al. (1999) descrevem que carnes embaladas a vácuo tendem a apresentar maiores valores de  $L^*$  e  $H^*$  (mais claras), sendo que este efeito torna-se mais evidente com o decorrer dos dias de maturação, uma vez que carnes embaladas sob esta condição propiciam maiores chances de detecção de variações de cor inter e intra-raças. No entanto, Abril et al. (2001), afirmam que carnes maturadas apresentam maior variação de cor nos seis primeiros dias de armazenagem, sendo a partir daí diminuídas as variações, provavelmente pela maior acidificação da carne e mudanças nas taxa de oxidação e oxigenação da mioglobina. Ribeiro et al. (2002), analisando aspectos de coloração da carne de animais mestiços *Bos tauros* x *Bos indicus* relataram que as carnes desses animais, maturadas por 7 e 14 dias apresentaram cores mais realçadas e brilhantes.

Ao observar as linhas de tendência dos valores de  $L$  e  $H^*$  obtidos aos 7, 14 e 21 dias de maturação (Figura 17 e 18) notar-se-á que no primeiro período de maturação os valores tenderam a ser extremos (muito altos ou muito baixos), havendo uma considerável diminuição aos 14 dias e chegando a valores intermediários aos 21 dias de maturação. Observando-se os gráficos também, pode-se visualizar os picos dos valores de  $L^*$  e  $H^*$ , os quais representam a variabilidade existente entre os touros da raça Nelore nestes parâmetros. Assim, com base nestas informações, podem-se confirmar os relatos de Abril et al. (2001) e Insausti et al. (1999) sobre a influência dos dias de maturação sobre os valores de  $H^*$  e  $L^*$  e ainda sobre a detecção de variações de cor da carne em animais de uma mesma raça.

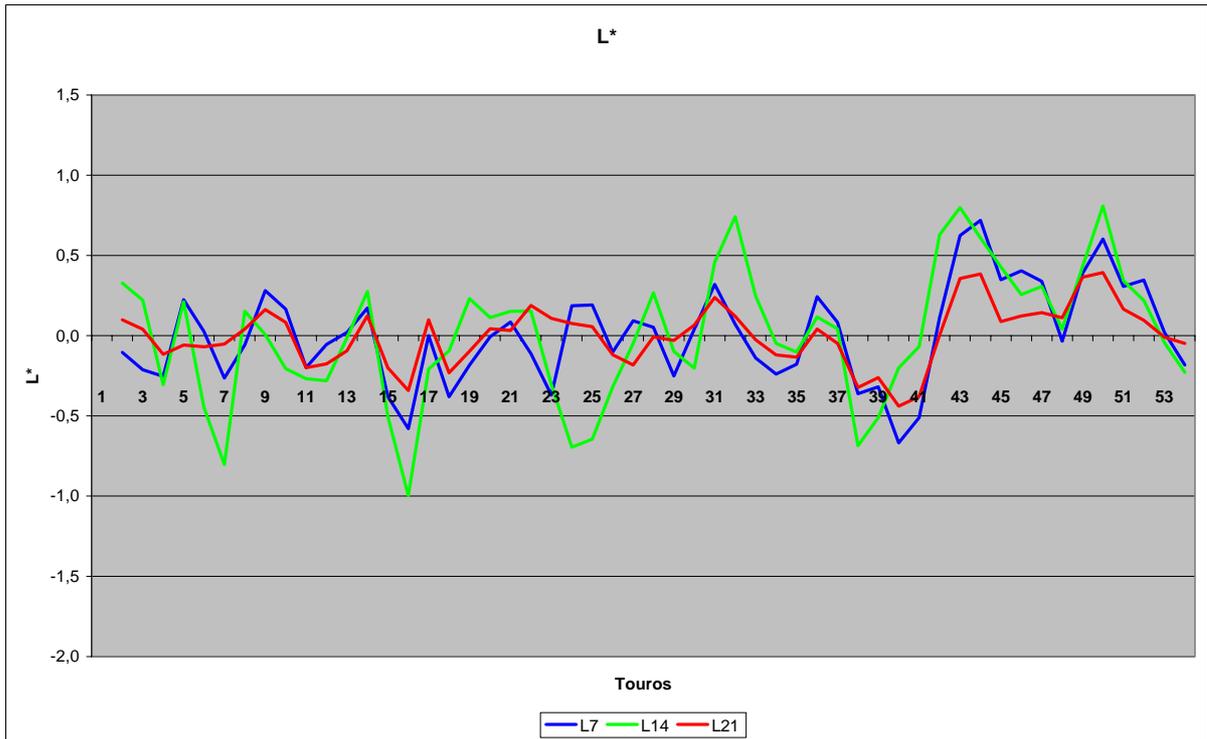


Figura 17 - Representação das tendências dos valores  $L^*$  aos 7, 14 e 21 dias de maturação, em função das médias de quadrados mínimos dos touros avaliados.

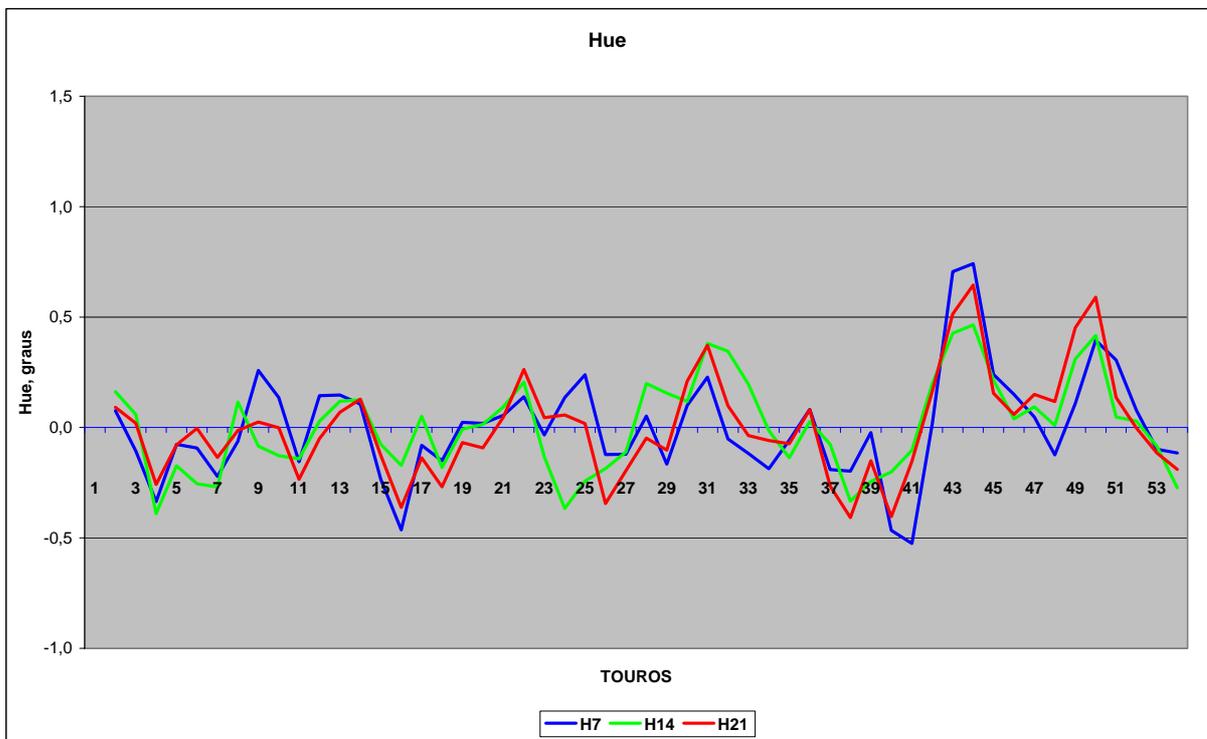


Figura 18 - Representação das tendências dos valores Hue ( $H^*$ ) aos 7, 14 e 21 dias de maturação, em função das médias de quadrados mínimos dos touros avaliados.

Neste estudo não foi encontrada variabilidade entre touros quanto aos valores de C\*. No entanto, a literatura traz uma relação entre valores de C\* e H\*, indicando que a redução nos valores de C\*, juntamente com os aumentos nos valores de H\*, estejam relacionadas com a descoloração da carne (SMULDERS; VAN LAACK, 1989), sugerindo, portanto que ocorra um processo de perda de coloração vermelha cereja característica da carne, com maior prevalência de pigmentos tendendo ao marrom ou vermelho mais claro quando se tem a diminuição de valores de C\* e aumento de H\* tendendo a pigmentos com menor saturação de cor.

O efeito do pH sobre a coloração da carne, como encontrado neste estudo, já havia sido relatado por Abril et al. (2001), Giddings (1977) e Renerre (1986), ao afirmarem que a cor da carne é altamente influenciável pelo conteúdo e natureza da mioglobina e ainda pelo estado físico do músculo, a última sendo diretamente relacionada ao pH final da carne. Além disso, Honikel (1997) e Renerre e Labas (1987) afirmam que a queda de pH muscular além de exercer grande influência sobre a atividade das proteases cálcio-dependentes, ainda parece atuar no processo de oxigenação e oxidação da mioglobina. Além disso, a queda de pH muscular pode atuar na cor superficial da carne tornando-a mais brilhante e úmida, principalmente no que se refere à capacidade de retenção de água no músculo, influenciando assim as escalas de cor relacionadas à luminosidade, como os valores de L\* e H\* (SWATLAND, 1989).

Abril et al. (2001), avaliando carcaças de animais alocadas em três diferentes grupos de pH muscular ( $\text{pH} \leq 6.0$ ;  $6.0 < \text{pH} < 6.5$ ;  $\text{pH} \geq 6.5$ ) confirmaram que o pH foi o fator mais importante para explicar as diferenças de coloração da carne encontrada entre os grupos. Valores menores de L\* foram relacionados por Abril et al. (2001), a pH mais elevado, acompanhado por carnes com coloração mais escuras. Estes

autores também observaram um aumento simultâneo nos valores de L\* e H\*, sendo que os maiores valores de H\* foram encontrados em pH<6,1, indicando que carnes com pH mais baixos tendiam a ser mais claras. O grupo de animais com pH≥6,1 foi o que apresentou menores valores de L\*, C\* e H\*, indicando carnes mais escuras e com menor saturação de cor em pH mais elevado. No entanto, outros autores não atribuíram ao pH o grau de maior importância na estabilidade da cor da carne (HOOD, 1980; LEDWARD, 1970).

De posse dessas informações, conclui-se que existe variabilidade entre touros no que se refere à coloração da carne de suas progênes e que essa variabilidade pode ser devida a fatores genéticos, estreitamente relacionados ao metabolismo do animal. O pH, por sua vez, também atua como fator determinante da coloração da carne por ter grande importância na determinação do estado assumido pela mioglobina e na capacidade de retenção de água do músculo, este último relacionado ao brilho superficial da carne.

#### **5.1.4 Maciez**

Foi encontrada variação entre os valores de maciez aos 14 dias de maturação (P=0,06) entre os touros avaliados (Figura 20). Estatisticamente não foi detectada variabilidade entre touros para esta característica aos 7 e 21 dias de maturação, no entanto, ao se observar a representação gráfica destes valores nas Figuras 19 e 21, poderá se constatar uma diferença representativa entre touros que obtiveram os menores e maiores valores de WBSF. É interessante notar que a diferença entre os níveis de força de cisalhamento, após 7 dias de maturação, do touro que deixou

descendentes com carne mais dura e aquele com carne mais macia foi de cerca de 0,5 kg, um valor bastante expressivo.

Aos 7 dias de maturação a diferença entre o maior e menor valor de WBSF obtido foi de, aproximadamente, 0,49 kg. Essa diferença aos 14 dias de maturação passou a ser de 0,57 kg, aproximadamente, salientando que neste período os touros que apresentaram os maiores e menores valores de WBSF não foram os mesmos indicados para MAC7 (Figuras 19 e 20). No entanto, ao se observar os gráficos de MAC7 e MAC14 notar-se-á que aos 14 dias de maturação houve uma acentuação dos valores de WBSF com mudanças expressivas nos valores dessa característica para alguns touros.

Já para MAC21 observou-se uma diminuição de variabilidade nos valores de WBSF (Figura 21). Surpreendentemente, alguns touros apresentaram maiores valores de WBSF neste período se comparados aos anteriores. Uma justificativa para este acontecimento poderia ser devido a possíveis falhas nas análises laboratoriais da maciez. No entanto, este não deixa de ser um resultado intrigante, visto que as progênes dos touros foram distribuídas aleatoriamente em diferentes lotes de abate, significando que as análises de cada lote ocorreram em dias diferentes, tornando assim mais difícil o efeito de possíveis falhas metodológicas sobre os resultados finais de maciez de cada touro nos três períodos de maturação estudados.

No presente estudo, foram formados lotes de abate a fim de isolar possíveis efeitos destes grupos sobre as variáveis analisadas. Não surpreendentemente, os lotes de abate tiveram efeito sobre todas as variáveis analisadas, exceto sobre as PC14. Estes resultados confirmam aqueles obtidos por Keele et al. (1999) que já haviam descrito a importância de se controlar os lotes e as datas de abate dos

animais ao se analisar as características quantitativas e qualitativas da carne bovina. Adicionalmente, Robinson et al. (2001), salientam a importância de se controlar as condições pré e pós-abate, na intenção de isolar os efeitos adversos ao genótipo do animal, podendo assim obter o real valor genético desta característica e seu provável valor comercial.

A característica TMAC embora não tenha influenciado os valores de maciez, foi um fator controlado neste estudo, visando à detecção de possíveis interferências da temperatura da carne, no momento de retirada das amostras, sobre os valores de força de cisalhamento. Foi detectado efeito de pH sobre a maciez em todos os períodos de maturação, indicando uma forte influência desta variável sobre a maciez da carne. As Figuras 22, 23 e 24 contém a representação gráfica destes valores.

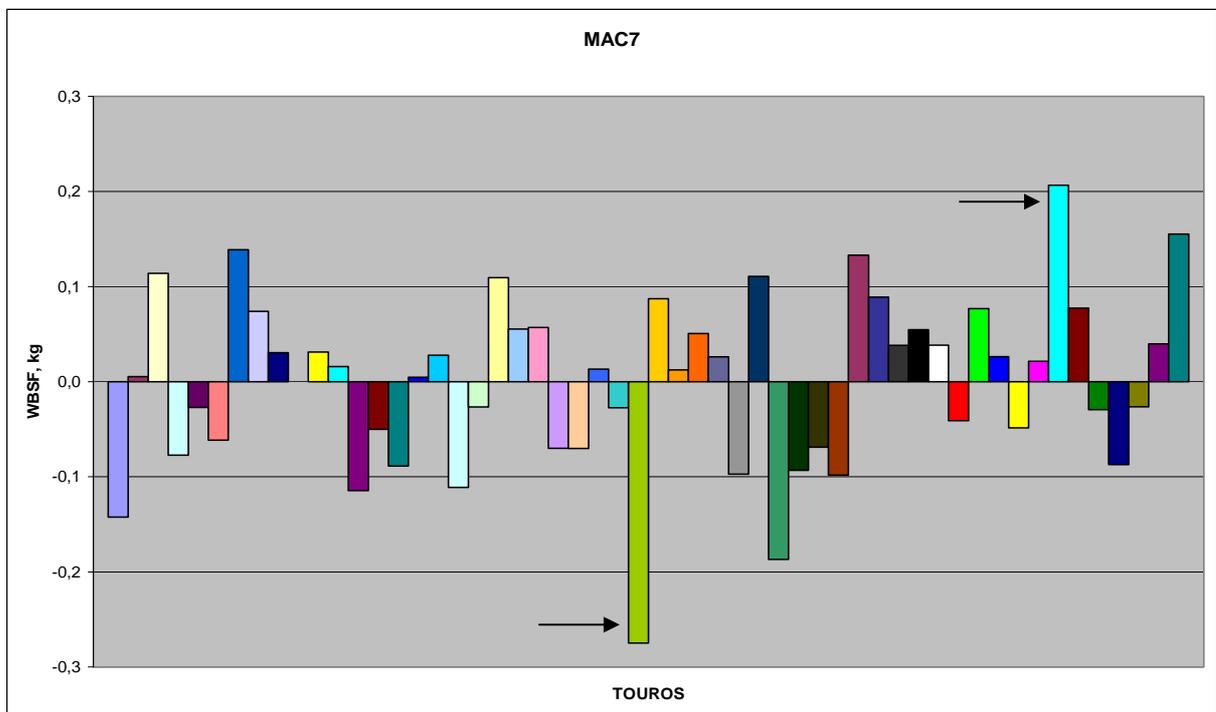


Figura 19 - Representação gráfica dos valores de Warner Bratzler Shear Force (WBSF), aos 7 dias de maturação (MAC7), em função das médias de quadrados mínimos dos touros avaliados. As setas indicam os maiores e menores valores obtidos nesta característica.

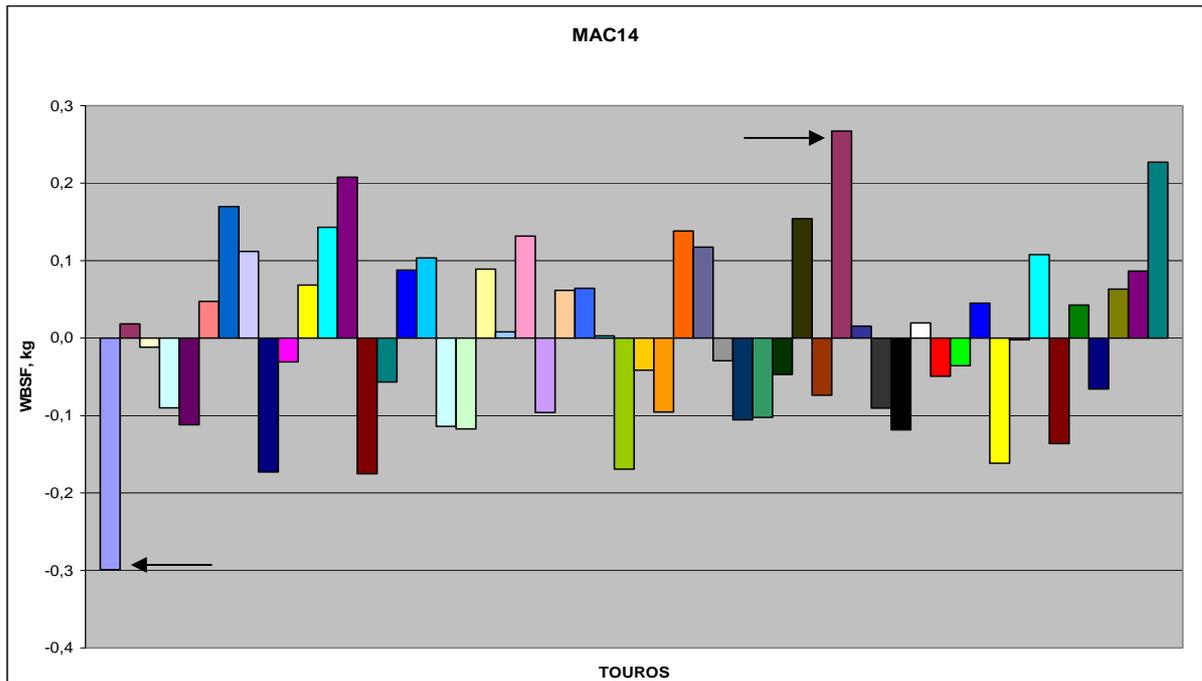


Figura 20 - Representação gráfica dos valores de Warner Bratzler Shear Force (WBSF), aos 14 dias de maturação (MAC14), em função das médias de quadrados mínimos dos touros avaliados. As setas indicam os maiores e menores valores obtidos nesta característica.

