UNIVERSIDADE DE SÃO PAULO
FACULDADE DE ZOOTECNIA E ENGENHARIA DE ALIMENTOS

DENISE MUCKE

**Efeitos da posição da carcaça durante o resfriamento na
qualidade da carne bovina**

DENISE MUCKE

**Efeitos da posição da carcaça durante o resfriamento na
qualidade da carne bovina**

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

Área de Concentração: Qualidade e
Produtividade Animal

Orientador: Prof. Dr. Albino Luchiar
Filho

FICHA CATALOGRÁFICA

preparada pela

Biblioteca da Faculdade de Zootecnia e Engenharia de Alimentos da Universidade de São Paulo

M942e	<p>Mucke, Denise</p> <p>Efeitos da posição da carcaça durante o resfriamento na qualidade da carne bovina / Denise Mucke – Pirassununga, 2006. 61 f.</p> <p>Dissertação (Mestrado) -- Faculdade de Zootecnia e Engenharia de Alimentos - Universidade de São Paulo.</p> <p>Departamento de Engenharia de Alimentos.</p> <p>Área de Concentração: Qualidade e Produtividade Animal.</p> <p>Orientador: Prof. Dr. Albino Luchiari Filho.</p> <p>Unitermos: 1. Área de olho de lombo 2. Cisalhamento - Força 3. Carcaça - Posição 4. Maciez 5. pH I. Título.</p>
-------	--

*Se as coisas são inatingíveis... Ora!
Não é motivo para não querê-las...
Que tristes os caminhos se não fora
A mágica presença das estrelas!*

(Mário Quintana)

É apenas com o coração que se pode ver direito;
O essencial é invisível aos olhos.
(Antoine de Saint-Exupéry)

Dedico

À minha filha Lorena, meu tesouro mais precioso.

O laço que une a sua família verdadeira não é de sangue,
mas de respeito e alegria pela vida um do outro.
(Richard Bach)

Ofereço

Ao meu esposo Joselito, meu grande amor, pelo incentivo e paciência;
Aos meus pais Ana e Bertoldo, pelo amor e dedicação incondicionais;
Aos meus irmãos Eneide, Denílson e Deise, pelo carinho;

Ninguém ignora tudo.
Ninguém sabe tudo.
Todos nós sabemos alguma coisa.
Todos nós ignoramos alguma coisa.
Por isso aprendemos sempre.

(Paulo Freire)

AGRADECIMENTOS

A **Deus**, pela minha existência e por estar sempre ao meu lado em todos os momentos;

Ao professor e orientador Dr. Albino Luchiari Filho, pelos ensinamentos, pela orientação, pela amizade e pela paciência e enorme compreensão, durante toda a nossa convivência;

À Faculdade de Zootecnia e Engenharia de Alimentos da Universidade de São Paulo – Campus de Pirassununga, em especial a todos os professores do curso de pós-graduação em Zootecnia.

Ao Presidente da Comissão de Pós-graduação da Faculdade de Zootecnia e Engenharia de Alimentos (FZEA/USP), Prof. Dr. Douglas Emygdio de Faria.

Ao Prof. Dr. Pedro de Felício (UNICAMP), pela amizade e conselhos.

Ao Sr. Paulo César Matias Tinoco, Bunge Fertilizantes pelo incentivo ao crescimento de seus funcionários;

Ao Sr. Paulo Roberto de Carvalho e Silva, Bunge Fertilizantes S/A, pelo incentivo, amizade e oportunidade de desenvolvimento profissional e pessoal.

Aos Srs. Rainer Knoop, Julio Cesar Santin e Aldo Ferreira Pinto, pela amizade e pela ajuda em muitos momentos.

A Regina Margarido, pela amizade, companheirismo e apoio psicológico nesta jornada de ser mãe, profissional e mestrande.

A Josiane Ortolan, pelas dicas, bate-papos e momentos de descontração.

Aos Funcionários do Matadouro-escola pela colaboração no êxito deste experimento.

A Angélica Simone Cravo Pereira e Eliane Bonifácio pelo auxílio na execução desse trabalho e amizade.

A Saulo da Luz e Silva pelo auxílio nas análises estatísticas e amizade.

Às Funcionárias da Seção de pós-graduação em Zootecnia, Gláucia e Conceição por toda a atenção e competência.

Aos funcionários da Biblioteca da FZEA, por todo o auxílio imprescindível durante a realização deste curso.

RESUMO

MUCKE, D. **Efeitos da posição da carcaça durante o resfriamento na qualidade da carne bovina.** 2006. 61f. Dissertação (Mestrado) – Faculdade de Zootecnia e Engenharia de Alimentos, Universidade de São Paulo, Pirassununga. 2006.

