

UNIVERSIDADE ESTADUAL DE CAMPINAS
Faculdade de Engenharia de Alimentos
Departamento de Tecnologia de Alimentos

Influência da suplementação com vitamina D₃ e do sistema de resfriamento da carne bovina sobre as características físicas, químicas e sensoriais do contrafilé (músculo *Longissimus dorsi*)

Dissertação apresentada à
Faculdade de Engenharia de
Alimentos da Universidade Estadual
de Campinas para obtenção do
título de Mestre em Tecnologia de
Alimentos

Deyse Marilda Kabeya
Médica Veterinária

Profa. Dra. Mirna Lúcia Gigante
Orientadora
Coordenadora da Comissão de Pós-Graduação

Campinas – SP
2007

FICHA CATALOGRÁFICA ELABORADA PELA
BIBLIOTECA DA FEA – UNICAMP

H124s

Kabeya, Deyse Marilda

Influência da suplementação com vitamina D₃ e do sistema de resfriamento da carne bovina sobre as características físicas, químicas e sensoriais do contrafilé (músculo *Longissimus dorsi*) /Deyse Marilda Kabeya. – Campinas, SP: [s.n.], 2007.

Orientador: Mirna Lúcia Gigante
Dissertação (mestrado) – Universidade Estadual de Campinas. Faculdade de Engenharia de Alimentos.

1. Vitamina D. 2. Carne - Qualidade. 3. Maciez. 4. Resfriamento. I. Gigante, Mirna Lúcia. II. Universidade Estadual de Campinas. Faculdade de Engenharia de Alimentos. III. Título.

(ckn/fea)

Titulo em ingles: The influences of supplemental with vitamin D₃ and cooling systems of bovine meat on physical, chemical and sensory of beef strip loin (MM. *Longissimus dorsi*)

Palavras-chave em inglês (Keywords): Vitamin D, Meat – Quality, Tenderness, Cooling

Titulação: Mestre em Tecnologia de Alimentos

Banca examinadora: Mirna Lúcia Gigante

José Cezar Panetta

Renata Maria dos Santos Celeghini

Helena Maria André Bolini

Programa de Pós-Graduação: Programa em Tecnologia de Alimentos

BANCA EXAMINADORA

**Profa. Dra. Mirna Lúcia Gigante
FEA/DTA – UNICAMP
Presidente**

**Pesquisadora Renata Maria dos Santos Celeghini
FEA/DTA – UNICAMP
Membro**

**Prof. Dr. José Cezar Panetta
FMVZ – USP
Membro**

**Profa. Dra. Helena Maria André Bolini
FEA/DEPAN – UNICAMP
Membro**

AGRADECIMENTOS

Em especial a Deus e a Nossa Senhora, pela vida.

A minha família pelo amor, dedicação e compreensão incondicional.

À UNICAMP, em especial à Faculdade de Engenharia de Alimentos e ao Departamento de Tecnologia de Alimentos, pela acolhida e pela estrutura oferecida para o desenvolvimento do trabalho.

À Prof^a Dr^a Mirna Lúcia Gigante pela orientação, que muito contribuiu para minha formação profissional e pessoal, e, principalmente, pelo respeito, paciência e compreensão comigo.

Aos membros da banca examinadora, pelo tempo dedicado na avaliação deste trabalho e pelas valiosas sugestões, que enriqueceram o mesmo e contribuíram imensamente para o aperfeiçoamento técnico da autora.

Ao CnPq pela concessão da bolsa de mestrado.

À Prof^a Dr^a Helena Maria André Bolini Cardello, pelo apoio e compreensão durante todo este período.

Ao Prof. Dr. Pedro Eduardo de Felício, pela orientação concedida no início do mestrado, que foi imprescindível na realização deste projeto.

À Agropecuária Comercial Conquista, Jaú – SP, pela viabilização do projeto de pesquisa em suas instalações e também a todos os seus funcionários pelo respeito e carinho que me acolheram em todo o período.

Ao sr. Maurício Teodoro de Souza Filho, diretor da Agropecuária Conquista, Jaú - SP, pela decisiva contribuição ao trabalho científico, respeito e confiança.

Ao Prof. Dr. Dante Pazanezze Lanna, da Faculdade de Zootecnia, ESALQ/ USP, Piracicaba – SP, pela valiosa sugestão sem a qual não teria iniciado este projeto.

Ao sr. Maurício Pratas, da Roche, pelo fornecimento do produto Rovimix®

Ao Prof. Dr. Eduardo Francesquine Delgado, da Faculdade de Zootecnia da ESALQ/ USP, Piracicaba – SP, pelo tempo dedicado na avaliação do projeto.

A pesquisadora Kátia Maria Bittencourt Cipolli, do APTA, pelo tempo dedicado na avaliação deste trabalho e pelas valiosas sugestões concedidas.

Ao Prof. Lincoln Neves e ao Prof. Dr. Vivaldo, da FEA/DEA, pela concessão de equipamentos para a coleta de dados na câmara fria.

Ao Prof. Dr. Bento da Costa Carvalho Júnior pelo apoio.

Ao matadouro-frigorífico MARFRIG Ltda, pela disponibilização da planta de abate e câmara fria para a realização deste experimento.

Aos funcionários do MARFRIG: Adriano (setor de abate), Augusto (setor de porcionados), Gilson Santos (setor do tendal), César (na desossa), Sidney e Marcelo (na pesagem das carcaças), João (identificação dos cortes) e Rocha (na câmara fria de maturação), e funcionários que foram fundamentais na colaboração na coleta de dados.

Aos funcionários da Nelore: Guilherme e Ricardo, pelo apoio estratégico no MARFRIG na coleta de dados.

Ao sr. José Roberto dos Santos, técnico do laboratório de Tecnologia de Carnes e Processos da FEA/DTA/UNICAMP, por todo o seu apoio, incentivo e valiosas sugestões que enriqueceram o trabalho e o conhecimento técnico da autora.

À Judite Lapa Guimarães, técnica do laboratório de Tecnologia de Carnes e Processos da FEA/DTA/UNICAMP, pela inestimável colaboração na realização das análises, paciência e dedicação.

À Luciana Myiagusku, pesquisadora do Centro de Tecnologia do ITAL, pela sugestão e concessão das embalagens plásticas de poliestireno.

Aos amigos queridos: Andrea Troller Pinto, prof^a. da Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Ana Maria dos Santos, técnica do Laboratório de Graduação, Guillaume Mazal, Catherine Jacqueline Brabet, pesquisadora do CIRAD, Cibele Cristina Osawa, Elias Monteiro Júnior, Ana Cecília Del Claro, Priscila Aoki, Maria de Fátima Borges, pesquisadora da Embrapa/Fortaleza, Renata Torrezan, pesquisadora da Embrapa/RJ, Ricardo Targino Moreira, prof. da Universidade Federal da Paraíba, Gina Maria Bueno Quirino, pesquisadora do Lafise do ITAL, Manuel Pinto, pesquisador do CTC/ ITAL e, Geraldo Ramos Falci Júnior, pela amizade que tornou inesquecível nosso tempo no curso.

Ao sr. Cosme Perota, secretário de Pós-Graduação, pelo apoio.

Ao sr. Estefane Garcia, diretor do Centro de Informática da FEA, pelo apoio.

Ao sr. Osvaldo, da Agropecuária Conquista, por me chamar de “jovem”.

Aos servidores da UNICAMP, em especial a FEA, pelo exemplar sentido que dão ao serviço público.

Sendo impossível citar todos os nomes, agradeço a todos que, de alguma forma, cooperaram para realização deste trabalho e torceram pelo meu sucesso.

***“Viver é afinar um instrumento,
A toda hora,
A todo momento,
De dentro pra fora,
De fora pra dentro...”***
Walter Franco

SUMÁRIO

SUMÁRIO	ix
LISTA DE TABELAS	xv
LISTA DE FIGURAS	xix
RESUMO	xxi
ABSTRACT	xxiii
1 – INTRODUÇÃO	1
2 – OBJETIVOS ESPECÍFICOS	4
3 – REVISÃO DE LITERATURA	7
3.1 – Seleção de bovinos de corte para peso e qualidade da carcaça	7
3.2 – Bovinos machos inteiros	10
3.3 – Vitamina D ₃ no metabolismo animal	13
3.4 – Papel do cálcio na carne	15
3.5 – Resíduos de vitamina D ₃ e a saúde humana	16
3.6 – Vitamina D ₃ e maciez da carne	16
3.7 – Efeito do resfriamento na maciez	20
3.8 – Análise sensorial	24
3.9 – Avaliação da maciez	27
3.10 – Cor da carne	29
4 – MATERIAL E MÉTODOS	33
4.1 – Criação	33
4.2 – Tratamento dos tourinhos no confinamento (I)	34
4.3 – Abate	36

4.4 – Tratamentos das meias carcaças no frigorífico (II)	38
4.4.1 – Resfriamento lento	39
4.4.2 – Resfriamento convencional	39
4.5 – Pesagem e avaliação das meias carcaças	39
4.6 – Coleta das amostras	40
4.7 – Exposição em balcão refrigerado	41
4.8 – Cozimento	42
4.9 – Análise de textura instrumental	42
4.10 – Análise sensorial	43
4.11 – Avaliação objetiva da cor	45
4.12 – Avaliação sensorial da cor	46
4.13 – Determinação do pH	48
4.14 – Determinação da área de olho de lombo e espessura de gordura	49
4.15 – Determinação de umidade, lipídios, cinzas e cálcio	50
4.16 – Perda de peso por cocção	51
4.17 – Análise estatística	51
5 – Resultados e discussão	52
5.1. Métodos de resfriamento e redução de temperatura e pH	52
5.2. Características da carcaça	57
5.2.1. Ganho de peso diário e peso	57
5.2.2. Área de olho de lombo e Espessura de gordura de cobertura	58
5.2.3. Composição centesimal	60
5.2.5. Perda de peso das meias carcaças por evaporação	62

5.3. Avaliação da perda de peso por cocção e da força de cisalhamento	62
5.4. Análise objetiva da cor	64
5.5. Análise sensorial	69
5.6. Análise sensorial da cor	70
6 – CONCLUSÕES	72
7. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	73
8. ANEXOS	89
Anexo 1	90
Anexo 2	91
Anexo 3	92
Anexo 4	93

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 - Composição percentual da primeira ração (matéria seca)	35
Tabela 2 – Composição percentual da segunda ração (matéria seca).	36
Tabela 3 – Redução média do pH e da temperatura (°C) do músculo <i>Longissimus dorsi</i> dos diferentes tratamentos.	52
Tabela 4 – Valores médios de temperatura (°C) na 2 ^a , 8 ^a e 24 ^a hora e 14 ^o dia <i>post mortem</i> nas meias carcaças bovinas (<i>Bos indicus</i>) submetidas aos diversos tratamentos.	55
Tabela 5 – Valores de pH na 2 ^a , 8 ^a e 24 ^a hora e 14 ^o dia <i>post mortem</i> nas meias carcaças bovinas (<i>Bos indicus</i>) submetidas aos diversos tratamentos.	56
Tabela 6 – Valores médios das características de carcaças de animais <i>Bos indicus</i> suplementados com vitamina D ₃ e não (controle) por 7 dias consecutivos antes do abate.	57
Tabela 7 – Valores médios de AOL e EGC obtidos de meias carcaças de <i>Bos indicus</i> , submetidas ao resfriamento lento com e sem suplementação de vitamina D ₃ por 7 dias consecutivos antes do abate.	59
Tabela 8 – Valores médios de composição centesimal e erro padrão do músculo <i>Longissimus dorsi</i> de animais da raça Nelore, inteiros, com 2 anos de idade.	60
Tabela 9 – Perdas de peso por evaporação (%) durante o resfriamento das meias carcaças bovinas (<i>Bos indicus</i>) submetidas aos diversos tratamentos.	62
Tabela 10 - Valores médios de perda de peso por cocção (%) e da força de cisalhamento (Kgf) em bifes de contrafilé (m. <i>L. dorsi</i>) submetidos aos diferentes tratamentos	63
Tabela 11 – Valores médios dos parâmetros L*, a* e b* do m. <i>Longissimus dorsi</i> submetidos aos diferentes tratamentos.	65

Tabela 12 – Valor médio de ΔE^*_{ab} do músculo <i>Longissimus dorsi</i> submetido aos diferentes tratamentos	66
Tabela 13 – Valores médios das características de aroma, maciez, sabor, suculência e impressão global da análise sensorial do músculo <i>Longissimus dorsi</i> submetido aos diferentes tratamentos após 14 dias <i>post mortem</i> .	70
Tabela 14 – Valor médio dos dados de caracterização de cor da carne submetido a diferentes tratamentos.	71

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 – Exposição das amostras em balcão refrigerado	41
Figura 2 – Ficha utilizada na avaliação sensorial da carne	44
Figura 3 – Ficha utilizada na avaliação sensorial da cor carne	47
Figura 4 – Padrão de cor de carne de cordeiro.	48
Figura 5 – Local de mensuração da espessura de gordura de cobertura (EGC) no músculo <i>Longissimus dorsi</i> entre a 12 ^a e a 13 ^a costela com paquímetro (A) e representação esquemática do local da mensuração a $\frac{3}{4}$ do <i>Longissimus dorsi</i> (B).	49
Figura 6 – Medida da área de olho de lombo em decalque por planímetro.	50
Figura 7 – Gráfico das médias de temperatura ($^{\circ}\text{C}$) (a) e de pH (b) do músculo <i>Longissimus dorsi</i> até 24 horas <i>post mortem</i> .	53
Figura 8 – Gráfico da variação de cor (ΔE) da amostra controle com resfriamento lento (CRL), durante 5 dias de armazenamento em gôndola refrigerada sob iluminação artificial fluorescente (1000-1500 lux). Amostras expostas a estas condições após 14 dias de maturação (tempo zero e o padrão de cor).	67
Figura 9 – Gráfico da variação de cor (ΔE) da amostra suplementada, com resfriamento lento (DRL), durante 5 dias de armazenamento em gôndola refrigerada sob iluminação artificial fluorescente (1000-1500 lux). Amostras expostas a estas condições após 14 dias de maturação (tempo zero e o padrão de cor).	68
Figura 10 – Gráfico da variação de cor (ΔE) da amostra controle, com resfriamento convencional (CRC), durante 5 dias de armazenamento em gôndola refrigerada sob iluminação artificial fluorescente (1000-1500 lux). Amostras expostas a estas condições após 14 dias de maturação (tempo zero e o padrão de cor).	68
Figura 11 – Gráfico da variação de cor (ΔE) da amostra suplementada, com resfriamento convencional (DRC), durante 5 dias de armazenamento em gôndola refrigerada sob iluminação artificial fluorescente (1000-1500 lux). Amostras expostas a estas condições após 14 dias de maturação (tempo zero e o padrão de cor).	69

RESUMO

Carne *in natura* é um produto amplamente consumido como fonte de proteína animal e sua produção é alvo de esforços na busca e manutenção de qualidade, desde a criação dos animais até a mesa do consumidor. Os objetivos deste trabalho foram: 1) avaliar o efeito da suplementação da ração dos animais com a vitamina D₃ sobre características de qualidade da carcaça e sobre a composição centesimal do contrafilé; 2) avaliar o efeito da suplementação da ração com a vitamina D₃ e do tipo de resfriamento sobre o comportamento de pH, perda de peso das carcaças, perda de peso por cocção, maciez, cor e características sensoriais do contrafilé. Foram abatidos dois lotes de 18 bovinos, machos inteiros, da raça Nelore, de aproximadamente 24 meses, terminados em confinamento, sendo que um dos lotes foi suplementado por via oral com 0,5 milhão de UI de vitamina D₃ animal/dia durante os 7 dias antes do abate. Após o abate, as meias carcaças foram submetidas a 2 tipos de resfriamento (convencional por 24 horas, e lento por 8 horas, seguidas do resfriamento convencional). A suplementação da ração com a vitamina D₃ não afetou significativamente o ganho de peso e a espessura de gordura de cobertura das carcaças, entretanto, diminuiu sua área de olho de lombo. As carcaças dos animais suplementados com a vitamina D₃ apresentaram menor umidade e maior teor de lipídeos do que as carcaças controle. A suplementação dos animais com a vitamina D₃ e o tipo resfriamento não afetaram o comportamento de redução do pH. As carcaças dos animais controle, submetidas ao resfriamento lento, apresentam a maior perda peso por evaporação durante o resfriamento. Os tratamentos não afetaram a perda de peso, a maciez, a cor e as características sensoriais do contrafilé. Para todos os parâmetros avaliados sensorialmente (aroma, maciez, sabor, suculência e impressão global) as notas atribuídas pelos provadores ficaram em torno de 6 (gostei ligeiramente). Todos os bifes apresentaram alteração de cor semelhante, tanto avaliada instrumentalmente como sensorialmente, quando expostos em balcão refrigerado sob iluminação fluorescente, embalados em bandejas de poliestireno cobertas com filme plástico permeável ao oxigênio após 14 dias de maturação.

ABSTRACT

Meat *in natura* is a widely consumed product as animal protein source and its production is white of efforts in the search and maintenance of quality of meat, since the production of the animals until the table of the consumer. The objectives of this experiment were: 1) to evaluate the effect of vitamin D₃ supplementation on the gain weight, longissimus muscle area and fat thickness of the carcasses and centesimal composition of beef strip loin; 2) to evaluate the effect of vitamin D₃ supplementation and the type of cooling on the behavior of pH and loss of weight of the carcasses and loss of weight, tenderness, color and sensory characteristics of strip loin beef. Two lots of intact male, nearly 24 months old, grain finished cattle, of the Nelore race. Feedlot steers were supplemented with 0,5 million IU per head per day for seven consecutive days before slaughter. After slaughter, the half carcasses were submitted the 2 types of cooling (conventional cooling for 24 hours and slow cooling for 8 hours, followed of the conventional cooling for 16 hours). The supplementation with vitamin D₃ did not affect the purge loss weight and fat thickness of the carcasses significantly. The half carcasses proceeding from the supplementing steers had lesser longissimus muscle area and moisture content and higher fat content. The supplementation with vitamin D₃ and the type cooling did not affect the reduction of pH. The half carcasses of control steers were submitted to the slow cooling and had the highest the purge loss weight. The supplementation with vitamin D₃ and the type cooling did not affect the cooking loss, tenderness, color and sensory characteristics for strip loin beef (flavor, tenderness, juiciness and general evaluation). All the sensory attributes had gotten notes of evaluation around 6 (I liked slightly) by panelists. All the beef strip loin had presented alteration of similar color in the sensory and instrumental evaluations, when they were exposed in refrigerated display with fluorescent illumination, after 14 days of ageing.

1. INTRODUÇÃO

A pecuária de corte brasileira é uma importante atividade econômica, que tem alcançado índices de produtividade cada vez maiores. De janeiro a agosto de 2006, as exportações passaram de 1,49 milhão de toneladas de carne em equivalente carcaça para 1,54 milhão, um aumento de 3%, que gerou receitas de US\$ 2,4 bilhões, sendo 15,93% superior aos obtidos no mesmo período de 2005 (ABIEC, 2006).

Nos últimos anos, a cadeia produtiva da carne bovina contribuiu de forma expressiva para o superávit da balança comercial do agronegócio, com 8% das exportações agropecuárias, o que destacou o Brasil como um dos principais produtores e maior exportador mundial de carne bovina, superando a Austrália (MAPA, 2004). Esse crescimento reflete os inúmeros investimentos realizados em todos os setores de produção animal. No contexto das indústrias habilitadas para exportação, o melhoramento genético, o adequado manejo nutricional e a atenção ao status sanitário visam atender as exigências desse mercado em expansão.

A pecuária de corte é uma atividade desenvolvida em quase todo o território nacional, com ampla variedade de raças, sistemas de produção, índices de produtividade, condições sanitárias e sistemas de comercialização. Possui ainda baixos índices de produtividade por área e por animal quando comparados a outros países produtores (ANUALPEC, 2006).

Estima-se que 80% do rebanho bovino brasileiro seja constituído por animais da raça zebuína (*Bos indicus*), com predominância da raça Nelore e seus cruzamentos, devido à sua adaptabilidade às condições dos trópicos. As raças zebuínas, pura ou de cruzamento, são responsáveis por imprimir características indesejáveis aos cortes cárneos, como, por exemplo, a perda de maciez (CROUSE *et al.*, 1989; WHIPPLE *et al.*, 1990, DRANSFIELD, 1994; WHEELER *et al.*, 1994; KOOHMARAIE, 1994).

Além disso, o inadequado manejo *post mortem* pode invalidar o esforço por parte produtores que investem em progênes melhoradoras da raça Nelore para melhorar a eficiência e qualidade da carcaça (JORGE JÚNIOR *et al.*, 2001).

O processo de globalização tem provocado grandes mudanças em diversos setores do agronegócio e vem desafiando a produção de gado de corte para o estabelecimento de um moderno sistema de produção, competitivo e auto-sustentável, capaz de produzir, de forma eficiente, carne de qualidade a baixo custo, caracterizado pela tendência de redução do ciclo de produção. Para tanto, torna-se imprescindível à adoção de tecnologias adequadas a cada tipo de sistema produtivo, sendo o uso de animais de alto potencial genético, adaptados às condições tropicais brasileiras, em condições adequadas de manejo, uma alternativa (MACEDO *et al.*, 2001).

Na maioria das fazendas de pecuária de corte no Brasil, a pastagem é a única fonte de nutrição do rebanho, sendo, portanto, a suplementação alimentar imprescindível no ganho de peso diário, sobretudo no período de inverno, quando há um déficit protéico e energético da pastagem. Outra medida é o confinamento adotado como prática de terminação dos animais para atender as características de qualidade desejáveis da carcaça. Estas características são representadas pela melhoria no grau de acabamento e padronização do lote. Diante das mudanças que o sistema pecuário brasileiro vem sofrendo pelas grandes restrições impostas pelo mercado internacional e por clientes mais especializados, observou-se uma tendência de redução da idade de abate dos machos castrados, que passou, em média, de 44 para 35 e posteriormente para 27 a 22 meses (ANUALPEC, 2006; VAZ *et al.* 2002). Com o abate previsto para antes dos 2 anos, os animais têm sido abatidos inteiros por uma parcela de produtores, que visam associar maiores lucros e rendimento. Entretanto, essa prática tem encontrado resistência por parte dos frigoríficos que exigem a castração e aplicam o deságio nas carcaças dos animais inteiros. Além disso, os animais inteiros jovens e os criados a pasto apresentam como principal aspecto negativo a deficiência da gordura de cobertura da carcaça, o que leva a um maior escurecimento da parte externa dos músculos

durante o resfriamento, além de tornar a carcaça mais propensa a sofrer o encurtamento celular pela ação do frio, o que prejudica o seu aspecto e valor comercial (BOWLING *et al.*, 1978). Por outro lado, considerando a atual tendência em diminuir as calorias ingeridas, a pouca gordura de cobertura e intramuscular presente na carne dos animais inteiros é desejável pelo mercado consumidor.

Dentre os inúmeros fatores que influenciam a qualidade da carne bovina, a maciez é fundamental como característica sensorial nas carnes preparadas para consumo, sendo, juntamente com a cor, o fator determinante no momento da compra. Diversos autores relataram que a qualidade final da carne, em especial a maciez, pode ser influenciada por fatores *ante mortem* como raça, gênero, tempo de alimentação com grãos, idade, níveis de vitamina D₃ anterior ao abate, promotores de crescimento, manejo pré-abate, localização anatômica e função muscular, tipo e diâmetro da fibra muscular, teor de tecido conjuntivo, temperamento animal e seleção genética (LAWRIE, 2005). Diversos autores demonstraram que os fatores *post mortem* que podem afetar a qualidade da carne são: método de resfriamento (MAY *et al.*, 1992), velocidade de queda de pH muscular (MARSH *et al.*, 1987; WHIPPLE *et al.*, 1990), pH final (WATANABE, DALY, DEVINE, 1996; PAGE, WULF, SCHWOTZER, 2001), comprimento de sarcômero (KOOHMARAIE, 1994), tempo de maturação (LAWRIE, 2005), ação das enzimas do sistema calpaína (WHEELER *et al.*, 1994; SHACKELFORD, KOOHMARAIE, CUNDIFF, 1994), estimulação elétrica (HWANG, DEVINE, HOPKINS, 2003), estimulação elétrica e desossa a quente (CARDOSO, 2005) e modo de preparo pelo consumidor (SHACKELFORD *et al.*, 1995).

A maciez da carne é afetada pelo desenvolvimento do pH e pela velocidade de resfriamento da carcaça. O alto pH e a maior velocidade de resfriamento podem promover o encurtamento do sarcômero, conhecido como *cold shortening*, e afetar negativamente a maciez da carne (LOCKER e HAGYARD, 1963; THOMPSON, 2002).

Nesse sentido nas últimas décadas, pesquisas foram conduzidas empregando-se diversas técnicas para melhorar os níveis de qualidade desejados

pelo consumidor. Uma das alternativas tecnológicas mais difundidas e utilizadas pelas indústrias é o processo de maturação de cortes cárneos embalados a vácuo sob refrigeração, que pode melhorar em até 25% a maciez da carne. A eficácia da maturação é diminuída quando as carcaças forem provenientes de animais com mais de quatro anos ou que sofreram *cold shortening* rigoroso (FELÍCIO, 1997).