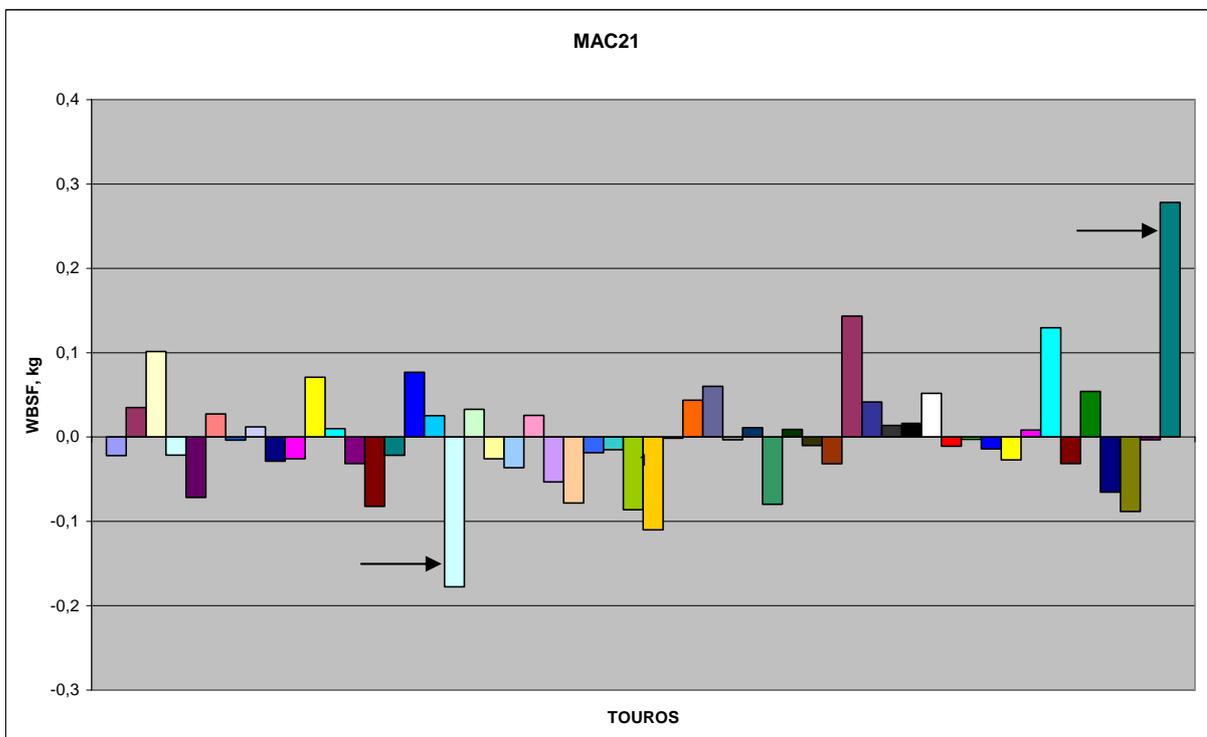


Figura 21 - Representação gráfica dos valores de Warner Bratzler Shear Force (WBSF), aos 21 dias de maturação (MAC21), em função das médias de quadrados mínimos dos touros avaliados. As setas indicam os maiores e menores valores obtidos nesta característica.

As variações qualitativas da carne bovina podem ser expressas pela alteração de várias características ligadas ao sabor, aparência, palatabilidade e microbiologia da carne. As fontes e tipos de variação para maciez estão focados em vários fatores incluindo touro, mercado, terminação, grupo de contemporâneo e lote de abate (KEELE et al., 1999; ROBINSON et al., 2001). Segundo estes autores, nas raças adaptadas aos trópicos, o efeito de touro é a terceira maior fonte de variação sobre a maciez do músculo *Longissimus*, depois de grupo de contemporâneo e raça.

As catepsinas e as calpaínas têm sido relatadas em inúmeras pesquisas como sendo as principais enzimas atuantes na proteólise muscular *post mortem* e também por serem altamente sensitivas ao pH muscular, onde os valores de pH estariam influenciando a maciez final da carne (SHACKELFORD et al., 1991).

Diversas pesquisas descrevem um declínio na maciez quando há um aumento de pH 5,4 para 6,1 (BARNIER et al., 1992; PURCHAS, 1990). No entanto, ao se elevar o pH a valores próximos de 7,0, após o estabelecimento do *rigor mortis*, poderá ser observado um aumento dos valores de maciez (PURCHAS; AUNGSUPAKORN, 1993). Durante o resfriamento normal, carcaças com um valor de pH final em torno de 7,0, têm todo o processo de amaciamento ocorrendo antes das 24 horas, não havendo assim maturação (DRANSFIELD, 1994). O mesmo autor afirma, portanto, que os valores de WBSF para carnes com altos valores de pH final sejam favorecidos pelo aumento da capacidade de retenção de água da carne.

Esta afirmação de Dransfield (1994), pode ajudar a explicar o efeito de pH sobre as perdas por exsudação e ao cozimento nos diferentes períodos de maturação encontradas neste estudo. Foram encontradas carcaças com valores de pH<sub>24</sub> superiores a 6,0 (Tabela 5) em alguns lotes de abate. Assim há grande probabilidade de que tenham ocorrido casos de alguns animais DFD.

Nas Figuras 22, 23 e 24 estão representados a os valores de maciez aos 7, 14 e 21 dias de maturação, respectivamente, em função do pH das carcaças às 24 horas de resfriamento. A observação desta distribuição permite apontar que os menores valores de WBSF foram obtidos tanto nas carcaças dos animais com pH finais altos (acima de 6,5) quanto em pH mais baixo (em torno de 5,4). Esta indicação confirma as proposições de Purchas e Aungsupakorn (1993) ao descreverem a ocorrência de carnes mais macias tanto em pH baixos quanto naqueles próximos ou superiores a 7,0.

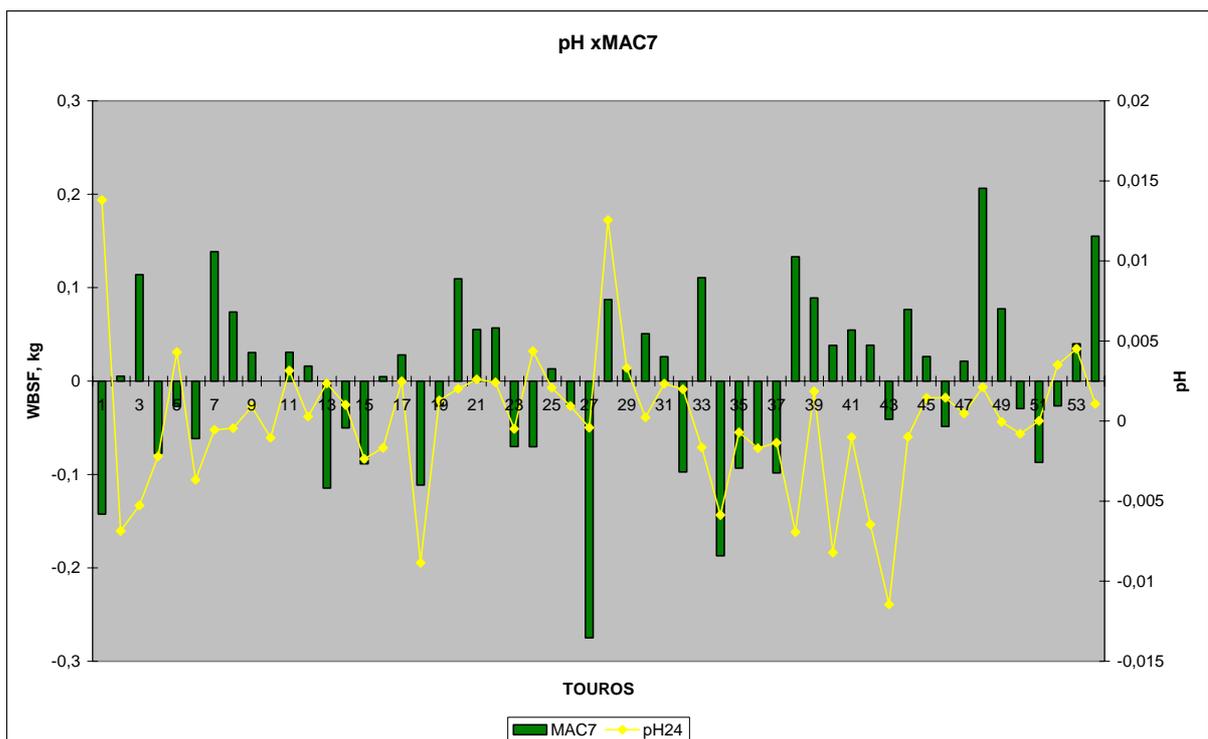


Figura 22 - Representação gráfica dos valores de Warner Bratzler Shear Force (WBSF), aos 7 dias de maturação (MAC7), e dos valores de pH às 24 horas de resfriamento, em função das médias de quadrados mínimos dos touros avaliados.

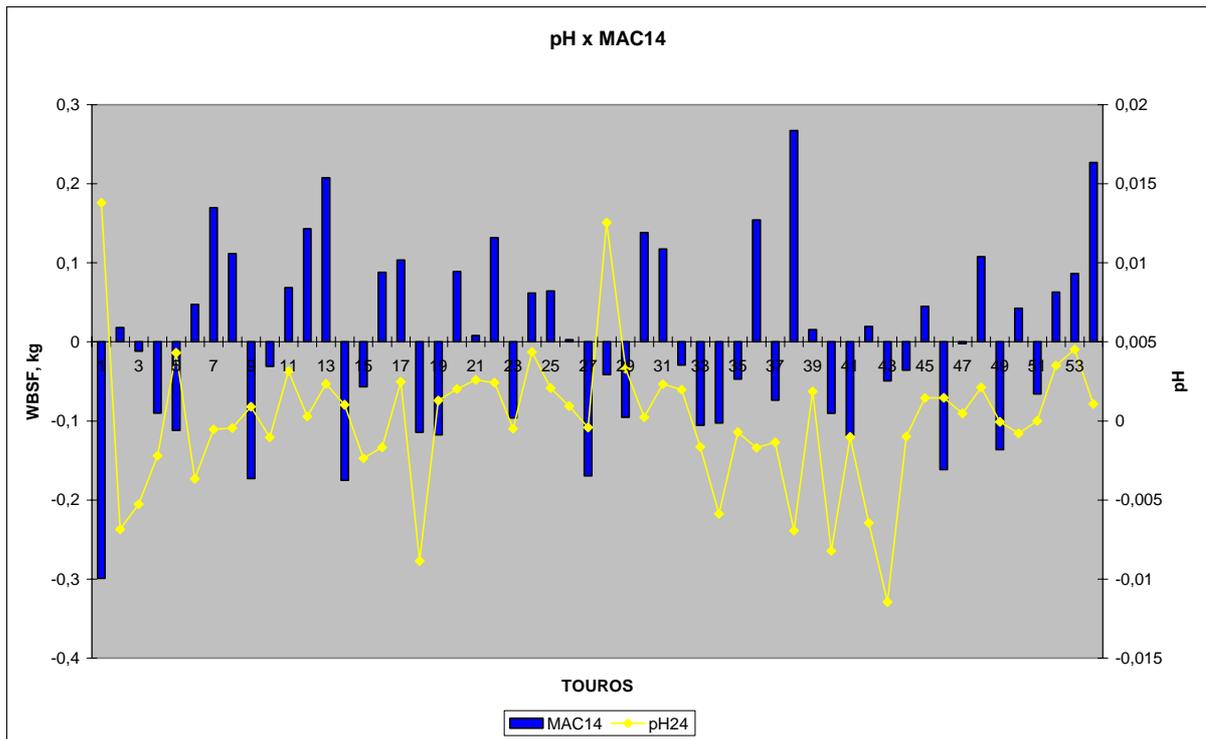


Figura 23 - Representação gráfica dos valores de Warner Bratzler Shear Force (WBSF), aos 14 dias de maturação (MAC14), e dos valores de pH às 24 horas de resfriamento, em função das médias de quadrados mínimos dos touros avaliados.

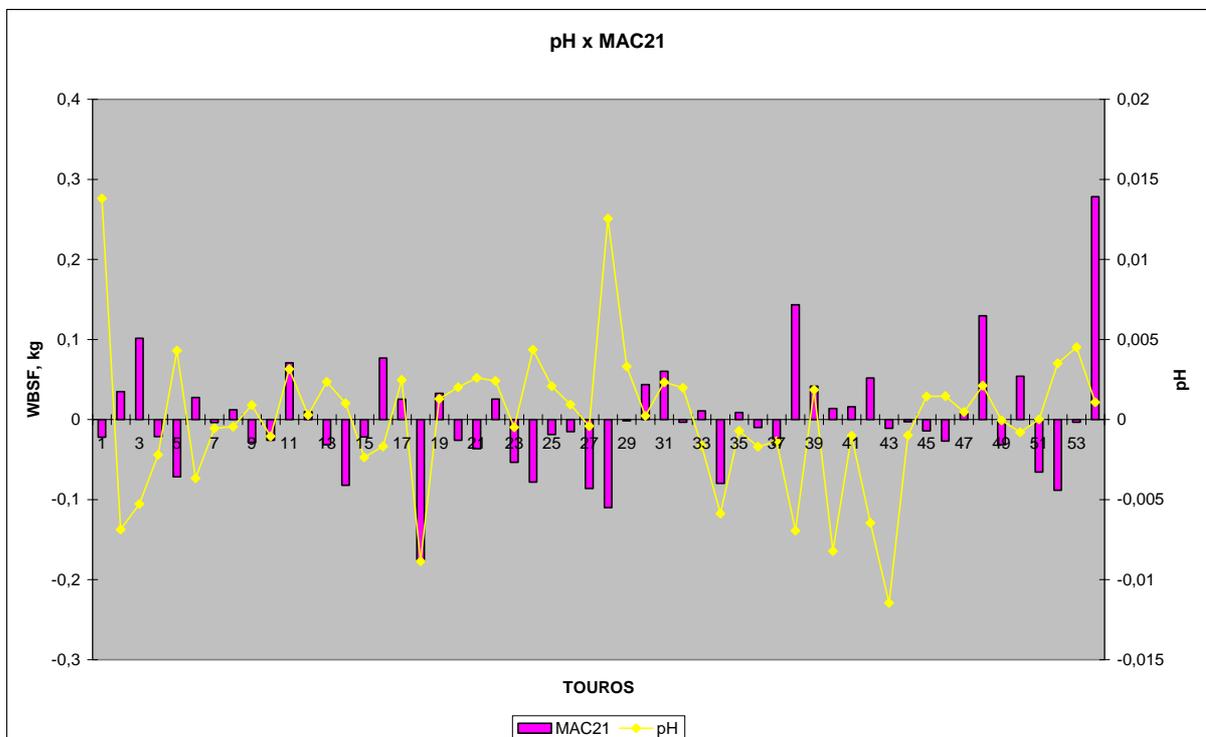


Figura 24 - Representação gráfica dos valores de Warner Bratzler Shear Force (WBSF), aos 21 dias de maturação (MAC21), e dos valores de pH às 24 horas de resfriamento, em função das médias de quadrados mínimos dos touros avaliados.

Além dos efeitos de pH sobre a maciez, outra maneira para se explicar os resultados de maciez obtidos neste estudo é pelo entendimento da atividade das enzimas proteolíticas, responsáveis pelo amaciamento da carne no decorrer dos períodos de maturação. Morris et al. (2006), descrevem uma influência dos períodos de maturação sobre a detecção de efeitos genéticos sobre a qualidade da carne, onde as maiores variações nos valores de WBSF parecem ser encontradas nos períodos intermediários de maturação.

Dransfield (1994), descreve que o processo de amaciamento da carne se inicia quando a  $\mu$ -calpaína é ativada em torno de 6 horas após o abate, sendo complementado pela ativação da m-calpaína às 16 horas após a morte do animal. Uma vez ativadas, ambas as enzimas são estáveis e tornam-se progressivamente menos ativas ou exauridas durante a estocagem ou ainda destruídas pelo processo de cozimento. Cerca de 50% do amaciamento da carne ocorre antes das 24 horas após a morte do animal, podendo atingir 90% ou mais do seu total em torno dos 7 a 10 dias de estocagem *post mortem* (DRANSFIELD, 1994; GOLL et al., 1992). Com isso, as evidências disponíveis indicam que somente a pequena proteólise ocorrida nas condições musculares das primeiras 24 a 48 horas *post mortem* já sejam suficientes para causar mudanças na maciez (DRANSFIELD; WAKEFIELD; PARKMAN, 1992; GOLL; HENDERSON; KLINE, 1964; WHEELER e KOOHMARAIE, 1994).

A atividade da calpastatina e da  $\mu$ -calpaína, no entanto, decaem rapidamente durante a estocagem *post mortem*. Dependendo das condições, apenas 20 a 60% da atividade da  $\mu$ -calpaína e 20 a 70% da calpastatina extraídas no momento da morte do animal, permanecem após 24 horas. Já a atividade da m-calpaína, parece sofrer uma leve oscilação durante a estocagem *post mortem*, indicando ter sua ação

principal após os primeiros 7 dias da morte do animal. Aproximadamente 83% da atividade da m-calpaína encontrada logo após a morte do animal se mantém ao primeiro dia *post mortem* e aos 7 dias, cerca de 63% da atividade desta enzima ainda é mantida (BOEHM et al., 1998). Alguns autores sugerem, no entanto, que valores superiores a 80% da atividade desta enzima medida no momento da morte do animal, ainda possa permanecer por períodos superiores a 14 dias de estocagem (DUCASTING et al., 1985 ; KOOHMARAIE et al., 1987, 1995a; VIDALENC et al., 1983). A m-calpaína, portanto, parece permanecer relativamente constante durante a estocagem *post mortem* (BOEHM et al., 1998), pois as concentrações intracelulares de  $Ca^{2+}$  livres no músculo, após a morte do animal, são muito baixas para promover sua autólise (WHIPPLE; KOOHMARAIE, 1991).

As raças, no entanto, parecem afetar a atividade das enzimas proteolíticas atuantes no processo de amaciamento muscular. Whipple et al. (1989) avaliaram diferenças de maciez entre *Bos taurus* e *Bos indicus*, constatando que no primeiro dia *post mortem* a atividade da calpastatina nos cruzamento de animais *Bos taurus* havia perdido 65% de sua atividade, enquanto que nos cruzamentos com animais *Bos indicus* houve uma perda menor no mesmo período (40 a 44%) da atividade desta enzima, sugerindo assim uma maior atividade da calpastatina em animais com maior percentagem genética de *Bos indicus* nos primeiro dia *post mortem*. Johnson et al. (1989) também constataram uma maior atividade de calpastatina em animais  $\frac{3}{4}$  Brahman que em animais Angus ou  $\frac{1}{2}$  Brahman, no entanto, não detectaram diferenças nas quantidades de  $\mu$  e m-calpaínas entre os grupos de raça, sugerindo, neste caso, que a variação de maciez entre raças deve-se à atividade da calpastatina e não às diferenças nas quantidades de enzimas cálcio dependentes encontradas em cada raça.