Pesquisas recente (MONTGOMERY *et al.*, 2000, 2004a,b; SWANEK *et al.*, 1999 a,b; SCANGA *et al.*, 2001) indicaram que o fornecimento de vitamina D₃ aos animais, por via oral, melhora a maciez e encurta os estágios de produção de carne. Segundo os autores, o fornecimento da vitamina D₃ estimula a absorção intestinal do cálcio pelo organismo animal. Este ativa as proteases cálcio-dependente (u- e m- calpaínas), permitindo uma ação prolongada das enzimas que são responsáveis pelo amaciamento da carne.

Face ao exposto, o objetivo geral do trabalho é avaliar os efeitos da suplementação com vitamina D₃ e do resfriamento na qualidade da carne bovina.

2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS

1. Avaliar o efeito da suplementação dos animais com a vitamina D₃ sobre o ganho de peso das carcaças e suas características baseadas na área de olhos de lombo e na espessura de gordura de cobertura;
2. Avaliar o efeito da suplementação dos animais com a vitamina D₃ sobre a composição centesimal do contrafilé (músculo *Longissimus dorsi*);
3. Avaliar o efeito da suplementação dos animais com a vitamina D₃ e do tipo de resfriamento sobre o comportamento de pH e perda de peso das carcaças;

4. Avaliar o efeito da suplementação dos animais com a vitamina D₃ e do tipo de resfriamento sobre a perda de peso por cocção, maciez e cor do contrafilé (músculo *Longissimus dorsi*)

5. Avaliar o efeito da suplementação dos animais com a vitamina D₃ e do tipo de resfriamento sobre as características sensoriais do contrafilé (músculo *Longissimus dorsi*)

3. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

3.1 Seleção de bovinos de corte para peso e qualidade da carcaça

A baixa lucratividade observada nos índices na pecuária de corte, a não uniformidade do rebanho e a pressão econômica afetam diretamente a cadeia produtiva exigindo sua reestruturação, com a procura de alternativas que proporcionem uma produção eficiente e viável. Nesse contexto, a seleção dos reprodutores assume grande importância (MACEDO *et al.*, 2001), pois o melhoramento genético pode influenciar os índices de produtividade, a partir do aumento da conversão alimentar, da precocidade e de alterações desejáveis das carcaças, com o cruzamento de diferentes raças ou pela seleção direta ou indireta de características relacionadas à qualidade (BONILHA, 2003), quando a criação é submetida a condições controladas de manejo (VAZ *et al.*, 2001).

Domingues (1977) afirma que a mais importante característica desejada na seleção é a precocidade do animal, ou seja, chegue mais cedo a determinado peso, para produção e reprodução, independentemente se atingiu ou não a idade adulta de seu desenvolvimento. Segundo Frias (1996) nos sistema de criação que incluem cria, recria e terminação é preciso identificar os reprodutores que produzirão fêmeas precoces, já que estas permanecerão no rebanho durante mais tempo e por isso produzirão um maior número de descendentes. Também é necessário identificar os touros que produzem novilhos que cheguem rapidamente ao abate. A seleção e o melhoramento genético são fundamentais para que estes objetivos sejam atingidos. O abate precoce dependente do ganho de peso é essencial do ponto de vista econômico e significa uma medida do crescimento, sendo aplicado aos animais de interesse zootécnico para demonstrar sua habilidade de produção de carne.

De acordo com Wheeler *et al.* (1996) a genética contribui significativamente na qualidade da carne, principalmente na variação da maciez, sendo esta

diferente entre e dentro das raças bovinas. Diversos estudos realizados nos Estados Unidos documentaram uma base genética para as diferenças na maciez da carne bovina, principalmente entre animais da raça *Bos indicus* e *Bos taurus* (KOCH, CUNDIFF e GREGORY, 1982; CROUSE *et al.*, 1989; SHACKELFORD, KOOHMARAIE e CUNDIFF, 1994; SHERBECK *et al.*, 1995; WHEELER *et al.*, 1996 e O'CONNOR, TATUM e WULF, 1997). As diferenças na maciez entre os reprodutores da mesma raça são maiores do que as diferenças médias de maciez entre várias raças (KOCH, CUNDIFF e GREGORY, 1982; WHEELER *et al.*, 1996; WULF, TATUM e GREEN, 1996; O'CONNOR, TATUM e WULF, 1997). De acordo com Koch, Cundiff e Gregory (1982) a seleção do reprodutor para melhorar a palatabilidade da carne bovina pode resultar em aumento da maciez, considerando a sua hereditariedade.

Considerando a variação genética entre os animais em função da concentração de calpastatina nos músculos na predição da maciez, Shackelford, Koohmaraie e Cundiff (1994) observaram que a seleção contra esta enzima poderia resultar em um aumento na maciez da carne. Estes mesmos autores constataram que a herdabilidade dos níveis de calpastatina é alta ($h=0,65$) e que a correlação genética entre o nível de calpastatina e força de cisalhamento é de 0,50. Esse dado é importante, particularmente no Brasil com a totalidade de 80% do seu rebanho ser constituído pelo genótipo *Bos indicus*. À medida que a participação do genótipo *Bos indicus*, em cruzamentos com bovinos *Bos taurus*, ultrapassa a margem de 25%, atividade da calpastatina e a força de cisalhamento do músculo *Longissimus dorsi* aumenta, resultando em carne de pior textura (RUBENSAM, FELÍCIO e TERMIGNONI, 1998).

Segundo Bonilha (2003) ao avaliar os efeitos da seleção para peso pós-desmame de três grupos genéticos zebuínos (Nelore seleção, Nelore controle e Caracu seleção), constatou efeito da seleção para peso pós-desmame nos animais selecionados para características de carcaça, rendimentos de corte e qualidade da carne. Observou que a seleção para a raça Nelore proporcionou maior peso de abate e de carcaça, entretanto exigiu maior período de

confinamento para obter um grau de acabamento desejado. Além disso, os animais selecionados Nelore e Caracu apresentaram maiores valores para força de cisalhamento, o que sugere a possibilidade de produção de carne menos macia, mas ainda dentro dos padrões de maciez.

Por outro lado, Resende *et al* (2000, 2001) e Vittori *et al* (2001), citados por Razook *et al* (2002), ao avaliar as amostras dos rebanhos zebuínos em regime de confinamento, observaram que a seleção para peso determinou maiores pesos de carcaça, sem provocar alterações na qualidade da carcaça e da carne. Nesse estudo foram utilizados 41 machos inteiros, terminados em pastagem, que compõem a 16^a progênie dos rebanhos selecionados para peso aos 378 dias, mas não encontraram nenhum efeito da seleção sobre os indicativos de maciez e de perdas de suco no cozimento.

Mercadante *et al.* (2004) ressaltam que a vantagem do melhoramento genético em bovinos de corte através da seleção para as características de crescimento como peso, ganho médio diário, medidas corporais e entre outras, deve-se a média a alta herdabilidade destas características, o que permite com maior segurança identificar animais de mérito genético superior e a sua contribuição genética nas suas progênies. A melhoria da qualidade e uniformidade das características sensoriais da carne passa, portanto, a ser o estabelecimento de um programa de melhoramento genético para maciez.

Para que estes objetivos sejam atingidos, devem ser determinados os controladores genéticos de maciez. Estes podem ser identificados por mapeamento genético e de trabalhos com marcadores moleculares, cujas informações permitirão a identificação e seleção de animais com propensão genética para produção de carne com maior maciez. Entretanto os marcadores genéticos não garantem que este animal e sua prole irão produzir carne de qualidade elevada. Fatores de produção, manejo e industrialização, que interferir na qualidade da carne, devem ser controlados (MILLER, 2001).

A comparação de rebanhos selecionados e controle da raça Nelore têm sido conduzidos com o objetivo de avaliar os efeitos da seleção sobre os caracteres de

carcaça, rendimento de cortes, precocidade sexual e fertilidade, segundo Bonilha (2003). Faltam, no entanto, avaliações dos efeitos das diferentes progênies em diferentes sistemas de produção nas características de carcaça e qualidade da carne (RAZOOK *et al.*, 2002), que comprovem a eficácia do progresso genético nas características de qualidade da carne destes animais (SMITH *et al.*, 2003). Portanto, pesquisas sobre esse assunto ainda devem ser realizadas.

3.2. Bovinos machos inteiros

Considerando a relação financeira produtor/indústria, as características que influenciam na qualidade da carcaça são determinantes na definição do valor do animal abatido, com base no rendimento de carcaça, na área de olho de lombo (AOL), na espessura de gordura de cobertura (EGC) e no rendimento de cortes básicos (RIBEIRO, 1997). As maiores produtividades destas características vem estimulando a criação de animais inteiros devido a melhor relação custo benefício, já que os animais apresentam maior velocidade de ganho de peso durante as fases de cria, recria e engorda e resultam em carcaças de melhor rendimento e conformação, promovida pelo efeito anabólico da testosterona.

Em contrapartida, os frigoríficos preferem animais castrados, por serem estes mais eficientes na deposição de gordura de cobertura, que é essencial no processo de resfriamento das carcaças. Sua importância deve-se ao papel significativo na redução do encurtamento miofibrilar pelo frio, por proporcionar um resfriamento mais lento da carcaça com o isolamento térmico, além de prevenir os efeitos de desidratação e escurecimento da parte externa dos músculos da carcaça pelo frio (SMITH *et al.*, 1976), que são responsáveis pela depreciação do seu valor comercial (RESTLE *et al.*, 1994).

Embora a castração seja uma prática difundida nos sistemas de produção de pecuária de corte por facilitar o manejo, com diminuição da agressividade animal e melhorar o acabamento de gordura nas carcaças, promover perdas

econômicas, quando comparado ao desempenho dos animais inteiros (SEIDEMAN *et al.*, 1982). Segundo Cruz *et al.* (1995 *apud* SOARES, 2005) os animais inteiros da raça Hereford demonstraram maior área de olho de lombo e menor porcentagem de aparas de gordura. Além disso, os cortes cárneos provenientes desses animais inteiros apresentaram aumento de 16% no peso. Esta diferença representa uma margem bruta de 32% para o varejista, em comparação aos novilhos castrados que apresentam 38% a mais de gordura e 8% a menos de músculos.

Field (1971) relata que os animais inteiros apresentam um ganho de peso diário superior, crescem mais rapidamente, da ordem de 17% no peso e utilizam eficientemente o alimento, quando comparado aos animais castrados.

Animais inteiros apresentam características negativas na qualidade da carne, como a menor maciez, particularmente por possuírem menor gordura de cobertura (subcutânea) nas carcaças. Além de maior velocidade de maturidade fisiológica, com aceleração da formação de colágeno no músculo e a maior atividade do inibidor enzimático (calpastatina) durante o processo de maturação (RESTLE *et al.*, 1994).

Vale ressaltar que Koohmaraie (1992) atribuiu 15% da variabilidade na maciez da carne bovina às diferenças na gordura intramuscular (marmoreio) e colágeno e os demais 85% às variações nas alterações *post mortem*, particularmente no processo enzimático.

Com o avanço da idade, há formação de ligações cruzadas intra e intermoleculares de tropocolágeno do tecido conjuntivo, que se tornam progressivamente estáveis molecularmente, sendo difícil a desnaturação enzimática ou térmica do colágeno, quando recém-formadas. Assim, o colágeno dos animais jovens gelatiniza mais rapidamente quando aquecido, enquanto que nos adultos a gelatinização é mais lenta (KASTNER e FELÍCIO, 1980). Ao realizar uma revisão sobre o assunto, Seideman *et al.* (1982) concluíram que para aproveitar melhor o desempenho dos animais inteiros sem comprometer a qualidade, estes deveriam ser alimentados com ração de boa qualidade, desde a

desmama e com o abate antes dos 24 meses, em função da maturidade fisiológica avançada.

Segundo Thompson (2002) outra explicação da valorização da gordura de marmoreio se refere ao efeito de redução da densidade da carne, ao proporcionar menor tensão entre as camadas de tecido conjuntivo com a maior lubrificação das proteínas pelos lipídios e pela capacidade da gordura provocar maior salivação. Esse fato em carcaças de animais bem acabados, com cobertura de gordura e grau de marmoreio adequados permite afirmar que a palatabilidade da carne aumenta significativamente com o aumento da gordura intramuscular, resultando em carne mais macia quando avaliadas em laboratório e painel sensorial.

De acordo com Burson *et al.*, (1986) a diferença na maciez da carne de animais inteiros e castrados reside nas características do tecido conjuntivo, em que os inteiros apresentam maior quantidade de colágeno insolúvel, além da evidência de menor teor de marmoreio e camada de gordura de cobertura (SEIDEMAN *et al.*, 1982). Wheeler *et al.*, (1990) e Morgan *et al.*, (1993) observaram que a diferença na maciez da carne de inteiros e castrados é resultado da maior concentração de calpastatina no músculo de animais inteiros, o que inibe a ação das enzimas proteolíticas calpaínas durante a maturação.

Poucos são os trabalhos que mostram dados similares de maciez da carne de animais inteiros e castrados (SEIDEMAN *et al.*, 1982; GERRARD *et al.*, 1987) e quase inexistentes os que indicam carne mais macia em animais inteiros. Quando demonstram referem-se a animais abatidos com idade de até quatorze meses (VAZ *et al.*, 1999). Eventualmente, os animais inteiros podem apresentar carne mais macia que os castrados, em função da susceptibilidade ao estresse pré-abate desses animais. Nessa circunstância há diminuição do glicogênio do organismo, que conseqüentemente compromete a redução do pH *post mortem*, ao passo que há o incremento no nível de cálcio livre rapidamente. Nessas condições em que pH e a concentração de cálcio estão elevados, há maior atividade das calpaínas e uma maior propensão à produção de carne do tipo DFD, que com pH acima de 5,8 costumam ser macias que as normais (LAWRIE, 2005).

3.3. Vitamina D₃ no metabolismo animal

As vitaminas são um grupo complexo de compostos orgânicos requeridos em pequenas quantidades no metabolismo do organismo. São consideradas essenciais na dieta, porque não são sintetizadas e são obtidas através dos alimentos, bebidas ou suplementos vitamínicos em pequenas quantidades. As exceções são as vitaminas B12 e K, sintetizadas pela microbiota intestinal e a vitamina D, sintetizada no organismo em uma escala limitada. São classificadas segundo a solubilidade, sendo agrupadas em hidrossolúveis e lipossolúveis. No grupo das hidrossolúveis são encontradas as vitaminas do complexo B e C, enquanto nas lipossolúveis estão as vitaminas A, D, E e K. (JONES *et al.*, 1998).

No organismo, a vitamina D é necessária devido as suas ações no intestino, rim, osso e glândulas paratiróides, em que funciona como hormônio fundamental para a homeostase do cálcio e para o desenvolvimento de um esqueleto. Em quase todos os tecidos pode-se encontrar receptores desse hormônio e outras ações tem sido imputadas a ele. Mas, a função principal da vitamina é elevar os níveis de cálcio e fósforo do plasma por supersaturação. A vitamina D é naturalmente encontrada em poucos alimentos como os de origem animal, peixe, gema de ovo, carne, leite e cogumelos comestíveis. Apresenta-se sob 2 formas: D₂ (ergocalciferol) e D₃ (colecalfiferol). A vitamina D₂ é conhecida como a forma sintética da vitamina, sintetizada por radiação ultravioleta a partir do esteróide ergosterol, presente nos vegetais, fungos e levedura. Esta forma é adicionada na elaboração de produtos industrializados. Ambas participam dos mesmos processos biológicos e das mesmas vias de metabolização, com potências biológicas equivalentes (JONES *et al.*, 1998).

Nos animais, as fontes alimentares contribuem apenas com uma pequena parcela das necessidades diárias e a maior fonte de vitamina D do organismo é sintetizada sob a pele, catalisada pela irradiação ultravioleta, particularmente o UVB, sobre o 7-deidrocolesterol (pró-vitamina D₃) presente na derme e epiderme, que se transforma em pré-vitamina D₃.

A pré-vitamina, uma forma não metabolicamente ativa, é transportada ao fígado, onde se converte em vitamina D₃ por isomerização térmica induzida e apresenta uma atividade cerca de 100 vezes superior a D₂ em aves, mas ambas as formas são biologicamente ativas em bovinos (JONES *et al.*, 1998).

A vitamina D é absorvida no trato intestinal e através da circulação sanguínea chega aos tecidos, em especial o fígado. A vitamina D₃, exógena e endógena, no fígado é metabolizada a 25-hidroxivitamina D₃, [25(OH)D₃] por hidroxilação no carbono 25. A maioria da [25(OH)D₃] produzida é depositada no tecido gorduroso, seu principal reservatório. A produção da [25(OH)D₃] no fígado é rápida e sofre pouca regulação. Deste modo, seus níveis plasmáticos refletem a reserva corporal de vitamina D.

Para se tornar ativa, a vitamina D necessita ainda de uma última hidroxilação na posição 1, que ocorre nas mitocôndrias dos túbulos contorcidos proximais do rim. No rim, a [25(OH)D₃] é hidrolisada a 1,25-dehidroxi-vitamina D₃, [1,25(OH)₂D₃], uma forma fisiologicamente ativa, por ação da enzima 1-alfa hidroxilase. Esta fase renal, ao contrário da hepática, é estreitamente regulada por vários fatores, dentre eles o mecanismo de retro-alimentação, que controla a conversão enzimática de 25(OH)D₃ em 1,25(OH)₂D₃. A elevação plasmática do paratormônio e a diminuição do fosfato estimulam a atividade de 1-alfa hidroxilase. A [1,25(OH)₂D₃] retro-regula sua produção, inibindo a atividade da 1-alfa hidroxilase, o mesmo ocorre com a redução do paratormônio e a elevação do fosfato (JONES *et al.*, 1998). Devido a esse controle homeostático da concentração de cálcio plasmático, as inúmeras tentativas de elevação de sua concentração através da suplementação ou injeção de cálcio, apresentam resultados limitados.

Segundo Aferrri (2003), no confinamento, o fornecimento de altos níveis de gordura na dieta dos bovinos pode interferir na absorção de nutrientes, uma vez que os ácidos graxos reduzem o pH do rúmen e conseqüentemente altera a flora ruminal.

3.4. O papel do cálcio na carne

O íon cálcio é um agente regulador do sistema contrátil e participa do amaciamento da carne durante a maturação *post mortem*. O íon cálcio enfraquece a força das fibras musculares ao remover as linhas Z das fibras musculares. Durante a maturação, quando o nível de tripofosfato de adenosina (ATP) intracelular é menor que 0,1 mM, a concentração de íon cálcio aumenta por sua liberação pelo retículo sarcoplasmático e pela mitocôndria. Após décadas de estudos, admiti-se que o íon liberado ativa as calpaínas, que são enzimas proteolíticas. A calpaína se apresenta sob duas formas, calpaína I (u) e II (m), que são ativadas pelo cálcio livre e inibidas por outra enzima, denominada calpastatina. A primeira enzima requer baixos níveis de cálcio, de 0,6 uM a 0,8 uM de cálcio para ser ativada. Atua logo após o abate, quando as concentrações de cálcio no sarcoplasma se elevam de 0,1 uM para 1 – 10 uM e o pH cai de 6,8 para aproximadamente 5,7. Por outro lado, a m-calpaína necessita de uma quantidade superior à encontrada naturalmente na carne, na ordem de concentração de 50 a 150uM (JOHNSON *et al.*, 1990). Em função disso, no processo de maturação, apenas 30% de m-calpaína é ativada (DRANSFIELD, 1994), durante a fase de *rigor mortis* em que as concentrações de cálcio é da ordem de 100uM em músculos *post mortem*. Após as primeiras 24 horas *post mortem*, há uma redução acentuada na atividade da u-calpaína (40-80%), sem uma modificação significativa na m-calpaína.

Segundo Marsh *et al.* (1987) e Pike *et al.* (1993) o aumento de cálcio intracelular na faixa de pH entre 5,9 a 6,3 registra uma tendência ao maior amaciamento da carne, como resultado da ativação da u-calpaína.

3.5. Resíduos de vitamina D₃ e saúde humana

A ingestão de níveis elevados de vitamina D₃ por longos períodos de tempo pode causar alguns efeitos negativos como a redução da ingestão de alimentos e na taxa de crescimento nos bovinos. Em seres humanos, o consumo da carne, do fígado e do rim de animais tratados com altos níveis de vitamina D₃ pode causar alguns distúrbios no metabolismo de cálcio, sendo prejudicial à saúde (MONTGOMERY *et al.*, 2004b).

Em novilhos e novilhas Brahman, Kotra *et al* (2001) mostraram que a suplementação de $3,5 \times 10^6$ UI de vitamina D₃ por um período de 6 ou 13 dias resultaram em um aumento na concentração de vitamina D₃ no fígado em 280%. De acordo com Montgomery e outros (2004b) o cozimento do fígado a 75°C resultou em uma redução de 10-30% nas concentrações de vitamina D₃. Em função do risco toxicológico, são necessários mais estudo para determinar a dosagem e o tempo de administração da vitamina D₃ adequados para as melhorias das características de qualidade da carne (FOOTE *et al.*, 2004).

3.6. Vitamina D₃ e maciez da carne

O uso de vitaminas para fins zootécnicos em animais é justificável, já que beneficiam o desenvolvimento do animal, aumenta a sua resistência a doenças e o seu desempenho produtivo. Além dos benefícios zootécnicos as vitaminas quando suplementadas adequadamente aos animais são capazes de propiciar benefícios à qualidade da carne.

A vitamina D₃ possui diferentes funções no organismo e na qualidade da carne, com a maior absorção do cálcio, um agente regulador do sistema de contração muscular. Altos níveis de cálcio depositados próximos da linha Z, provocam a ativação precoce das u e m-calpaínas que hidrolisam a troponina-T

presente no complexo actomiosina (Swanek *et al.*, 1999b), promovendo o amaciamento das carnes.

O amaciamento natural da carne durante a estocagem *post mortem* é atribuído principalmente à ação do sistema calpaínas, enzimas proteolíticas ativadas pelo cálcio, responsáveis pela degradação dos componentes do sarcômero, como a linha Z, as proteínas estruturais, como titina, nebulina e desmina, o que resulta na fragmentação e enfraquecimento das estruturas filamentosas que ligam as miofibrilas. Isso ocorre quando o músculo já transformado em carne volta a ser flexível, podendo resultar na condição denominada de resolução do *rigor*, comercialmente conhecido como maturação da carne (OLIVO e OLIVO, 2005). A variação na taxa e extensão da proteólise é considerada a principal condição determinante da maciez.

Estudos sugerem grande variabilidade genética existente entre os animais com relação ao sistema enzimático, calpaínas-calpastatina. Esse sistema pode ser lento em algumas raças, em especial aos animais com maior participação de genes de *Bos indicus* em comparação com *Bos taurus*, o que compromete a maciez consideravelmente (SHERBECK *et al.*, 1995). O gado *Bos indicus* e suas cruzas apresentam níveis baixos de u-calpaína e níveis mais elevados de calpastatina (KOOHMARAIE, 1994).

As pesquisas mostram que à medida que a porcentagem das raças *Bos indicus* cresce, a maciez tende a decrescer e a variabilidade na maciez a aumentar. Essa é a razão das diferenças na maciez da carne produzida por *Bos taurus* e *Bos indicus* (WHIPPLER *et al.*, 1990). Essa inconsistência na maciez, a qual representa uma das características determinantes na decisão de compra, torna a mesma uma das qualidades mais desejáveis na carne, do ponto de vista do consumidor, em relação a outras características sensoriais (KOOHMARAIE, 1994).

A teoria da ação da vitamina D₃ sobre a melhora da maciez da carne de animais suplementados nos últimos 10 dias antes do abate, refere-se ao aumento na concentração de cálcio plasmático, importante na ativação das proteases

dependentes de cálcio livre, as enzimas calpaínas (SWANEK 1999a,b). Essa teoria pode ser evidenciada nos trabalhos de Swanek (1999a) e Karges *et al.* (2001) que forneceram altas dosagens de vitamina D₃ para novilhos e observaram o aumento da concentração de cálcio e fósforo plasmático, redução do peso vivo dos animais e da carcaça devido a diminuição na ingestão de matéria seca, elevação do pH muscular *post mortem* e aumento na maciez do músculo *Longissimus*, sem alteração na atividade de calpastatina.

O trabalho de Swanek *et al.*, (1999b) demonstrou que o nível de cálcio no músculo é controlado rigorosamente pela homeostase, cujo valor se limita a 8 a 12 mg/dL no bovino. Isso dificulta a elevação da concentração de cálcio no músculo por meio de suplementação dietética de cálcio ou infusão de cloreto de cálcio em animais vivos. A vitamina D₃ aumenta a concentração plasmática de cálcio por estimular a absorção intestinal do cálcio pela mobilização do cálcio dos ossos e por meio da 1,25-dihidroxitamina D₃, que aumentou a reabsorção renal do cálcio. Além da mobilização do cálcio, a vitamina D₃ estimula a entrada de cálcio nas células musculares.

Segundo Enright *et al.* (1998) a suplementação da dieta com altos níveis da vitamina D₃ por 10 dias antes do abate resultou num aumento da concentração de cálcio sanguíneo, melhora na coloração e maior capacidade de retenção de água e menor porcentagem de perdas por gotejamento em carne suína.