Riley et al. (2003a), comparando filhos de touros da raça Brahman encontraram diferenças entre touros quanto à atividade da  $\mu$ -calpaína, sugerindo assim um controle genético deste fator. Neste sentido, Whipple et al. (1990b), mencionam a calpastatina como um importante preditor da maciez do músculo *Longissimus*, quando se pretende comparar raças ou variação entre raças e gêneros. No entanto, Oddy et al. (2001) e Smith et al. (2003) defendem a hipótese de que não apenas as calpaínas e a calpastatina sejam suficientes para detectar variações genéticas de maciez entre animais de uma mesma raça, pois acreditam que outros componentes musculares como comprimento de sarcômero e tecido conectivo sejam importantes na determinação desta característica, sugerindo assim que o controle genético destes fatores também sejam inclusos em programas de melhoramento genético para maciez.

Burrow et al. (2001), Riley et al. (2002) e Sainz, Magnabosco e Manicardi (2005) também relatam a existência de diferenças de atributos de qualidade de carne inter e intra-raças de animais *Bos indicus*, evidenciando assim que trabalhos de seleção genética poderão ser conduzidos desde a escolha das raças que melhor se adaptem ao sistema de produção e ao suprimento de carnes com padrão comercialmente desejável, bem como a partir da seleção de animais geneticamente superiores dentro da raça para produção de carne economicamente viável e qualitativamente desejável.

Comparando os dados da literatura aos resultados obtidos neste estudo, pode-se afirmar que ao se tentar detectar o efeito de touro sobre a maciez da carne aos 7, 14 e 21 dias de maturação analisava-se diferentes faixas ou estádios de atividade das calpaínas. Assim, o efeito de touro para MAC7 não ter sido estatisticamente significativo pode ser atribuído ao fato de que, provavelmente, os

animais apresentem um perfil de menor atividade da  $\mu$ -calpaína ou ainda maior atividade da calpastatina (mais provavelmente) durante os primeiros 7 dias de maturação. Já o efeito de touro detectado sobre a maciez aos 14 dias de maturação pode ser devido aos deferentes perfis de ativação e atividade da m-calpaína nos animais avaliados. Apesar das diferenças não terem sido estatisticamente significativas, existem diferenças importantes entre touros, o que sugere existir influência genética, bem como estudos mais detalhados e com maior número de observações, em animais da raça Nelore. Considerando-se que um a cada três kilogramas de carne comercializada internacionalmente é de carne brasileira e que cerca de  $\frac{3}{4}$  do rebanho brasileiro é de animais anelorados, qualquer melhoria na maciez da carne poderá ter grande impacto na obtenção de melhores preços para a carne brasileira.

As informações sobre as atividades enzimáticas da  $\mu$ , m-calpaína e calpastatina durante a estocagem das carnes, indicam que após 24-48 horas da morte do animal, pouca ou nenhuma atividade da  $\mu$ -calpaína e calpastatina pode ser encontrada e que após 14 dias de maturação também haja um decréscimo significativo das atividades da m-calpaína. Desta maneira, pode-se justificar o não efeito de touro sobre a MAC21, entendendo que o processo de proteólise muscular após os 14 dias de maturação tenha sido insuficiente para ocasionar mudanças expressivas de maciez que pudessem oferecer indicações consistentes de variabilidade qualitativa da carne no 21º dia de maturação. Experiência semelhante foi obtida por Stolowski et al. (2006) que não obtiveram aumento efetivo dos valores de WBSF mensurado após os 14 dias de maturação para animais com larga influência genética de *Bos indicus*.

Porém, não foram analisadas neste projeto as atividades das proteases cálcio dependentes, ficando assim somente suposições a respeito de suas atuações no processo de amaciamento muscular e sobre a variabilidade da atividade proteolítica em animais da raça Nelore, sugerindo futuros estudos sobre este assunto.

## 5.2 Genearcas

A composição dos genótipos dos animais cujas amostras de carne foram utilizadas neste estudo bem como o número de filhos e os parentescos de cada genearca estão apresentados na Tabela 7.

Tabela 7 - Número de descendentes e parentesco mínimo (Mín) e máximo (Máx) de cada genearca para a composição dos genótipos dos animais cujas amostras de carne foram utilizadas.

Genearca	N° descendentes	Coeficiente de Parentesco	
		Mín	Máx
Akasamu (AKAS)	206	0,0010	0,0508
Bazuá (BAZU)	339	0,0001	0,0410
Cacique (CACI)	40	0,0020	0,0195
Checurupadu (CHEC)	491	0,0010	0,1646
Ghodavari (GHOD)	193	0,0005	0,0234
Golias (GOLI)	450	0,0010	0,0938
Karvadi (KARV)	491	0,0020	0,0859
Nagpur (NAGP)	86	0,0020	0,1366
Padhu (PADH)	230	0,0010	0,0313
Rastã (RAST)	62	0,0586	0,0156
Tajmahal (TAJM)	224	0,0001	0,0161
Kurupathy (KURU)	193	0,0007	0,0234
Bima (BIMA)	03	0,0039	0,002

As estatísticas descritivas das variáveis analisadas estão apresentadas na Tabela 8.

Tabela 8 - Estatísticas descritivas das diferenças esperadas na progênie (DEP) das características peso de carcaça quente (PCQ), área de olho de lombo (AOL), espessura de gordura subcutânea (EGS), marmoreio (MAR) e maciez (MAC) aos 7, 14 e 21 dias de maturação.

<b>Característica</b>	<b>n</b>	<b>Média</b>	<b>Mín</b>	<b>Máx</b>	<b>DP</b>	<b>CV, %</b>
PCQ, kg	3982	0,23	-6,13	20,51	1,65	707,39
AOL, cm <sup>2</sup>	3982	0,10	-2,67	4,07	0,63	603,89
EGS, mm	3982	0,02	-0,49	0,77	0,10	570,80
MAR, un	3982	0,58	-11,31	29,73	2,95	507,08
MAC7, kg	3982	-0,02	-0,59	0,77	0,10	409,58
MAC14, kg	3982	-0,02	-0,49	0,52	0,09	388,19
MAC21, kg	3982	-0,01	-0,32	0,34	0,06	589,76

n = número de observações; Mín = valor mínimo encontrado em cada característica; Máx = valor máximo encontrado em cada característica; DP = desvio padrão; CV = coeficiente de variação.

Os valores das Diferenças Esperadas nas Progênies (DEP) para características de carcaça e qualidade de carne dos touros avaliados, seguidas de suas respectivas acurácias, estão descritos na Tabela 10.

Baseados nestes valores pode-se observar que alguns genearcas apresentam valores positivos de DEP's para características de carcaça como PCQ, AOL, EGS e MAR e também valores negativos de para MAC nos três períodos de maturação, sendo esta uma tendência desejada nesta característica, uma vez que valores negativos de DEP para medidas de WBSF indicam a capacidade de alguns touros em gerar progênies com carnes mais macias.

Os valores de DEP para as características de carcaça apresentam-se em conformidade com aqueles descritos na literatura, sendo comumente considerados como valores baixos quando comparados às DEP's para características de crescimento (CREWS, 2002).

As acurácias dos valores de DEP das características analisadas neste estudo foram consideradas baixas. Estes valores já eram esperados, pois o número de animais dos quais foram coletados amostras de carne representaram apenas uma pequena parcela do total de animais (3982) utilizados em nosso estudo para estimação dos valores de DEP.

A Tabela 9 contém a descrição dos valores médios, mínimos e máximos de DEP obtidos em cada característica. Abaixo dos valores mínimos e máximos esta descrita a identificação do genearca correspondente a esses valores.

Tabela 9 - Identificação dos genearcas e valores médios, mínimos e máximos das diferenças esperadas na progênie (DEP) obtidos para características de carcaça e carne em animais da raça Nelore.

Característica	DEP		
	Média	Mínimo	Máximo
<b>PCQ, kg</b>	0,2835	-0,4731 AKASAMU	1,1953 GOLIAS
<b>AOL, cm<sup>2</sup></b>	0,1088	-0,5794 AKASAMU	0,8787 GOLIAS
<b>EGS, mm</b>	-0,0185	-0,0676 BAZUÁ	0,0493 AKASAMU
<b>MAR, um</b>	-0,2295	-3,2591 AKASAMU	3,4714 GOLIAS
<b>MAC7, kg</b>	-0,021	-0,088 GOLIAS	0,0020 TAJMAHAL CHECURUPADU
<b>MAC14, kg</b>	-0,0272	-0,1231 GOLIAS	0,0185 TAJMAHAL
<b>MAC21, kg</b>	-0,0153	-0,0799 KARVADI	0,0096 AKASAMU

Tabela 10 - Valores das diferenças esperadas nas progênies (DEP) e suas respectivas acurácias (Ac), em %, para as características peso de carcaça quente (PCQ), área de olho de lombo (AOL), espessura de gordura subcutânea (EGS), marmoreio (MAR) e maciez (MAC) aos 7, 14 e 21 dias de maturação, avaliadas em descendentes dos treze principais touros fundadores da raça Nelore no Brasil.

<b>GENEARCAS</b>	<b>PCQ (kg)</b>	<b>Ac</b>	<b>AOL (cm<sup>2</sup>)</b>	<b>Ac</b>	<b>EGS (mm)</b>	<b>Ac</b>	<b>MAR (un)</b>	<b>Ac</b>	<b>MAC7 (kg)</b>	<b>Ac</b>	<b>MAC14 (kg)</b>	<b>Ac</b>	<b>MAC21 (kg)</b>	<b>Ac</b>
AKASAMU	-0,4731	3,0375	-0,5794	2,2588	0,0493	1,7292	-3,2591	2,495	-0,002	2,262	-0,0617	1,7854	0,0096	1,1153
BAZUA	0,7678	1,4587	-0,026	1,0163	-0,0676	0	-1,5702	1,1518	-0,022	0,782	-0,0338	0,2744	-0,0249	1,1153
BIMA	-0,0357	0,0115	-0,0106	0	-0,0007	0	0,0322	0,0109	0,001	0	-0,0005	0,2744	0,0002	0
CACIQUE	-0,3854	0,2747	-0,026	0,188	-0,0498	0	-0,2854	0,2133	-0,024	0,782	0,0014	0,2744	-0,0129	0
CHECURUPADHU	0,2942	0,0554	-0,0049	0	-0,0123	0	-0,251	0,0293	0,002	0	-0,0033	0,2744	-0,0035	0
GODHAVARI	0,7304	0,5816	0,233	0,3951	-0,0225	0	-0,579	0,4525	-0,024	0,782	-0,0167	0,2744	-0,0082	1,1153
GOLIAS	1,1953	3,0814	0,8787	2,4659	0,0072	1,7292	3,4714	2,7342	-0,088	2,262	-0,1231	3,2964	-0,0623	3,0542
KARVADI	0,9567	3,1691	0,4381	2,2588	-0,0489	1,7292	0,2359	2,5318	-0,048	2,262	-0,0966	1,7854	-0,0799	1,1153
KURUPATHI	0,3852	0,4939	0,1435	0,3951	-0,0205	0	-0,714	0,3789	-0,013	0,782	-0,0109	0,2744	-0,008	1,1153
NAGPUR	-0,0264	0,3624	0,1605	0,188	-0,0425	0	-0,0942	0,3053	-0,027	0,782	0,0036	0,2744	0,0063	1,1153
PADHU	-0,0502	0,5816	-0,0815	0,3951	0,0066	0	0,6121	0,4525	-0,031	0,782	-0,0068	0,2744	-0,0092	1,1153
TAJ MAHAL	0,0956	0,3185	0,1006	0,188	-0,039	0	-0,7406	0,2501	0,002	0,782	0,0185	0,2744	0,0057	1,1153
RASTÃ	0,2308	-0,034	0,188	-0,031	0	-0,001	0,1581	-0,118	0,001	0,782	-0,0236	0,2744	-0,0113	0

### 5.2.1 Peso de Carça Quente

Observando-se os valores de DEP para PCQ apresentados na Tabela 10 pode-se notar que a diferença entre o maior e menor valor de DEP entre os genearcas analisados gera uma diferença de aproximadamente 1,7 kg entre as progênies do genearca Golias (1,1953 kg) e Akasamu (-0,4731 kg), representantes do maior e menor valor, respectivamente, sendo que o valor médio obtido nesta característica foi de 0,2835 kg. Utilizando estes valores, consegue-se prever que o genearca Golias, detentor do maior valor de DEP para PCQ, foi capaz de produzir progênies 5,8% mais pesadas que a média dos genearcas estudados.

A Figura 25 representa a variação dos valores de DEP para PCQ dos 13 genearcas analisados.

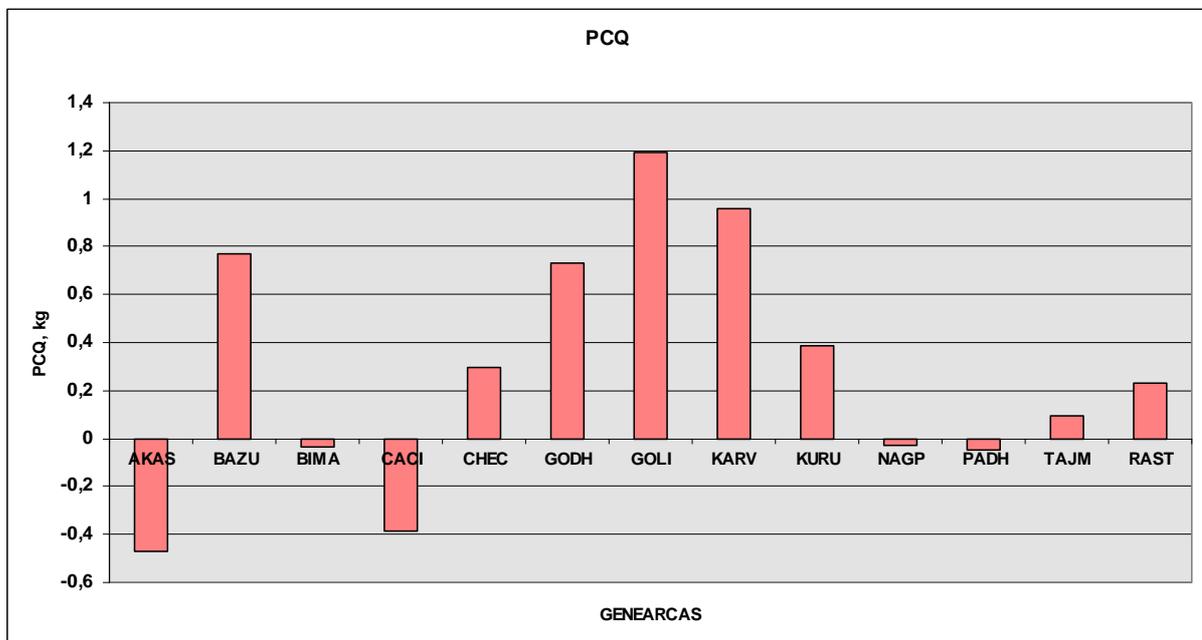


Figura 25 - Representação gráfica dos valores das Diferenças Esperadas na Progênie (DEP) para a característica Peso de Carça Quente (PCQ) estimadas para treze dos touros fundadores\* da raça Nelore.

(\*) Akasamu (AKAS), Bazuá (BAZU), Cacique (CACI), Checurupadhu (CHEC), Godhavari (GODH), Karvadi (KARV), Kurupathy (KURU), Nagpur (NAGP), Padhu (PADH), Tajmahal (TAJM), Rastã (RAST).

Trabalhos realizados anteriormente relatam valores de DEP muito próximos aos encontrados neste estudo. Crews (2002) ao avaliarem 15 touros da raça Charolês encontraram valores médios de 0,67 kg para esta característica. Posteriormente, o mesmo autor e seus colaboradores avaliando 84 touros da raça Simmental encontraram valores médios de DEP para PCQ iguais 0,61 kg (CREWS; POLLAK; QUAAS, 2004).

Valores levemente superiores foram encontrados por Smith et al. (2007), avaliando 467 animais com idades entre 12 e 24 meses, filhos de 68 touros da raça Brahman, onde o valor médio de DEP para PCQ foi de 1,18 kg. No entanto, neste estudo os autores encontraram animais com DEP's variando entre -19,40 e 17,61 kg, evidenciando assim a grande variabilidade existente na raça Brahman quanto ao potencial genético dos reprodutores no melhoramento de carcaças.

Comparativamente, Elzo et al. (1998), realizaram um estudo envolvendo as raças Angus, Brahman e Brangus. Como resultados, foram encontrados valores médios de DEP para PCQ da ordem de -0,4; 0,7 e 9,3 kg, respectivamente, para os touros das raças avaliadas. Especificamente nos animais da raça Brahman foram encontradas variações da ordem de -11,2 a 14,4 kg para as DEP's de PCQ.

Ao procurar estabelecer uma comparação entre os valores obtidos neste estudo e a amplitude das variações encontradas na literatura para as DEP's de PCQ, poder-se-a observar que os valores relatados nas bibliografias científicas são superiores aos estimadas neste trabalho. No entanto, a comparação com dados referentes a animais da raça Brahman (*Bos indicus*) seria a mais adequada, uma vez que o banco de dados utilizado neste estudo foi composto, em sua totalidade, por animais da raça Nelore (*Bos indicus*). De outra maneira, os valores de DEP para esta característica, encontrados neste trabalho, situaram-se mais próximos aos

valores médios obtidos por outros autores que tiveram como base a utilização de animais *Bos taurus* (CREWS, 2002; CREWS; POLLAK; QUAAS, 2004).

### **5.2.3 Área de Olho de Lombo**

Os valores de DEP para AOL revelam uma variabilidade entre os genearcas avaliados. Neste estudo, valores extremos de DEP para esta característica foram encontrados, como descritos na Tabela 10. Semelhantemente ao encontrado para os valores de DEP para PCQ, os genearcas Golias e Akasamu representam os maiores e menores valores de DEP para esta característica, respectivamente (Figura 26).

Ao analisar a representação gráfica do comportamento das DEP's para AOL representadas na Figura 26, foi possível detectar sete touros que contribuem positivamente para o aumento da área de olho de lombo de suas progênes. Por outro lado, quatro deles como os touros Bazuá, Bima, Cacique e Checurupadhu, apresentaram uma sutil tendência de redução da área de olho de lombo de suas progênes. Embora menor que o genearca Akasamu ( $-0,5794 \text{ cm}^2$ ), Padhu também teve DEP negativa para AOL ( $-0,0815 \text{ cm}^2$ ).

Ambos os grupos de touros que apresentaram DEP's positivas, medianas ou negativas para a característica AOL, têm sua importância em um programa de melhoramento genético voltado às características de carcaça. Como amplamente explorado na literatura, a AOL tem relação direta com a musculosidade e rendimento de cortes das carcaças. Assim, ao incluir esta característica em um programa de melhoramento, haverá influência direta desta característica no tamanho e

rendimento dos cortes da carcaça. Para alguns mercados, como o europeu, por exemplo, a padronização e a dimensão de alguns cortes como o contra-filé, podem determinar o nicho de mercado e o valor pago pelo produto. Neste caso, touros com DEP's positivas ou negativas para AOL são necessários à medida que se pretende melhorar, em direções opostas, a qualidade e rendimento de carcaça e cortes do rebanho.