Swanek *et al* (1999b), realizaram 3 experimentos para avaliar a influência de diferentes níveis de cálcio (0; 2,5; 5,0 e 7,5 milhões de UI de vitamina D₃) e tempos de suplementação (7 ou 10 dias antes do abate) em animais mestiços Angus, Hereford, Charolês, Brangus. Demonstraram que o fornecimento de 7,5 milhões de UI de vitamina D₃/animal/7dias na dose aumentou a maciez da carne em cerca de 30%, devido ao aumento nos níveis plasmáticos de cálcio (8 - 48%) e ativação das calpaínas.

Já Montgomery *et al* (1999) determinaram que novilhos tratados com doses de 0, 0.5, 1.0, 2.5, 5 e 7.5x10⁶ UI de vitamina D₃ por um período de 8 dias antes do abate apresentaram elevação da concentração de cálcio plasmático

proporcionalmente a dose administrada. E, a partir da dose 1×10^6 UI de vitamina foram encontrados resíduos da vitamina no fígado e na carne, que poderiam prejudicar a saúde.

Em contrapartida, Vargas *et al* (1999) verificaram que animais tratados com vitamina D_3 antes do abate reduziram a ingestão de matéria seca e diminuíram o ganho de peso diário e, em discordância com o descrito anteriormente, apresentaram carne menos macia, devido a hipercalcemia (elevação dos níveis de cálcio sérico) provocada pela suplementação com a vitamina. Essa redução do consumo de alimentos pode ser considerada como um início de toxicidade por fornecimento de níveis supranutricionais de vitamina D_3 (SCANGA *et al.*, 2001). Em suínos, a vitamina D_3 reduziu o ganho de peso diário, o peso vivo ao abate e da carcaça, mas aumentou a concentração de cálcio sérico, melhorou a coloração do músculo e a capacidade de retenção de água e não afetou o rendimento (ENRIGHT *et al.*, 2000)

Montgomery *et al* (2004a,b) estudaram novilhos tratados com 0, 0.5, 1.0 e 5×10^6 UI de vitamina D_3 por 7, 8 e 9 dias de suplementação e concluíram que o melhor tratamento foi o de $0,5 \times 10^6$ UI de vitamina D_3 por um período de 8 dias, pois esta dosagem traz como resultados a melhora a maciez, não afeta a performance dos animais e não deixar resíduos no fígado.

Segundo Scanga *et al* (2001) uma possível explicação para a manutenção da concentração de cálcio plasmático e das características de maciez é a inibição na síntese e absorção de cálcio, em que a vitamina D_3 não foi convertida nas formas metabólicas, devido a sua abundância. Estes autores consideraram também que a administração da vitamina D_3 por via oral através de bolus (cápsula de gelatina) seja mais efetivo do que associado ao concentrado, pois neste caso a ação da microbiota do rúmen e dos nutrientes são menores.

Segundo Pedreira *et al* (2002), os melhores resultados obtidos foram com a dose 3×10^6 UI/animal/dia para as características sensoriais de maciez e sabor da carne, no estudo com 36 machos inteiros, da raça Nelore, suplementados por via oral com 4 níveis de vitamina (0, 3, 6 e 9 milhões de UI de vitamina D_3 /animal/dia)

por um período de 10 dias antes do abate. Concordando com os resultados de Swanek *et al* (1999a,b,c) os autores concluíram que os altos níveis de suplementação de vitamina D₃ não melhoraram a características de qualidade do músculo *Longissimus dorsi* de animais *Bos indicus*. Karges *et al* (2001) e Montgomery *et al* (2000) não detectaram o efeito positivo da suplementação na análise sensorial na carne dos animais tratados.

Em 2004 (b), Montgomery *et al.* observaram que a suplementação com 0,5 ou 5 milhões UI de vitamina D₃/animal/dia durante 8 dias antes do abate resultaram em maior proteólise miofibrilar pela mobilização e aumento da concentração de cálcio próximo do disco Z e da bandas A e I no sarcômero e ativação do sistema calpaína, o que resultou em melhoria da maciez.

Segundo Montgomery *et al.* (2002) e Karges *et al.* (2001) a suplementação com vitamina D₃ será efetiva no amaciamento da carne em animais de carne supostamente não macia. Os trabalhos de Montgomery *et al.* (2004a, b) demonstram efeitos positivos sobre a maciez de diferentes músculos e diferentes grupos genéticos. Entretanto, os estudos de Scanga *et al.* (2001) reportaram que suplementação com a vitamina D₃ confere um mínimo ou mesmo nenhum efeito significativo sobre a maciez da carne.

3.7. Efeito do resfriamento na maciez

A temperatura *post mortem* consiste em um fator determinante na obtenção da qualidade final da carne, uma vez que os processos bioquímicos *post mortem* ocorrem melhor a uma temperatura de 15⁰C a 20⁰C. É unânime entre os pesquisadores que a redução da temperatura da carcaça logo após o abate do animal seja feita (OLIVO e OLIVO, 2005), pois a temperatura interna das carcaças após o abate, em geral, varia de 30⁰C a 39⁰C (LAWRIE, 2005).

O resfriamento consiste em um dos mais tradicionais métodos de conservação de carnes, devendo ser iniciado o mais rápido possível após o abate.

A redução da temperatura inibe a multiplicação de microrganismos patogênicos e deterioradores e retarda as atividades enzimáticas, que contribuem nas alterações física, química e sensorial, garantindo, assim, um produto final seguro ao consumidor e com vida de prateleira adequada (LAWRIE, 2005).

A velocidade de refrigeração de uma carcaça depende de vários fatores, como: calor específico da carcaça, peso, dimensão da carcaça, quantidade de gordura de cobertura, condutividade térmica, temperatura da câmara de refrigeração e velocidade de circulação do ar. No Brasil, o resfriamento é o principal fator que associado ao genótipo, ao sistema de criação e aos fatores *ante mortem* tem um papel significativo sobre a qualidade da carne (JAMES, 1996).

Os principais métodos de resfriamento de carcaça bovina são (ROÇA, 2005): método convencional, em que a temperatura da câmara é mantida entre 0°C a 4°C. Nesse método as carcaças bovinas atingem 10°C em 24 horas e 0°C a 4°C em 48 horas, com uma perda de peso estimada em 2 a 2,5%. O método rápido consiste em manter a temperatura da câmara em -1°C a 2°C, com umidade relativa (UR) de 85 a 90% e a velocidade de circulação de ar em 2 a 4 m/s. Desta forma, as carcaças de bovinos atingem temperatura igual ou inferior a 4°C em 18 – 24 horas, com uma perda estimada em 1,8%. Outro método é o super – rápido ou shock, em que as carcaças são mantidas inicialmente por 2 horas em antecâmaras com temperaturas de -8°C a -5°C, com umidade relativa (UR) em 90% e velocidade de circulação de ar de 2 a 4 m/s. Em seguida são transferidas para câmara a 0°C, UR de 90% e velocidade de circulação de ar de 0,1 m/s. Em 12 a 18 horas, temperatura atingida é igual ou inferior a 4°C, com uma perda estimada de 1,3 a 1,4 %. Essa perda de peso, normalmente, ocorre quando a carne exsuda líquido por gotejamento (weep) pela superfície de corte após alcançar o pH final *post mortem*, sendo dependente das condições atmosféricas das câmaras de armazenamento e do tempo de armazenamento.

O excesso de velocidade de resfriamento nas primeiras horas após o abate, ou seja, antes da completa instalação do *rigor mortis* pode desencadear sérias conseqüências, o que compromete principalmente a maciez, pois reduz atividade

de enzimas proteolíticas, o que retarda a maturação (OLIVO e OLIVO, 2005). Locker (1960) descreveu que esse rápido resfriamento da carne resulta em uma contração muscular que encurta acentuadamente o comprimento do sarcômero e aumenta o diâmetro da fibra muscular, por consequência esta carne após cocção torna-se menos macia. Esta alteração é conhecida como *cold shortening* ou encurtamento pelo frio (KOOHMARAIE *et al.*, 1996) pode ser minimizada através de um resfriamento lento das carcaças por acelerar a glicólise, enquanto a temperatura do músculo permanece elevada ainda (LAWRIE, 2005). De acordo com LUCHIARI FILHO (2000) um mínimo de espessura de gordura subcutânea avaliada na altura da 12ª costela de 2 a 2,5 mm para cada 100 kg de carcaça é extremamente desejável, a fim de evitar o seu aparecimento.

Em 2004, Hannula e Puolanne descreveram que os efeitos da combinação do tempo de resfriamento *post mortem*, da temperatura e do pH diferem entre e dentro de cada músculo e entre as espécies, sugerindo que diferentes músculos da carcaça não são afetados com a mesma intensidade pelo *cold shortening*.

O trabalho de Locker e Hagyard (1963) demonstrou que ocorria o menor encurtamento muscular quando o músculo de bovinos desossados e não estirados entrava em *rigor mortis*, primeira etapa na conversão de músculo em carne (JIANG, 1998), sob temperatura entre 15°C - 20°C. Entre 0°C - 14°C ocorreu o encurtamento pelo frio e entre 20°C - 40°C, pelo calor. Segundo os mesmos autores à medida que aumenta o tempo entre o abate e a exposição ao frio, diminui-se o encurtamento pelo frio. A carne que sofreu esse encurtamento pelo frio pode ser três vezes mais dura do que a normal (LOCKER, 1985) e a fibra muscular pode encurtar de 3,0 para 1,3 µm seu comprimento e aumentar em duas vezes o seu diâmetro (HERRING *et al.*, 1967). A redução do comprimento muscular de 20% para 40% do tamanho inicial afeta intensamente a maciez da carne, mas diminuição superior a 40% proporcionou uma carne mais macia (MARSH e LEET, 1966).

Comparando temperaturas de resfriamento de 1°C, 4°C, 7°C e 10°C em músculos de tourinhos durante o *rigor mortis*, Olsson *et al.* (1994) descreveram

que o encurtamento muscular foi maior à medida que as temperaturas são menores.

Segundo Devine *et al.* (1999) os maiores índices de maciez tem sido associados a temperaturas de 10⁰C – 15⁰C durante o *rigor mortis*, mas valores abaixo e acima destes podem resultar em encurtamento. Isso pode ser explicado pela inibição da proteólise, responsável pelo processo de amaciamento. Bendall (1973 *apud* HANNULA e PUOLANNE, 2004) recomendou que as carcaças bovinas não devessem ser resfriadas abaixo de 12⁰C em menos de 15 horas *post mortem*. Segundo Luchiarí Filho (2000) se as carcaças permanecessem em temperatura ambiente por 1 a 4 horas, logo após o abate, o processo de glicólise e o estabelecimento do *rigor mortis* seriam acelerados, o que facilitaria a atividade metabólica e minimizaria os problemas, como o encurtamento muscular. Segundo este mesmo autor as carcaças na câmara fria devem ser mantidas sob temperatura e velocidade do ar controladas, para que a temperatura do interior dos músculos não decresça a 10⁰C ou menos, antes da 10^a hora após o resfriamento, ou seja, até o início do rigor, quando o pH atinge 5,7. Segundo Hannula e Puolanne (2004) a relação entre pH e a temperatura no início do *rigor mortis* constitui um fator decisivo na qualidade final da carne, porém a maciez na totalidade dos músculos da carcaça não podem ser controladas pelo mesmo regime de resfriamento.

Felício e Viacava (2000) recomendam que a temperatura do músculo *Longissimus dorsi* na altura da 10^a a 12^a costelas às 10 horas *post mortem* deve ser igual ou superior a 12⁰C, para obter uma melhora significativa de 20% a 30% na maciez avaliada pela força de cisalhamento. Após as 10 horas de resfriamento, deve-se aplicar a maior velocidade possível, para atingir a temperatura de 7⁰C no interior do coxão, ponto mais profundo do quarto traseiro, após 24 horas de resfriamento, respeitando a exigência dos países europeus.

Entretanto, os estudos de Culler *et al.* (1978), Smith *et al.* (2003), Seideman e Koohmaraie (1987) e Shackelford *et al.* (1994) demonstraram que o

comprimento de sarcômero, unidade básica funcional da fibra muscular, não afeta a maciez.

Internacionalmente, recomenda-se que as carcaças sejam resfriadas até uma temperatura máxima de 7°C nas primeiras 24 horas *post mortem* para controlar o crescimento de microrganismos (CARDOSO, 2005). Nesse sentido, a legislação brasileira determina a obrigatoriedade das meias carcaças atingirem na porção muscular mais profunda da carcaça, a temperatura máxima de 7°C nas primeiras 24 horas *post mortem*, antes do fracionamento em cortes primário e secundário (BRASIL, 1996).

3.8. Análise sensorial

A carne é uma das principais fontes de proteína na alimentação humana (LAWRIE, 2005). Sua aceitação pelo consumidor depende de suas características sensoriais, como cor do músculo e da gordura, proporção músculo/gordura, marmorização, aroma, sabor e textura. Embora essas características sejam determinantes no momento da compra, há a preferência unânime por carne com textura macia em todo mundo (CARDOSO, 2005). A textura é uma experiência essencialmente humana resultado da interação com o alimento, sua estrutura e comportamento quando preparado. A percepção da textura envolve vários fatores fisiológicos e psicológicos de estudos físicos e químicos da composição e estrutura do alimento e de seu comportamento quando cortado pelo ser humano (HARRIS, 1988).

Por isso é necessário o desenvolvimento de métodos instrumentais que substituam a análise sensorial tradicional que avaliem as características da carne (MILLER, 2003). Entretanto, as medidas instrumentais são incapazes identificar, descrever e quantificar os atributos sensoriais, como aparência, sabor, aroma e textura dos alimentos, bem como a satisfação do consumidor quanto ao produto que atenda ou supere sua expectativa. Portanto, na avaliação de alterações

sensoriais nos alimentos, principalmente nos produtos cárneos, o uso de provadores humanos é imprescindível e ainda são insubstituíveis (HYLDIG e NIELSEN, 2001).

Avaliação sensorial pelos consumidores permite identificar suas preferências e, fornecer dados que podem ser estatisticamente analisados e hipóteses para serem testadas (MILLER, 2003). Além disso, permite nas comparações dos resultados, obter diferenças consideráveis nas definições de um produto ótimo.

Sendo assim, a análise sensorial é incorporada à indústria de alimentos, como uma ferramenta fundamental, particularmente nos setores de desenvolvimentos de novos produtos e qualidade (MEILGAARD, CIVILLE e CARR, 1999).

De acordo com Miller (2003) a palatabilidade das carnes, ou a qualidade degustativa está associada ao sabor da carne e tem sido definida em atributos como suculência, maciez e sabor. Todos estes atributos são relacionados à aceitação global do produto. A suculência é avaliada pela quantidade de suco perceptível nas carnes durante a mastigação. A maciez é avaliada pela facilidade em que a carne é fragmentada durante a mastigação. O sabor é o resultado da combinação do odor, dos gostos básicos e de outros fatores que são percebidos durante a mastigação, deglutição da carne e após o seu consumo.

Com o objetivo de avaliar a capacidade dos consumidores em detectar diferenças na maciez do músculo *Longissimus dorsi*, Boleman *et al.* (1997) observaram que os consumidores não treinados na precisão e capacidade de repetição foram capazes de distinguir três entre as categorias de textura, de macio, intermediário e duro. O mesmo ocorreu nos estudos de Wheeler *et al.* (2004).

As análises sensoriais com consumidores são desenvolvidas aplicando os testes sensoriais com escalas, que envolvem o uso de números, expressões verbais ou ilustradas e linhas para expressar a intensidade de um atributo em um alimento ou o grau de aceitação do produto ao escolher a categoria da escala que

melhor corresponde à sua opinião (MELGAARD *et al.*, 1991). As principais escalas utilizadas para mensurar e interpretar as respostas humana à avaliação sensorial de produtos alimentícios são: escalas nominais, escalas ordinais, escalas de intervalo e escalas de razão (MEILGAARD *et al.*, 1991; STONE e SIDEL, 1993).

As escalas de intervalo são formadas por um único intervalo ou por uma seqüência de intervalos, cuja distância entre os pontos da escala são iguais (STONE e SIDEL, 1993). Dentre os tipos de escalas de intervalo, a escala de categoria se destaca nos testes com consumidores na análise de alimentos, particularmente pela facilidade de entendimento e uso pelos provadores não treinados (CARDELLO e SCHUTZ, 1996).

Dentre as escalas de categoria, a escala hedônica estruturada de 9 pontos tem sido a mais comumente empregada para avaliar a aceitação de alimentos. Esta escala consiste em 9 categorias verbais com termos que variam entre “desgostei extremamente/muitíssimo”, associado ao valor 1 a “gostei extremamente/muitíssimo”, de valor 9. Possui uma categoria neutra localizada no centro da escala, associada ao termo “nem gostei/nem desgostei”, de valor 5. O seu uso difundido deve-se a confiança e sensibilidade na detecção das diferenças entre as amostras na aceitação dos consumidores (CARDELLO e SCHUTZ, 1996; PERYAM e PILGRIM, 1957).

Os resultados obtidos através das escalas de categorias são normalmente submetidos a vários tratamentos estatísticos paramétricos, como análise de variância, teste t, média, desvio padrão e correlação (STONE e SIDEL, 1993).

3.9. Avaliação da maciez

Inúmeros trabalhos evidenciam a satisfação do consumidor de carne bovina, no momento da ingestão do alimento, está intrinsecamente relacionada às características sensoriais da carne. Dentre os atributos sensoriais, a textura é o mais importante parâmetro, por ser o mais desejável pelo consumidor, mas é o

fator de grande inconsistência. A importância da maciez pode ser avaliada pelos preços dos cortes comercializados, os quais atingem maiores preços, os mais macios (KOOHMARAIE, KENT E SHACKELFORD, 2002).

Na prática, inúmeros são os métodos instrumentais utilizados nas instituições de pesquisa que avaliam a textura da carne. Estes métodos podem ser agrupados em três categorias: métodos sensoriais, que são fundamentalmente subjetivos, que envolve consumidores e equipe de provadores treinados e ambos avaliam as características, a expectativa de consumo e o tempo de vida de prateleira do produto. Os métodos instrumentais, conhecidos como métodos objetivos, em geral, visam obter alta correlação com os valores obtidos em análise sensorial. Há os métodos indiretos, exemplificados pela determinação do conteúdo de colágeno, índice de fragmentação miofibrilar, atividades de algumas proteases e análise histológica com microscópio eletrônico (SZCZESNIAK e TORGESON, 1965; KAMDEM e HARDY, 1995; PEARCHEY, PURCHAS e DUIZER, 2002).

Diferenças encontradas em correlações obtidas entre os experimentos de mensuração objetiva e subjetiva podem ser devido a vários fatores que incluem, desde o uso de diferentes tipos de provadores na análise sensorial (provadores treinados versus consumidores), métodos de cocção diferenciados, que inclui as variações na temperatura da câmara de cocção, tempo de cozimento e temperatura final, forma de preparação das amostras e o uso de grupamentos musculares diferentes quanto à raça, categoria animal, localização anatômica, função fisiológica e período de maturação submetido (BRATCHER *et al.*, 2005; PEARCHEY, PURCHAS e DUIZER, 2002; SZCZESNIAK e TORGESON, 1965). O método de cocção é o principal fator que afeta os valores de repetibilidade da força de cisalhamento e da análise sensorial segundo Wheeler, Shackelford e Koohmaraie (2001).

Um dos métodos mais difundidos e utilizados pela alta correlação com a satisfação dos consumidores e provadores treinados é a força de cisalhamento ou WBS, sigla para Warner Bratzler Shear, em homenagem aos pesquisadores K. F. Warner (1928) e L. J. Bratzler (1932), que desenvolveram o equipamento de corte

para avaliar a maciez da carne (SZCZESNIAK e TORGESON, 1965; DELGADO, 2001).

Segundo Wheeler, Shackelford e Koohmaraie (2001) a utilização do Warner-Bratzler para avaliar a maciez da carne bovina deve ser feita seguindo corretamente as orientações para a execução da metodologia, para que os erros não comprometam a interpretação dos resultados, além de assegurar uma medida mais precisa e com a maior repetibilidade. Fatores diversos devem ser controlados, como a amostragem dentro da variação da raça e do tipo animal e muscular, o cozimento e a retirada dos cilindros (KASTNER e HENRICKSON, 1969). Wheeler *et al.* (1999) observaram que a temperatura final tem um efeito significativo na maciez da carne, constatada nos cortes do músculo *Longissimus* menos macios, que à medida que houve aumento da temperatura final, a força de cisalhamento aumentou quando comparado com os *Longissimus* mais macios.

Em trabalhos realizados por Wheeler *et al.* (1994) e Wheeler, Shackelford e Koohmaraie (1996) demonstraram que os diferentes protocolos utilizados nas instituições para mensurar a maciez da carne poderiam resultar em dados inadequados e inconsistentes de força de cisalhamento. Em 1997, ao avaliar a importância do protocolo padronizado para a determinação da maciez utilizando o método de Warner-Bratzler, criado em 1994 durante a conferência nacional para maciez da carne bovina nos Estados Unidos (National Beef Tenderness Plan Conference), com o intuito de obter dados consistentes de determinações de valores para força de cisalhamento por WBS nas diferentes instituições a fim de permitir uma avaliação comparativa, Wheeler *et al.* (1999) demonstraram que é possível obter os mesmos valores médios de força de cisalhamento, com alta repetibilidade entre instituições de pesquisa, se for utilizado esse protocolo padronizado.

Ao avaliar 40 músculos bovinos diferentes, Belew *et al.* (2003) observaram que os diferentes grupamentos musculares da mesma carcaça apresentam valores diferentes para força de cisalhamento, conforme observado por Shackelford *et al.* (1995), que comparam 10 principais músculos bovinos.

3.10. Cor da carne

A cor dos alimentos no varejo exerce uma forte influência na decisão de compra dos consumidores (BARBUT, 2001). De acordo com Pangborn (1967 *apud* BARBUT, 2001), o ser humano possui a capacidade de identificar, discriminar e selecionar nutrientes com os olhos. Há de se ressaltar que os consumidores relacionam a cor dos alimentos a uma experiência prévia de qualidade, utilizando-a como indicador de qualidade do produto.

A preferência para o consumo da carne bovina deve-se a cor vermelha brilhante ou vermelha cereja, que é associada ao frescor do produto. Em menor grau, a presença de marmoreio e do teor de gordura são relacionados com a qualidade e aceitabilidade da carne. A percepção desse frescor ou a descoloração e escurecimento em carne exposta nos estabelecimentos varejista determinam o prazo de validade da carne fresca e conseqüentemente seu o período de comercialização, mesmo antes do início da degradação microbiológica (CORNFORTH, 1994; GATELLIER *et al.*, 2001). SMITH *et al.*, (2000 *apud* MANCINI e HUNT, 2005) observaram que aproximadamente 15% da carne bovina no varejo tem preço reduzido, devido à descoloração da superfície, o que corresponde a perdas de receita anual de US\$ 1 bilhão nos EUA.

Os cortes de carne sob refrigeração mantém a cor atrativa por aproximadamente 72 horas, dependendo do tipo de embalagem, composição dos gases da atmosfera que envolve a carne, fonte de iluminação e temperatura de conservação (JUDGE *et al.*, 1989). Isso pode ser explicado pelo ciclo da cor, que é dinâmico e pode ser reversível, o que permite constante interconversão nas formas do pigmento (SARANTÓPOULOS *et al.*, 1996). Os principais pigmentos responsáveis pela cor característica da carne são a mioglobina e a hemoglobina. Outros elementos como citocromo a e enzima catalase participam com uma contribuição menor. Os cortes cárneos diferem quanto à cor, sendo mais claro ou escuro, portanto a cor da carne revela a concentração e o estado físico-químico da mioglobina na superfície do músculo. A cor púrpura deve-se a formação da

mioglobina reduzida, a cor vermelha a oximioglobina e a marrom a metamioglobina (LAWRIE, 2005).

A cor é diretamente afetada pelo declínio do pH do músculo e seu valor final e pode ser influenciada por fatores diversos, como manejo pré-abate (nível de estresse no animal), resfriamento (umidade relativa, evaporação da água), presença de antioxidantes, contaminação bacteriana e eficiência da sangria (CHAN, FAUSTMAN e DECKER, 1997; BARBUT, 2001; LAWRIE, 2005). Outro fator a ser considerado é a variação da concentração e no estado da mioglobina com a espécie, raça, sexo, idade, tipo de músculo, nível de atividade física dos músculos e a maturidade fisiológica do animal por ocasião do abate (CHAN, FAUSTMAN e DECKER, 1997; SÁENZ *et al.*, 2005).

À medida que a carne é exposta ao oxigênio, os pigmentos reagem com o oxigênio molecular em abundância e a mioglobina assume a forma de oximioglobina, um pigmento de cor vermelha cereja em aproximadamente 30 – 40 minutos, caracterizando o efeito *bloom* em carnes frescas, de aspecto atrativo aos consumidores (SEIDEMAN *et al.*, 1984; LAWRIE, 2005). Com o tempo esse pigmento oxida, formando a metamioglobina.

A perda da cor ocorre por meio da oxidação do pigmento da carne, com formação de metamioglobina, de cor marrom não atrativa e difícil de ser mensurada, sendo mais fácil mensurar a perda da cor vermelha (AMSA, 1991). A discriminação da cor marrom está relacionada à associação desta cor com um longo período de armazenamento. A formação de 20% de metamioglobina na superfície da carne provoca sua rejeição no varejo (SARANTÓPOULOS *et al.*, 1996). A carne torna-se inaceitável para o consumidor quando houver 50% de conversão de oximioglobina em metamioglobina (VAN DEN OORD e WESDORP, 1971). Além disso, velocidade do ar e temperatura elevada, baixa pressão de oxigênio, como nas embalagens a vácuo, sal e bactérias aeróbicas aceleram a formação da metamioglobina (SARANTÓPOULOS *et al.*, 1996). Um iluminante específico poderia salienta ou mascarar as variações de tonalidade de cor, mas nunca poderia evitá-las (SÁENZ *et al.*, 2005).

Um dos principais sistemas de mensuração da cor é o proposto pela *Commission Internationale de l'Éclairage* (CIE), denominado de espaço $L^* a^* b^*$, também chamado de CIELAB, que foi desenvolvido por CIE em 1976. Nesse espaço de cores, o L^* indica o estímulo luminoso, variando de branco (100) a preto (0). Os valores de a^* e o b^* são as coordenadas de cromaticidade; que demonstra as proporções de vermelho, sendo $(+a^*)$ vermelho e $(-a^*)$ verde. E, b^* indica as alterações de cor amarelo refletido ou transmitido pelo objeto e varia de amarelo $(+b^*)$ ao azul $(-b^*)$. O sistema transforma o espectro de reflectância ou transmitância do objeto em variáveis X, Y e Z de um gráfico tridimensional (espaço) sempre positivo, em que qualquer cor pode ser localizada. O CIELAB é recomendado para avaliar objetos com pequena diferença de cor. Neste sistema, as coordenadas X, Y e Z sofrem transformações cúbicas, dando origem às variáveis L, a e b, que sofrem correções matemáticas, sendo diferenciadas por um asterisco a direita das mesmas (MINOLTA, 1993).

Frequentemente, a carne bovina é comercializada no varejo sendo acondicionada em bandejas plásticas de cloreto de polivinila (PVC) e envolvidas em filmes esticáveis de alta permeabilidade ao oxigênio e que conseguem reduzir a desidratação superficial do produto. A temperatura ideal de armazenamento ou exposição da carne fresca deve ser o mais próximo possível do ponto de congelamento, para tanto se recomenda de $-2,2^{\circ}$ a $1,1^{\circ}\text{C}$ para ser evitar os danos. Nos balcões frigoríficos a exposição é feita a $1^{\circ}\text{C} - 5^{\circ}\text{C}$, sendo a vida útil dos cortes cárneos limitada a 2 a 3 dias pelo aparecimento da coloração marrom (SARANTÓPOULOS e OLIVEIRA, 1991). Somado a isso, a umidade relativa deveria ser próxima de 90% e velocidade do ar próxima de 0,5 m/s (BOAKYE e MITTAL, 1996).

Com as constantes mudanças sofridas pelos alimentos, nos diversos processos, naturais ou não, os quais são submetidos, como processamento, maturação, deterioração, a cor torna-se não somente um parâmetro de aceitabilidade, mas também um indicador de qualidade no controle do grau de deterioração do produto, podendo auxiliar, muitas vezes, com os estudos de vida

de prateleira. Assim, a cor é um atributo freqüentemente utilizado pela indústria alimentícia. Na indústria cárnea a sua medição objetiva é utilizada em diferentes processos e na caracterização das principais matérias primas utilizadas na elaboração de produtos (LAWRIE, 2005).

Diversos autores têm utilizado a avaliação objetiva da cor como indicador de parâmetros de qualidade da carne bovina (WULF *et al.*, 1997; WULF & PAGE, 2000; PEREIRA, 2002; MARIA *et al.*, 2003; HARADA, 2004; CARDOSO, 2005; PRADO, 2005)

Wulf *et al.* (1997) e Beltrán *et al.* (1997) reportaram que cortes cárneos de coloração escura, com pH mais elevado que o normal, seriam mais macios, em razão da manipulação bioquímica *post mortem*, com a inibição da glicólise que previne a formação de ácido lático, e conseqüentemente mantém a taxa de pH elevada, o que pode aumentar a maciez e a capacidade de retenção de água da carne.

4 .MATERIAL E MÉTODOS

4.1 Criação

A primeira etapa do experimento, o período de cria e recria a pasto, foi conduzido na Fazenda São João Batista*, unidade da Agropecuária Conquista, localizada na Estrada Municipal Buritama-Birigui, Km11, no município de Buritama, SP. Foram utilizados 36 touros jovens nascidos na mesma fazenda entre os meses de agosto a outubro de 2003, oriundos do cruzamento de vacas da raça nelore com quatro progênes de touros da raça Nelore em programa de inseminação artificial (touros seleção), sendo estes: Jalofo (da Bonsuce), Provador (IZ), Sedutor (da SM) e Votrer (MJ do Sabiá). Touros seleção utilizados possuem valor genético superior com diferença esperada de progênie (DEP's) elevada, previamente determinada e publicada nos sumários da central de inseminação artificial Lagoa da Serra, Sertãozinho, SP, e acompanhados pelo Programa de Avaliação e Identificação de Novos Touros (PAINT).

Os animais do experimento foram identificados individualmente através de brinco plástico e marcação a ferro quente na paleta e anca esquerdas, respeitando as normas de rastreabilidade do Sistema Brasileiro de Identificação e Certificação de Origem Bovina e Bubalina (SISBOV).

Os animais foram desmamados, em média, aos 213 dias com peso médio de 214,92 kg. Estes animais foram criados exclusivamente sob pastejo, em forrageira *Brachiaria brizantha* (brachiarão), juntamente com outros animais da mesma raça e submetidos a uma taxa de lotação de 1,4 unidade animal, ao mesmo manejo de alimentação e sanidade. No inverno, foram suplementados com sal proteinado, com 50 % de proteína bruta e um consumo estimado em 0,1 % do peso vivo. Desta forma, os animais permaneceram no mesmo pasto, não sofrendo

* Agropecuária Comercial Conquista Ltda, Jaú, SP.

influência ambiental diferenciada. Os animais foram submetidos a dois tratamentos a seguir, um no confinamento e outro no matadouro-frigorífico.

4.2 Tratamento dos tourinhos no confinamento (I)

Após a seleção dos 36 animais do lote de 114 animais, os tourinhos jovens foram identificados com 1 dígito a ferro quente na paleta direita, correspondente a indicação da filiação (touro seleção) para facilitar o manejo nesta etapa do experimento. Os animais foram transportados para outra unidade, Fazenda Santo Antônio da Conquista*, Rodovia Amaurí Barroso de Souza Km 2,5, município de Jaú, SP. Dando início a segunda etapa do experimento, o período de engorda, onde foram confinados por aproximadamente 4 meses, quando os animais atingiram em média, 363 kg, com a finalidade de oferecer animais de padrão mais uniforme, especialmente em peso, em média 500 kg e no acabamento de gordura ao matadouro-frigorífico. Nesta fase, os animais foram divididos em 2 lotes, sendo cada um constituído com 5 tourinhos descendentes do Jalofó, 5 do Voltrer, 4 do Provador e 4 do Sedutor.

A área do confinamento experimental consistiu em baias não cobertas, piso de terra batida, com declive, capacidade suporte para 100 animais, cocho de concreto e bebedouro. Os animais foram submetidos a um período de adaptação gradativo de 12 dias à dieta, em que níveis decrescentes de alimento volumoso (silagem de napier) foram fornecidos para uma melhor adaptação dos microorganismos do rúmen ao nível de concentrado. As rações foram formuladas na própria fábrica de ração da fazenda (Tabelas 1 e 2), com base no NRC, sendo fornecida três vezes ao dia.

Os animais foram abatidos com idade entre 22 e 24 meses e peso médio de 511 Kg. Um dos lotes foi suplementado com vitamina D₃ (Romivix D₃®) na dose de

* Agropecuária Comercial Conquista Ltda, Jaú, SP.

0,5 milhão de UI/animal/dia por 7 dias consecutivos antes do abate. A vitamina D₃ foi adicionada previamente ao concentrado na fábrica, depois ao volumoso no caminhão misturador, antes de ser fornecido aos animais, para facilitar a uniformidade da ração. Para a obtenção de valores representativos das médias de cada tratamento e do erro experimental, cada tratamento foi replicado dezoito vezes, totalizando 36 animais.

Durante os dois primeiros meses de confinamento, foi fornecida a seguinte ração (Tabela 1).

Tabela 1 - Composição percentual da primeira ração (matéria seca).

Ingredientes	Matéria Seca
Silagem Napier 2/2005	22,30
Milho	10,50
Polpa Citrica Peletizada	24,70
Caroço de algodão	19,50
Far. Algodão 38-41%	1,30
Refinazil	23,40
Cloreto de Sódio	0,30
Nucleo Proteindus 50%	0,10
Rumensina	0,03
Proteína bruta (%)	15,93
NDT (%)	79,55
Nível de concentrado (%)	80
Ganho médio diário previsto (kg/cabeça/dia)	1,52
Custo diário da ração (R\$/cabeça/dia)	2,52

No último mês de confinamento, outra ração (Tabela 2) foi fornecida. Esta alteração no fornecimento da ração foi executada em função da primeira ração fornecer elevado teor de energia. Energia esta responsável para o melhor aproveitamento da eficiência produtiva que os animais inteiros possuem, para obter bons rendimentos de porção comestível e melhor acabamento. Mas, pode interferir na atividade das bactérias do rúmen que fermentam a fibra, além de formar complexos com os íons cálcio (sabão), o que pode interferir na absorção

destes íons e possivelmente poderia comprometer o experimento (AFERRI, 2003). Para minimizar os efeitos, adotou-se a segunda ração apresentada na Tabela 2

Tabela 2 – Composição percentual da segunda ração (matéria seca).

Ingredientes	Matéria Seca
Silagem de sorgo granífero	34,84
Polpa Citrica Peletizada	28,67
Caroço de algodão	11,46
Far. Algodão 38-41%	3,54
Refinazil	21,17
Cloreto de Sódio	0,24
Nucleo Proteindus 50%	0,10
Rumensina	0,03
Proteína bruta (%)	13,16
NDT (%)	72
Nível de concentrado (%)	80
Ganho médio diário previsto (kg/cabeça/dia)	1,57
Custo diário da ração (R\$/cabeça/dia)	2,19

A fazenda adota um adequado sistema de manejo a pasto, no confinamento, no embarque e transporte, com intuito de obter o mínimo de estresse possível dos mesmos, evitar perdas econômicas com as lesões e o conseqüente comprometimento da qualidade da carne, conforme as exigências de aplicação do bem-estar animal pelo mercado europeu. O mesmo padrão foi adotado no transporte dos animais da propriedade ao local de abate, sendo que cada lote do confinamento foi transportado separadamente em “caminhões boiadeiros”, “tipo truque”, com capacidade de carga média de 20 animais.

4.3 Abate

No frigorífico, após o desembarque, os animais foram mantidos no curral separados conforme o lote de origem. E permaneceram em jejum e dieta hídrica por um período de 14 horas antes de serem conduzidos à sala de matança. O

abate foi concentrado em um único dia e realizado segundo as normas preconizadas pelo Regulamento de Inspeção Industrial e Sanitária de Produtos de Origem Animal – RIISPOA (BRASIL, 1997).

A insensibilização dos animais foi feita com pistola pneumática, marca GIL, modelo MGO 1300 LH, de acordo com as normas do Regulamento Técnico de Métodos de Insensibilização para o Abate Humanitário de Açougue (BRASIL, 2000). Após a insensibilização foram realizados os procedimentos de sangria, evisceração e toaleta das carcaças quentes, de acordo com as normas e procedimentos oficiais (BRASIL, 1997) no matadouro-frigorífico MARFRIG, Promissão, SP, sob Serviço de Inspeção Federal (SIF 2543). O início da sangria foi considerado o tempo zero em todos os tratamentos.

Após o abate, as carcaças foram divididas longitudinalmente ao meio, obtendo as meias carcaças que foram identificadas com plaquetas numeradas fixadas entre a 9^a e 10^a costelas. Em seguida, foram pesadas, obtendo o peso da carcaça quente (PCQ) e o da meia carcaça quente (PCEQ e PCDQ) (Anexos 1, 2 e 3). Depois foram transportadas à câmara fria para serem submetidas ao segundo tratamento. Ainda na sala de matança, a idade dos animais foi estimada através do exame dos dentes incisivos e as carcaças foram classificadas conforme a Instrução Normativa nº 9, de 4 de maio de 2004 (Anexo 1).

Após abate dos lotes, o número de condenações totais e parciais do lote avaliado pelo serviço de inspeção federal e o horário de entrada na câmara foram obtidos. As carcaças foram classificadas individualmente quanto ao peso quente, raça, acabamento, conformação, dentes e maturidade pela equipe do Programa Nelore Natural, pois a fazenda participa do projeto carne bovina com certificado de origem (Anexo 1). De acordo com a cronologia dentária avaliada através do Sistema Brasileiro de Classificação e Tipificação de Carcaça, os animais machos inteiros classificados até com 1 dente incisivo definitivo foram classificados como animais jovens (touro jovem) e os com 2 dentes incisivo definitivo com 2 anos de idade como animais intermediários (tourinho).

A gordura subcutânea foi classificada em cinco categorias de acordo com a sua espessura pela equipe do Programa Nelore Natural em carcaça quente (FELÍCIO e VIACAVA, 2000): magra ou ausente (inferior a 1 mm), em que não se observa gordura na superfície lateral das meias carcaças e os limites dos músculos maiores são bem visíveis. Escassa (entre 1 e 3 mm), com a face lateral do coxão, da alcatra e do contrafilé recoberta por uma fina camada de gordura. Mediana (3 a 6 mm), que apresenta a face lateral do coxão, da alcatra e do contrafilé aparenta cobertura regular e os limites dos músculos não são visíveis. Uniforme (6 a 10 mm) quando a face lateral do coxão, da alcatra e do contrafilé é uniformemente recoberta e excessiva (acima de 10 mm), quando a face lateral das meias carcaças é recoberta por gordura do coxão até o limite da paleta com pescoço.

4.4 Tratamentos das meias carcaças no frigorífico (II)

O segundo tratamento foi realizado nas instalações do matadouro-frigorífico MARFRIG. Foram aplicados no experimento dois sistemas de resfriamento, convencional e o lento, nos 36 tourinhos jovens, dos quais 18 animais foram suplementados com vitamina D₃ e os demais não (controle). As câmaras frias foram preenchidas até a sua lotação máxima, com outras meias-carcaças provenientes do abate do dia, mas que não fizeram parte do experimento. Durante o resfriamento, a temperatura da carcaça e a umidade relativa foram monitoradas pelo medidor/registrador, programável (Data Logger), marca Testo, modelo 171-2. Estes dados foram obtidos pelo programa "Testo Comfort Software Professional", fornecido pela Testo GmbH & Co. Foram medidas a temperatura e a velocidade do ar da câmara pelo termoanemômetro, marca Testo, modelo 425.

Os tratamentos nesta etapa foram:

4.4.1 Resfriamento lento

As meias carcaças direitas foram mantidas por 4 horas na antecâmara (pré-resfriamento) a 8⁰C e posteriormente levadas à câmara fria, onde permaneceram por mais 4 horas à temperatura de 8⁰C sob velocidade do ar variando entre 2 e 4 m/s e umidade relativa entre 88 e 92%. Em seguida, a temperatura da câmara fria foi ajustada a 0⁰C, (resfriamento convencional), com oscilação de 2⁰C, por 16 horas.

4.4.2 Resfriamento convencional

As meias carcaças esquerdas foram mantidas na câmara de resfriamento e foram submetidas à temperatura de 0⁰C, com velocidade do ar variando entre 2 e 4 m/s, e a umidade relativa entre 88 e 92% por 24 horas.

4.5 Pesagem e avaliação das meias carcaças

Após 24 horas de resfriamento, as meias carcaças foram retiradas das câmaras de resfriamento e pesadas em balança suspensa, obtendo o peso da carcaça fria (PCF). O cálculo da perda de peso por evaporação durante o resfriamento foi obtido pela diferença entre os pesos da meia carcaça antes e após o resfriamento (Anexos 2 e 3).

Em seguida, as meias carcaças foram serradas em quartos traseiro, dianteiro e ponta de agulha. Os quartos traseiros foram transportados à sala de desossa aclimatizada a 12⁰C. Destes foram obtidos o músculo *Longissimus dorsi* com osso (contra-filé com osso) entre a 12^a e 13^a costelas. Este músculo foi avaliado conforme os procedimentos descritos por Abularach, Rocha e Felício (1998), quanto à espessura de gordura de cobertura da carcaça (EGC). Além

disso, sobre a secção do músculo *Longissimus dorsi* foi realizado um traçado em papel vegetal para posterior determinação da área de olho de lombo na 12^a costela (AOL).

4.6 Coleta das amostras

Após a avaliação de EGC e AOL, músculo *Longissimus dorsi* com osso foi desossado, obtendo-se um corte transversal do músculo *Longissimus dorsi* (contrafilé) na altura da 12^a costela a 13^a costela (vértebra torácica) de cada meia-carcaça para posterior análise: sensorial, textura e físico-química. As amostras foram identificadas e embaladas a vácuo em filme flexível de alta barreira (Maraflex®), termoencolhível (espessura 0,11mm, peso 1,17g e gramatura 16,55 g/m²), específico para maturação de carnes, fornecidos pelo matadouro-frigorífico MARFRIG. Os cortes cárneos foram colocados em caixas de papelão parafinado interiormente, tampados (caixas tipo exportação 15 Kg com dimensões 536 mm x 235 mm x 162 mm). As caixas foram armazenadas em câmara de maturação à 0^oC ± 2^oC sob paletes com divisória, de forma que não houvesse empilhamento das caixas, por um período de 14 dias para maturação no matadouro-frigorífico.

Para o estudo foi escolhido o músculo *Longissimus dorsi* em função da maioria dos experimentos relacionados à maciez da carne ser realizados nesse músculo. Em função de se obter amostras padronizadas quanto ao tamanho e de fácil localização anatômica e por ser classificado no grupo de músculos de maior estabilidade (RENERRE, 1990 *apud* LAGE, 2004).

Após a maturação, as caixas foram transportadas ao Laboratório de Carnes e Processos, do Departamento de Tecnologia de Alimentos (Faculdade de Engenharia de Alimentos/ UNICAMP), onde foram processados por amostra em média 4 bifês de 2,5 cm de espessura. Cada bife foi identificado por código de 4 dígitos, que indica o número do animal, o tratamento submetido, a posição do

corte e a meia carcaça e, em seguida foram embalados. O primeiro bife de cada tratamento foi utilizado para avaliação de cor, sendo embalado em bandejas de poliestireno cobertas com filme plástico permeável ao oxigênio e posteriormente encaminhado à análise físico-química. Os demais bifos, de cada tratamento, foram embalados separadamente em papel parafinado, colocado em saco de polietileno e congelado em freezer (freezer horizontal Metalfrio) entre a $-15^{\circ}\text{C} \pm 2^{\circ}\text{C}$ para posterior análise de textura instrumental e análise sensorial.

4.7 Exposição em balcão refrigerado

Após a maturação, as amostras de contrafilé (músculo *Longissimus dorsi*) foram dispostas em bifos de 2,5 cm e colocadas em bandejas de poliestireno expandido e revestidas com filme flexível permeável ao oxigênio. Tomou-se o cuidado para que as amostras não ficassem em contato direto com o filme. Em seguida, as mesmas foram mantidas em câmara fria a $5^{\circ}\text{C} \pm 2^{\circ}\text{C}$, por 6 dias, com ventilação forçada, variando de 2 a 5 m/s, sob iluminação artificial fluorescente (1000 a 1500 lux), simulando a exposição em display de comercialização de mercado (Figura 1). As lâmpadas utilizadas foram Osram Natura De Luxe, L36w/76-1 (LAGE, 2004). As amostras foram colocadas sem sofrer empilhamento e sofreram o mesmo intervalo de exposição antes de serem realizadas às medições objetivas de cor e pH e avaliação sensorial de cor com consumidores.



Figura 1 – Exposição das amostras em balcão refrigerado.

4.8 Cozimento

Para as análises de força de cisalhamento e sensorial, as amostras foram previamente cozidas, após o descongelamento das mesmas em câmara fria a $4^{\circ}\text{C} \pm 2^{\circ}\text{C}$ por 24 - 30 horas. As amostras foram assadas conforme a metodologia descrita pela AMSA (1995) e Wheeler, Shackelford, Koochmaraie (2001), quanto a espessura dos bifés de contrafilé (músculo *Longissimus dorsi*) com 2,5 cm e inserção do sensor de temperatura no centro geométrico das amostras. Um forno elétrico da marca Imequi com aquecimento nas partes superior e inferior das chapas foi utilizado para cocção das amostras. A temperatura no centro geométrico de cada bife foi monitorada com sonda de penetração tipo T e registrador de temperatura da marca ECIL-YEW, modelo ER 100. Após atingir a temperatura de 40°C , os bifés foram virados para assar igualmente as superfícies, padronizando a cor dos bifés. A temperatura final no centro das amostras foi de $71 - 72^{\circ}\text{C}$ (WHEELER, SHACKELFORD, KOOHMARAIE, 2001; CORTE *et al*, 1979). Sempre o mesmo operador grelhou as amostras para padronizar a forma de colocação do sensor e o momento da retirada das amostras.

4.9. Análise de Textura Instrumental

Após os procedimentos do item 4.8, as amostras foram deixadas à temperatura ambiente, em sala aclimatizada a $15^{\circ}\text{C} \pm 3^{\circ}\text{C}$ por 6 horas e posteriormente resfriadas em refrigerador a $5^{\circ}\text{C} \pm 2^{\circ}\text{C}$ por 24 horas, segundo Whipple *et al.* (1990). Da parte central de cada amostra, foram retirados manualmente 6-10 cilindros de 1,27 cm de diâmetro, no sentido longitudinal dos feixes das fibras musculares, por intermédio de um vazador em aço inox acoplado a uma furadeira elétrica adaptada (KASTNER e HENRICKSON, 1969). Os cilindros que se apresentaram desuniformes em diâmetro ou com partes de tecido

conjuntivo aparente foram descartados. A mensuração da força de cisalhamento dos bifes foi feita através da célula Warner Bratzler confeccionada especificamente para o texturômetro TA-XT2i (Texture Technologies Corp./Stable Micro Systems, UK), respeitando as medidas originais da lâmina do Warner-Bratzler Meat Shear. Foram utilizados como parâmetros velocidades de pré-teste e de teste de 4,1 mm/s e velocidades de pós-teste de 10 mm/s, distância da lâmina à plataforma de 14 mm, distância total percorrida de 40 mm e tempo de 5 segundos. Foi utilizado o programa Texture Expert version 1. para calcular e analisar os dados. Para análise foi considerado o valor médio da força máxima aplicada sobre os 6 cilindros de carne por amostra expressas em Kgf.

4.10 – Análise sensorial

Nessa etapa foi realizado um teste de aceitação com consumidores, sendo recrutados 47 provadores não treinados, incluindo alunos e funcionários da Universidade Estadual de Campinas/UNICAMP, Campinas, SP, com idade entre 17 e 54 anos, conforme especificado por MEILGAARD *et al* (1999).

A análise sensorial das amostras foi executada em ambiente laboratorial, nas dependências do Laboratório de Análise Sensorial do Departamento de Tecnologia de Alimentos, da Faculdade de Engenharia de Alimentos/UNICAMP, em cabines individuais. A luz de cor vermelha foi utilizada na iluminação das cabines para que a aparência das amostras não interferisse na avaliação dos atributos em estudo. Os provadores avaliaram através da escala hedônica estruturada mista de 9 ponto, onde 1 = desgostei muitíssimo a 9 = gostei muitíssimo, as amostras de carne quanto aos atributos sensoriais de aroma, maciez, suculência, sabor e impressão global (Figura 6).

ANÁLISE SENSORIAL DE CONTRAFILÉ BOVINO ASSADO

Nome: _____ Idade: _____ Data: __/__/____

Telefone ou e-mail: _____

Por favor, avalie a amostra codificada de Contrafilé bovino assado e atribua um valor, de acordo com a escala abaixo para o **AROMA** desta amostra.

Código da amostra: _____

9 gostei muitíssimo

8 gostei muito

7 gostei moderadamente

6 gostei ligeiramente

5 nem gostei nem desgostei

4 desgostei ligeiramente

3 desgostei moderadamente

2 desgostei muito

1 desgostei muitíssimo

Atributo	Valor
AROMA	_____

Por favor, prove a amostra codificada de contrafilé bovino assado. Atribua um valor, de acordo com a escala acima para a **MACIEZ (firmeza), SUCULÊNCIA (suco perceptível durante a mastigação) e SABOR**.

Atributo	Valor
MACIEZ	_____
SUCULÊNCIA	_____
SABOR	_____
IMPRESSÃO GLOBAL	_____

Você identificou alguma outra característica importante não avaliada acima? () Sim () Não

Em caso afirmativo, esta característica é: () Positiva () Negativa

Por favor, ESPECIFIQUE o que você identificou: _____

Comentários: _____

FIGURA 2 – Ficha utilizada na avaliação sensorial da carne

As amostras foram assadas conforme o item 4.8 e foram cortadas após cocção em paralelepípedos de 1,0 x 1,0 x 2,5cm com o auxílio de um molde

formado por uma base e uma grade plástica (14 cm de comprimento x 10 cm de largura x 4 cm de profundidade), de fendas espaçadas de 1,5 cm entre si, adaptado do método de Andrae *et al.* (2001), desprezando-se as porções laterais do bife e eventuais aponeuroses presentes.