Van Vleck et al. (2007), utilizando as DEP's para características de carcaça, estimadas pela US Meat Animal Research Center, a partir de onze diferentes raças, obtiveram valores médios de DEP's para AOL em cada raça avaliada. Neste estudo, os autores encontraram uma variação entre -1,0078 a 1,8182 cm<sup>2</sup> para touros das raças Angus e Brangus, respectivamente, gerando uma diferença de 2,826 cm<sup>2</sup> entre o maior e menor valor. Outros valores de DEP foram apresentados no mesmo trabalho, porém estimados pelas associações de raças. Neste caso, o maior valor de DEP foi sustentado pela raça Brangus (1,81 cm<sup>2</sup>) em relação ao menor valor descrito (-0,26 cm<sup>2</sup>) representado pelos touros da raça Shorthorn.

Dados referentes a animais da raça Brahman foram utilizados por Smith et al. (2007), para cálculo da DEP para AOL, obtendo o valor médio de 0,19 cm<sup>2</sup> para esta raça. A variação encontrada pelos autores neste estudo foi da ordem de -3,30 a 6,87 cm<sup>2</sup> para touros com menor e maior DEP para AOL, respectivamente. Crews (2002), encontraram uma relação positiva entre a DEP para AOL e a área de olho de lombo mensurada na carcaça, sendo que a cada 1 cm<sup>2</sup> de aumento da DEP para AOL estava associada a um aumento de 1,23 cm<sup>2</sup> na área do músculo *Longissimus* na altura da 12<sup>a</sup> costela, acrescentando assim que alguns valores de DEP estimados possam ter ainda maiores efeitos sobre o fenótipo do animal.

O valor médio encontrado para os touros Nelore avaliados neste estudo foi de  $0,1088 \text{ cm}^2$ , com valores variando entre  $-0,5794$  e  $0,8787 \text{ cm}^2$ . A diferença em área de olho de lombo entre o genearca com maior DEP (Golias,  $\text{DEP}=+0,8787 \text{ cm}^2$ ) e o com menor DEP (Akasamu,  $\text{DEP}= -0,5794 \text{ cm}^2$ ) resultou em diferenças de cerca de  $1,46 \text{ cm}^2$ , o que é bastante expressivo, visto a correlação desta medida com o rendimento de cortes da carcaça. Isto indica que o fundador Golias, com maior valor de DEP para AOL, está cerca de 13,4% acima dos valores médios de AOL encontrados neste estudo.

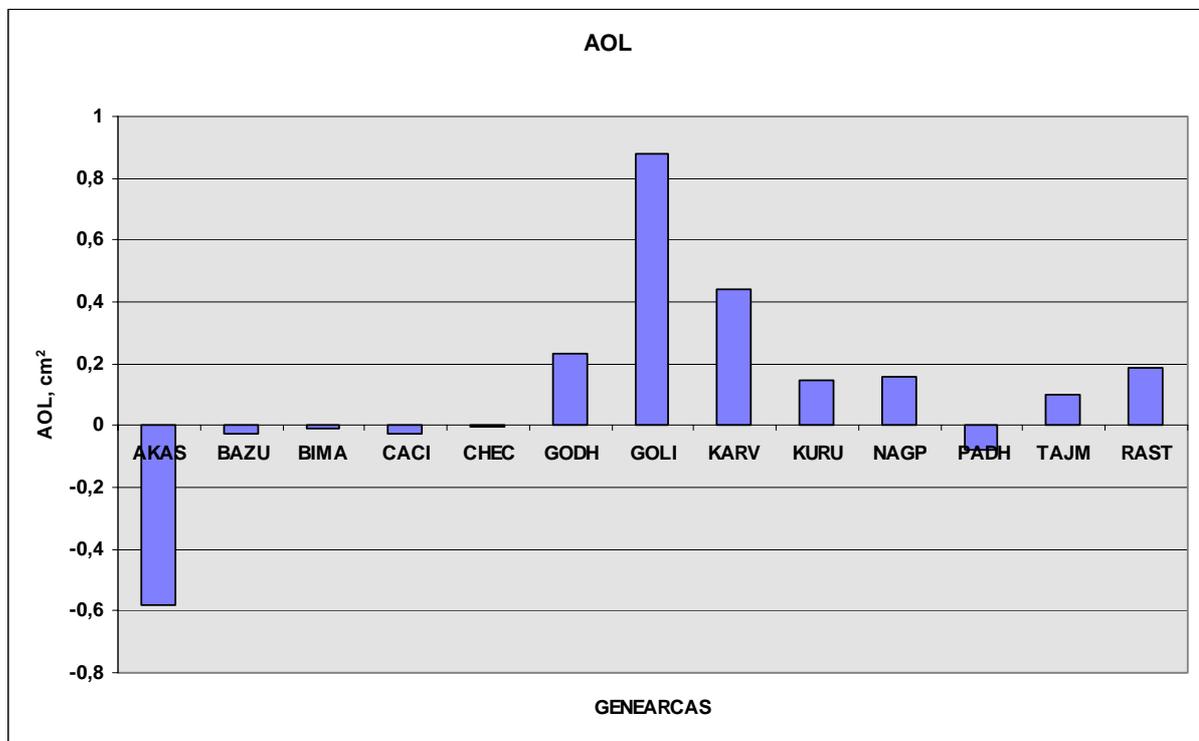


Figura 26 - Representação gráfica dos valores das Diferenças Esperadas na Progênie (DEP) para a característica Área de Olho de Lombo (AOL) estimadas para treze dos touros fundadores \* da raça Nelore.

A amplitude dos valores de DEP encontrados neste trabalho comparadas às encontradas por Smith et al. (2007), pode-se revelar que os valores médios encontrados estejam próximos, sugerindo que ambas as raças pertencentes ao grupo de animais *Bos indicus* sejam capazes de acrescentar, em média,  $0,10 \text{ cm}^2$  na

(\*) Akasamu (AKAS), Bazuá (BAZU), Caciue (CACI), Checurupadhu (CHEC), Godhavari (GODH), Karvadi (KARV), Kurupathy (KURU), Nagpur (NAGP), Padhu (PADH), Tajmahal (TAJM), Rastã (RAST).

área de olho de lombo a cada geração, existindo, no entanto, uma variabilidade dentro das raças capaz de distinguir touros com diferentes potenciais para produzir alterações nos valores de área de olho de lombo de suas progênes. No entanto, ao efetuar comparações entre animais de diferentes raças, mesmo que pertencentes ao mesmo grupo de animais *Bos indicus*, deve-se ponderar essas comparações uma vez que se tratam de animais pertencentes a diferentes rebanhos, com amplitudes de DEP para esta característica bastante diferentes e ainda criados em condições adversas ao comumente ocorrido com animais Nelore no Brasil e também às condições a que foram submetidos os animais utilizados neste estudo.

#### **5.2.4 Espessura de Gordura Subcutânea**

Apenas três dos touros avaliados, Akasamu, Golias e Padhu apresentaram DEP's positivas para EGS, sendo Akasamu o que obteve o maior valor (0,0493 mm) para esta característica (Figura 27). Estabelecendo uma comparação entre este valor e a média dos genearcas (-0,0185 mm), será evidenciado que o genearca Akasamu foi 6,31% superior quanto seu potencial genético para deposição de gordura subcutânea comparado aos demais fundadores avaliados. Os valores de DEP para espessura de gordura subcutânea obtidos neste estudo se comparados aos outros trabalhos da literatura revelaram um lento progresso genético conseguido pela seleção de animais para EGS. Neste estudo, a maioria dos valores de DEP para EGS foram negativos (Figura 27).

Consultando os dados da literatura referentes aos valores de DEP para EGS será encontrada uma certa constância nos valores publicados. Elzo et al. (1998)

encontraram valores de DEP para EGS próximos a zero para as raças Angus (0,0174 mm), Brahman (0,0006 cm) e Brangus (0,0828 mm). Ainda com gado zebuino (Brahman), Smith et al. (2007) encontraram um valor ainda menor de DEP para esta característica (-0,01 mm).

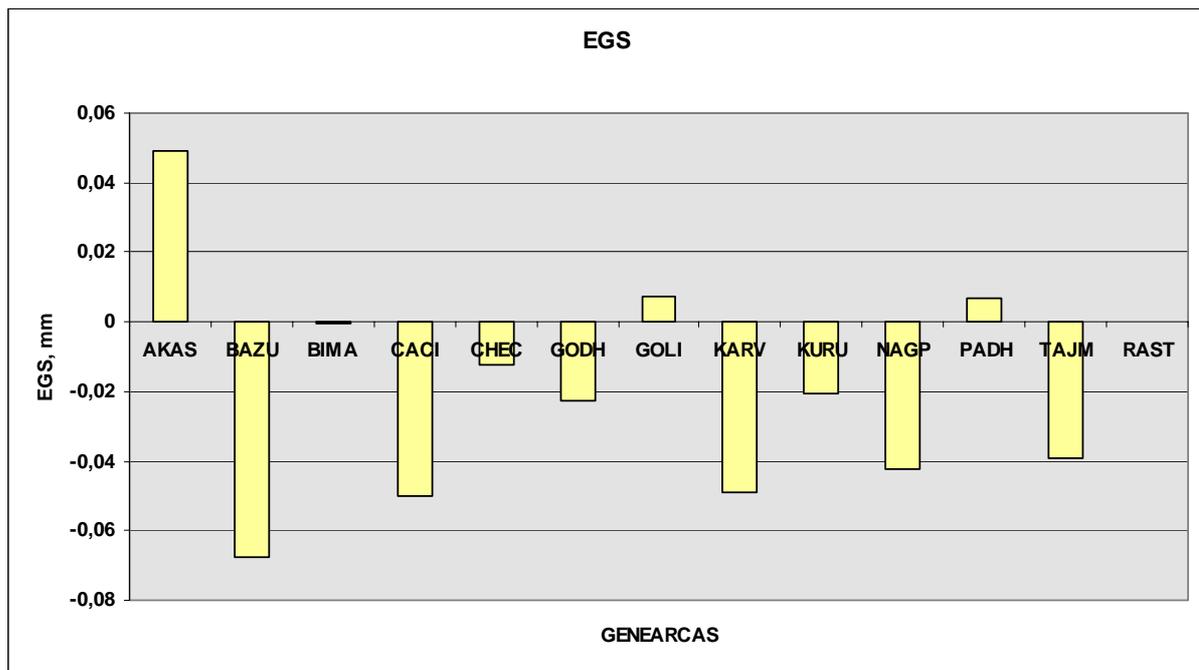


Figura 27 - Representação gráfica dos valores das Diferenças Esperadas na Progenie (DEP) para a característica Espessura de Gordura Subcutânea (EGS) estimadas para treze dos touros fundadores\* da raça Nelore.

Crews (2002), estimando DEP para EGS em gado da raça Charolês encontrou valores médios de DEP iguais 0,82 mm, valor este muito superior aos encontrados na literatura. A amplitude dos valores encontradas por Crews (2002) neste trabalho foram de -1,34 a 0,60 mm. Posteriormente, Crews, Pollak e Quaas (2004), estudando as DEP's obtidas a partir de dados mensurados diretamente em carcaças de animais da raça Simmental, encontraram valores médios de -0,23 mm, variando entre -1,76 e 2,55 mm. Os valores de DEP para EGS encontrados por Van

(\*) Akasamu (AKAS), Bazuá (BAZU), Cacique (CACI), Checurupadhu (CHEC), Godhavari (GODH), Karvadi (KARV), Kurupathy (KURU), Nagpur (NAGP), Padhu (PADH), Tajmahal (TAJM), Rastã (RAST).

Vleck et al. (2007), analisando touros de diferentes raças também foram, em sua maioria, próximos a zero, valores estes que oscilaram entre o mínimo de -0,00043 cm para touros da raça Hereford e o máximo de 0,01006 cm em touros da raça Shorthorn.

Correlação positiva entre DEP para EGS e a gordura subcutânea mensurada nas carcaças foi descrita por Crews (2002), onde os autores encontraram que a cada

1 mm de aumento na DEP para EGS, houve um aumento correspondente de 1,27 mm na espessura de gordura subcutânea da carcaça.

Comparando os dados de DEP para EGS obtidos neste estudo e aqueles encontrados na literatura, pode-se observar que o ganho genético da população ao se selecionar por DEP para EGS é lento, ou seja, seriam necessárias várias gerações para que se conseguisse um aumento expressivo da EGS no rebanho. Adicionalmente, além da influência genética, outros fatores como a nutrição e a taxa de deposição de gordura na carcaça devem ser considerados ao avaliar esta característica (BERG; BUTTERFIELD, 1976, SHORTHORSE; HARRIS, 1991, GWARTNEY et al., 1996).

### **5.2.5 Marmoreio**

A dispersão dos valores de DEP para marmoreio dos treze genearcas analisados está representada na Figura 28. Observando o gráfico pode-se notar que apenas cinco, dos treze fundadores analisados, apresentaram DEP's positivas para marmoreio e que, dentre eles, o genearca Golias foi quem obteve o maior valor (3,4714 un). Já os fundadores Bima, Karvadi, Padhu e Rastã tiveram valores muito

inferiores ao de Golias, de 0,0322; 0,2359, 0,6121 e 0,1581 un, respectivamente. Os demais obtiveram valores de DEP menores que zero, dentre os quais os genearcas Akasamu e Bazuá representaram os menores valores.

A variação entre o maior (3,4714 un) e o menor (-3,2591 un) valor de DEP, representados pelos fundadores Golias e Akasamu, respectivamente, foi de 6,7305 un. A média dos valores de DEP encontrados para esta característica foi de -0,2295 unidades, indicando assim que o fundador Golias foi 29,33 % superior aos demais fundadores nas DEP's para MAR. A magnitude destas diferenças evidenciam a existência de uma grande diferença entre os fundadores e também dentro da raça Nelore quanto aos potenciais genéticos para deposição de gordura intramuscular (Figura 28).

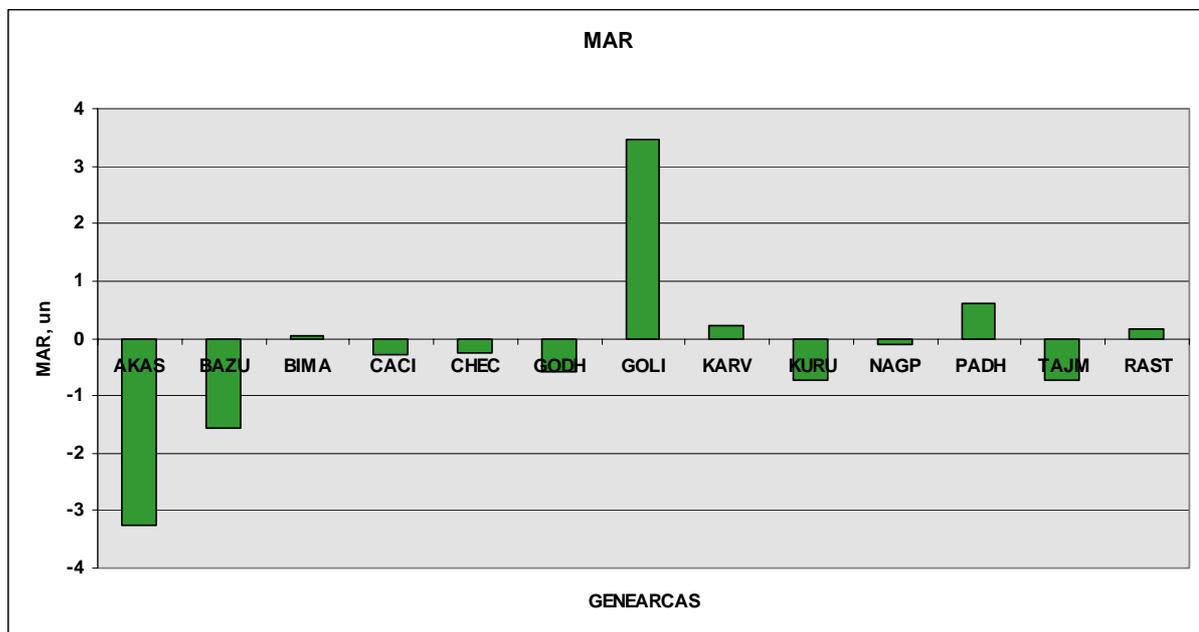


Figura 28 - Representação gráfica dos valores das Diferenças Esperadas na Progênie (DEP) para a característica Marmoreio (MAR) estimadas para treze dos touros fundadores\* da raça Nelore.

(\*) Akasamu (AKAS), Bazuá (BAZU), Cacique (CACI), Checurupadhu (CHEC), Godhavari (GODH), Karvadi (KARV), Kurupathy (KURU), Nagpur (NAGP), Padhu (PADH), Tajmahal (TAJM), Rastã (RAST).

Alguns autores como Crews, Pollak e Quaas (2004), utilizaram em seus estudos os valores mínimos e máximos de -0,79 e 0,90 un, respectivamente, para as DEP's de marmoreio. Valores intermediários de DEP foram encontrados por Rincker et al. (2006), os quais obtiveram uma DEP média de 0,10 un e valores mínimos e máximos iguais a -0,15 e 0,09 un, respectivamente. No entanto, valores inferiores foram relatados por Van Vleck et al. (2007), variando de -0,0077 a 0,1367 un, obtidos em touros de 11 diferentes raças.

Vieselmeyer et al. (1996), objetivando avaliar o efeito da DEP para marmoreio em características produtivas e de carcaça das progênes de touros da raça Angus, estabeleceram valores altos e baixos de DEP para esta característica. Os autores consideraram como altos os valores de DEP entre 0,4 e 0,83 un e baixos aqueles entre -0,16 e 0,30 un. Gwartney et al. (1996), utilizando a mesma fonte de dados de Vieselmeyer et al. (1996), porém analisando características de carcaça e palatabilidade, encontraram que as progênes dos touros com altas DEP's para marmoreio tiveram também maiores valores de marmoreio em suas carcaças.

As diferenças genéticas de partição da deposição de gordura em vários locais da carcaça já foram bastante exploradas por diversos autores (CHARLES; JOHNSON, 1976; GWARTNEY et al., 1996; KEMPSTER; CUTHBERTSON, HARRINTON, 1976; TATUM; WILLIAMS; BOWLING, 1986). Alguns destes sugerem, no entanto, que a seleção de touros com altas DEP's para marmoreio podem produzir progênes com menores espessuras de gordura subcutânea e intermuscular, isso quando selecionados para um padrão constante de marmoreio ou para maiores quantidades de marmoreio a um peso de carcaça e espessura de gordura subcutânea constantes (GWARTNEY et al., 1996).

Em estudo referente à avaliação do conteúdo de gordura intramuscular, por ultra-som, de progênes de 20 touros da raça Angus, Sapp et al. (2002), encontraram que touros jovens selecionados para altas DEP's de percentagem de gordura intramuscular foram capazes de produzir filhos com maiores quantidades de marmoreio na carcaça. No entanto, este aumento na quantidade de marmoreio nas carcaças parece não estar necessariamente relacionado ao aumento da quantidade de gordura subcutânea. Com isso, os autores concluíram que as avaliações de marmoreio das carcaças pela utilização de ultra-som podem ser utilizadas em programas de avaliação genética voltada a seleção de animais jovens com valores satisfatórios de gordura intramuscular. Gwartney et al. (1996), obtiveram conclusões semelhantes afirmando ser possível a utilização de DEP para marmoreio para seleção de touros, sem impactos negativos à quantidade de gordura na carcaça (gordura subcutânea ou intramuscular), mantendo a quantidade de marmoreio e as características organolépticas da carne.