As amostras foram acondicionadas em recipientes de plásticos tampados para evitar evaporação e conseqüente redução da suculência, maciez e de temperatura das amostras, além de evitar a liberação de aroma de carne no ambiente de análise sensorial. Cada provador recebeu um cubo de carne de cada tratamento pré-aquecido por 15 segundos em forno microondas, BRASTEMP, em potência máxima, dentro de um recipiente descartável de PVC de 30 mL codificado com números aleatórios de 3 dígitos, escolhidos ao acaso, conforme as recomendações de MEILGAARD *et al.* (1999). As amostras foram servidas aos provadores de forma monádica, em recipiente descartável de PVC de 30 mL. Os recipientes descartáveis foram oferecidos em bandeja de isopor para evitar o resfriamento rápido e acompanhadas de palito de madeira para apreensão da amostra, bolacha de água e sal, guardanapo e água para enxágüe bucal. A ordem de apresentação das amostras foi aleatória e foram servidas 6 amostras por sessão.

4.11 Avaliação objetiva da cor

A medida objetiva da cor foi realizada em sala aclimatizada a $13^{\circ}\text{C} \pm 1^{\circ}\text{C}$, com sistema de cor $L^*a^*b^*$, mediante reflexão, utilizando o espectrofotômetro de cor portátil MiniScan, Hunter Lab, calibrado com um padrão de calibração preto e branco com os seguintes valores $x = 80,3$; $y = 85,1$ e $z = 91,0$ com fonte de luz D35, ângulo do observador de 10° e abertura de célula de medida de 30 mm (HOUBEN *et al.*, 2000). As medidas de cor dos bifés de contrafilé foram feitas após 24 horas de exposição no balcão refrigerado, em triplicata para cada uma das amostras, após 14 dias de maturação, ao longo de seis dias consecutivos. O

resultado considerado foi a média dos valores das três leituras para cada coordenada de cor. Para determinar a variação de cor no sistema de cor $L^* a^* b^*$, utilizou-se o ΔE^*_{ab} , que expressa em valor numérico a diferença de cor, mas não a forma como a cor se difere (MINOLTA, 1993). O ΔE^*_{ab} das amostras expostas foi obtido pela fórmula: $[(\Delta L^*)^2 + (\Delta a^*)^2 + (\Delta b^*)^2]^{1/2}$, em que se considerou o 14^o dia de maturação como sendo o tempo zero e o padrão de cor.

4.12 Avaliação sensorial da cor

Com o objetivo de avaliar a percepção da cor da carne, uma análise sensorial com 12 consumidores foi conduzida, segundo o modelo de ficha (Figura 3). Para avaliar a cor da carne, os consumidores foram instruídos a avaliar as amostras com base no padrão subjetivo da cor de carne de cordeiro congelada obtido por meio de um sistema de tipificação em categoria de qualidade de carcaça e de carne de cordeiro desenvolvido pela AMERICAN LAMB COUNCIL/NATIONAL LIVE STOCK & MEAT BOARD (Figura 4), que pode ser utilizada para avaliar cortes frescos. Os parâmetros de análise foram de 1.0 red, 2.0 red, 3.0 red, 4.0 red, 5.0 red, 3.0 brown, 3.5 brown, 4.0 brown, 5.0 brown, 3.0 bleach, 4.0 bleach e 5.0 bleach.

AVALIAÇÃO SENSORIAL DA COR DA CARNE

Nome: _____ Idade: _____ Data: __/__/__

Por favor, avalie visualmente as amostras de carne bovina, corte contrafilé, disposto em bandejas de poliestireno abaixo, conforme a escala fornecida de padrão de cor de carne de cordeiro.

AMOSTRAS	1.0 RED	2.0 RED	3.0 RED	3.5 RED	4.0 RED	5.0 RED
111 / 2						
031 / 1						
191 / 2						
321 / 1						
081 / 1						
321 / 2						
251 / 1						
041 / 2						
351 / 2						
061 / 1						
171 / 2						
371 / 1						
11 / 1						
231 / 2						
261 / 2						
021 / 1						

Comentários: _____

FIGURA 3 – Ficha utilizada na avaliação sensorial da cor da carne.



Figura 4 – Padrão de cor de carne de cordeiro (AMERICAN LAMB COUNCIL / NATIONAL LIVE STOCK & MEAT BOARD).

4.13. Determinação do pH

No frigorífico, durante o resfriamento, foram monitorados os valores de pH e temperatura do músculo *Longissimus dorsi*, à altura da 8^a e 9^a vértebras torácicas das meias carcaças, a 3 cm de profundidade, às 2, 8 e 24 horas *post mortem* e, no 14^o dia *post mortem* nos bifes do contrafilé, conforme a ISO (1974 apud KORKEALA *et al*, 1986). As medidas foram feitas com um medidor digital portátil de temperatura e pH, com eletrodo de penetração acoplado, devidamente

calibrado com soluções tampão pH 7,0 e 4,0, marca METTER-TOLEDO, modelo MP 125.

4.14 Determinação da área de olho de lombo e espessura de gordura.

A avaliação da espessura de gordura de cobertura ou subcutânea (EGC), que consiste na medida tomada na seção transversal do músculo *Longissimus dorsi*, entre a 12^a e 13^a costelas, na parte exterior ao músculo, perpendicularmente ao mesmo num ponto localizado a $\frac{3}{4}$ da distância do eixo maior da seção no sentido das vértebras para as costelas, realizada após 24 horas *post mortem* por meio de paquímetro (Figura 5).

A medida da área de olho de lombo foi realizada sobre a secção do músculo *Longissimus dorsi* após 24 horas *post mortem* por meio de um decalque em papel vegetal com caneta de retroprojektor, de ponta fina, para posterior avaliação do planímetro no laboratório (Figura 5). Desta forma, a EGC e AOL foram calculados na forma de índices em relação ao peso da carcaça resfriada.

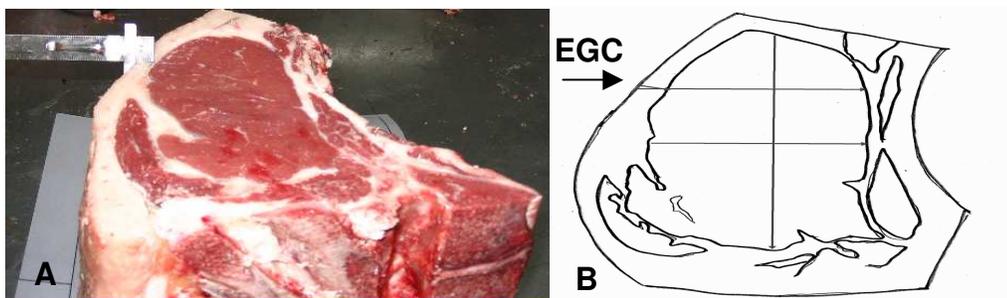


Figura 5 – Local de mensuração da espessura de gordura de cobertura (EGC) no músculo *Longissimus dorsi* entre a 12^a e a 13^a costela com paquímetro (A) e representação esquemática do local da mensuração a $\frac{3}{4}$ do *Longissimus dorsi* (B).



Figura 6 – Medida da área de olho de lombo em decalque por planímetro.

4.15. Determinação de umidade, lipídios, cinzas e cálcio

Para estas análises utilizou-se apenas a porção muscular do bife, que foi previamente triturado e homogeneizado. Os métodos utilizados para determinação de umidade e cinzas foram descritos por Horwitz (1980). Para análise de lipídios utilizou-se a metodologia proposta por Bligh & Dyer (1959) modificado pelos mesmos autores partindo da amostra seca. Todas as determinações foram feitas em triplicata.

Para execução das medidas do teor de cálcio em amostras secas e triturada de carne bovina foram determinada segundo o método descrito no SINDIRAÇÕES-ANFAL (2005) em espectrofotômetro de absorção atômica de chama, da marca Varian (Intralab), modelo AA 12/1475. Como fonte de radiação foi utilizada lâmpada de catodo oco com espectro de emissão de comprimento de onda coincidentes com o intervalo da região de absorção de íons cálcio. As leituras de absorbância foram feitas em 423,7 nm com abertura de fenda de 0,5 nm e corrente de lâmpada de 0,5 mA. As análises foram realizadas no laboratório CBO*, Campinas-SP.

* Laboratório CBO Assessoria e Análise, Campinas, SP. www.cboanalise.com.br

4.16. Perda de peso por cocção

A perda de peso por cocção (Anexo 4) foi determinada através da razão obtida entre os pesos das amostras antes e após a cocção sob calor seco, devido ao gotejamento (gordura) e a evaporação (água). O resultado da perda de peso foi expresso em porcentagem e foram calculadas através da equação abaixo (DETIENE e WICHER, 1999; HONIKEL, 1987).

$$\% \text{ Perdas no cozimento (PC)} = [\text{Peso do bife inicial (Pi)} - \text{Peso do bife após cocção (Pf)} / \text{Peso do bife inicial (Pi)}] \times 100$$

4.17. Análises estatísticas

Os resultados das análises realizadas foram submetidos ao pacote computacional SAS (1996). O efeito da suplementação de vitamina D₃ e do resfriamento e suas interações foram analisados pelo procedimento GLM (*General Linear Models*) e as médias comparadas pelo teste de Tukey (5%). Para o estudo da perda de peso por evaporação, área de olho de lombo e espessura de gordura de cobertura de carcaça, perda de peso por cocção, cor instrumental e sensorial, força de cisalhamento (maciez) dos bifes de contrafilé utilizou-se o procedimento GLM e, para comparação das médias, o procedimento LSMEANS (teste T). Os resultados de análise sensorial foram analisados por Análise de Variância (ANOVA), ao nível de significância de 5% e teste de médias de Tukey.

5. RESULTADOS E DISCUSSÃO

5.1. Métodos de resfriamento e redução de temperatura e pH

Os valores médios de redução da temperatura e do pH nas meias carcaças nas primeiras 24 horas e nas amostras aos 14 dias *post mortem* (p.m.) são apresentados na Tabela 3. Observa-se que em todos tratamentos, após 24, as carcaças atingiram temperatura < 7°C, que é uma exigência para exportação e comercialização da carne (CARDOSO, 2005 e BRASIL, 1996).

Tabela 3 – Redução média do pH e da temperatura (°C) do músculo *Longissimus dorsi* dos diferentes tratamentos.

Tempo	Tratamento							
	CRL		CRC		DRL		DRC	
	pH	Temp.	pH	Temp.	pH	Temp.	pH	Temp.
2 horas	6,75	35,64	6,74	36,03	6,35	35,1	6,48	34,72
8 horas	6,03	20,88	6,04	15,56	5,69	22,32	6,00	15,56
24 horas	5,46	4,20	5,61	4,06	5,47	5,50	5,56	3,23
14 dias	5,56	4,83	5,27	5,30	5,55	4,88	5,55	5,43

N = 9 repetições por tratamento.

CRL: sem suplementação de vitamina D₃ com resfriamento lento; CRC: sem suplementação de vitamina D₃ com resfriamento convencional; DRL: com suplementação de vitamina D₃ com resfriamento lento; DRC: com suplementação de vitamina D₃ com resfriamento convencional.

Na figura 7 estão representadas as curvas médias de declínio da temperatura (a) e do pH (b) do músculo *Longissimus dorsi* nas meias carcaças submetidas à suplementação com vitamina D₃ e não (controle) e ao resfriamento lento nas primeiras 8 horas *post mortem* e ao resfriamento convencional de 24 horas *post mortem*. Os resultados mostram que nos quatro tratamentos, a temperatura nas carcaças se manteve acima de 10°C nas primeiras 12 horas. As curvas de redução do pH demonstram uma redução semelhante entre todos os tratamentos ($p < 0,05$), de forma uniforme, com exceção daqueles músculos do

tratamento suplementado submetido ao resfriamento lento (DRL), cuja curva foi mais acentuada, embora não tenha sido significativo.

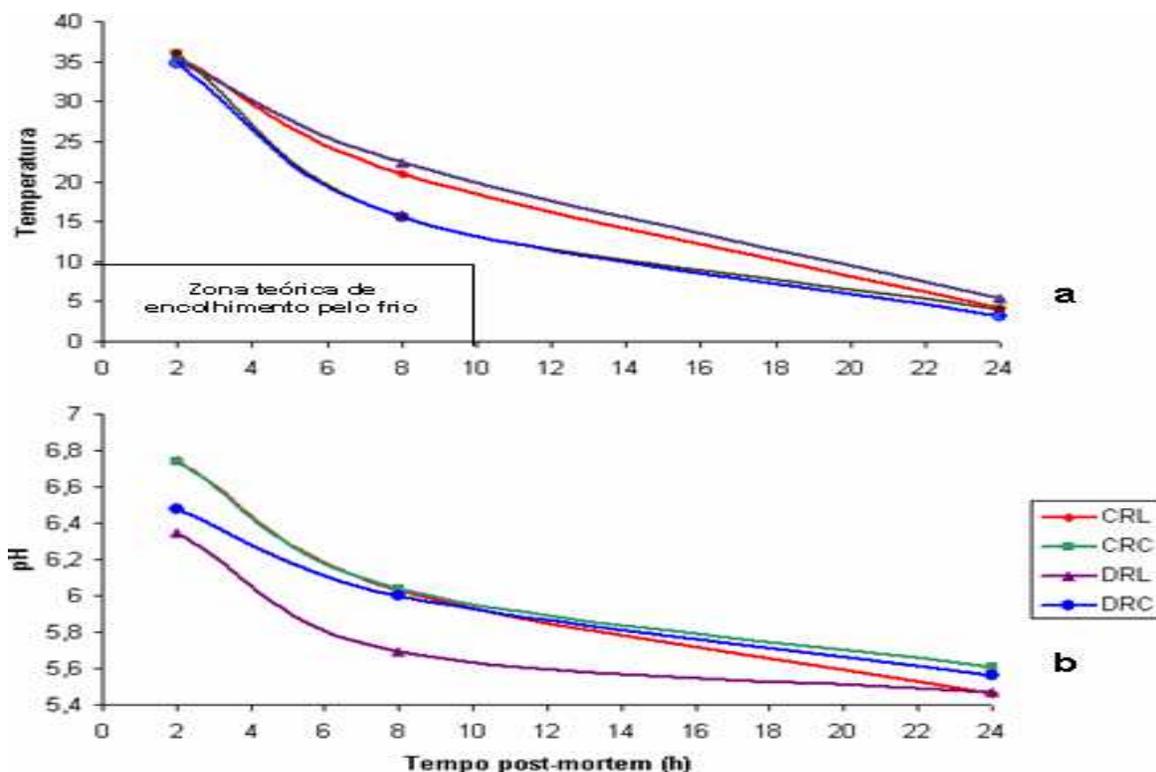


Figura 7 – Gráfico das médias de temperatura ($^{\circ}\text{C}$) (a) e de pH (b) do músculo *Longissimus dorsi* até 24 horas *post mortem*.

Os músculos *Longissimus dorsi* submetidos aos tratamentos controle e resfriamento lento (CRL), suplementado e resfriamento lento (DRL), controle e resfriamento convencional (CRC) e suplementado e resfriamento convencional (DRC) atingiram a temperatura interna de 10°C aproximadamente às 18, 15, 14 e 24 horas *post mortem* e a temperatura interna de 5°C aproximadamente as 23, 22, 22 e 21 horas *post mortem*, respectivamente. Vinte e quatro horas *post mortem* os músculos de todos os tratamentos atingiram temperaturas ao redor de 5°C . Dessa forma, verificou-se que os tratamentos respeitaram a recomendação de Bendall (1978) de que temperaturas inferiores a 10°C não deveriam ser atingidas antes de 10 horas *post mortem*.

Nenhum dos músculos submetidos à temperatura acima de 8⁰C passou por binômio de pH e temperatura que pudessem causar encolhimento pelo calor, uma vez que os músculos apresentaram a 2^a hora *post mortem* pH ao redor de 6,5 e temperaturas musculares ao redor de 35⁰C.

Embora as taxas de resfriamento determinadas pelos diferentes regimes de resfriamento fossem diferentes, particularmente nas primeiras 10 horas *post mortem*, o declínio de pH ou as taxas glicolíticas até as oito horas *post mortem* foram os mesmos para todos os tratamentos.

O uso de temperatura de acondicionamento de meias carcaças elevadas como 8⁰C/8horas obedeceram às necessidades da teoria científica, que define que as primeiras horas *post mortem*, cerca de 2 a 4 horas, são críticas na determinação da maciez do contrafilé e a temperatura de 0⁰C, como faixa de máximo encurtamento muscular.

Do ponto de vista prático, simularam-se as condições ambientais atingidas habitualmente em câmara de refrigeração ou em baús de veículos de transporte. A temperatura de 0⁰C foi utilizada para representar a condição usual da maioria dos frigoríficos brasileiros. Do ponto de vista científico, as duas temperaturas de acondicionamento foram usadas por desencadearem taxas de resfriamento dos músculos diferenciados e conseqüentemente taxas de glicólise diferentes, o que interfere na qualidade da carne final (MARSH *et al.*,1987; PIKE *et al.*, 1993).

O resfriamento lento progressivo nas primeiras horas *post mortem* em câmara de 8⁰C, foi usado para que houvesse uma redução lenta e gradativa das temperaturas dos músculos à medida que os mesmos entravam em *rigor mortis*, o que minimizava as chances de ocorrer o encurtamento muscular pelo frio. Segundo Lawrie (2005) o *rigor mortis* consiste na primeira etapa na conversão de músculo em carne.

De acordo com Savell *et al.* (2005) a relação entre temperatura e pH muscular, no momento do estabelecimento do *rigor mortis* pode ser considerado um importante fator na determinação da intensidade do encurtamento muscular pelo frio. O rápido resfriamento das carcaças pode provocar uma rápida redução

da temperatura dos músculos superficiais e conseqüentemente o fenômeno *cold shortening*, quando os músculos são resfriados abaixo de 10⁰C internamente, enquanto o pH está acima de 6,2. Como se observa, o pH muscular possui um papel fundamental na determinação da maciez da carne fresca, sendo complexa a sua relação com a maciez. Marsh *et al.* (1987) relataram que a maciez é maior quando a glicólise produz um pH de 6,1 três horas após abate. Outros autores têm encontrado maior maciez quando ocorre um declínio relativamente lento de pH nas primeiras horas *post mortem*, proporcionado pela maior ação enzimática do sistema calpaínas.

Na Tabela 4 apresentam-se os valores médios obtidos de temperatura ao longo do tempo de 24 horas *post mortem* do experimento. Pode-se observar que houve efeito do método de resfriamento na velocidade de redução de temperatura nas meias carcaças (p<0,05), com base nas temperaturas de 2^a, 8^a e 24^a horas *post mortem*.

Tabela 4 – Valores médios de temperatura (°C) na 2^a, 8^a e 24^a horas e 14^o dia *post mortem* nas meias carcaças bovinas (*Bos indicus*) submetidas aos diversos tratamentos.

Temperatura	Tratamento ¹			
	CRL	CRC	DRL	DRC
2 horas	35,6 ^a ±0,7	36,0 ^a ±0,6	35,1 ^a ±0,5	34,7 ^a ±0,8
8 horas	20,9 ^a ±1,2	15,6 ^a ±1,1	22,3 ^a ±1,0	15,6 ^a ±0,6
24 horas	4,2 ^a ±0,4	4,1 ^a ±0,1	5,5 ^a ±0,3	3,2 ^a ±0,3
14 dias	4,8 ^a ±0,8	5,3 ^a ±0,9	4,8 ^a ±0,5	5,4 ^a ±0,7

¹Médias e erro padrão das médias, n = 9 repetições por tratamento; médias com diferentes letras sobrescritas na mesma linha (^a:linha=tratamento) indicam haver diferença significativa pelo teste de Tukey (p< 0,05).

CRL: sem suplementação de vitamina D₃ com resfriamento lento; CRC: sem suplementação de vitamina D₃ com resfriamento convencional; DRL: com suplementação de vitamina D₃ com resfriamento lento; DRC: com suplementação de vitamina D₃ com resfriamento convencional.

Os valores médios de pH são apresentados na Tabela 5. Não foi observado o efeito da velocidade de resfriamento na redução do pH ($p > 0,05$). Os valores encontrados para o pH na 24^a hora *post mortem* estão dentro do esperado, de 5,5 a 5,8 (LUCHIARI FILHO, 2000) ou entre 5,4 e 5,9 (LAWRIE, 2005).

Tabela 5 – Valores de pH na 2^a, 8^a e 24^a horas e 14^o dia *post mortem* nas meias carcaças bovinas (*Bos indicus*) submetidas aos diversos tratamentos.

pH	Tratamento ¹			
	CRL	CRC	DRL	DRC
2 horas	6,7 ^a ±0,1	6,7 ^a ±0,1	6,3 ^a ±0,1	6,5 ^a ±0,1
8 horas	6,0 ^a ±0,1	6,0 ^a ±0,1	5,7 ^a ±0,1	6,0 ^a ±0,1
24 horas	5,5 ^a ±0,1	5,6 ^a ±0,1	5,5 ^a ±0,1	5,6 ^a ±0,1
14 dias	5,6 ^a ±0,1	5,3 ^a ±0,1	5,5 ^a ±0,1	5,5 ^a ±0,1

¹Médias e erro padrão das médias, n = 9 repetições por tratamento; médias com diferentes letras sobrescritas na mesma linha (^a:linha=tratamento) indicam haver diferença significativa pelo teste de Tukey ($p < 0,05$).

CRL: sem suplementação de vitamina D₃ com resfriamento lento; CRC: sem suplementação de vitamina D₃ com resfriamento convencional; DRL: com suplementação de vitamina D₃ com resfriamento lento; DRC: com suplementação de vitamina D₃ com resfriamento convencional.

Vários autores obtiveram em diferentes estudos resultados semelhantes de pH aos observados no presente trabalho. Abularach (1998) relatou valores médios de pH final no músculo *Longissimus dorsi* de animais jovens da raça Nelore, inteiros, iguais a 5,57, variando entre 5,4 e 5,6. Os resultados também concordaram com Aferri (2003) que avaliou as características de carcaça de 36 novilhos mestiços $\frac{3}{4}$ *Bos taurus* e $\frac{1}{4}$ *Bos indicus*, de 14 meses e submetidos a uma dieta de 81% de concentrado. Os dados foram similares aos encontrados por Montgomery *et al.* (2002), que estudaram os efeitos da suplementação da vitamina D₃ nas diferentes dosagens (0,5; 1,0; 2,5; 5,0 e 7,5 x 10⁶ UI/animal/9dias) sobre a maciez de touros. Entretanto, Karges *et al.* (2001) relataram que o pH final da carne de animais tratados com vitamina D₃ foi menor do que os do controle.

Apesar de se ter trabalhado com animais inteiros, os pH finais são compatíveis com cortes de coloração normal, pois, segundo Lawrie (2005), animais inteiros apresentam, normalmente, pH final elevado (~ 6,0) e corte escuro ou *dark cutting*, característico da carne DFD (dark, firm, dry), devido a suscetibilidade destes animais ao estresse no período pré-abate.

Em alguns países, carnes com pH final inferior a 5,8 são melhores valorizadas (JANSEN, 2001). Na Austrália, pH superior a 5,7 é inaceitável (McINTYRE, 2000). Considerando o valor de pH $\leq 5,99$ como limite para exportação de carne bovina para União Européia, os valores encontrados neste experimento não seriam limitantes, porque não se constatou a presença da anomalia DFD, que pode resultar em maior retenção de água e menor tempo de vida de prateleira do que as de pH normal.

5.2. Características da carcaça

5.2.1. Ganho de peso diário e peso

Na Tabela 6 encontram-se os valores médios das características de carcaça dos 36 animais do experimento obtidos durante o confinamento. O não fornecimento (controle) ou fornecimento de vitamina D₃ não afetaram significativamente as características de carcaça ($p > 0,05$).

Tabela 6 – Valores médios das características de carcaças de animais *Bos indicus* suplementados com vitamina D₃ e não (controle) por 7 dias antes do abate.

Características	Tratamento ¹	
	Controle	Suplementado
Ganho de peso diário (Kg)	1,48 ^a ±0,36	1,41 ^a ±0,43
Peso vivo ao abate (Kg)	515,47 ^a ±37,12	508,21 ^a ±44,66
Peso da carcaça quente (kg)	298,0 ^a ±25,9	298,6 ^a ±31,7

¹Médias e erro padrão das médias, n = 18 por tratamento; médias com diferentes letras sobrescritas na mesma linha (^a:linha=tratamento) indicam haver diferença significativa pelo teste de Tukey ($p < 0,05$).

Segundo Pedreira (2002), a suplementação com vitamina D₃ também não afetou as características de carcaças quando foi realizada nos níveis de 0, 3, 6 e 9 milhões de UI/animal/dia, por um período de 10 dias antes do abate, por via oral, misturado ao concentrado, em animais da raça Nelore, castrados. O mesmo foi observado por Montgomery *et al.* (2004) quando a suplementação de vitamina D₃ foi realizada a 0,5 milhão de UI (mesma dosagem deste trabalho) por oito dias consecutivos.