Comparando as informações de Sapp et al. (2002), quanto ao marmoreio e a deposição de gordura na carcaça aos dados obtidos neste estudo, pode-se observar que não necessariamente os maiores valores de DEP para marmoreio estiveram relacionados aos maiores valores de EGS (Figura 29).

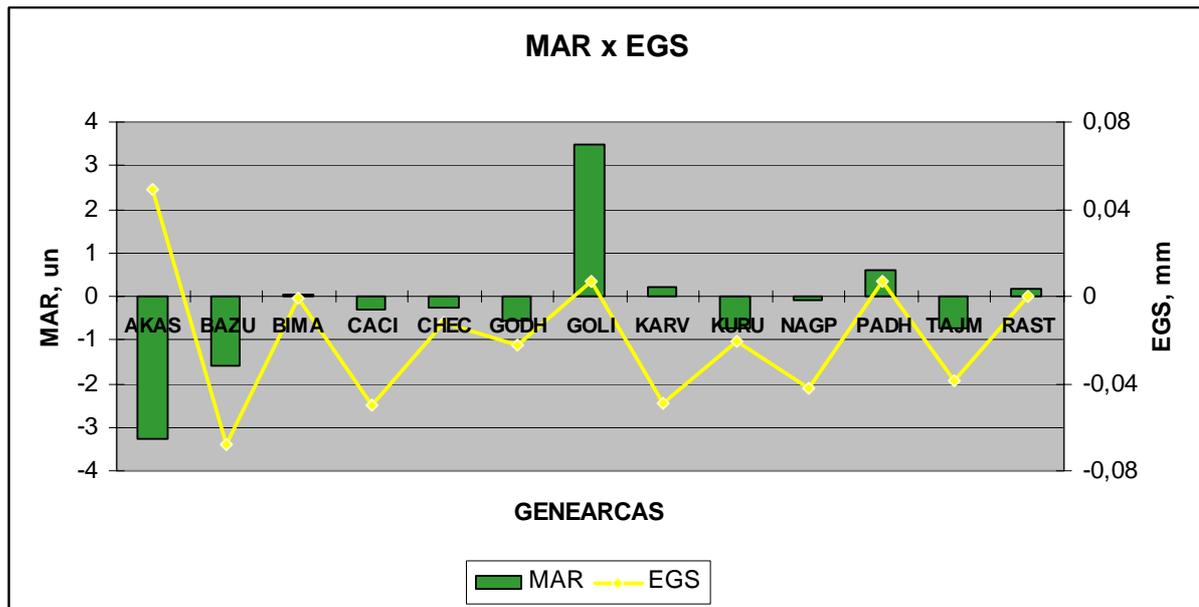


Figura 29 - Representação gráfica dos valores das Diferenças Esperadas na Progenie (DEP) para as características Espessura de Gordura Subcutânea (EGS) e Marmoreio (MAR) estimadas para treze dos touros fundadores\* da raça Nelore.

O fundador Akasamu, por exemplo, foi o que apresentou o menor valor de DEP para marmoreio e o maior para EGS. O genearca Golias, que obteve o maior valor de DEP para MAR, teve seu valor de DEP para EGS baixo, inferior ao obtido pelo genearca Akasamu e semelhante ao obtido por Padhu. Os demais fundadores, com exceção de Bima e Rastã, obtiveram valores de DEP negativos para ambas características.

Gwartney et al. (1996) relataram que novilhas filhas dos touros com menor DEP para marmoreio tiveram maiores áreas de olho de lombo, maiores quantidades de EGS e maiores pesos de carcaça quando comparadas ao grupo de progênie dos touros com altas DEP, indicando que a seleção para baixas DEP's para marmoreio possa resultar em maiores pesos e musculosidade de carcaça. Além disso, a utilização de DEP para marmoreio pode servir como ferramenta para diferenciação do potencial genético para deposição de gordura entre touros.

(\*) Akasamu (AKAS), Bazuá (BAZU), Cacique (CACI), Checurupadhu (CHEC), Godhavari (GODH), Karvadi (KARV), Kurupathy (KURU), Nagpur (NAGP), Padhu (PADH), Tajmahal (TAJM), Rastã (RAST).

Observando a representação gráfica dos valores de DEP para os genearcas avaliados, poderemos detectar algumas relações entre as DEP's para as características PCQ, AOL, EGS e MAR (Figura 30), como previamente descrito por Gwartney et al. (1996) e Sapp et al. (2002). A Figura 30 não contém as escalas das características plotadas por tratar-se somente de uma ilustração comparativa entre essas variáveis. Assim, os valores e as respectivas escalas das variáveis PCQ, AOL, EGS e MAR podem ser encontrados nas Figuras 25, 26, 27 e 28, respectivamente.

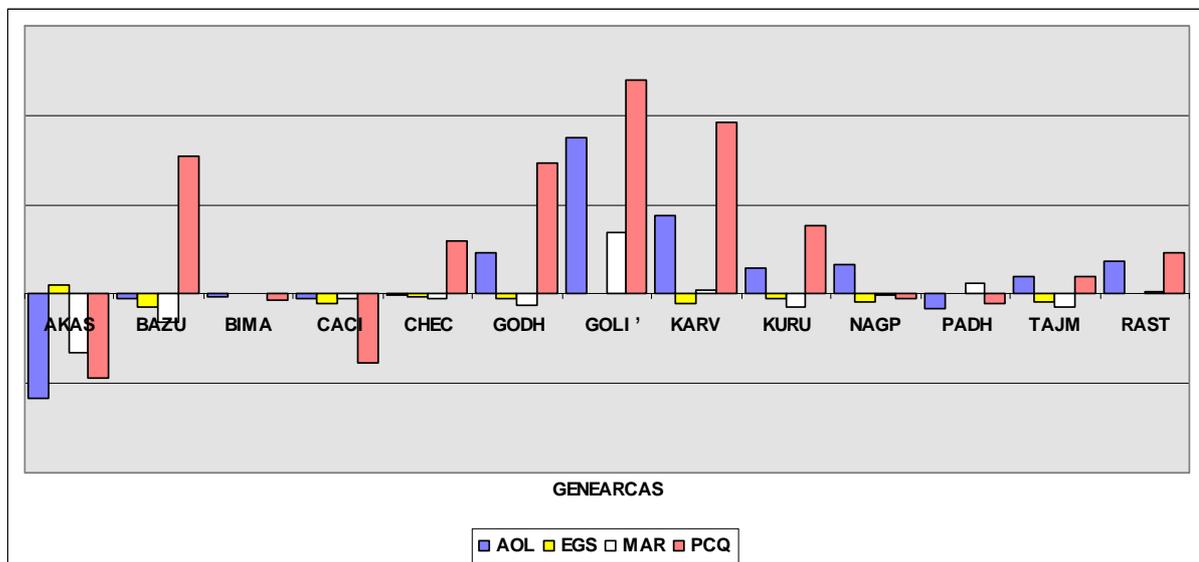


Figura 30 - Representação gráfica dos valores das Diferenças Esperadas na Progênie (DEP) para as características Área de Olho de Lombo (AOL), Espessura de Gordura Subcutânea (EGS), Marmoreio (MAR) e Peso de Carcaça Quente (PCQ) estimadas para treze dos touros fundadores\* da raça Nelore.

O fundador Golias que obteve o maior valor de DEP para MAR, obteve também valores elevados de DEP para as características AOL, EGS e PCQ. Os genearcas Padhu e Karvadi não obtiveram os mesmos comportamentos de DEP, sendo que o primeiro obteve valores positivos para MAR e EGS e o segundo apresentou valor negativo apenas para EGS (Figura 30). Isto indica que para os três genearcas com valores positivos de DEP para MAR (Golias, Karvadi e Padhu),

(\*) Akasamu (AKAS), Bazuá (BAZU), Cacique (CACI), Checurupadhu (CHEC), Godhavari (GODH), Karvadi (KARV), Kurupathy (KURU), Nagpur (NAGP), Padhu (PADH), Tajmahal (TAJM), Rastã (RAST).

apenas o fundador Padhu não obteve valores positivos para AOL e PCQ, indicando assim que a seleção para MAR, neste caso, não estaria influenciando positivamente o melhoramento das características relacionadas ao peso de carcaça e ao rendimento de cortes de suas progênes.

Os fundadores Bima, Cacique, Checurupadhu e Nagpur obtiveram valores de DEP muito próximos a zero, ou então valores negativos, com exceção de Checurupadhu que obteve valor positivo para DEP de PCQ e Nagpur que apresentou valor positivo de DEP para AOL. O genearca Rastã não apresentou valores negativos para nenhuma destas características, obtendo apenas valores baixos ou iguais a zero para as características MAR e EGS, respectivamente.

Ao ser analisada a relação entre estas quatro características em animais com valores negativos de DEP para MAR, poderá observar-se que houve uma tendência de que os valores negativos de DEP para MAR fossem acompanhados de valores negativos de DEP para EGS e positivos para PCQ e AOL. Esta tendência pode estar indicando que a utilização de touros com valores baixos de DEP para MAR possa ocasionar também uma redução nos valores de EGS de suas progênes, mas ao mesmo tempo, resultar em animais com maiores pesos e quantidades de músculos na carcaça.

### **5.2.6 Maciez**

Os valores de DEP encontrados para maciez aos 7, 14 e 21 dias de maturação estão descritos na Tabela 10. Observando os valores de DEP para maciez aos 7, (MAC7), 14 (MAC14) e 21 (MAC21) dias de maturação, poderá ser notado que alguns genearcas apresentaram valores negativos de DEP para esta

característica, significando assim uma maior probabilidade destes em produzir progênes com carnes macias. A Figura 31 contém a representação gráfica destes valores.

Valores de maciez obtidos em aparelho do tipo Warner Bratzler Shear Force (WBSF) indicam a medida da força exercida na amostra, em kg, capaz de promover seu completo cisalhamento simulando, portanto, o processo de mastigação. Assim, quanto menor a força empregada para o rompimento das fibras, mais macia será a carne.

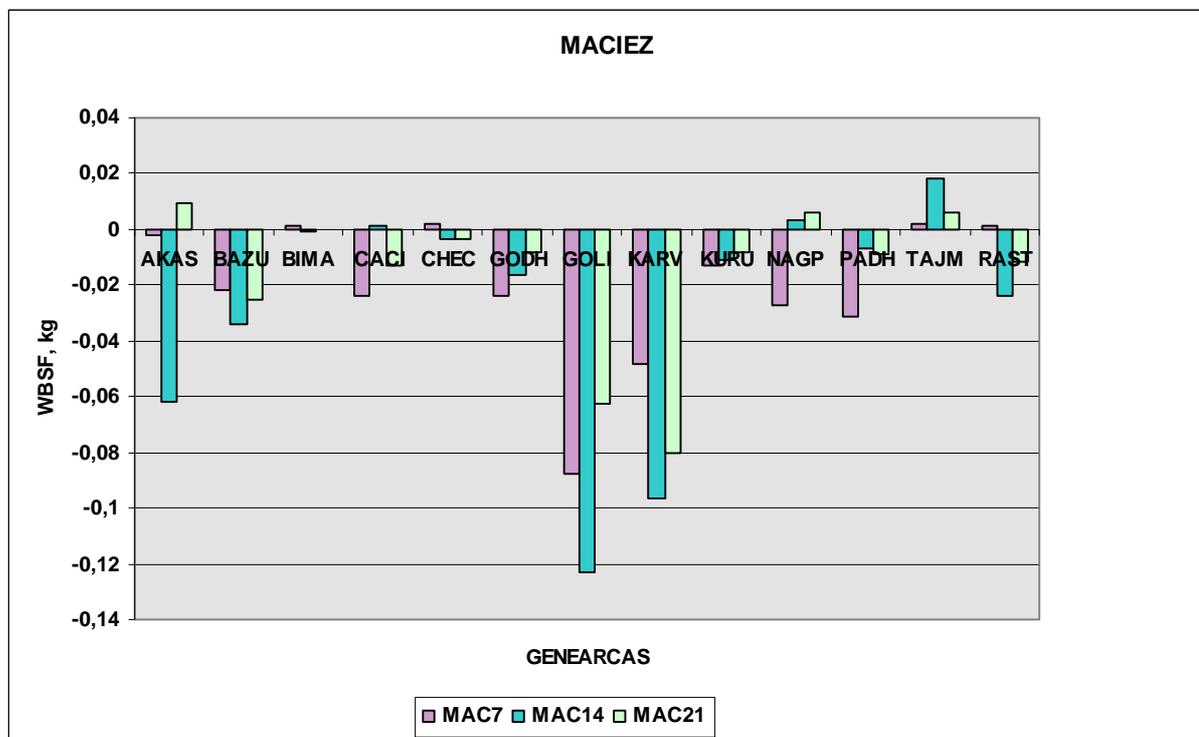


Figura 31 - Representação gráfica dos valores das Diferenças Esperadas na Progênie (DEP) para a característica Maciez (MAC) estimadas a partir de valores de Warner Bratzler Shear Force (WBSF), aos 7, 14 e 21 dias de maturação, para treze dos touros fundadores\* da raça Nelore.

Analisando os valores apresentados na Figura 31, constata-se que todos os genearcas (com exceção do genearca Tajmahal) possuem a capacidade de transmitir genes favoráveis à maciez da carne nos três períodos de maturação.

(\*) Akasamu (AKAS), Bazuá (BAZU), Caciue (CACI), Checurupadhu (CHEC), Godhavari (GODH), Karvadi (KARV), Kurupathy (KURU), Nagpur (NAGP), Padhu (PADH), Tajmahal (TAJM), Rastã (RAST).

Alguns como Golias e Karvadi se destacam dos demais por apresentarem os valores de DEP mais negativos para esta característica, em todos os períodos de maturação, salientando suas capacidades de gerar progênie com carne mais macia. Já Bazuá, Godhavari e Kurupathy também apresentaram esta tendência, porém com maiores valores (menos negativos).

Nestes dados há a ocorrência de uma flutuação dos valores de DEP, como é o caso dos genearcas Akasamu, Bima, Cacique, Checurupadhu, Nagpur e Rastã onde se observou uma intercalação de valores positivos e negativos de DEP entre os períodos de maturação. Uma suposição para explicar estes valores, seria a atividade das enzimas proteolíticas no decorrer dos períodos de maturação. Assim, alguns genearcas poderiam apresentar genética distinta quanto ao perfil, atividade e modo ativação de diferentes grupos de enzimas proteolíticas após a morte do animal e durante o armazenamento. No entanto, estas medidas não foram realizadas neste estudo e necessitam ser exploradas em pesquisas posteriores.

Os maiores valores de DEP para MAC7 foram obtidos pelos genearcas Tajmahal e Checurupadhu com 0,002 kg. Já o menor valor foi obtido por Golias com -0,088 kg. Para MAC14 os maiores e menores valores foram obtidos pelos genearcas Tajmahal (0,0185 kg) e Golias (-0,1231 kg), respectivamente (Tabela 9, Figura 31). Embora inferiores aos valores obtidos por Golias, Karvadi também se destacou nos valores de DEP para MAC7, 14 e 21, indicando seu alto potencial para produção de progênie com carnes mais macias. A análise dos valores de DEP para maciez aos 21 dias de maturação, permite a constatação de que o maior valor foi obtido pelo genearca Akasamu (0,0096 kg) e o menor pelo genearca Karvadi (-0,0799 kg).

Efetuada-se a média entre os valores de DEP obtidos nos três períodos será encontrado que o genearca Golias foi o que obteve o menor valor médio (-0,0911 kg), seguido por Karvadi com -0,078 kg. Já o maior valor médio calculado foi representado pelo genearca Tajmahal (0,0087 kg).

Assim, um comparativo entre os valores médios de DEP dos genearcas analisados com aqueles obtidos pelo fundador que mais se destacou nos valores de maciez, indicará a superioridade (em percentagem) destes indivíduos em relação à média da população. Dessa maneira, para MAC7 o genearca Golias foi 4,3% superior a média de maciez obtidas para os demais genearcas aos 7 dias de maturação. Para MAC14, Golias também foi superior em 3% em relação à média. No entanto, para maciez aos 21 dias de maturação, Karvadi foi quem obteve destaque, apresentando-se 5,85% superior em maciez em relação à média.

Dikeman et al. (2005), estimaram valores de DEP para WBSF aos 14 dias de maturação a partir de 103 touros da raça Simmental, 23 Shorthorn e 69 Hereford, todos esses sendo os touros mais utilizados de acordo com as respectivas associações de raça norte-americanas. Neste trabalho, os autores relataram os valores mínimos e máximos de DEP encontrados em cada raça, sendo que para a raça Simmental foi descrita uma variação de -0,41 a 0,26 kg. Já para a raça Shorthorn foram descritos valores da ordem de -0,41 a 0,36 kg, daqueles com DEP para maciez mais desejável para o menos desejável. A raça Hereford teve variação um pouco menor, sendo de -0,48 a 0,22 kg do menor ao maior valor obtido, respectivamente.

Smith et al. (2007), avaliando dados de carcaça de 467 animais puros, filhos de 68 touros da raça Brahman, a fim de determinar parâmetros genéticos de carcaça para esta raça, encontraram valores de WBSF aos 7 dias de maturação variando de

-0,36 a 0,45 kg, com uma média de -0,01 kg. Aos 14 dias de maturação os autores encontraram valores entre -0,16 e 0,33 kg, com uma média de 0,00 kg. Smith et al. (2007) afirmam, portanto, que as variações de DEP para maciez encontradas em seu trabalho com animais da raça Brahman, não diferiram radicalmente dos valores encontrados para outras raças.

A variação dos valores DEP para maciez encontrada por Dikeman et al. (2005), aos 14 dias de maturação foi muito superior àquela obtida neste estudo (-0,1231 a 0,0185 kg), com um valor médio de -0,0272 kg neste período. Os valores médios obtidos por Smith et al. (2007), aos 7 e 14 dias de maturação foram inferiores aos valores médios para estes períodos (-0,021 e -0,0272 kg, respectivamente) estimados neste trabalho.

Com o objetivo de avaliar os valores de DEP aditiva para valores de WBSF em animais das raças Angus, Brahman e Brangus, Elzo et al. (1998), utilizaram amostras do contra-filé, coletadas na altura da 13<sup>a</sup> costela e maturadas por 5 dias. Neste estudo, os autores encontraram para a raça Angus valores médios, mínimo e máximo, respectivamente, de -1,017, -1,341 e -0,630 kg. Para a raça Brahman o valor médio encontrado foi de 0,009 kg, com um mínimo de -0,202 kg e máximo de 0,411 kg. Já para os animais da raça Brangus, o valor médio foi de -0,834 kg, com mínimo e máximo de -1,419 kg e -0,160 kg, respectivamente. Para animais da raça Brahman, os autores concluem que a magnitude dos parâmetros relacionados à maciez da carne indicam que a seleção dentro desta raça possa melhorar características relacionadas a qualidade da carne e à aceitação do consumidor.

Os valores apresentados por Elzo et al. (1998), para animais da raça Angus e Brangus são muito superiores aos encontrados para MAC7 no presente estudo. No entanto, os valores obtidos para os animais da raça Brahman, foram muito próximos

aos obtidos neste estudo utilizando animais da raça Nelore, fator este positivo por tratar-se de animais de genética *Bos indicus*.