Diferentemente do observado neste experimento e por Montgomery *et al.* (2004) e Pedreira (2002), o fornecimento de vitamina D₃ pode interferir no ganho de peso dos animais. Segundo Scanga *et al.*,(2001), Berry *et al.*, (2000) e Montgomery *et al.*, (2002; 2000) a com redução do ganho de peso diário deve-se à diminuição da ingestão de alimento, o que indica o início de intoxicação pelos níveis supranutricionais de vitamina D₃ fornecidos. ,

5.2.2. Área de olho de lombo e Espessura de gordura de cobertura.

Os valores médios da área de olho de lombo e a espessura de gordura de cobertura ou subcutânea (EGC) obtidos neste experimento das meias carcaças direita, submetidas ao resfriamento lento encontram-se na *Tabela 7*. A suplementação de vitamina D₃ afetou significativamente a medida de área de olho de lombo ($p < 0,05$), entretanto a espessura de gordura de cobertura não foi significativamente afetada ($p > 0,05$) pelos tratamentos. As meias carcaças esquerda, submetidas ao resfriamento convencional não foram avaliadas para estas características.

Conforme as exigências atuais e futuras do mercado de carne há necessidade de se produzir animais com boa qualidade de carcaça, com o máximo de cortes comercializáveis e com boa cobertura de gordura. Do ponto de vista prático, a área de olho de lombo medida entre a 12^a e 13^a costela e associada a outros parâmetros como a espessura de gordura subcutânea (EGC)

são internacionalmente aceitas como bons indicadores de desenvolvimento muscular do animal ou quantidade de carne magra que a carcaça pode render, pois quanto maior a área de olho de lombo (AOL), maior será o rendimento da carcaça em cortes comercializáveis, sendo a EGC correlacionada inversamente (LUCHIARI FILHO, 2000).

Tabela 7 – Valores médios de AOL e EGC obtidos de meias carcaças de *Bos indicus*, submetidas ao resfriamento lento, com e sem suplementação de vitamina D₃ por 7 dias consecutivos antes do abate.

Características	Tratamento ¹	
	Controle	Suplementado
Área de olho de lombo (cm ²)	70,73 ^a ±6,48	65,26 ^b ±6,66
Espessura de gordura de cobertura (mm)	4,72 ^a ±0,96	4,61 ^a ±1,40

¹Médias e erro padrão das médias, n = 18 repetições por tratamento; médias com diferentes letras sobrescritas na mesma linha (^{a..b}:linha=tratamento) indicam haver diferença significativa pelo teste de Tukey (p< 0,05).

Valores médios similares de AOL foram encontrados em tourinhos da raça Nelore com idade ao redor de 24 meses, com 67,8 cm² (LUCHIARI FILHO et al., 1985). Manço (2006) ao avaliar as carcaças de animais da raça Nelore, castrados e com idade de 2 e 3 anos encontrou resultados semelhantes de 62,49 cm² e 63,05 cm², respectivamente. Vaz *et al.* (2002) ao avaliar 80 novilhos ³/₄ Nelore ¹/₄ Charolês e 136 novilhos ³/₄ Charolês ¹/₄ Nelore criados a pasto e terminados em confinamento e abatidos aos 2 anos, observaram 64,7 cm² e 69,5 cm². Pedreira (2002) relatou resultados similares de AOL em carcaças resfriadas da ordem de 61,36 cm² em animais da raça Nelore submetidos a 4 níveis de suplementação de vitamina D₃.

De igual forma este valor de AOL é inferior ao dos tourinhos Nelore (Nelore e Nelore mocho), de 519 kg em média, avaliados pela Associação Brasileira de Criadores de Zebu (ABCZ, 1997) que obtiveram dados de 75,4 cm² em média.

FELÍCIO (1997) encontrou valores de AOL iguais a 72,14 cm² ao avaliar tourinhos da raça Nelore, com idade de 24 meses.

A média da EGC obtida foi de 4,72 mm para o controle e 4,61 mm para o suplementado, sendo superiores aos relatados por Abularach, Rocha e Felício (1998) para tourinhos Nelore, de 22 a 29 meses de idade, de 2,69 mm. Os resultados obtidos nestes experimentos, com EGC maior do que 3 mm não prejudica a qualidade do corte contrafilé, por não afetar o rendimento de desossa ou com desperdício de gordura.

5.2.3.Composição centesimal

A Tabela 8 apresenta os valores médios de composição centesimal das meias carcaças direita de tourinhos da raça Nelore (*Bos indicus*), submetidos ao tratamento de resfriamento lento, com e sem suplementação de vitamina D₃. A suplementação afetou significativamente os teores e umidade e lipídio (p<0,05) do músculo. Não foram avaliados os dados de composição centesimal do resfriamento convencional.

Tabela 8 – Valores médios de composição centesimal e erro padrão do músculo *Longissimus dorsi* de animais da raça Nelore, inteiros, com 2 anos de idade.

Determinações	Tratamento ¹	
	Controle	Suplementado
Umidade (g/100g)	74,37 ^a ±0,53	74,20 ^b ±0,48
Lipídio (g/100g)	2,13 ^b ±0,34	2,35 ^a ±0,48
Cinzas (g/100g)	1,14 ^a ±0,11	1,14 ^a ±0,13
Cálcio (mg/dL)	1,11 ^a ±1,84	1,17 ^a ±1,25

¹Médias e erro padrão das médias, n = 18 por tratamento; médias com diferentes letras sobrescritas na mesma linha (^a;^b:linha=tratamento) indicam haver diferença significativa pelo teste de Tukey (p< 0,05).

Os teores de gordura apresentados neste experimento são muito baixos, possivelmente por se trata do abate de animais inteiros. O baixo teor de gordura intramuscular pode prejudicar a suculência e a maciez do contrafilé, que é uma carne para cocção rápida, com calor seco. Há evidências de que o conteúdo mínimo de lipídios na faixa de 2,9 – 3,0% é necessário para obterá obtenção de uma carne assada macia e suculenta (ABULARACH, ROCHA, FELÍCIO, 1998).

A suplementação com Vitamina D₃ não afetou significativamente os teores de cinzas e cálcio ($p < 0,05$) do músculo.

No presente experimento, observou-se uma redução drástica na concentração de cálcio muscular nos dois tratamentos, ficando abaixo da concentração normal de cálcio no sangue, que é, de acordo com Swaneck *et al.*, (1999) e Karges *et al.*, (2001) na faixa de 8 a 12 mg/dL e pode ser regulada pelos hormônios, como paratireóide, calcitonina e vitamina D₃.

Segundo Aferri (2003), a redução da concentração de cálcio muscular durante o confinamento pode ocorrer devido ao fornecimento de altos níveis de gordura na dieta dos bovinos, a qual pode interferir na absorção de nutrientes. Os ácidos graxos podem reduzir o pH do rúmen e, conseqüentemente, alterarem a flora ruminal, além de formarem complexos com os íons metálicos, impedindo a sua absorção.

As concentrações de cálcio no músculo *Longissimus dorsi* obtidas neste experimento diferem dos apresentados por Montgomery *et al.* (2004ab), que encontraram um aumento significativo durante a suplementação com a vitamina D₃ na dose de 0,5 milhões de UI/8 dias antes do abate. Swaneck *et al.* (1999) também observaram um aumento na concentração de cálcio plasmático de 40 – 50%, quando os novilhos foram suplementados com vitamina D₃ por 7 e 10 dias.

5.2.5. Perda de peso das meias carcaças por evaporação

Os pesos individuais de todas as carcaças utilizadas no experimento antes e após o resfriamento, com as respectivas variações de peso durante o resfriamento estão demonstrados nos *Anexos 2 e 3*. Os valores médios das perdas de peso por evaporação dos quatros tratamentos são apresentados na *Tabela 10*. As meias carcaças não suplementadas com vitamina D₃ e submetidas ao resfriamento lento (CRL) apresentaram a maior perda de peso por evaporação e diferiram significativamente das demais.

Tabela 9 – Perdas de peso por evaporação (%) durante o resfriamento das meias carcaças bovinas (*Bos indicus*) submetidas aos diversos tratamentos.

Característica	Tratamentos ¹			
	CRC	CRL	DRC	DRL
Perda de peso por evaporação	2,03 ^b ± 0,32	5,43 ^a ± 1,23	2,36 ^b ± 0,51	2,51 ^b ± 3,45

¹Médias e erro padrão das médias, n = 18 por tratamento; médias com diferentes letras sobrescritas na mesma linha (^a,^b:linha=tratamento) indicam haver diferença significativa pelo teste de Tukey (p < 0,05).

CRL: sem suplementação de vitamina D₃ com resfriamento lento; CRC: sem suplementação de vitamina D₃ com resfriamento convencional; DRL: com suplementação de vitamina D₃ com resfriamento lento; DRC: com suplementação de vitamina D₃ com resfriamento convencional.

5.3. Avaliação da perda de peso por cocção e da força de cisalhamento

Observa-se na *Tabela 10*, que apresenta os resultados de perda de peso durante o cozimento e da força de cisalhamento dos cortes cárneos, que os tratamentos não afetaram significativamente estes dois parâmetros.

Tabela 10 - Valores médios de perda de peso por cocção (%) e da força de cisalhamento (Kgf) em bifes de contrafilé (m. *L. dorsi*) submetidos aos diferentes tratamentos.

Características	Tratamentos ¹			
	CRC	CRL	DRC	DRL
Perda de peso por cocção	25,54 ^a ± 5,1	24,51 ^a ± 3,2	25,33 ^a ± 4,2	23,59 ^a ± 3,2
Força de cisalhamento	6,42 ^a ± 1,3	5,84 ^a ± 1,4	6,07 ^a ± 1,1	5,73 ^a ± 1,2

¹Médias e erro padrão das médias, n = 18 por tratamento; médias com diferentes letras sobrescritas na mesma linha (^{a,b}:linha=tratamento) indicam haver diferença significativa pelo teste de Tukey (p < 0,05).

CRL: sem suplementação de vitamina D₃ com resfriamento lento; CRC: sem suplementação de vitamina D₃ com resfriamento convencional; DRL: com suplementação de vitamina D₃ com resfriamento lento; DRC: com suplementação de vitamina D₃ com resfriamento convencional.

Os resultados encontrados no presente estudo corroboram com os apresentados de Cardoso (2005), que após 7 e 14 dias de maturação não observaram diferenças significativas nas perdas por cocção da carne procedente de bovinos da raça Nelore, macho castrado, submetido ao resfriamento convencional e desossado a frio. Resultados semelhantes a estes foram reportados por Vaz *et al.* (2001), que obtiveram perdas 25,45% na cocção do músculo *Longissimus dorsi* de animais inteiros.

King *et al.* (2003) também não observaram diferenças significativas nas perdas por cozimento em amostras dos músculos *longissimus thoracis* e *tríceps brachii*, obtidas de carcaças submetidas aos resfriamentos, rápido e convencional. Entretanto os autores observaram que o avanço do período de maturação até 14 dias aumentou as perdas por cozimento, de 24,9% com um dia de maturação para 26,2% com 14 dias.

Pedreira (2002) também não observou redução da força de cisalhamento de cortes cárneos ao trabalhar com 4 níveis de concentração de vitamina D₃ (0, 3, 6 e 9 milhões de UI). Além disso, Scanga *et al.*(2001) observaram que a

suplementação com 1 e 5 milhões de UI de vitamina D₃/8 dias antes do abate não afetou a força de cisalhamento dos bifes após 2, 7, 14 e 21 dias de maturação.

Diferentemente do observado no presente estudo, Montgomery *et al.*, (2004abc) observaram menor força de cisalhamento, e conseqüentemente maior maciez dos bifes quando os animais foram suplementados nas doses de 0,5; 1 e 5 milhões de UI/8 dias consecutivos antes do abate.

O valor de força de cisalhamento considerado como limite aceitável para maciez em carne é bastante variável. Miller *et al.* (1993), ao relacionarem a força de cisalhamento com a aceitabilidade da maciez da carne, constataram que o limite para carne aceitável foi de 3,0 Kgf em condições de consumo residencial e de 5,0 Kgf em restaurante. McKeith *et al.* (1985) propuseram o valor limite de 4,5 kgf, enquanto Johnson *et al.* (1990) propuseram 5,5 kgf e Koohmaraie (1995) reporta o valor de 6,0 kgf.

Segundo Cardoso (2005) no Brasil não existem trabalhos semelhantes aos de Miller *et al.* (1993) que relaciona a força de cisalhamento com aceitabilidade da maciez da carne bovina.

5.4. Análise objetiva da cor da carne

A Tabela 11 apresenta os valores médios da avaliação instrumental de cor em valores de L*, a* e b* do músculo *Longissimus dorsi* aos 14, 15, 16, 17, 18 e 19 dias *post mortem*. Os tratamentos não afetaram significativamente a cor instrumental dos bifes. Na média, as carnes dos experimentos, nos diferentes tratamentos, apresentaram-se com cor vermelha, com luminosidade (L*) variando entre 41,12 a 47,39; intensidade de vermelho (a*) variando entre 14,70 a 21,68 e intensidade amarelo (b*) variando entre 14,03 a 17,11.

Tabela 11 – Valores médios dos parâmetros L*, a* e b* do m. *Longissimus dorsi* submetidos aos diferentes tratamentos.

Parâmetro	Tratamentos ¹			
	CRC	CRL	DRC	DRL
L*				
14 dias p.m.	45,65 ^a ± 2,79	45,63 ^a ± 3,11	47,39 ^a ± 2,76	46,29 ^a ± 3,01
15 dias p.m.	44,49 ^a ± 2,61	44,34 ^a ± 2,41	45,48 ^a ± 2,01	45,79 ^a ± 2,52
16 dias p.m.	42,72 ^a ± 2,31	42,12 ^a ± 2,21	42,97 ^a ± 2,01	43,01 ^a ± 2,12
17 dias p.m.	42,58 ^a ± 2,61	42,42 ^a ± 2,11	42,54 ^a ± 2,03	42,69 ^a ± 2,52
18 dias p.m.	41,58 ^a ± 2,01	42,12 ^a ± 2,02	42,34 ^a ± 1,91	42,86 ^a ± 2,03
19 dias p.m.	41,12 ^a ± 2,06	42,75 ^a ± 2,16	41,63 ^a ± 1,85	42,75 ^a ± 2,04
a*				
14 dias p.m.	21,05 ^a ± 1,71	21,01 ^a ± 1,63	19,89 ^a ± 1,65	20,98 ^a ± 1,65
15 dias p.m.	21,36 ^a ± 1,51	21,68 ^a ± 1,38	20,46 ^a ± 1,62	21,58 ^a ± 1,52
16 dias p.m.	20,34 ^a ± 1,01	20,91 ^a ± 1,18	20,02 ^a ± 1,62	21,04 ^a ± 1,15
17 dias p.m.	18,26 ^a ± 1,51	18,59 ^a ± 1,80	17,36 ^a ± 1,02	18,41 ^a ± 1,22
18 dias p.m.	16,56 ^a ± 1,71	17,59 ^a ± 1,32	17,05 ^a ± 1,13	17,48 ^a ± 1,45
19 dias p.m.	14,70 ^a ± 1,61	16,98 ^a ± 1,45	16,21 ^a ± 1,46	16,76 ^a ± 1,69
b*				
14 dias p.m.	15,97 ^a ± 1,91	15,82 ^a ± 1,82	15,55 ^a ± 1,81	16,04 ^a ± 1,89
15 dias p.m.	16,35 ^a ± 1,60	16,67 ^a ± 1,33	16,31 ^a ± 1,50	17,11 ^a ± 1,64
16 dias p.m.	16,19 ^a ± 1,62	16,42 ^a ± 1,30	16,34 ^a ± 1,40	16,98 ^a ± 1,68
17 dias p.m.	15,12 ^a ± 1,60	15,44 ^a ± 1,33	15,33 ^a ± 1,02	15,75 ^a ± 1,04
18 dias p.m.	14,77 ^a ± 1,06	15,20 ^a ± 1,17	14,99 ^a ± 1,50	15,62 ^a ± 1,06
19 dias p.m.	14,03 ^a ± 1,34	15,13 ^a ± 1,06	14,92 ^a ± 1,07	15,38 ^a ± 1,27

¹Médias e erro padrão das médias, n = 9 repetições por tratamento; médias com diferentes letras sobrescritas na mesma linha (^a:linha=tratamento) indicam haver diferença significativa pelo teste de Tukey (p< 0,05).

CRL: sem suplementação de vitamina D₃ com resfriamento lento; CRC: sem suplementação de vitamina D₃ com resfriamento convencional; DRL: com suplementação de vitamina D₃ com resfriamento lento; DRC: com suplementação de vitamina D₃ com resfriamento convencional.

Resultados similares foram relatados por Reiling e Johnson (2003), os quais também não observaram nenhum efeito da suplementação de 5 milhões de UI de vitamina D₃ por 7 dias antes do abate sobre os parâmetros de cor L*, a* e b*. Por

estes autores, como neste experimento, a cor dos bifes foi avaliada após 14 dias de maturação durante 3 dias consecutivos de exposição em balcão refrigerado.

A Tabela 12 apresenta a variação de cor dos bifes durante o tempo de exposição em balcão refrigerado (14 a 19 dias), representada ΔE^*_{ab} , tomando-se como padrão o 14º dia *post mortem*. Observa-se que os tratamentos não afetaram significativamente a variação de cor. Ou seja, a suplementação de vitamina D₃ e as diferentes taxas de resfriamento não afetaram a variação de cor dos bifes quando estes foram expostos como normalmente utilizado nos pontos de venda.

Tabela 12 – Valor médio de ΔE^*_{ab} do músculo *Longissimus dorsi* submetido a diferentes tratamentos.

Parâmetro	Tratamentos ¹			
	CRC	CRL	DRC	DRL
$\Delta E^*_{a,b}$	3,79 ^a ± 1,94	3,80 ^a ± 1,28	4,13 ^a ± 1,67	3,22 ^a ± 1,41

¹Médias e erro padrão das médias, n = 6 repetições por tratamento; médias com diferentes letras sobrescritas na mesma linha (^a:linha=tratamento) indicam haver diferença significativa pelo teste de Tukey (p< 0,05).

CRL: sem suplementação de vitamina D₃ com resfriamento lento; CRC: sem suplementação de vitamina D₃ com resfriamento convencional; DRL: com suplementação de vitamina D₃ com resfriamento lento; DRC: com suplementação de vitamina D₃ com resfriamento convencional.

O comportamento de ΔE^*_{ab} para cada tratamento, em função do tempo de exposição na gôndola, tomando-se o 14º dia como padrão, é apresentado nas Figuras 13, 14, 15 e 16. A cor das amostras de bife tornou-se mais escura ao longo do tempo (aumento do ΔE^*), devido a formação de metamioglobina, a qual aumenta nos cortes cárneos com o avanço do tempo de estocagem (KANNAN, KOUAKOU e GELAYE, 2001).

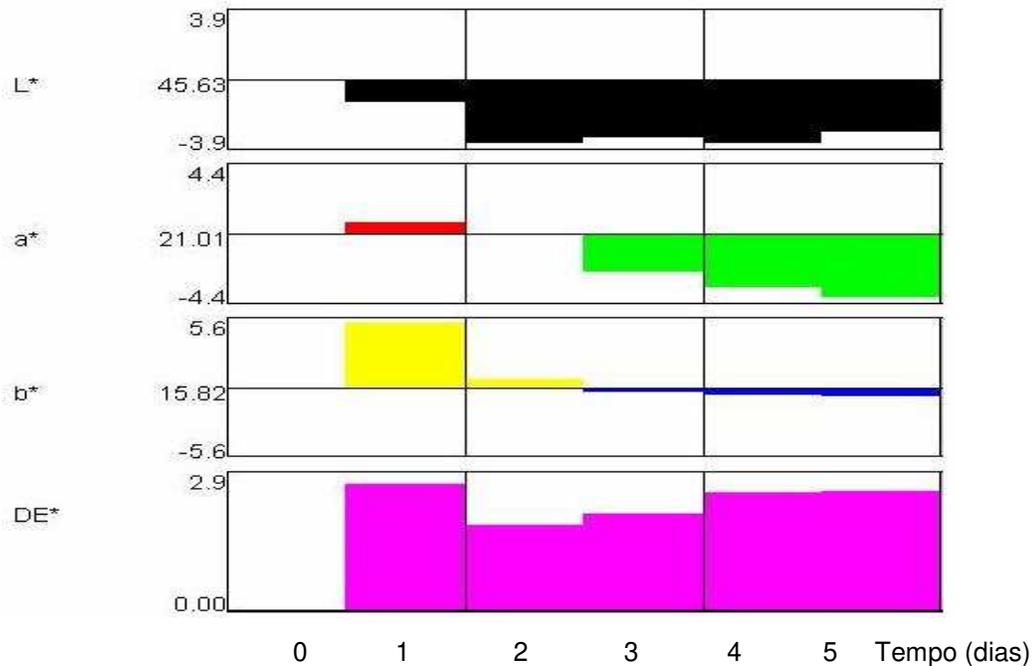


Figura 8 – Gráfico da variação de cor (ΔE) da amostra controle com resfriamento lento (CRL), durante 5 dias de armazenamento em gôndola refrigerada sob iluminação artificial fluorescente (1000-1500 lux). Amostras expostas a estas condições após 14 dias de maturação (tempo zero e o padrão de cor).

As Figuras 13, 14, 15 e 16, indicam que os bifes apresentaram variação de cor (comportamento de ΔE^*_{ab}) similar durante os cinco dias exposição no balcão refrigerado. Pode-se observar que, independente dos tratamentos, houve uma redução na intensidade de luminosidade (L^*) e um pequeno aumento de intensidade de cor vermelha (a^*) no primeiro dia de exposição, seguido de uma redução na intensidade de cor vermelha. Além disso, no primeiro e no segundo dia observou-se um aumento na intensidade de cor amarela e posteriormente uma redução gradual. Portanto, houve uma descoloração similar em todos os tratamentos e a formação da coloração marrom ao longo do tempo.

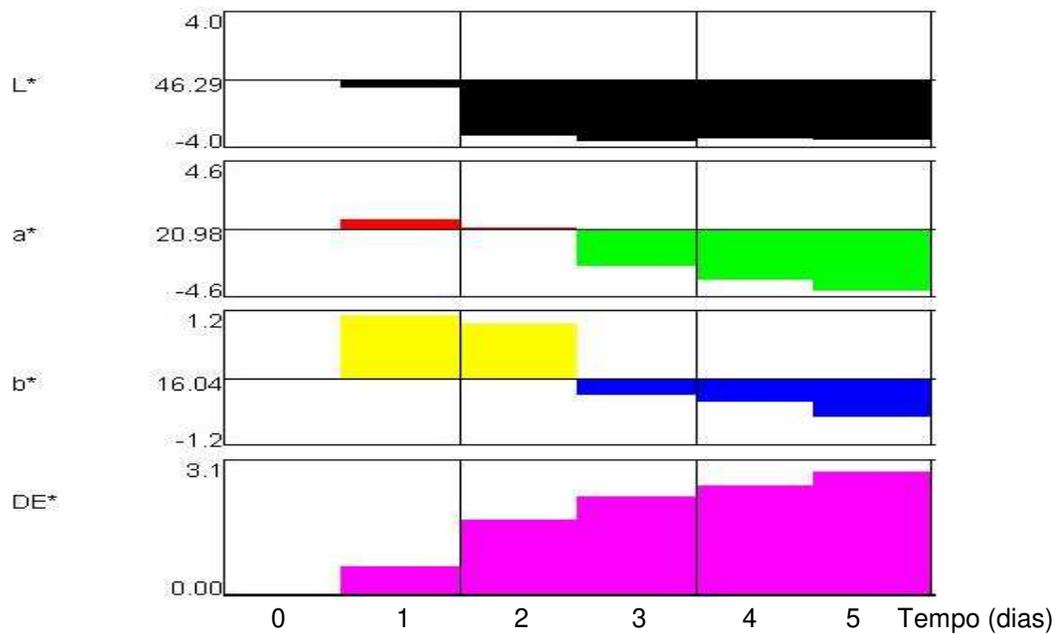


Figura 9 – Gráfico da variação de cor (ΔE) da amostra suplementada, com resfriamento lento (DRL), durante 5 dias de armazenamento em gôndola refrigerada sob iluminação artificial fluorescente (1000-1500 lux). Amostras expostas a estas condições após 14 dias de maturação (tempo zero e o padrão de cor).