Dikeman et al. (2005), afirma que as DEP's obtidas para diferentes raças não devem ser comparadas entre as raças. Neste trabalho de Dikeman et al. (2005), foram obtidos valores iguais de DEP para as raças Simmental e Shorthorn (-0,41kg), mas os autores alertam que esta semelhança pode não resultar em valores fenotípicos análogos se acasalados com vacas similares no mesmo rebanho, pois os valores de DEP para maciez, neste caso, servem apenas como indicativo do desvio dos valores de WBSF em relação aos valores médios obtidos em cada raça. Com isso, subentende-se que as médias de cada raça sejam diferentes e, portanto, possam não sortir as mesmas respostas fenotípicas quando extrapolamos alguns valores de DEP obtidos em uma raça para outras.

Devido à escassez de fontes na literatura científica para valores de DEP para WBSF, não foi possível encontrar valores comparativos de DEP para MAC aos 21 dias de maturação. No entanto, apenas os resultados apresentados por Dikeman et al. (2005) e Smith et al. (2007), relativos aos demais períodos também analisados neste trabalho, permitem concluir que há uma considerável variação genética entre touros de uma mesma raça e que um considerável progresso genético pode ser conseguido efetuando-se seleção para maciez a partir de valores de WBSF.

Comparação interessante foi elaborada por Dikeman et al. (2005) entre os valores de DEP para WBSF com dados de marmoreio, das três raças utilizadas em seu estudo. Segundo os autores, o touro com melhor valor de maciez estava levemente acima da média da raça para escalas de marmoreio. No presente estudo, comportamento semelhante ocorreu com as DEP's para marmoreio e

maciez. Embora utilizando a raça Nelore, de origem *Bos indicus* (versus raças *Bos taurus* utilizadas por Dikeman et al., (2005)), pode-se observar também que os genearcas com melhores valores de DEP maciez foram também superiores à média nos valores de DEP para marmoreio. No caso do genearca Golias, por exemplo, que obteve os melhores valores de DEP para maciez foi observado também valor muito superior a média da população (29,33%) nos valores de DEP para marmoreio (Figura 28). Comportamento semelhante foi observado para os genearcas Padhu e Karvadi, que também obtiveram bons valores de DEP para maciez e também se destacaram quanto aos seus valores de DEP para MAR (Figura 32). A Figura 32 não contém as escalas das características plotadas por tratar-se somente de uma ilustração comparativa entre essas variáveis. Assim, os valores e as respectivas escalas das variáveis marmoreio e maciez podem ser encontrados nas Figuras 28 e 31, respectivamente.

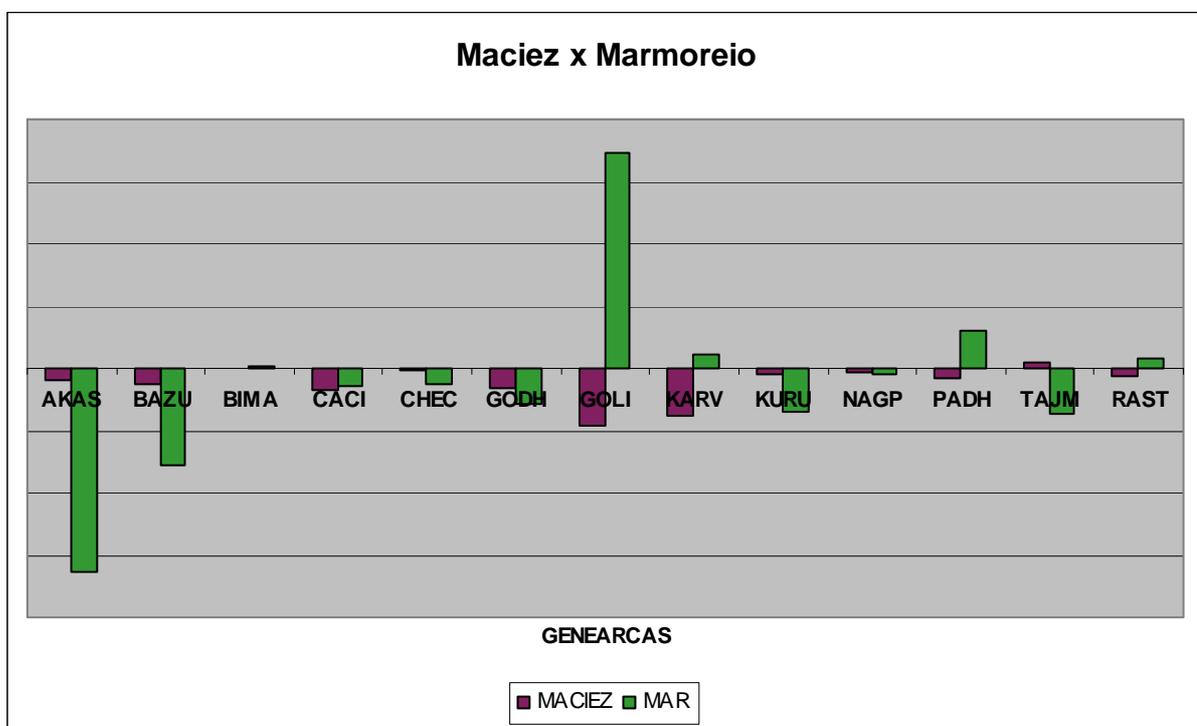


Figura 32 – Representação gráfica dos valores médios das Diferenças Esperadas na Progênie (DEP) para maciez aos 7, 14 e 21 dias de maturação e dos valores de DEP para marmoreio (MAR) para treze dos touros fundadores\* da raça Nelore.

(\*) Akasamu (AKAS), Bazuá (BAZU), Cacique (CACI), Checurupadhu (CHEC), Godhavari (GODH), Karvadi (KARV), Kurupathy (KURU), Nagpur (NAGP), Padhu (PADH), Tajmahal (TAJM), Rastã (RAST).

Estimando valores de DEP para maciez e marmoreio em gado da raça Brahman (*Bos indicus*), Smith et al. (2007), descrevem que a seleção de alguns touros para aumento da maciez da carne, pode resultar em animais mais gordos e com menor rendimento de carcaça, sugerindo assim que estudos posteriores sejam realizados a fim de se confirmar estas correlações em gado da raça Brahman.

Gwartney et al. (1996), analisando dados referentes ao cruzamento de touros Angus, com altas e baixas DEP para marmoreio, com vacas  $\frac{1}{4}$  Angus,  $\frac{1}{4}$  Hereford,  $\frac{1}{4}$  Simmental, e  $\frac{1}{4}$  Gelbvieh, encontraram que os resultados dos acasalamentos (novilhos e novilhas) dos touros com altas DEP's para marmoreio sempre resultaram em carnes mais macias. Estas afirmações, reforçadas por aquelas relatadas Dikeman et al. (2005), e ainda pelas informações obtidas neste estudo, demonstram que é possível selecionar animais para produção de carnes mais macias e com maiores escalas de marmoreio.



## **6 Conclusão**

Existe variabilidade na raça Nelore quanto a aspectos quantitativos e qualitativos da carne. Essas diferenças podem ser encontradas também entre linhagens, revelando assim que a escolha de touros ou de reprodutores dentro de uma determinada linhagem possa resultar em avanços expressivos dos fatores qualitativos da carne nos rebanhos melhorados geneticamente para estas características.

Na raça Nelore, algumas características como a área de olho de lombo, a espessura de gordura subcutânea, o marmoreio e a maciez parecem ter maior variabilidade entre touros e ainda apresentar uma correlação entre elas. Desta maneira, recomenda-se que estas características sejam melhor estudadas nesta raça quanto às suas correlações genéticas e fenotípicas.

Finalmente, conclui-se que as características estudadas, relacionados à qualidade da carcaça e carne, podem ser incluídas em programas de melhoramento genético da raça Nelore, atentando-se sempre aos fatores não genéticos e ambientais que possam causar interferências nos resultados da seleção, principalmente referentes à maciez da carne.



## 7 Referências Bibliográficas

ABRIL, M. et al. Beef color evolution as a function of ultimate pH. **Meat Science**, Oxon, v.58, p. 69–78, 2001.

AGRO-PECUÁRIA CFM. **Sumário de Touros Nelore CFM 2007**. São José do Rio Preto: Agro-Pecuária-CFM, 2007. 54p.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DAS INDÚSTRIAS EXPORTADORAS DE CARNE. Exportações brasileiras de carne bovina. Disponível em: <[http://www.abiec.com.br/tabela.asp?id\\_perodo=5](http://www.abiec.com.br/tabela.asp?id_perodo=5)>. Acesso em: 12 abr. 2008.

ALLEN, V. G. et al. Forage systems for beef production from conception to slaughter. III. Finishing systems. **Journal of Animal Science**, Savoy, v.74, p.625–638, 1996.

AMERICAN MEAT SCIENCE ASSOCIATION. **Research guidelines for cookery, sensory evaluation, and instrumental tenderness measurements of meat**. Chicago, American Meat Science Association, 1995.

ARNOLD, J. W. et al. Selection for low birth weight and high yearling weight in Angus beef cattle. **Livestock Production Science**, Amsterdam, v.25, p. 31–41, 1990.

ASHMORE, C. R. Phenotypic expression of muscle fiber types and some implications to meat quality. **Journal of Animal Science**, Savoy, v.38, p.1158-1164, 1974.

BARCELLOS, M. D. **“Beef lovers”**: um estudo cross-cultural sobre o comportamento de consumo de carne bovina. 2007. 329 f. Tese (Doutorado) - Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2007.

BARKHOUSE, K. L. et al. Prediction of breeding values for tenderness of market animals from measurements on bulls. **Journal of Animal Science**, Savoy, v.74, p.2612–2621, 1996.

BARNIER, V.M.H. et al. Rate of glycolysis, chilling rate and beef quality; An inventory of potential consequences. In: INTERNATIONAL CONGRESS OF MEAT SCIENCE AND TECHNOLOGY, 38., 1992, Clermont-Ferrand. **Anais...** Clermont-Ferrand, France: 1992.

- BASARAB, J. A.; MILLIGAN, D.; STITT, J. Relationship between expected progeny differences of Canadian Hereford sires and performance of their progeny in commercial herds. **Canadian Journal of Animal Science**, Ontario, v.74, p.555–558, 1994.
- BAUBLITS, R.T. et al. Carcass and beef color characteristics of three biological types of cattle grazing cool-season forages supplemented with soyhulls. **Meat Science**, Oxon, v.68, p. 297–303, 2004.
- BERNARD, C. et al. Genomic marker for meat tenderness. **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, Champanelle, v. 55, p. 5229-5237, 2007.
- BERG, R.T.; BUTTERFIELD, R.M. **New concepts of cattle growth**. Sydney: Sydney, 1976.
- BERGEN, R. et al. Genetic correlations between live yearling bull and steer carcass traits adjusted to different slaughter end points. 1. Carcass lean percentage. **Journal of Animal Science**, Savoy, v.84, p.546–557, 2006.
- BOEHM, M.L. et al. Changes in the calpains and calpastatin during postmortem storage of bovine muscle. **Journal of Animal Science**, Savoy, v.76, p.2415-2434, 1998.
- BOLDMAN, K.G.; KRIESE, L.A.; VAN VLECK, L.D. et al. **A manual for use of MTDFREML: a set of program to obtain estimates of variances and covariances (DRAFT)**. Lincoln: Department of Agriculture, Agricultural Research Service, 1995.
- BONIN, M. N. et al. Efeito de touro nas características de carcaça de machos não-castrados da raça Nelore. In: REUNIÃO ANUAL DA SOCIEDADE BRASILEIRA DE ZOOTECNIA, 44., 2007, Jaboticabal. **Anais...** Jaboticabal: Unesp, 2007.
- BONIN, M. N. et al. Efeito de touro em características de carcaça e qualidade de carne de bovinos da raça Nelore. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE CIÊNCIA E TECNOLOGIA DE CARNES, 4., 2007, Campinas. **Anais...** Campinas: Unicamp, 2007.
- BRASIL. Portaria nº267, de 04 de maio de 1995. **Diário Oficial [da] República Federativa do Brasil**, Poder Executivo, Brasília, DF, 5 maio 2005. Seção 1, p. 6409.
- BRONDANI, I. L. et al. Composição física da carcaça e aspectos qualitativos da carne de bovinos de diferentes raças alimentados com diferentes níveis de energia. **Revista Brasileira de Zootecnia**, Viçosa, v.35, p.2034-2042, 2006.

BURROW, H. M. et al. Quantitative and molecular genetic influences on properties of beef: a review. **Australian Journal of Experimental Agriculture**, Collingwood, v.41, p.893–919, 2001.

BRYCE, J.K.; HOUSTON, T. W.; HARRIES, J. M. Studies in beef quality. II. The influence of sire on the quality and composition of beef. **Journal of Science, Food and Agriculture**, Sussex, v.14, p.637–645, 1963.

BURSON, D. E.; HUNT, M C. Reposition of collagen types I and II in four ovine muscles differing in tenderness. **Journal of Food Science**, London, v.51, p.51, 1986.

CALKINS, C. R.; DAVIS, G. W.; SANDERS, W. L. Fragmentation index of raw muscle as a tenderness predictor of steaks from USDA commercial and utility carcasses. **Journal of Food Science**, London, v.45, p.111, 1980.

CALKINS, C. R. et al. Relationship of fiber type composition to marbling and tenderness of bovine muscle. **Journal of Food Science**, London, v.46, p.708, 1981.

CALKINS, C. R.; KOOHMARAIE, M.; SEIDEMAN, S. C. The relative impact of Ca-dependent protease and cathepsins on beef tenderness and the response of muscle to cooler aging. **Journal of Animal Science**, Savoy, v. 65, p. 290, 1987.

CHARLES, D. D.; JOHNSON, E. R. Breed differences in amount and distribution of bovine carcass and dissectible fat. **Journal of Animal Science**, Savoy, v.42, p. 332, 1976.

CHARTERIS, P. L.; GARRICK, D. J. Using breed resources to improve carcass and meat quality. Disponível em: [http://www.beef.org.nz/research/meat/meat\\_breed\\_res.asp](http://www.beef.org.nz/research/meat/meat_breed_res.asp). Acesso em: 12 nov. 2007.

COLE, J. W. et al. Effects of type and breed of British, zebu, and dairy cattle on production carcass composition, and palatability. **Journal of Dairy Science**, Savoy, v.21, p.138, 1963.

CRAWFORD, C.; WILLIS, A. C.; GAGNON, J. The effects of autolysis on the structure of chicken calpain II. **Biochemical Journal**, London, p. 248-579, 1987.

CREWS, D. H., JR.; FRANKE, D. E. Heterogeneity of variances for carcass traits by percentage Brahman inheritance. **Journal of Animal Science**, Savoy, v.76, p.1803–1809, 1998.

CREWS, D. H., JR.; POLLAK, E. J.; QUAAS, R. L. Evaluation of Simmental carcass EPD estimated using live and carcass data. **Journal of Animal Science**, Savoy, v.82, p.661–667, 2004.

CREWS, D. H., Jr. The relationship between beef sire carcass EPD and progeny phenotype. **Canadian Journal of Animal Science**, Ontario, p. 503-506, 2002.

CROUSE, J. D. et al. Comparisons of *Bos indicus* and *Bos taurus* inheritance for carcass beef characteristics and meat palatability. **Journal of Animal Science**, Savoy, v.67, p.2661–2668, 1989.

CUCCO, D. C. et al. Associação entre diferentes marcadores moleculares e características de carcaça mensuradas após o abate em animais da raça Nelore. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE CIÊNCIA E TECNOLOGIA DE CARNES, 4., 2007, Campinas. **Anais...** Campinas: Unicamp, 2007.

CUNDIFF, L. V.; GREGORY, K. E.; KOCH, R. M. Growth and carcass characteristics of diverse breeds of cattle used for beef production. In: ANNUAL CONFERENCE OF THE AMERICAN ASSOCIATION OF BOVINE PRACTITIONERS, 22., 1989, Kansas City. **Anais...** Kansas City: 1989.

DAMON, R. A., Jr. et al. Carcass characteristics of purebred and crossbred beef steers in the Gulf Coast Region. **Journal of Animal Science**, Savoy, v.19, p.820-844, 1960.

DAVEY, C. L.; GILBERT, K. V. Studies in meat tenderness. 7. Changes in the fine structure of meat during aging. **Journal of Food Science**, London, v.34, p.69, 1969.

DAVIS, G. W. et al. Tenderness variations among beef steaks from carcasses of the same USDA quality grade. **Journal of Animal Science**, Savoy, v.49, p.103, 1979.

DAYTON, W. R. et al. A calcium-activated protease involved in myofibrillar protein turnover. Isolation of a low-calcium requiring form of the protease. **Biochimica et Biophysica Acta**, Oxon, v. 48, p. 659, 1981.

DEMARTINO, G. N.; CROALL, D. E. Calcium dependent proteases from liver and heart. In: KHAIRALLAH, E. A. **Intracellular Protein Catabolism**. New York: Alan R Lis, 1985. p. 117-126.

DEMOS, B. P.; MANDIGO, R. W. Color of fresh, frozen and cooked ground beef patties manufactured with mechanically recovered neck bone lean. **Meat Science**, Oxon, v.42, p. 415-429, 1996.

DIKEMAN, M. E, et al. Accelerated versus conventional beef production and processing. **Journal of Animal Science**, Savoy, v.61, p.137, 1985.

DIKEMAN, M. E. Phenotypic ranges and relationships among carcass and meat palatability traits for fourteen cattle breeds, and heritabilities and expected progeny differences for Warner-Bratzler shear force in three beef cattle breeds **Journal of Animal Science**, Savoy, v.83, p. 2461–2467, 2005.

DI MARCO, O.N. **Crecimiento de vacunos para carne**. Mar del Plata: Balcarce, 1998.

DRANSFIELD, E.; JONES, R. C. D.; MACFIE, H. J. H. Tenderising in *M. longissimus dorsi* of beef, veal, rabbit, lamb and pork. **Meat Science**, Oxon, v.5, 139-145, 1981.

DRANSFIELD, E.; WAKEFIELD, D. K.; PARKMAN, I. D. Modelling post-mortem tenderisation—I: Texture of electrically stimulated and non-stimulated beef. **Meat Science**, Oxon, v.31, p. 57, 1992.

DRANSFIELD, E. Modeling post-mortem tenderization-III: Role of calpain in conditioning. **Meat Science**, Savoy, v. 31, p. 85-94, 1992.

DRANSFIELD, E. et al. Pork quality from pigs fed on low glucosinate rapeseed meal: Influence of level in the diet, sex and ultimate pH. **Journal of Science Food and Agriculture**, Sussex, v. 36, p.546, 1985.

DRANSFIELD, E. Optimisation of Tenderisation, Ageing and Tenderness. **Meat Science**, Savoy, v.36, p.105-121, 1994.

DUCASTAING, A. et al. Effects of electrical stimulation on post-mortem changes in the activities of two Ca<sup>2+</sup> dependent neutral proteinases and their inhibitor in beef muscle. **Meat Science**, Oxon, v.15, p.193-202, 1985.

Duckett, S. K. et al. Effects of time on feed on beef nutrient composition. **Journal of Animal Science**, Savoy, v.71, p. 2079–2088, 1993.

DUTSON, T. R. et al. Ultra structural postmortem changes in normal and low quality porcine muscle fibers. **Journal of Food Science**, London, v.39, p.32, 1974.

EDMUNDS, T. et al. Comparison of the autolyzed and unautolyzed forms of  $\mu$ - and m-calpain from bovine skeletal muscle **Biochimica et Biophysica Acta**, Oxon, v.1077, p.197, 1991.

ELZO, M. A. et al. Genetic variation and prediction of additive and nonadditive genetic effects for six carcass traits in an Angus-Brahman multibreed herd. **Journal of Animal Science**, Savoy, v.76, p.1810–1823, 1998.

ETHERINGTON, D. J. The contribution of proteolytic enzymes to postmortem changes in muscle. **Journal of Animal Science**, Savoy, v. 59, p.1644, 1984.

ETHERINGTON, D. J.; TAYLOR, M. A. J.; DRANSFIELD, E. Conditioning of meat from different species. Relationship between tenderising and the levels of cathepsin B, cathepsin L, calpain I, calpain II and  $\beta$ -glucuronidase. **Meat Science**, Oxon, v. 20, p. 1, 1987.

ETHERINGTON, D. J. Proteinase (Cathepsin B, D, L and Calpains) levels and conditioning rates in normal, electrically stimulated and high-ultimate-pH chicken muscle, **Meat Science**, Oxon, v. 29, p. 99-107, 1990.

FAUSTMAN, C.; CASSENS, R. G. The effect of cattle breed and muscle type on discoloration and various biochemical parameters in fresh beef. **Journal of Animal Science**, Savoy, v.69, p. 184-193, 1991.

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

FRENCH, P. et al. Meat quality of steers finished on autumn grass, grass silage, or concentrate-based diets. **Meat Science**, Oxon, v. 56, p.173-180, 2000.

FRISCH, J.E.; VERCOE, J.E. An analysis of growth of different cattle genotypes reared in different environments. **Journal of Agricultural Science**, Savoy, v.103, p.137-153, 1984.

GANN, G. L.; MERKEL, R. A. Ultrastructural changes in bovine longissimus muscle during postmortem aging. **Meat Science**, Oxon, v. 2, p. 129, 1978.

GARLICK, P. J. et al. Fiber-type composition of nine rat muscles. II. Relationship to protein turnover. **American Journal Physiology**, Bethesda, v.257, p.828, 1989.

GARRICK, D. J. Meeting market specifications: Exploiting breeds and crossbreeding for profitable production of beef. In: PROCEEDINGS OF THE CENTRAL DISTRICTS SHEEP AND BEEF FARMERS CONFERENCE, 3., 1994, New Zealand. **Anais...** New Zealand: 1994. p. 35–40.

GEESINK, G. H.; GOLL, D. E. Measurements of calpain activity in postmortem muscle extracts underestimates levels of m-calpain. In: ANNUAL INTERNATIONAL CONGRESS OF MEAT SCIENCE AND TECHNOLOGY, 41., 1995, Chicago. **Anais...** Chicago: American Meat Science Association, 1995, p. 547-549.

GIDDINGS, G. G. Symposium: the basis of quality in muscle foods. The basis of color in muscle foods. **Journal of Food Science**, London, v. 42, p. 288-297, 1977.

GOLDBERG, A. L. Protein synthesis in tonic and phasic skeletal muscles. **Nature**, London, v. 218, p.1219, 1967.

GOLL, D. E.; HENDERSON, D. W.; KLINE, E. A. Postmortem changes in physical and chemical properties of bovine muscle. **Journal of Food Science**, London, v.29, p. 590-596, 1964.

GOLL, D. E.; KLEESE W. C.; SZPACENKO, A. Skeletal muscle proteases and protein turnover. In: D. R. CAMPION, G. J. HAUSMAN, AND R. J. MARTIN. **Animal Growth Regulation**. New York: Plenum Publishing Corporation, 1989. p.149.

GOLL, D. E. et al. Role of muscle proteinases in maintenance of muscle integrity and mass. **Journal of Food Biochemistry**, Oxon, v.7, p.137, 1983.

GOLL, D.E. et al. Role of proteinases and protein turnover in muscle growth and meat quality. In: ANNUAL RECIPIENTS OF MEAT CONFERENCE CHICAGO, 44., 1992, Chicago. **Anais...**Chicago: National Livestock and Meat Board, 1992. p. 25-36.

GOLL, D. E. et al. The role of myofibrillar proteins in meat tenderness. In: MEAT INDUSTRY RESEARCH CONFERENCE, 1974, Arlington. **Anais...** Arlington: American Meat Institute Foundation, Arlington, 1974. p.7598.

Goll, D. E. Role of the calpain system in muscle growth. **Biochimie**, Paris, v.74, p.225-237, 1992.

GUEDES, C.F. **Desempenho produtivo e características de carcaça das progênes de touros representativos da raça Nelore e de diferentes grupos genéticos**. 2005. 100f.. Dissertação (Mestrado em Zootecnia) – Faculdade de Zootecnia e Engenharia de Alimentos, Universidade de São Paulo, Pirassununga, 2005.

GUIMARÃES, L. J.; ADELL, E. A. A. **Estrutura e bioquímica do músculo**. DTA-FEA-UNICAMP, 1995. Apostila.

GWARTNEY BL, ET AL. Use of expected progeny differences for marbling in beef: II. Carcass and palatability traits. **Journal of Animal Science**, Savoy, v. 74, p. 1014–1022, 1996.

HADIN, K. E. et al. Real-Time Ultrasonic Measurement of Fat Thickness and Longissimus Muscle Area: I. Description of Age and Weight Effects. **Journal of Animal Science**, Savoy, v.7, p. 1713-1724, 1995.

HAMLIN, K.E. et al. Real-Time ultrasonic measurement of fat thickness and longissimus muscle area: II. Relationship between real-time ultrasound measures and carcass retail yield. **Journal of Animal Science**, Savoy, v.73, p.1725-1734, 1995.

HARRIS, P. V. Structural and other aspects of meat tenderness. **Journal of Texture Studies**, Oxon, v.7, p. 49-63, 1976.

HARRIS, P.V.; SHORTHOSE, W.R. Meat Texture. In Lawrie, R. A. **Developments in meat science**. London/New York: Elsevier Applied Science, 1988. p. 245–296.

HATHAWAY, D. R.; WERTH, D. K.; HAEBERLE, J. R. Limited autolysis reduces the calcium requirement of a smooth muscle calcium-activated protease. **Journal of Biological and Chemistry**, Bethesda, v. 257, p. 9072, 1982

HAY, J. D.; CURRIE, R. W.; WOLFE, F. H. Effect of postmortem aging on chicken muscle fibrils. **Journal of Food Science**, London, v.38, p.981, 1973

HOCQUETTE, J. F. et al. Recent advances in cattle functional genomics and their application to beef quality. **Animal Science Journal**, Savoy, v.1, p. 159–173, 2007.

HOOD, D. E. Factors affecting the rate of metmyoglobin accumulation in prepackaged beef. **Meat Science**, Oxon v. 4, p. 247, 1980.

HONIKEL, K. O. Reference methods supported by OECD and their use in Mediterranean meat products. **Food Chemistry**, Oxon, v. 59, p. 573-582, 1997.

HOUGH, J. D.; BENYSHEK, L. L.; MABRY, J. W. Direct and correlated response to yearling weight selection in Hereford cattle using nationally evaluated sires. **Journal of Animal Science**, Savoy, v.61, p.1335–1344, 1985.

HUNT, M. C. et al. Guideliness for meat color evaluation. Chicago: 44<sup>th</sup> RECIPROCATING MEAT CONFERENCE, 44., Chicago. **Anais...**Chicago: American Meat Science Association, 1991.

HUNTER, R. S.; HAROLD, R. W. **The measurement of appearance**. New York: Wiley-Interscience, 1987.

INSAUSTI, K. et al. Colour stability of beef from different Spanish native cattle breeds stored under vacuum and modified atmosphere. **Meat Science**, Oxon, v.53, p.241-249, 1999.

ISHIURA, S. et al. Calcium-activated neutral protease, its localization in the myofibril, especially at the Z -band. **Journal of Biochemie**, Tokyo, v. 87, p. 343, 1980.

JEACOCKE, R. The concentrations of free magnesium and free calcium ions both increase in skeletal muscle fibers entering rigor mortis. **Meat Science**, Oxon, v. 35, p. 27-45, 1993.

JEREMIAH, L. E.; TONG, A. K. W.; GIBSON, L. L. The usefulness of muscle color and pH for segregating beef carcasses into tenderness groups. **Meat Science**, Oxon, v. 30, p. 97, 1991.

JOHNSON, M. H. et al. Differences in cathepsin B+L and calcium-dependent protease activities among breed types and their relationship to beef tenderness. **Animal Science**, Cambridge, v. 67, p. 103, 1989.

JOHNSON, M. H. et al. Differences in cathepsin B + L and calciumdependent protease activities among breed type and their relationship to beef tenderness. **Journal of Animal Science**, Savoy, v.68, p.2371–2379, 1990.

JOHNSTON, D. J. et al. Sources of variation in mechanical shear force measures of tenderness in beef from tropically adapted genotypes, effects of data editing and their

implications for genetic parameter estimation. **Australian Journal of Experimental Agriculture**, Victoria, v. 41, p. 991–996, 2001.

JONES, B. K.; TATUM, J. D. Predictors of beef tenderness among carcasses produced under commercial conditions. **Journal of Animal Science**, Savoy, v. 72, p. 1492–1501, 1994.

JUDGE, M.D. et al. **Principles of meat science**. Dubuque, Kendall: Hunt Publishing Company, 1989.

KEELE, J. W. et al. A region on bovine Chromosome 15 influences beef longissimus tenderness in steers. **Journal of Animal Science**, Savoy, v. 77, p. 1364–1371, 1999.

KEMPSTER, A. J.; CUTHBERTSON, A.; HARRINGTON. G. Fat distribution in steer carcasses of different breeds and crosses. A review. **Meat Science**, Oxon, v. 5, p. 83, 1976.

KERTH, C.R. et al. Carcass, sensory, fat color, and consumer acceptance characteristics of Angus-cross steers finished on ryegrass (*Lolium multiflorum*) forage or on a high-concentrate diet. **Meat Science**, Oxon, v.75, p. 324–331, 2007.

KING., D.A. et al. Carcass merit between and among family groups of *Bos indicus* crossbred steers and heifers. **Meat Science**, Oxon, v.72, p. 496–502, 2006.

KLEESE. W. C. et al. Immunofluorescent localization of the calciumdependent proteinase and its inhibitor in tissues of *Crotalus atrox*. **Journal of Experimental Zoology**, Hoboken, p. 241-277, 1987.

KOCH, R. M.; CUNDIFF, L. V.; GREGORY, K. E. Heritabilities and genetic, environmental and phenotypic correlations of carcass traits in a population of diverse biological types and their implications in selection programs. **Journal of Animal Science**, Savoy, v. 55, p. 1319–1329, 1982.

KOCH, R. M. et al. Characterization of biological types of cattle. III. Carcass composition, quality and palatability. **Journal of Animal Science**, Savoy, v.43, p.48, 1976.

KOOHMARAIE, M. et al. Role of Ca<sup>2+</sup>-dependent proteases and lysosomal enzymes in postmortem changes in bovine skeletal muscle. **Journal of Food Science**, London, v. 53, p. 1253 -1257, 1988a.

KOOHMARAIE, M. et al. Acceleration of postmortem tenderization in ovine carcasses through activation of Ca-dependent proteases. **Journal of Food Science**, London, v. 53, p. 1638, 1988b.

KOOHMARAIE, M. Biochemical factors regulating the toughening and tenderization processes of meat. **Meat Science**, Oxon, v.43, p. 5193–5201, 1996.

KOOHMARAIE, M.; CROUSE, J. D.; MERSMANN, H. J. Acceleration of postmortem tenderization in ovine carcasses through infusion of calcium chloride: Effect of concentration and ionic strength. **Journal of Animal Science**, Savoy, v. 67, p. 934-942, 1989.

KOOHMARAIE, M.; DOUMIT, M. E.; WHEELER, T. L.. Meat toughening does not occur when rigor shortening is prevented. **Journal of Animal Science**, Savoy, v.74, p. 2935-2942, 1996.

KOOHMARAIE, M.; SCHOLLMAYER, J. E.; DUTSON, T. R. Effect of low-calcium-requiring calcium activated factor on myofibrils under varying pH and temperature conditions. **Journal of Food Science**, London, v.51, p.28-32, 1986.

KOOHMARAIE, M.; SEIDEMAN, S. C.; CROUSE, J. D. Effect of subcutaneous fat and high temperature conditioning on bovine meat tenderness. **Meat Science**, Oxon, v. 23, p. 99, 1988.

KOOHMARAIE, M. et al. Factors associated with the tenderness of three bovine muscles. **Journal of Food Science**, Chicago, v. 53, p. 407, 1988c.

KOOHMARAIE, M. et al. Effect of post-mortem storage on Ca<sup>2+</sup>-dependent proteases, their inhibitor and myofibril fragmentation. **Meat Science**, Oxon, v.19, p. 187-196, 1987.

KOOHMARAIE, M.; SHACKELFORD S. D.; WHEELER, T. L. Effects of a  $\beta$ -adrenergic agonist (L-644,969) and male sex condition on muscle growth and meat quality of callipyge lambs. **Journal of Animal Science**, Savoy, v. 74, p. 70-79, 1996.

KOOHMARAIE, M. et al. A muscle hypertrophy condition in lamb (callipyge): Characterization of effects on muscle growth and meat quality traits. **Journal of Animal Science**, Savoy, v. 73, p.3596-3607, 1995b.

KOOHMARAIE, M. The role of Ca<sup>2+</sup>-dependent proteinases (calpains) in post-mortem proteolysis and meat tenderness. **Biochimie**, Paris, v. 74, p. 239-245, 1992.

KOOHMARAIE, M. The role of endogenous proteases in meat tenderness. In: ANNUAL RECIPIENTS MEAT CONFERENCE, 41., 1988, Chicago. **Anais...** Chicago: National Live Stock and Meat Board, 1988. p. 89-100.

KOOHMARAIE, M. et al. Postmortem proteolysis in longissimus muscle from beef, lamb and pork carcasses. **Journal of Animal Science**, Savoy, v.69, p.617, 1991.

KOOHMARAIE, M. et al. Calpastatin-based methods for predicting meat tenderness. In: OUALI, A., DEMEYER, D.I. ;SMULDERS, F.J.M. **Expression of tissue proteinases and regulation of protein degradation**, Utrecht : The Netherlands: EC/CE/AMST, 1995. p. 395-422.

KOOHMARAIE, M. et al. Effect of post-mortem storage on Ca<sup>2+</sup>-dependent proteases, their inhibitor and myofibril fragmentation. **Meat Science**, Oxon, v. 19, p. 187-196, 1987.

KROPF, D. H. Colour stability. **Meat Focus International**. p. 269-275, 1993.

LACOURT, A., A. et al. Postmortem localization of lysosomal peptide hydrolase, cathepsin B. In: TURK, V.. **Cysteine Proteinases and their Inhibitors**. Berlin: Walter de Gruyter and Co, 1986. p. 239-248.

LAWRIE, R.A. **Ciência da Carne**. Porto Alegre: Artmed, 2005.

LAWRIE, R. A. The tenderizing effect of electrical stimulation of beef carcasses. **Meat Science**, Oxon, p. 451, 1980.

LEDWARD, D. A. Metmyoglobine formation in beef stored in carbon dioxide enrich and oxygen depleted atmospheres. **Journal of Food Science**, London, v. 35, p. 33-37, 1970.

LIVINGSTON, D. J.; BROWN, W. D The chemistry of myoglobin and its reactions. **Food Technology**, Chicago, v. 35, p. 244–252, 1982.

LIBORIUSSEN, T. et al. Crossbreeding experiments with beef and dual sire breeds on Danish dairy cows. IV Physical, chemical and palatability characteristics of LD and ST muscles from crossbred young bulls. **Livestock Production Science**, Amsterdam, v. 4, p. 31-43, 1977.

LÔBO, R. B. et al. Perfil genético dos principais touros fundadores da raça Nelore na base de dados do PMGRN-USP. In: REUNIÃO ANUAL DA SOCIEDADE

BRASILEIRA DE ZOOTECNIA, 40., 2003, Santa Maria. **Anais...** Santa Maria: SBZ, 2003.

LUCHIARI FILHO, A. **Pecuária da carne bovina**. 1 ed. São Paulo: A. Luchiari Filho, 2000, 134 p.

SILVA, S. L. et al. Alterações nas características de carcaça de tourinhos Nelore, avaliadas por ultra-som. **Revista Brasileira de Zootecnia**, Viçosa, v.35, p.607-612, 2006.

LYKINS, L. E. et al. Maternal birth weight breeding value as an additional factor to predict calf birth weight in beef cattle. **Journal of Animal Science**, Savoy, v. 78, p. 21–26, 2000.

MAGNABOSCO, C.U. et al. **Catálogo de linhagens do germoplasma zebuino: raça Nelore**. Brasília: Embrapa-Cenargen, 1997.

MAHER, S. C. et al. Colour, composition and eating quality of beef from the progeny of two Charolais sires. **Meat Science**, Oxon, v. 67, p. 73–80, 2004.

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

MATSUKURA, U., A. et al. Mode of degradation of myofibrillar proteins by an endogenous protease. cathepsin L. **Biochimica et Biophysica Acta**, Oxon, v. 66, p. 241. 1981.

MAY, S. G. et al. Effects of days fed, carcass grade traits, and subcutaneous fat removal on postmortem muscle characteristics and beef palatability. **Journal of Animal Science**, Savoy, v.70, p.444-453, 1992.

McKEITH, F. K. et al. Tenderness of major muscles from three breed-types of cattle at different times-onfeed. **Meat Science**, Oxon, v. 13, p. 151,1985.

MIKAMI, M. et al. Degradation of myofibrils from rabbit, chicken and beef by cathepsin L and lysosomal lysates. **Meat Science**, Oxon, v. 21, p. 81, 1987.

McDONAGH, M. B. et al. Meat quality and the calpain system of feedlot steers following a single generation of divergent selection for residual feed intake.

**Australian Journal of Experimental Agriculture**, Victoria, v. 41, p. 1013–1022, 2001.

MacDOUGALL, D. B. Changes in colour and opacity of meat. **Food Chemistry**, Oxon, v. 9, p. 75-88, 1982.

MacDOUGALL, D. B. Colour of meat. In Pearson, A. M.; Dutson, T. R. **Quality attributes and their measurements in meat, poultry and fresh products**. Glasgow, UK: Chapman and Hall, 1994. Vol. 9, p. 79.

MAHRT, G. S. et al. Growth of crossbred progeny of Polled Hereford sires divergently selected for yearling weight and maternal ability. **Journal of Animal Science**, Savoy, v. 68, p. 1889–1898, 1990.

McMILLIN, K. W. et al. Year-round production of beef using maximum levels of forages. III. Carcass evaluation. **Australian Agricultural Research**, Victoria, v. 5, p.321–326, 1990.

MORGAN, J. B. et al. Meat tenderness and the calpain proteolytic system in longissimus muscle of young bulls and steers. **Journal of Animal Science**, Savoy, v. 71, p. 1471-1476, 1993.

MORRIS, C. A. et al. Genotypic effects of calpain 1 and calpastatin on the tenderness of cooked M. longissimus dorsi steaks from Jersey · Limousin, Angus and Hereford-cross cattle. **Animal Genetics**, Oxon, v. 37, p. 411– 414, 2006.