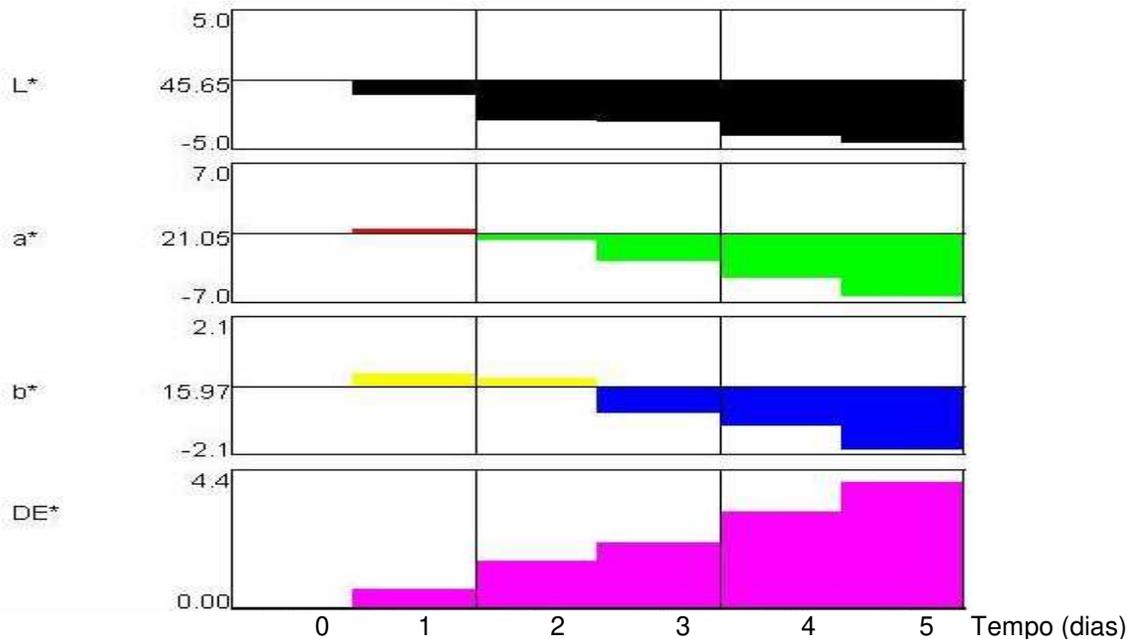


Figura 10 – Gráfico da variação de cor (ΔE) da amostra controle, com resfriamento convencional (CRC), durante 5 dias de armazenamento em gôndola refrigerada sob iluminação artificial fluorescente (1000-1500 lux). Amostras expostas a estas condições após 14 dias de maturação (tempo zero e o padrão de cor).

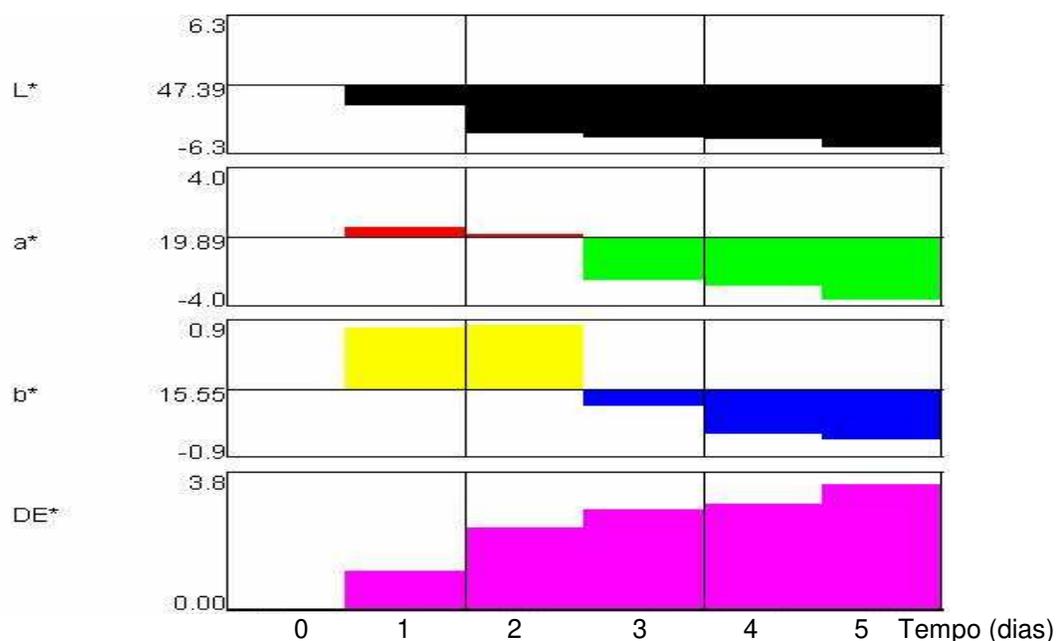


Figura 11 – Gráfico da variação de cor (ΔE) da amostra suplementada, com resfriamento convencional (DRC), durante 5 dias de armazenamento em gôndola refrigerada sob iluminação artificial fluorescente (1000-1500 lux). Amostras expostas a estas condições após 14 dias de maturação (tempo zero e o padrão de cor).

5.5. Análise sensorial

Os resultados da análise sensorial dos bifes de contrafilé após o período de 14 dias de maturação obtidos das meias carcaças submetidas aos tratamentos de suplementação ou não de vitamina D₃ associado ao resfriamento lento e convencional são apresentados na Tabela 13. Foram avaliados os atributos de aroma, maciez, sabor, suculência e impressão global. Os resultados da análise de variância indicaram que os tratamentos não afetaram significativamente as características sensoriais analisadas. Estes dados estão em consonância com a avaliação das características físicas dos bifes de todos os tratamentos, os quais não apresentaram diferença na força de cisalhamento, que se relaciona com a maciez da carne, e na perda por cocção, que se relaciona com a suculência dos

produtos. Outros pesquisadores (Karges *et al.*, 2001, Montgomery *et al.*, 2000, Rider *et al.*, 2000) também observaram que a suplementação da vitamina D₃ em diferentes dosagens não afetou a avaliação sensorial da carne.

Tabela 13 – Valores médios das características de aroma, maciez, sabor, suculência e impressão global da análise sensorial do músculo *Longissimus dorsi* submetido aos diferentes tratamentos, após 14 dias *post mortem*.

Característica	Tratamentos ¹			
	DRC	CRC	CRL	DRL
Aroma	6,36 ^a ± 0,94	5,87 ^a ± 1,07	6,42 ^a ± 0,80	6,00 ^a ± 0,94
Maciez	6,06 ^a ± 1,48	6,17 ^a ± 1,40	6,66 ^a ± 1,29	6,64 ^a ± 1,19
Sabor	6,00 ^a ± 1,24	6,08 ^a ± 1,25	6,29 ^a ± 0,95	5,94 ^a ± 1,09
Suculência	6,17 ^a ± 1,22	6,23 ^a ± 1,19	6,38 ^a ± 0,95	6,19 ^a ± 0,99
Impressão global	5,98 ^a ± 1,18	6,13 ^a ± 1,09	6,42 ^a ± 1,03	6,19 ^a ± 1,04

¹Médias e erro padrão das médias, n = 9 repetições por tratamento; médias com diferentes letras sobrescritas na mesma linha (^a:linha=tratamento) indicam haver diferença significativa pelo teste de Tukey (p < 0,05).

CRL: sem suplementação de vitamina D₃ com resfriamento lento; CRC: sem suplementação de vitamina D₃ com resfriamento convencional; DRL: com suplementação de vitamina D₃ com resfriamento lento; DRC: com suplementação de vitamina D₃ com resfriamento convencional.

5.6. Análise sensorial da cor

Os resultados da análise sensorial visual dos bifos de contrafilé submetidas aos diferentes tratamentos, após 14 dias de maturação e 3 dias de exposição em gôndolas refrigeradas são apresentados na Tabela 14. Os resultados indicaram que os tratamentos não afetaram significativamente a cor das amostras, entretanto, estas escureceram significativamente durante os 3 dias de exposição em gôndolas refrigeradas, independentemente dos tratamentos.

Tabela 14 – Valor médio dos dados de caracterização de cor da carne submetido a diferentes tratamentos.

Período de exposição (dias)	Tratamentos ¹			
	CRC	CRL	DRC	DRL
1	1,84 ^{aC} ± 0,4	1,53 ^{aB} ± 0,4	1,33 ^{aC} ± 0,3	1,74 ^{aC} ± 0,5
2	2,85 ^{aB} ± 0,6	2,53 ^{aA} ± 0,6	2,62 ^{aB} ± 0,6	2,74 ^{aB} ± 0,6
3	3,11 ^{aA} ± 0,8	2,59 ^{aA} ± 0,6	2,81 ^{aA} ± 0,7	2,91 ^{aA} ± 0,6

¹Médias e erro padrão das médias, n = 4 repetições por tratamento; médias com diferentes letras sobrescritas na mesma linha (^a:linha=tratamento; ^{A,B,C}:coluna=período de exposição) indicam haver diferença significativa pelo teste de Tukey (p < 0,05).

CRL: sem suplementação de vitamina D₃ com resfriamento lento; CRC: sem suplementação de vitamina D₃ com resfriamento convencional; DRL: com suplementação de vitamina D₃ com resfriamento lento; DRC: com suplementação de vitamina D₃ com resfriamento convencional.

De acordo com o padrão de cor desenvolvido pela AMERICAN LAMB COUNCIL e NATIONAL LIVE STOCK & MEAT BOARD, os valores de coloração da carne de 1. a 2 Red são altamente desejáveis em carnes frescas e congeladas. Os valores de 3 Red e 3 Brown são aceitáveis e 3,5 Red são pouco aceitáveis, enquanto 4 e 5 Red ou Brown são inaceitáveis, devido a formação da metamioglobina que se observa com as manchas marrom ou mioglobina reduzida com o escurecimento da cor da carne. Comparando-se os valores da avaliação visual de cor das carnes obtidas dos diferentes tratamentos, pode-se afirmar que mesmo após 3 dias de exposição em condições similares às de varejo os bifes apresentaram-se e condições aceitáveis para consumo.

Diferente do observado neste trabalho, Vaz *et al.* (2001) ao avaliar a cor da carne de animais inteiros de grupos genéticos Charolês x Nelore, através de uma escala de cor similar ao utilizado neste experimento, que variou de 1 a 5 pontos, sendo 1, escura, 3, vermelha levemente escura e 5, vermelha viva, reportaram a pontuação de 3,05 para os animais inteiros. A justificativa segundo esses mesmos autores, deve-se a susceptibilidade de estresse pré-abate dos animais inteiros e não na concentração de mioglobina no músculo.

6. CONCLUSÕES

A suplementação dos animais com a vitamina D₃ no nível de 0,5 milhão de UI durante sete dias antes do abate não afetou significativamente o ganho de peso e a espessura de gordura de cobertura das carcaças, entretanto, diminuiu sua área de olho de lombo;

As carcaças dos animais suplementados com a vitamina D₃ apresentaram menor umidade e maior teor de lipídeos do que as carcaças controle. Os teores de cinzas e cálcio não apresentam diferença com a suplementação de vitamina D₃.

A suplementação dos animais com a vitamina D₃ e o tipo de resfriamento não afetaram o comportamento de redução do pH. As carcaças dos animais controle, submetidas ao resfriamento lento apresentam a maior perda peso por evaporação durante o resfriamento.

A suplementação dos animais com a vitamina D₃ e o tipo resfriamento não afetaram a perda de peso por cocção, a maciez e a cor do contra filé. Todos os bifés apresentaram alteração de cor instrumental semelhante quando expostos em balcão refrigerado sob iluminação fluorescente, embalados em bandejas de poliestireno cobertas com filme plástico permeável ao oxigênio após 14 dias de maturação.

Os contra filés obtidos de carcaças de animais com ou sem suplementação de vitamina D₃, resfriados pelo sistema lento ou convencional não apresentaram diferença nas características de aroma, maciez, sabor, suculência e impressão global. Todos os parâmetros sensoriais apresentaram as notas de avaliação em torno de 6 (gostei ligeiramente). Todos os bifés apresentaram alteração de cor sensorial semelhante quando expostos em balcão refrigerado sob iluminação fluorescente, embalados em bandejas de poliestireno cobertas com filme plástico permeável ao oxigênio após 14 dias de maturação.

7. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ABIEC – Associação Brasileira das Indústrias Exportadoras de Carne. **Exportações de carne bovina por país importador. Período de janeiro a agosto de 2006.** Disponível em: <<http://www.abiec.com.br>> Acesso em: 20/09/2006.

ABULARACH, M. L. S.; ROCHA, C. E.; FELÍCIO, P. E. de. Características de qualidade do contrafilé (m. *Longissimus dorsi*) de touros jovens da raça nelore. **Ciência Tecnologia de Alimentos**, v. 18 n. 2, 1998.

AMERICAN LAMB COUNCIL/NATIONAL LIVE STOCK & MEAT BOARD. **How to control lamb color.** Denver/Chicago, [s.d.] folder.

AMSA – AMERICAN MEAT SCIENCE ASSOCIATION. Guidelines for meat color evaluation. **Proceedings of the Reciprocal Meat Conference**, v. 44, 17 p., 1991.

AMSA. Research guidelines of cookery, sensory and instrumental tenderness measurement of fresh meat. **American Meat Science Association**, National Live Stock and Meat Board, Chicago, IL, 48 p. 1995.

ANDRAE, J. G.; DUCKETT, S. K.; HUNT, C. W.; PRICHARD, G. T.; OWENS, F. N. Effects of feeding high - oil corn to beef steers on carcass characteristics and meat quality. **Journal of Animal Science**, v. 79, p.582-588, 2001.

ANUALPEC. **Anuário da Pecuária Brasileira.** São Paulo, 369 p., 2006.

ASGHAR, A., GRAY, J. L., BOOREN, A. M., GOMAA, E. A., ABOUZIED, M. M., MILLER, E. R., BUCKLEY, J. Effects of supranutritional dietary vitamin E levels on subcellular deposition of α -tocopherol in the muscle and on pork quality. **Journal Science Food Agriculture**, v. 57, p. 31-41, 1991.

BARBUT, S. Effect of illumination source on the appearance of fresh meat cuts. **Meat Science**, v. 59, p. 187-191, 2001.

BELEW, J. B.; BROKS, J. C.; McKENNA, D. R.; SAVELL, J. W. Warner-Bratzler shear evaluations of 40 bovine muscles. **Meat Science**, v.64, p.507-512, 2003.

BENDALL, J. R. Variability in rates of pH fall and of lactate production in the muscles on cooling beef carcasses. **Meat Science**, p.91-104, 1978.

BLIGH, E. G.; DYER, W. J. A rapid method of total lipids extraction and purification. Canadian Journal of Biochemistry and Physiology, v.37, p.911-917, 1959. In: CECCHI, H. M. **Fundamentos teóricos e práticos em análise de alimentos**. Campinas: Editora da Unicamp, 1999. 212p.

BOAKYE, K.; MITTAL, G. S. Changes in colour of beef m. *longissimus dorsi* muscle during ageing. **Meat Science**, v. 42, n. 3, p. 347 – 354, 1996.

BONILHA, S.F. G. **Efeitos da seleção para peso pós desmame sobre as características de carcaça, rendimento de cortes e composição corporal de bovinos Nelore e Caracu, sob alimentação restrita e ad libitum**. 2003. 68p. Tese (mestrado) Departamento de Zootecnia/ESALQ/USP, Piracicaba, 2003.

BOWLING, R. A.; RIGGS, J. K.; SMITH, G. C.; CARPENTER, Z. L.; REDDISH, R. L.; BUTLER, O. D. Production, carcass and palatability characteristics of steers produced by different management systems. **Journal of Animal Science**, v. 46, n. 2, p. 333- 340, 1978.

BOWLING, R. A.; SMITH, G. C.; CARPENTER, Z. L.; DUTSON, T. R.; OLIVER, W. M. Comparison of forage-finished and grain-finished beef carcasses. **Journal of Animal Science**, v. 45, n. 2, p. 209- 215, 1977.

BRASIL. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. **Rebanho bovino brasileiro – efetivo por estado**. Disponível em: <<http://www.sidra.ibge.gov.br>> Acesso em 01/09/2006.

BRASIL. Ministério da Agricultura, do Abastecimento e Reforma Agrária. **Regulamento técnico de métodos de insensibilização para o abate humanitário de animais de açougue**. Instrução Normativa nº 3, 17 de Janeiro de 2000. Disponível em: <http://www.agricultura.gov.br/sda/dipoa/in_03_2000.htm> Acesso em: 03 abr. 2004.

BRASIL. Ministério da Agricultura, do Abastecimento e Reforma Agrária. **Estabelece os critérios e instruções técnicas para efeito do cumprimento e aplicação das medidas previstas na Portaria Ministerial n. 304 de 22/04/1996, publicada no DOU de 23/04/96**. Resolução DIPOA n. 002/1999. Disponível em: <<http://www.agricultura.gov.br/sda/dipoa/riispoa.htm>.> Acesso em: 20 ag. 2005.

BRASIL. Ministério da Agricultura, do Abastecimento e Reforma Agrária. Regulamento da Inspeção Industrial e Sanitária de Produtos de Origem Animal – **Título VII: Inspeção industrial e sanitária de carnes e derivados – Seção II: Matança normal**. Brasília: 1997. Disponível em: <<http://www.agricultura.gov.br/sda/dipoa/riispoa.htm>.> Acesso em: 20 ag. 2005.

BRATCHER, C. L.; JOHNSON, D. D.; LITTELL, R. C.; GWARTNEY, B. L. The effects of quality grade, aging, and location within muscle on Warner-Bratzler shear force in beef muscles of locomotion. **Meat Science**, v. 70, p.279-284, 2005.

BRUCE, H.L.; STARK, J.L.; BEIKEN, S.L. The effects of finishing diet and postmortem ageing on the eating quality of the M. longissimus thoracis of electrically stimulated Brahman steer carcasses. **Meat Science**, v. 67, p-261-268. 2004.

CARDELLO, A. V.; SCHUTZ, H. G. Food appropriateness measures as an adjunct to consumer food preferences/acceptability. **Food Quality and Preference**, v. 7, n.3/4, p. 239-249, 1996.

CARDOSO, S. Estimulação elétrica, tipo de desossa e taxas de resfriamento da carne bovina (mm. *Longissimus lumborum* e *Semitendinosus*): efeitos em características físicas, físico-químicas, sensoriais e bacteriológicas. 2005. Tese (doutorado). FEA-UNICAMP, Campinas, 2005, 159 p.

CARPENTER, C.E.; CORNFORTH, D.P. & WHITTIER, D. Consumer preferences for beef color and packaging did not affect eating satisfaction. **Meat Science**, v. 57, n. 4, p. 359-363, 2001.

CHAN, WENDY K.M.; FAUSTMAN, C; DECKER, ERIC A. Oxymyoglobin oxidation as affected by oxidation products of phosphatidylcholine liposomes. **Journal of Food Science**, n. 4, p. 709, 1997.

CHURCH, N. Development in MAP and related technologies. **Trends in Food Science and Technology**, v. 5, p. 345, 1994.

CORNFORTH, D. Color - Its basis and importance. In: PEARSON, A.M.; DUTSON, T.R. **Quality attributes and their measurement in meat, poultry and fish products**. cap. 2, p. 34-68. Chapman & Hall. Glasgow, UK. 1994.

CORTE, O.O.; Felício, P.E. de; CIA, G. Sistematização da avaliação final de bovinos e bubalinos. III. Qualidade da carne. **Boletim Técnico do CTC.**, Campinas SP, n.3, p.67-76, 1979.

CROSS, H. R.; WEST, R. L.; DUTSON, T. R. Comparison of methods for measuring sarcomere length in beef *semitendinosus* muscle. **Meat Science**, Oxford, v.5, n.4, p.261-266, 1981.

CROUSE, J.D.; CUNDIFF, L.V.; KOCH, R.M.; KOOHMARAIE, M.; SEIDEMAN, S.C. Comparisons of *Bos indicus* and *Bos taurus* inheritance for carcass beef characteristics and meat palatability. **Journal of Animal Science**, v. 67, n.10, p.2661-2668, 1989.

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

DRANSFIELD, E. Optimisation of tenderisation, ageing and tenderness. **Meat Science**, v. 36, p. 105-121, 1994.

ENRIGHT, K. L.; ANDERSON, B. L.; ELLIS, M.; McKEITH, F. K.; BERGER, L. L.; BAKER, D. H. The effects of feeding high levels of vitamin D₃ on pork quality. **Journal of Animal Science**, v.76, p.149, 1998. Suppl. 1.

ENRIGHT, K. L.; MILLER, K. D.; BERGER, L. L.; McKEITH, F. K.; LYNCH, G.; ELLIS, M. Influence of level of vitamin E and level and time of feeding of vitamin D₃ on growth, carcass, and pork quality characteristics in pigs. **Journal of Animal Science**, v.78, p.49-50, 2000, Suppl.2.

FELÍCIO, P. E. Fatores *ante e post mortem* que influenciam na qualidade da carne *bovina*. In: Produção do novilho de corte, v. 4, 1997, Piracicaba. **Anais...** Piracicaba:FEALQ, 1997, P.79-97.

FELÍCIO, P. E.; VIACAVA, C. Programa da ACNB para a carne. Simpósio Nelore, Ribeirão Preto, SP, **Anais...** São Paulo: Associação de criadores de Nelore do Brasil, 2000, p.65-69. Disponível em: www.fea.unicamp.br/deptos/dta/carnes/files/Programa_Carne_Nelore.pdf Acesso em março de 2003.

FOOTE, M. R.; BEITZ, D. C.; HORST, R. L.; HUFF-LONERGAN, E. J.; TRENKLE, A. H.; PARRISH JR., F. C. Use of vitamin D3 and its metabolites to improve beef tenderness. **Journal of Animal Science**, v. 82, p. 242-249, 2004

FRIAS, L. A. Programa de melhoramento genético/Nelore: Precocidade. **Revista pecuária de corte**, ano vi, n. 55, 1996.

GATELLIER, P.; HAMELIN, C.; DURAND, Y.; RENERRE, M. Effect of a dietary vitamin E supplementation on colour stability and lipid oxidation of air- and modified atmosphere-packaged beef. **Meat Science**, v. 59, p. 133-140. 2001.

HANNULA, T., PUOLANNE, E. The effect of cooling rate on beef tenderness: the significance of pH at 7⁰C. **Meat Science**, v.67, p.403-408, 2004.

HANSONS, D. J.; CALKINS, C. R.; HORTON, J. The effect of preharvest calcium loading on tenderness of beef *Longissimus*, *Supraspinatus* and *Semitendinosus* muscle. **Journal of Muscle Food**, v. 17, p.155-164, 2006.

HARRIS, P. V.; SHORTOSE, W. R. Meat texture. In: LAWRIE, R. **Developments in meat science**, v. 4. London: Elsevier Applied Science, 1988, cap. 5, p. 245-298.

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

HORWITZ, W. **Official Methods of Analysis of Association of Official Analytical Chemists**. 13ed. Washington: A.O.A.C., 1980. 1018 p.

HWANG, I. H.; DEVINE, C. E.; HOPKINS, D. L. The biochemical and physical effects of electrical stimulation on beef and sheep meat tenderness. **Meat Science**, v. 65, p.677-691, 2003.

HYLDIG, G., NIELSEN, D. A review of sensory and instrumental methods used to evaluate the texture of fish muscle. **Journal of Texture Studies**, v.32, p.219-242, 2001

JOHNSON, D.D.; LUNT, D.K.; SAVELL, J.W.; SMITH, G.C. Factors affecting carcass characteristics and palatability of young bulls. **Journal of Animal Science**, v.66, p.2568-2577, 1988.

JOHNSON, M. H.; CALKINS, C. R.; HUFFMAN, R. D.; JOHNSON, D. D.; HARGROVE, D. D. Differences in cathepsin B + L and calcium-dependent protease activities among breed type and their relationship to beef tenderness. **Journal of Animal Science**, v. 68, p. 2371-2379, 1990.

JONES, G.; STRUGNELL, S. A.; DeLUCA, H. F. Current understanding of the molecular actions of vitamin D. **Physiological Reviews**, v.78, n.4, p.1193-1231, 1998.

JORGE JÚNIOR, J.; PITA, F. V. C.; FRIES, L. A.; ALBUQUERQUE, L. G. Influência de alguns fatores de ambiente sobre os escores de conformação, precocidade e musculatura à desmama em um rebanho da raça Nelore. **Revista Brasileira de Zootecnia**, Viçosa, v.30, n.6, p.1697-1703, 2001.

JÚNIOR, S. Boi do futuro. **A Revista Brasileira do Zebu e seus cruzamentos**, n. 18, p. 39, 2004.

KAMDEM, A. T. K.; HARDY, H. Grinding as a method of meat texture evaluation. **Meat Science**, v. 39, p. 225-236, 1995.

KANNAN, G., KOUAKOU, B., GELAYE, S. Color changes reflecting myoglobin and lipid oxidation in chevon cuts during refrigerated display. **Small Ruminant Research**, v.42, p.67-75, 2001.

KARGES, K.; BROOKS, J. C.; GILL, D. R.; BREAZILE, J. E.; OWENS, F. N.; MORGAN, J. B. Effects of supplemental vitamin D₃ on feed intake, carcass characteristic, tenderness and muscle properties of beef steers. **Journal of Animal Science**, v. 79, n. 11, p. 2844-2850, 2001.

KASTNER, C. L.; HENRICKSON, R. L. Providing uniform meat cores for mechanical shear measurement. **Journal of Food Science**. v. 34, p.603-605, 1969.

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

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 selection programs. **Journal of Animal**, v. 55, n. 6, p. 1319 – 1329, 1982.

KOCH, R. M.; DIKEMAN, M. E.; CROUSE, J. D. Characterization of biological types of cattle (cycle III): carcass composition, quality and palatability. **Journal of Animal Science**, v. 54, n. 1, p. 35, 1982.

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

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

KOÄYS, RKEALA, H.; MÄKI-PETÄYS, O.; ALANKO, T.; SORVETTULA, O. Determination of pH in meat. **Meat Science**, v. 18, p. 121-132, 1986.

KOTRA, L. A.; STANKO, R. L.; TIPTON, N. C.; PASCHAL, J. C. Effect of vitamin D₃ supplementation on carcass tenderness in Brahman-based cattle. **Journal of Animal Science**, v. 79, p. 9-10, 2001. Suppl. 2

LAGE, M. E. **Suplementação nutricional de novilhos nelore com α -tocoferol (vitamina E) e seus efeitos na qualidade da carne**. 2004. Tese (doutorado). FEA-UNICAMP, Campinas, 2004.

LOCKER, R. H.; HAGYARD, C. J. A cold shortening effect in beef muscles. **Journal of the Science of Food and Agriculture**, v. 14, p.787-793, 1963.

MACEDO, M. P.; BASTOS, J. F. P.; SOBRINHO, E. B.; RESENDE, F. D. de; FIGUEIREDO, L. A. de; RODRIGUES NETO, A. J. Características de carcaça e composição corporal de touros jovens da raça Nelore terminados em diferentes sistemas. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v. 30, n. 5, p. 1610-1620, 2001.

MANCINI, R.A.; HUNT M.C. Current Research in Meat Color: A Review. **Meat Science**, IN PRESS. 2005.

MAPA – Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. **Agronegócio Brasileiro: Uma Oportunidade de Investimentos**. 2004. Disponível em:<<http://www.agricultura.gov.br>> Acesso em :01/08/2005.

McDougall, D.B. Colour of Meat. **In: PEARSON, A.M.; DUTSON, T.R. Quality attributes and their measurement in meat, poultry and fish products**. cap. 3, p. 79-92. Chapman & Hall. Glasgow, UK. 1994.

McKENNA, D. D.; MIES, P. D.; BAIRD, B. E.; PFEIFFER, K. D.; ELLEBRACHT, J. W.; SAVELL, J. W. Biochemical and physical factors affecting discoloration characteristics of 19 bovine muscles. **Meat Science**. In Press, 2005.

MEILGAARD, M.; CIVILLE, G. V.; CARR, B. T. **Sensory Evaluation Techniques**. CRC Press, Oca Raton, 1999, 281p.

MERCADANTE, M. E. Z.; RAZOOK, A. G.; CYRILLO, J. N. S. G.; FIGUEIREDO, L. A. Programa de seleção da estação experimental de zootecnia de Sertãozinho: resultados de pesquisas, sumário de touros Nelore. **Boletim Científico**, n.12, Instituto de Zootecnia, Nova Odessa, 2004.

MILLER, R. Assessing consumer preferences and attitudes toward meat and meat products. **Brazilian Journal of Food Technology**, v.6, p.67-80, 2003.

MINOLTA. Precise color communication. **Minolta Camera Co.**, Ltd. Japan, 1993, 49p.

MONTGOMERY, J. L.; CARR, M. A.; KERTH, C. R.; HILTON, G. G.; PRICE, B. P.; GALYEAN, M. L.; HORST, R. L.; MILLER, M. F. Effect of vitamin D₃ supplementation level on the postmortem tenderization of beef from steers. **Journal of Animal Science**, v. 80, n. 4, p. 971-981, 2002.

MONTGOMERY, J. L.; GALYEAN, M. L.; HORST, R. L.; MORROW JR, K. J.; BLANTON JR, J. R.; WESTER, D. B.; MILLER, M. F. I Feedlot performance and carcass traits. **Journal of Animal Science**, v.82, p.2050-2058, 2004a.

MONTGOMERY, J. L.; HORST, R. L.; HOY, D. A.; CARR, M. A.; HILTON, G. G.; PRICE, B. D.; MILLER, M. F. Effects of dietary modifications using vitamin D₃ on calcium content and vitamin D residues in tissue and liver. **Journal of Animal Science**, v. 77, p. 173, 1999. Suppl. 1.

MONTGOMERY, J. L.; KING, M. B.; GENTRY, J. G.; BARHAM, A. R.; BARHAM, B. L.; HILTONS, G. G.; BLANTON JR, J. R.; HORST, R. L.; GALYEAN, M. L.; MORROW JR, K. J.; WESTER, D. B.; MILLER, M. F. Supplemental vitamin D₃

concentration and biological type of steers. II. Tenderness, quality, and residues of beef. **Journal of Animal Science**, v. 82, p.2092-2104, 2004b.

MONTGOMERY, J. L.; MORROW JR., HORST, R. L.; BLANTON JR., J. R.; MILLER, M. F. Subcellular differences in muscle calcium and phosphorus due to vitamin D₃ supplementation of beef cattle. **Journal of Animal Science**, v. 79, p. 1, 2001. Suppl. 2.

MONTGOMERY, J. L.; PARRISH JR., F. C.; BEITZ, D. C.; HORST, R. L.; HUFFLONERGAN, E. J.; TRENKLE, A. H. The use of vitamin D₃ to improve beef tenderness. **Journal of Animal Science**, v.78, p.2615-2621, 2000

MOSKOWITZ, H. R. **Product testing and sensory evaluation of foods: marketing and R & D approaches**. Westport: Food & Nutrition Press, 1983. 605p.
NELORE. 2004. Disponível em:< www.nelore.org.br/Default3.asp > Acesso em:17 nov. 2004.

NATIONAL LIVE STOCK & MEAT BOARD. USDA 6923. Chicago, [s.d.] folder.

O'CONNOR, S. F.; TATUM, J. D.; WULF, D. M. Genetic effects on beef tenderness in *Bos indicus* composite and *Bos Taurus* cattle. **Journal of Animal Science**, v. 75, n. 7, p. 1822-1830, 1997.

O' KEFFE; HOOD, D.E. Biochemical Factors Influencing Metmyoglobin formation on beef from muscles of differing colour stability. **Meat Science**, n^o7, p. 209-228. 1982.

OLIVO, R.; OLIVO, N. **O mundo das carnes: ciência, tecnologia & mercado**. Criciúma, S.P., 2005, 214p.

ORMENESE, F. M. Efeito do processo Tender Tainer de maturação sob pressão na maciez da carne bovina. **Dissertação** (Mestrado – Faculdade de Engenharia de Alimentos/UNICAMP) Campinas, SP, 1995, 93 p.

PAGE, J. K.; WULF, D. M.; SCHWOTZER, T. R. A survey of beef muscle color and pH. **Journal of Animal Science**, v. 79, p. 678-687, 2001.

PAINT. **Sumário PAINT**, 2004, 45p.

PEACHEY, B. M., PURCHAS, R. W., DUIZER, L. M. Relationship between sensory and objective measures of meat tenderness of beef m. longissimus thoracis from bulls and steers. **Meat Science**, v.60, p.211-218, 2002.

PEDREIRA, A. C. M. S.; LUCHIARI FILHO, A.; LEITE, V. B. O.; CARVALHO, M. H. Quality characteristics of *Longissimus dorsi* muscle from *Bos indicus* animals treated with vitamin D₃. **Scientia Agrícola**, v. 60, n.4, p. 637-642, 2003.

PERYAM, D. R.; PILGRIM, F. J. Hedonic scale method of measuring food preferences. **Food Technology**, v. 11, n. 9, p. 9-14, 1957.

RAZOOK, A. G.; FIGUEIREDO, L. A.; RUGGIERI, A. C.; NARDON, R. F.; CYRILLO, J. N. S. G. Desempenho em pastagens e características de carcaça da 16^a progênie dos rebanhos Nelore, Guzerá e Caracu de Sertãozinho (SP). **Revista Brasileira de Zootecnia**, v. 31, n. 3, p.1367-1377, 2002.

REILING, B. A.; JOHNSON, D. D. Effects of implant regimens (tenbolone acetate-estradiol administered alone or in combination with zeranol) and vitamin D₃ on fresh beef color and quality. **Journal of Animal Science**, v.81, p.135-142, 2003.

RENERRE, M. Review: Factors Involved in The discoloration of beef meat. **International Journal of Food Science and Technology**, p- 613-630. 1990.

RESTLE, J.; GRASSI, C.; FEIJÓ, G. L. D. Características de carcaça de bovinos de corte inteiros ou submetidos a duas formas de castração, em condições de pastagem. **Revista Sociedade Brasileira de Zootecnia**, v. 25, n. 2, p. 334-344, 1996.

RUBENSAM, J. M.; FELÍCIO, P. E.; TERMIGNONI, C. Influência do genótipo *Bos indicus* na atividade de calpastatina e na textura da carne de novilho abatidos no sul do Brasil. **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, v. 18, n. 4, p. 1235 – 1241, 1998.

SÁENZ, C.; HERNÁNDEZ, B.; BERIAIN, M. J.; LIZASO, G. Meat color in retail displays with fluorescent illumination. **Color research and application**, v. 30, n. 4, p. 304 – 311, 2005.

SARANTÓPOULOS, C.I.G.L.; OLIVEIRA, L. M. Embalagens para produtos cárneos. Campinas, ITAL. 1991, 92p.

SAVELL, J.; MILLER, R.; WHEELER, T.; KOOHMARAIE, M.; SHACKELFORD, S. D.; MORGAN, B.; CALKINS, C.; MILLER, M.; DIKEMAN, M.; McKEITH, F.; DOLEZAL, G.; HENNING, B.; BUSBOOM, J.; WEST, R.; PARRISH, F.; WILLIAMS, S. **Standardized Warner-Bratzler shear force procedures for genetic evaluation**. 1994. In: <http://savell-j.tamu.edu/shear.pdf>. Acesso em: fevereiro de 2003.

SCANGA, J. A.; BELK, K. E.; TATUM, J. D.; SMITH, G. C. Supranutritional oral supplementation with vitamin D₃ and calcium and the effects on beef tenderness. **Journal of Animal Science**, v. 79, n.4, p.912-918, 2001.

SEIDEMAN, S. C.; CROS, H. R.; OLTJEN, R. R.; SCHANBACHER, B. D. Utilization of the intact male for red meat production: a review. **Journal of Animal Science**, Champaign, v.44, n. 4, p. 826-840, 1982.

SEIDEMAN, S. C.; DURLAND, P. R. The utilization of modified gas atmosphere packaging for fresh meat: a review. **Journal of Food Quality**, v. 6, p. 239, 1984.

SHACKELFORD, S. D.; KOOHMARAIE, M.; CUNDIFF, L. V. Heritabilities and phenotypic and genetic correlations for bovine post rigor calpastatin activity,

intramuscular fat content, Warner-Bratzler shear force, retail product yield, and growth rate. **Journal of Animal Science**, v. 72, n. 4, p. 857 n- 863, 1994.

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

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

SINDIRAÇÕES-ANFAL. **Compêndio brasileiro de alimentação animal**. São Paulo, 2a. ed., 2005, p.85-86.

SMITH, T. P. L.; THALLMAN, R. M.; CASAS, E.; SHACKELFORD, S. D.; WHEELER, T. L.; KOOHMARAIE, M. Theory and application of genome-based approaches to improve the quality and value of beef. **Agriculture**, v.32, n.4, p. 53-265, 2003.

SOARES, L. **Composição, rendimento de carcaça e desempenho de bovinos inteiros e castrados em diferentes idades, recriados a pasto e terminados em confinamento**. 2005, 55p. Dissertação (Mestre em Nutrição em Ruminantes) – Departamento de Zootecnia, Universidade Federal de Lavras, Lavras, 2005.

STONE, H.; SIDEL, J. L. **Sensory Evaluation Practices**. Orlando, Academic Press, 1993., 310p.

SZCZESNIAK, A. S.; TORGESON, K. W. Methods of meat texture measurement viewed from the background of factors affecting tenderness. **Advances in Food Research**, v. 14, p.33-165, 1965.

SWANEK, S. S.; ELAM, N. A.; MORGAN, J. B.; OWENS, F. N.; GILL, D. R.; STRASIA, C. A.; DOLEZAL, H. G.; RAY, F. K. Supplemental vitamin D₃ and beef tenderness. **Journal of Animal Science**, v. 77, p.172, 1999a. Suppl. 1

SWANEK, S. S.; MORGAN, J. B.; OWENS, F. N.; GILL, D. R.; STRASIA, C. A.; DOLEZAL, H. G.; RAY, F. K. Vitamin D₃ supplementation of beef steers increases Longissimus tenderness. **Journal of Animal Science**, v. 77, n. 4, p. 874-881, 1999b.

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

VAN DEN OORD, A. H. A; WESDORP, J. J. Colour rating and pigment composition of beef. **Journal of Food Technology**, Oxford, p. 615 – 620, 1971.

VARGAS, D. N.; DOWN, A. E.; WEBB, D. S.; HAN, H.; MORGAN, J. B.; DOLEZAL, H. G. Effects of supplementing feedlot steers with vitamin D₃ and E on carcass traits, shelf-life attributes and Longissimus muscle tenderness. **Journal of Animal Science**, v. 77, p. 172, 1999c. Suppl. 1

VAZ, F. N.; RESTLE, J.; ALVES FILHO, D. C.; BRONDANI, I. L.; PASCOAL, L. L.; VAZ, R. Z.; PEIXOTO, L. A. O. Característica de carcaça e da carne de novilhos filhos de vacas ½ Nelore ½ Charolês e ½ Charolês ½ Nelore acasaladas com touros Charolês ou Nelore. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v. 31, n. 4, p. 1734 – 1743, 2002.

VAZ, F. N.; RESTLE, J.; FEIJÓ, G. L. D.; BRONDANI, I. L.; ROSA, J. R. P.; SANTOS, A. P. Qualidade e composição química da carne de bovinos de corte inteiros ou castrados de diferentes grupos genéticos Charolês x Nelore. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v. 30, n. 2, p. 518-525, 2001.

WATANABE, A.; DALY, C. C.; DEVINE, C. E. The effects of the ultimate pH of meat on tenderness changes during ageing. **Meat Science**, v. 42, p.67-78, 1996.

WHEELER, T.L.; CUNDIFF, L. V.; KOCH, R. M., CROUSE, J. D. Characterization of biological types of cattle (cycle IV): carcass traits and *Longissimus* palatability. **Journal of Animal Science**, v. 74, p. 1023 - 1035, 1996.

WHEELER, T. L.; KOOHMARAIE, M.; CUNDIFF, L. V.; DIKEMAN. Effects of cooking and shearing methodology on variation in Warner-Bratzler shear force values in beef. **Journal of Animal Science**, v, 72, p.2325-2330, 1994.

WHEELER, T. L.; SHACKELFORD, S. D.; KOOHMARAIE, M. Shear force procedures for meat tenderness measurement. **Meat Animal Research Center**, Nebraska, 2001. Disponível em:< <http://meats.marc.usda.gov/>> Acesso em:04 out. 2004.

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**, v. 74, p. 1553-1562, 1996.

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

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

WULF, D. M.; TATUM, J. D.; GREEN, R. D. Genetic influences on beef longissimus palatability in Charolais and Limousine sired steers and heifers. **Journal of Animal Science**, v. 74, n. 10, p. 2394 – 2405, 1996.

8. ANEXOS

ANEXO 1

Quadro 1 – Avaliação do programa Nelore Natural.

ANIMAL	Raça	Conformação	Acabamento	Dentes	Maturidade	Peso da carcaça Quente (Kg)
1	Nelore	Regular	Mediano	0	Até 20 meses	246,0
2	Nelore	Regular	Mediano	0	Até 20 meses	315,0
3	Nelore	Regular	Escasso	2	De 20 a 24 meses	303,0
4	Nelore	Regular	Escasso	0	Até 20 meses	302,0
5	Nelore	Regular	Escasso	2	De 20 a 24 meses	318,0
6	Nelore	Regular	Mediano	0	Até 20 meses	258,0
7	Nelore	Regular	Mediano	2	De 20 a 24 meses	314,5
8	Nelore	Regular	Mediano	0	Até 20 meses	312,0
9	Nelore	Regular	Escasso	0	Até 20 meses	295,0
10	Nelore	Regular	Mediano	0	Até 20 meses	281,0
11	Nelore	Regular	Mediano	0	Até 20 meses	279,0
12	Nelore	Regular	Mediano	0	Até 20 meses	305,0
13	Nelore	Regular	Mediano	0	Até 20 meses	284,5
14	Nelore	Regular	Escasso	0	Até 20 meses	267,0
15	Nelore	Regular	Mediano	0	Até 20 meses	281,5
16	Nelore	Regular	Escasso	0	Até 20 meses	352,5
17	Nelore	Regular	Mediano	0	Até 20 meses	320,0
18	Nelore	Regular	Mediano	0	Até 20 meses	324,0
19	Nelore	Regular	Mediano	0	Até 20 meses	315,0
20	Nelore	Regular	Mediano	0	Até 20 meses	345,0
21	Nelore	Regular	Mediano	0	Até 20 meses	278,0
22	Nelore	Regular	Escasso	0	Até 20 meses	270,0
23	Nelore	Superior	Mediano	0	Até 20 meses	297,5
24	Nelore	Regular	Escasso	0	Até 20 meses	288,0
25	Nelore	Regular	Mediano	2	De 20 a 24 meses	356,0
26	Nelore	Regular	Mediano	2	De 20 a 24 meses	285,5
27	Nelore	Regular	Mediano	2	De 20 a 24 meses	303,0
28	Nelore	Regular	Escasso	0	Até 20 meses	270,0
29	Nelore	Regular	Mediano	0	Até 20 meses	277,0
30	Nelore	Regular	Mediano	2	De 20 a 24 meses	360,0
31	Nelore	Regular	Mediano	2	De 20 a 24 meses	303,0
32	Nelore	Regular	Mediano	0	Até 20 meses	261,0
33	Nelore	Regular	Mediano	2	De 20 a 24 meses	301,0
34	Nelore	Regular	Mediano	0	Até 20 meses	271,5
35	Nelore	Regular	Mediano	0	Até 20 meses	269,0
36	Nelore	Regular	Mediano	0	Até 20 meses	330,5
37	Nelore	Regular	Mediano	0	Até 20 meses	312,0
38	Nelore	Superior	Mediano	4	De 24 a 36 meses	296,0

ANEXO 2

Quadro 2 – Relação de pesos das meias carcaças esquerdas antes e após o resfriamento e as suas respectivas perdas de peso durante o resfriamento.

ANIMAL	TRATAMENTO	PCEQ (Kg)	PCEF (Kg)	Perda de peso durante o resfriamento (Kg)	Perda de peso durante o resfriamento (%)
1	CRC	121,50	119,50	2,00	1,67
2	CRC	157,00	153,50	3,50	2,28
3	CRC	148,00	145,00	3,00	2,07
4	CRC	147,50	144,50	3,00	2,08
5	CRC	153,50	150,00	3,50	2,33
6	CRC	126,00	125,00	1,00	0,80
7	CRC	152,50	149,00	3,50	2,35
8	CRC	152,50	149,50	3,00	2,01
9	CRC	143,50	140,00	3,50	2,50
10	CRC	136,50	133,50	3,00	2,25
11	CRC	137,00	134,00	3,00	2,24
12	CRC	148,00	146,00	2,00	1,37
13	CRC	139,50	136,50	3,00	2,20
14	CRC	132,50	129,00	3,50	2,71
15	CRC	139,00	136,50	2,50	1,83
16	CRC	172,00	168,00	4,00	2,38
17	CRC	154,50	152,00	2,50	1,64
18	CRC	159,50	156,50	3,00	1,92
Média	-----	145,58	142,67	2,92	2,03
Desvio Padrão	-----	12,49	12,07	0,71	0,45
Erro Padrão	-----	8,83	8,53	0,50	0,32
Coeficiente de Variação	-----	8,58	8,46	24,42	22,19
20	DRC	169,00	164,50	4,50	2,74
21	DRC	137,50	135,00	2,50	1,85
22	DRC	133,50	131,00	2,50	1,91
23	DRC	148,50	141,50	7,00	4,95
24	DRC	140,50	137,50	3,00	2,18
25	DRC	175,50	171,50	4,00	2,33
26	DRC	140,00	137,00	3,00	2,19
27	DRC	148,50	145,00	3,50	2,41
28	DRC	131,00	128,00	3,00	2,34
29	DRC	133,50	131,00	2,50	1,91
30	DRC	176,50	173,00	3,50	2,02
31	DRC	149,00	145,50	3,50	2,41
32	DRC	127,00	124,50	2,50	2,01
33	DRC	145,50	143,00	2,50	1,75
34	DRC	134,50	132,00	2,50	1,89
35	DRC	132,00	129,00	3,00	2,33
36	DRC	161,00	157,50	3,50	2,22
37	DRC	153,50	149,00	4,50	3,02
Média	-----	146,47	143,08	3,39	2,36
Desvio Padrão	-----	15,33	14,82	1,12	0,72
Erro Padrão	-----	10,84	10,48	0,79	0,51
Coeficiente de Variação	-----	10,46	10,36	33,01	30,59

CRC: sem suplementação de vitamina D₃ com resfriamento convencional; DRC: com suplementação de vitamina D₃ com resfriamento convencional; PCEQ: Peso da meia carcaça esquerda quente; PCEF: Peso da meia carcaça esquerda fria.

ANEXO 3

Quadro 3 – Relação de pesos das meias carcaças direitas antes e após o resfriamento e as suas respectivas perdas de peso durante o resfriamento.

ANIMAL	TRATAMENTO	PCDQ (Kg)	PCDF (Kg)	Perda de peso durante o resfriamento (Kg)	Perda de peso durante o resfriamento (%)
1	CRL	124,50	117,50	7,00	5,96
2	CRL	158,00	148,50	9,50	6,40
3	CRL	155,00	145,00	10,00	6,90
4	CRL	154,50	145,50	9,00	6,19
5	CRL	165,00	154,00	11,00	7,14
6	CRL	132,00	124,00	8,00	6,45
7	CRL	162,00	153,50	8,50	5,54
8	CRL	159,50	150,50	9,00	5,98
9	CRL	151,50	143,00	8,50	5,94
10	CRL	144,50	136,50	8,00	5,86
11	CRL	142,00	134,50	7,50	5,58
12	CRL	157,00	146,50	10,50	7,17
13	CRL	145,00	136,00	9,00	6,62
14	CRL	134,50	126,50	8,00	6,32
15	CRL	142,50	140,00	2,50	1,79
16	CRL	180,50	176,50	4,00	2,27
17	CRL	165,50	160,00	5,50	3,44
18	CRL	164,50	161,00	3,50	2,17
Média	-----	152,11	144,39	7,72	5,43
Desvio Padrão	-----	13,95	14,34	2,40	1,75
Erro Padrão	-----	9,87	10,14	1,69	1,23
Coefficiente de Variação	-----	9,17	9,93	31,03	32,16
20	DRL	176,00	172,50	3,50	2,03
21	DRL	140,50	138,00	2,50	1,81
22	DRL	136,50	134,00	2,50	1,87
23	DRL	149,00	145,00	4,00	2,76
24	DRL	147,50	144,00	3,50	2,43
25	DRL	180,50	176,00	4,50	2,56
26	DRL	145,50	142,50	3,00	2,11
27	DRL	154,50	151,00	3,50	2,32
28	DRL	139,00	134,50	4,50	3,35
29	DRL	143,50	138,50	5,00	3,61
30	DRL	183,50	179,00	4,50	2,51
31	DRL	154,00	150,50	3,50	2,33
32	DRL	134,00	131,50	2,50	1,90
33	DRL	155,50	152,00	3,50	2,30
34	DRL	137,00	133,50	3,50	2,62
35	DRL	137,00	133,50	3,50	2,62
36	DRL	169,50	165,00	4,50	2,73
37	DRL	158,50	153,5	5,00	3,26
Média	-----	152,31	148,58	3,72	2,51
Desvio Padrão	-----	15,74	38,64	4,84	4,88
Erro Padrão	-----	11,13	27,32	3,42	3,45
Coefficiente de Variação	-----	10,33	26,00	130,10	194,57

CRL: sem suplementação de vitamina D₃ com resfriamento lento. DRL: com suplementação de vitamina D₃ com resfriamento lento; PCDQ: Peso da meia carcaça direita quente; PCDF: Peso da meia carcaça direita fria.

ANEXO 4

Controle de Perdas de Cozimento				
Contra filé	Tratamento	CRL		
Data		amostra	amostra	amostra
Pesagem				
	a. Bandeja + grelha			
	b. Bandeja + grelha + amostra			
	c. Bandeja + grelha + amostra cozida			
	d. Bandeja + grelha após cozimento			
	1. Peso da amostra (b-a)			
	2. Perda por evaporação (b-c)			
	3. Perda por gotejamento (d-a)			
	4. Perda por evaporação % $(2/1 \times 100)$			
	5. Perda por gotejamento % $(3/1 \times 100)$			
	6. Perda total % (4+5)			
Contra filé	Tratamento	CRC		
Data		amostra	amostra	amostra
	a. Bandeja + grelha			
	b. Bandeja + grelha + amostra			
	c. Bandeja + grelha + amostra cozida			
	d. Bandeja + grelha após cozimento			
	1. Peso da amostra (b-a)			
	2. Perda por evaporação (b-c)			
	3. Perda por gotejamento (d-a)			
	4. Perda por evaporação % $(2/1 \times 100)$			
	5. Perda por gotejamento % $(3/1 \times 100)$			
	6. Perda total % (4+5)			
Contra filé	Tratamento	DRL		
Data		amostra	amostra	amostra
	a. Bandeja + grelha			
	b. Bandeja + grelha + amostra			
	c. Bandeja + grelha + amostra cozida			
	d. Bandeja + grelha após cozimento			
	1. Peso da amostra (b-a)			
	2. Perda por evaporação (b-c)			
	3. Perda por gotejamento (d-a)			
	4. Perda por evaporação % $(2/1 \times 100)$			
	5. Perda por gotejamento % $(3/1 \times 100)$			
	6. Perda total % (4+5)			