MÜLLER, L. **Normas para avaliação de carcaças e concurso de carcaça de novilhos**. 2.ed. Santa Maria: Universidade Federal de Santa Maria, 1987. 31p.

NATIONAL CATTLEMEN'S BEEF ASSOCIATION. **Iron in Human Nutrition**. Chicago: National Cattlemen's Beef Association, 1998.

NATIONAL CATTLEMEN'S BEEF ASSOCIATION. **Zinc in Human Nutrition**. Chicago: National Cattlemen's Beef Association, 1997.

NOGUEIRA, A. A. Perspectivas da pecuária de corte brasileira. In: INTERNATIONAL MEAT CONFERENCE, 2007, São Paulo. Palestra.

NOTTER, D. R.; CUNDIFF, L. V. Across-breed expected progeny differences: use of within-breed expected progeny differences to adjust breed evaluations for sire sampling and genetic trend. **Journal of Animal Science**, Savoy, v. 69, p. 4763–4776, 1991.

NOVAKOFSKI, J.; BREWER, S. The Paradox of Toughening during the aging of tender steaks. **Journal of Food Science**, London, v. 71, p. 473-479, 2006.

NUNEZ-DOMINGUEZ, R.; VAN VLECK, L. D.; CUNDIFF, L. V. Breed comparisons for growth traits adjusted for withinbreed genetic trend using expected progeny differences. **Journal of Animal Science**, Savoy, v.71, p.1419–1428, 1993.

O'CONNOR, S. F. et al. Genetic effects on beef tenderness in *Bos indicus* composite and *Bos taurus* cattle. **Journal of Animal Science**, Savoy, v.75, p. 1822–1830, 1997.

ODDY, V. H. et al. Nutritional and developmental effects on the intrinsic properties of muscles as they relate to the eating quality of beef. **Australian Journal of Experimental Agriculture**, Victoria, v. 41, p. 921–942, 2001.

OUALI, A. Meat tenderization: possible causes and mechanisms. A review. **Journal of Muscle Foods**, Oxon, v. 1, p. 129, 1990.

OUALI, A. Sensitivity to ionic strength of Mg-Ca enhanced ATPase activity as an index of myofibrillar ageing in beef. **Meat Science**, Oxon, v. 11 p. 79, 1984.

OUALI A.; TALMANT, A. Calpains and Calpastatin Distribution in Bovine, Porcine and Ovine Skeletal Muscles. **Meat Science**, Oxon, v. 28, p.331-348, 1990.

Ouali, A. et al. Effect of muscle proteinases on fast and slow myosins. Relationship with postmortem proteolysis in muscles of variable contractility. **Reproduction and Nutritional Development**, Les Ulis Cedex, v. 28, p. 93- 99, 1988.

OZAWA, S. et al. The characteristics of muscle fiber types of longissimus thoracis muscle and their influences on the quantity and quality of meat from Japanese Black steers. **Meat Science**, Oxon, v. 54, p. 65 – 70, 2000.

PARRISH, F.C. et al. CAF activity, calcium concentration, and the 30.000-dalton component of tough and tender bovine longissimus muscle. **Journal of Food Science**, London, v. 46, p. 308-309, 1981.

PARRISH, F. C., Jr. et al. Effect of postmortem conditions on certain chemical, morphological and organoleptic properties of bovine muscle. **Journal of Food Science**, London, v. 38, p. 690, 1973.

PEREIRA, A.S.C. **Características qualitativas da carcaça e da carne das progênies de touros representativos da raça Nelore (*Bos indicus*) e de diferentes grupos genéticos**. 2006. 115 f. Tese (Doutorado em Zootecnia) – Faculdade de Zootecnia e Engenharia de Alimentos, Universidade de São Paulo, Pirassununga, 2006.

PRICE, M.A.; YATES, N.T.M. Growth rates and carcass characteristics in steers and partial castrates. In: **MEAT Production from Entire Male Animals**. London: Churchill, 1969.

PRINGLE, T. D. et al. Carcass characteristics, the calpain proteinase system, and aged tenderness of Angus and Brahman crossbred steers. **Journal of Animal Science**, Savoy, v. 75, p. 2955–2961, 1997.

PURCHAS, R. W. The relative importance of some determinants of beef tenderness. **Journal of Food Science**, London, v. 37, p. 341, 1972.

PURCHAS, R. W.; AUNGSUPAKORN. R. Further Investigations into the Relationship between Ultimate pH and Tenderness for Beef Samples from Bulls and Steers. **Meat Science**, Oxon, v. 34, p. 163-178, 1993.

PURCHAS, R. W. An assessment of the role of pH differences in determining the relative tenderness of meat from bulls and steers. **Meat Science**, Oxon, v. 27, p. 129, 1990.

REALINI, C.E. et al. *Gluteus medius* and rump fat depths as additional live animal ultrasound measurements for predicting retail product and trimmable fat in beef carcasses. **Journal of Animal Science**, Savoy, v.79, n.6, p.1378-1385, 2001.

REECY, J.M.; SPURLOCK, D. M.; STAHL, C. H. Gene expression profiling: insights into skeletal muscle growth and development. **Journal of Animal Science**, Savoy, v. 84, p. 150-154, 2006.

RENERRE, M. Effects of age and slaughter weight on the colour of beef (Friesian and Charolais breeds). **Sciences des Aliments**, Cachan, v.2, p. 17, 1982.

RENERRE, M. Influence de facteurs biologiques et technologiques sur la couleur de la viande bovine. **Bulletin Technique C.R.Z.V**, Theix, v. 65, p. 41-45, 1986.

RENERRE, M. ; LABAS, R. Biochemical factors influencing metmyoglobin formation in beef muscles. **Meat Science**, Oxon, v.19, p.151-165, 1987.

REZENDE, F.M et al. Efeito de touro sobre a qualidade de carne de machos não-castrados da raça Nelore. In. REUNIÃO ANUAL DA SOCIEDADE BRASILEIRA DE ZOOTECNIA, 44., 2007, Jaboticabal. **Anais...** Jaboticabal: Unesp, 2007.

REZENDE, F.M et al. Influência de polimorfismos genéticos associados aos genes do sistema calpaína-calpastatina e receptor de leptina sobre características de carcaça avaliadas por ultra-som em bovinos da raça Nelore. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE CIÊNCIA E TECNOLOGIA DE CARNES, 4., 2007, Campinas. **Anais...** Campinas: Unicamp, 2007.

RIBEIRO, F. G. et al. Características da Carcaça e Qualidade da Carne de Tourinhos Alimentados com Dietas de Alta Energia. **Revista Brasileira de Zootecnia**, Viçosa, v. 31, p.749-756, 2002.

RILEY, D. G. et al. Estimated genetic parameters for carcass traits of Brahman cattle. **Journal of Animal Science**, Savoy, v. 80, p. 955–962, 2002.

RILEY, D. G. et al. Effect of sire on  $\mu$ - and m-calpain activity and rate of tenderization as indicated by myofibril fragmentation indices of steaks from Brahman cattle. **Journal of Animal Science**, Savoy, v. 81, p. 2440–2447, 2003b.

RILEY, D. G. et al. Estimated genetic parameters for palatability traits of steaks from Brahman cattle. **Journal of Animal Science**, Savoy, v. 81, p. 54–60, 2003a.

RILEY, D. G. et al. Factors influencing tenderness in steaks from Brahman cattle. **Meat Science**, Oxon, v. 70, p. 347–356, 2005.

RINCKER, C.B. et al. Relationship among GeneSTAR marbling marker, intramuscular fat deposition, and expected progeny differences in early weaned Simmental steers. **Journal of Animal Science**, Savoy, v. 84, p. 686-693, 2006.

ROBINSON, D. L. et al. Genetic and environmental influences on beef tenderness. **Australian Journal of Experimental Agriculture**, Victoria, v. 41, p. 997–1004, 2001.

ROBSON, R. M. et al. Role of new cytoskeletal elements in maintenance of muscle integrity. **Food Biochemistry**, Trumbull, v. 8, p. 01, 1984.

SAINZ, R.D.; MAGNABOSCO, C.U.; MANICARDI, F. **Projeto OB-Choice**: Genética para melhorar a qualidade da carne brasileira. [S.l.: s.n.], 2005. 3º Seminário da Marca OB. 16p.

SANTIAGO, A. A. **Gado Nelore**: 100 anos de seleção. São Paulo: Ed. Dos Criadores, 1987.

SAS INSTITUTE, INC. **SAS/STAT user's guide: Release 9.1**. 3 ed. SAS Institute, Inc., Cary, NC, 2003.

SAPP, R. L. et al. Effects of selection for ultrasound intramuscular fat percentage in Angus bulls on carcass traits of progeny. **Journal of Animal Science**, Savoy, v. 80, p. 2017–2022, 2002.

SCHENKEL, F. S.; MILLER, S. P.; WILTON, J. W. Genetic parameters and breed differences for feed efficiency, growth, and body composition traits of young beef bulls. **Canadian Journal of Animal Science**, Ontario, v. 84, p. 177–185, 2004.

SCHWARTZ, W. N.; BIRD, J. W. C. Degradation of myofibrillar proteins by cathepsins B and D. **Biochemical Journal**, London, v. 167, p. 811, 1977.

SEIDEMAN, S. C. ; CROUSE, J. D. The effects of sex condition, genotype and diet on bovine muscle fiber characteristics. **Meat Science**, Oxon, v.17, p. 55, 1986.

SHACKELFORD, S. D. et al. An evaluation of tenderness of the longissimus muscle of angus by hereford versus brahman crossbred heifers. **Journal of Animal Science**, Savoy, v. 69, p. 171-177, 1991.

SHACKELFORD, S. D. et al. Heritabilities and phenotypic and genetic correlations for bovine postrigor calpastatin activity, intramuscular fat content, Warner-Bratzler shear force, retail product yield, and growth rate. **Journal of Animal Science**, Savoy, v. 72, p. 857-863, 1994.

SHACKELFORD, S. D. et al. Predicting beef carcass cutability. **Journal of Animal Science**, Savoy, v. 73, p. 406-413, 1995.

SHACKELFORD, S. D. ; WHEELER, L.; KOOHMARAIE. M. Relationship between Shear Force and trained sensory panel tenderness ratings of 10 major muscles from *Bos indicus* and *Bos taurus* Cattle. **Journal of Animal Science**, Savoy, v. 73, p. 3333–3340, 1995.

SHERBECK, J. A. et al. Effect of phenotypic expression of Brahman breeding on marbling and tenderness traits. **Journal of Animal Science**, Savoy, v. 74, p. 304–309, 1996.

SHORTHOSE, W. R.; HARRIS, P. V. Effects of growth and composition on meat quality. In: **GROWTH regulation in farm anim.** London: Elsevier Applied Science, 1991. p.515-555.

SILVA, R. C. G. Associação entre marcadores moleculares ligados ao gene da leptina e características de carcaça obtidas *in vivo* por ultra-sonografia em bovinos da raça Nelore. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE CIÊNCIA E TECNOLOGIA DE CARNES, 4., 2007, Campinas. **Anais...** Campinas: Unicamp, 2007.

SMITH, T. et al. Genetic parameters for growth and carcass traits of Brahman steers. **Journal of Animal Science**, v. 85, p. 1377-1384, 2007

SMITH, T. P.L. et al. Theory and application of genome-based approaches to improve the quality and value of beef. **Outlook on agriculture**, v. 32, p. 253–265, 2003.

SMULDERS, F. J. M.; VAN LAACK, R. L. J. M. Colour and colour stability of hamburgers prepared from electrically stimulated, hot vs cold boned, closely trimmed beef. **Proceedings... ICoMST**, **35**. p. 1168 -169, 1989.

SMITH, G. C. et al. Relationship of USDA marbling groups to palatability of cooked beef. **Journal of Food Quality**, Oxford, v. 7, p. 289- 308, 1985.

STEINER, R. et al. Accuracy and repeatability of beef carcass longissimus muscle area measurements<sup>1</sup>. **Journal of Animal Science**, Savoy, v. 81, p. 1980–1988, 2003.

TAROUCO, J.U. et al. Comparação entre medidas ultra-sônicas e da carcaça na predição da composição corporal em bovinos. Estimativas do peso e da porcentagem dos cortes comerciais do traseiro. **Revista Brasileira de Zootecnia**, Viçosa, v.36, p.2092-2101, 2007.

SWATLAND, H. J. A review of meat spectrophotometry (300 to 800 nm). **Canadian Institute of Food Science and Technology**, Chicago, v. 22, p. 390-402, 1989.

TARRANT, P. V. **The problem of dark cutting beef**. Martinus Nijhoff: The Hague, 1981.

TATUM, J. D. et al. Identification of quality management practices to reduce the incidence of retail beef tenderness problems: Development and evaluation of a prototype quality system to produce tender beef. **Journal of Animal Science**, Savoy, v. 77, p. 2112–2118, 1999.

TATUM, J. D. et al. Carcass characteristics, time on feed and cooked beef palatability attributes. **Journal of Animal Science**, Savoy, v. 50, p. 833, 1980.

TATUM, J. D.; WILLIAMS, JR., F. L.; BOWLING, R. A. Effects of feeder-cattle frame size and muscle thickness on subsequent growth and carcass development. III. Partitioning of separable carcass fat. **Journal of Animal Science**, Savoy, v. 62, p.132, 1986.

TAYLOR, R. G. Is Z-disk degradation responsible for postmortem tenderization. **Journal of Animal Science**, Savoy, v. 73, p. 1351-1367, 1995.

THÉNARD, V. et al. Roux Grass steer production system to improve carcass and meat quality. **Livestock Science**, Amsterdam, v. 105, p.185–197, 2006.

UNRUH, I. A.; GRAY, D. G.; DIKEMAN, M. E. Implanting young bulls with Zeranol from birth to four slaughter ages: E. Carcass quality, palatability and muscle-collagen characteristics. **Journal of Animal Science**, Savoy, v.62, p.388, 1986.

USDA. **Official United States standards for grades of carcass beef**. Washington, D.C.: Agric. Marketing Serv, 1999.

VAN VLECK, L. D. et al. Cross-breed adjustment factors for expected progeny differences for carcass traits. **Journal of Animal Science**, Savoy, v. 85, p.1369–1376, 2007.

VAN VLECK, L. D. et al. Estimated breeding values for meat characteristics of crossbred cattle with an animal model. **Journal of Animal Science**, Savoy, v.70, p. 363–371, 1992.

VAZ, F.N.; RESTLE, J. Ganho de peso antes e após os sete meses no desenvolvimento e nas características de carcaça e carne de novilhos Charolês abatidos aos dois anos. **Revista Brasileira de Zootecnia**, Viçosa, v.32, p.699-708, 2003.

VIDALENC, P. et al. Stability of two Ca<sup>2+</sup>-dependent neutral proteinases and their specific inhibitor during post-mortem storage of rabbit muscle. **Journal of Science Food and Agriculture**, Sussex, v. 34, p. 1241-1250, 1983.

VIESELMAYER, B. A. Use of Expected Progeny Differences for Marbling in Beef: I. Production Traits. **Journal of Animal Science**, Savoy, v. 74, p.1009–1013, 1996.

WALLACE, W. J. et al. Mechanism of autoxidation for hemoglobins and myoglobins. **Journal of Biological Chemistry**, Bethesda, v. 257, p. 4966–4977, 1982.

WARRIS, P.D. **Meat Science: An introductory Text**. New York: CABI International, 2000.

WHEELER, T. L ; KOOHMARAIE, M. Effects of the P-Adrenergic Agonist L644,969 on Muscle Protein Turnover, Endogenous Proteinase Activities, and Meat Tenderness in Steers. **Journal of Animal Science**, Savoy, v. 70, p. 3035-3043, 1992.

WHEELER, T. L., AND M. KOOHMARAIE. Prerigor and postrigor changes in tenderness of ovine longissimus muscle. **Journal of Animal Science**, Savoy, v. 72, p.1232-1238, 1994.

WHEELER, T. L. et al. Mechanisms associated with the variation in tenderness of meat from brahman and hereford cattle. **Journal of Animal Science**, Savoy, v. 68, p. 4206-4220, 1990.

WHEELER, T. L.; SHACKELFORD, S. D.; KOOHMARAIE, M.. Sampling, Cooking, and Coring Effects on Warner-Bratzler Shear Force Values in Beef. **Journal of Animal Science**, Savoy, v. 74, p. 1553–1562, 1996.

WHIPPLE, G.; M. KOOHMARAIE. Degradation of myofibrillar proteins by extractable lysosomal enzymes and m-calpain, and the effects of zinc chloride. **Journal of Animal Science**, Savoy, v. 69, p. 4449-4460, 1991.

WHIPPLE, G.; KOOHMARAIE, M. Effects of lamb age, muscle type, and 24-hour activity of endogenous proteinases on postmortem proteolysis. **Journal of Animal Science**, Savoy, v.70, p. 798-804, 1992.

WHIPPLE, G. et al. Predicting beef-longissimus tenderness from various biochemical and histological muscle traits. **Journal of Animal Science**, Savoy, v. 68, p. 4193-4199, 1990.

WHIPPLE, G. et al. A comparison of *Bus indicus* and *Bos taurus* breeds. II. Calcium-dependent protease (CDP) and catheptic enzyme proteolytic activity. **Journal of Animal Science**, Savoy, v. 67, p. 180, 1989.

WHIPPLE, G. et al. Predicting beef-longissimus tenderness from various biochemical and histological muscle traits. **Journal of Animal Science**, Savoy, v. 68, p. 4193–4199, 1990.

WHIPPLE, G. et al. Evaluation of attributes that affect longissimus muscle tenderness in bos taurus and bos /nd/cus cattle. **Journal of Animal Science**, Savoy, v. 68, p. 2716-2728, 1990.

WILLIAMS, S. E. et al. Role of calpains and calpastatin activity in aged tenderness of Angus and Brahman crossbred steers. **Journal of Animal Science**, Savoy, v. 72, p. 328, 1994.

WU, P. Y.; SMITH, S. B. Ionic strength and myofibrillar protein solubilization. **Journal of Animal Science**, Savoy, v. 65, p.597, 1987.

WULF, D. M. et al.. Using objective measures of muscle color to predict beef longissimus tenderness. **Journal of Animal Science**, Savoy, v. 75, p. 684–692, 1997.

WULF, D. M. ; PAGE, J. K. Using measurements of muscle color, pH, and electrical impedance to augment the current USDA beef quality grading standards and improve the accuracy and precision of sorting carcasses into palatability groups. **Journal of Animal Science**, Savoy, v. 78, p. 2595–2607, 2000.

WULF, D. M. et al. Genetic influences on beef longissimus palatability in Charolais- and Limousin-sired steers and heifers. **Journal of Animal Science**, Savoy, v. 74, p. 2394–2405, 1996.

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

YURAWECZ, M.P. et al. **Advances in Conjugated Linoleic Acid Research**. Champaign, IL: AOCS Press, 1999.

ZEECE, M. G. et al. Effect of calcium activated protease (CAF) on bovine myofibrils under different conditions of pH and temperature. **Journal of Food Science**, London, v. 51, p.797-803, 1986.

ZHU, L. G.; BREWER, M. S.. Relationship between instrumental and visual color in a raw, fresh beef and chicken model system. **Journal of Muscle Foods**, Oxon, v.10, p. 131-146, 1999.