Dez novilhos Nelores, com média de 36 meses, foram abatidos no Abatedouro-Escola da Faculdade de Zootecnia e Engenharia de Alimentos da PCAPS-USP e lados alternados de suas carcaças foram resfriados pelo sistema tradicional, tendão de Aquiles do traseiro especial (TA), ou na forma horizontal (HO). As carcaças foram resfriadas por 48 horas, entre 0-2°C. Foi avaliada a área de olho de lombo (AOL) e espessura de gordura subcutânea (EGS). Em seguida, foram retiradas amostras dos músculos *Longissimus dorsi* (LD), *Quadriceps femoris* (QF), *Supraspinatus* (SU), *Psoas major* (PM) e *Semitendinosus* (ST), embaladas a vácuo, maturadas por 5 dias em câmara de resfriamento e congeladas para posterior análises. Não houve diferença entre a EGS e a AOL para o LD dos tratamentos TA e HO. As amostras foram descongeladas em câmara fria vinte e quatro horas antes das análises e a seguir a maciez foi avaliada pelo método Warner Bratzler Shear Force. Não houve diferença na maciez dos músculos SU, PM e ST, independente do tratamento. Porém, a força de cisalhamento do QF ($p=0,0291$) foi menor para o HO (5,13 kg) do que para o TA (6,24 kg). O mesmo foi observado para o músculo LD ($p=0,0068$), com valores de força de cisalhamento de 6,38 kg para HO e 7,73 kg para TA. O LD e QF de carcaças mantidas na posição horizontal foram mais macios. Outras pesquisas que avaliem o índice de fragmentação miofibrilar e o comprimento do sarcômero devem ser realizadas.

Palavras - chave: Área de Olho de Lombo; Carcaça – posição; Cisalhamento - força; Maciez; pH.

ABSTRACT

MUCKE, D. Effects of the position of the carcass during the chilling period in the quality of beef. 2006. 61f. M.Sc. Dissertation – Faculdade de Zootecnia e Engenharia de Alimentos, Universidade de São Paulo, Pirassununga. 2006.

Ten Nellore steer carcasses, with average age of 36 months were slaughtered at the meats lab of FZEA – USP and alternate right or left sides were placed in the cooler hung either by the Achilles tendon (TA) or horizontally placed over pallets, outside facing up (HO). Carcass were chilled for 48 hours at 0 – 2°C. After the chilling period, loin eye area (LEA) and fat thickness (FT) were measured. One inch thick samples from each of the following muscles were removed, loin, tenderloin, eye round, knuckle and chuck tender and after 5 days in the cooler were frozen for future analysis. There was not a statistical difference for LEA and FT between treatments. After thawing the samples were analyzed for shear force through the Warner Bratzler device and there was not statistical difference for the tenderloin, eye round and chuck tender muscles between treatments. The shear force of the knuckle (5.13 Kg) was lower ($p=0.029$) for the HO treatment than for the TA (6,24 Kg). The loin also had a shear force of 6,4 Kg statistically lower ($p=0.007$) for the HO treatment when compared to 7.7 Kg for the TA treatment. The loin and knuckle of the carcasses cooled horizontally were more tender. Further studies evaluating MFI and sarcomere length must be done.

KEYWORDS: pH; position carcass; ribeye area; shear force; tenderness.

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 - Balanço da Pecuária Bovídea de Corte no Brasil de 2000 a 2005.....	15
Tabela 2 - Médias, erros-padrão e valores de P da espessura de gordura subcutânea (EGS), área de olho de lombo (AOL) e força de cisalhamento dos músculos <i>Longissimus dorsi</i> (LD), <i>Quadriceps femoris</i> (QF), <i>Supraspinatus</i> (SU), <i>Psoas major</i> (PM) e <i>Semitendinosus</i> (SM).....	37

LISTA DE ABREVIATURAS

ABIEC	Associação Brasileira das Industrias Exportadoras de Carne
AOL	Área de Olho de Lombo
EGS	Espessura de Gordura Subcutânea
FT	Fat Thickness
FZEA	Faculdade de Zootecnia e Engenharia de Alimentos
HO	Horizontal
LD	<i>Longissimus dorsi</i>
LEA	Loin Eye Area
MFI	Myofibril Fragmentation Index
PCAPS	Prefeitura do <i>Campus</i> de Pirassununga
PM	<i>Psoas major</i>
QF	<i>Quadriceps femoris</i>
SM	<i>Semitendinosus</i>
SU	<i>Supraspinatus</i>
TA	Tendão de Aquiles
UNICAMP	Universidade de Campinas
USP	Universidade de São Paulo

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 - Animais Nelores (<i>Bos indicus</i>) usados no experimento.....	31
Figura 2 - Carcaças suspensas pelo tendão de Aquiles do traseiro especial (TA).....	31
Figura 3 - Carcaças dispostas horizontalmente em <i>pallets</i>	31
Figura 4 e Medição da temperatura e pH das carcaças no músculo <i>Longissimus</i>	
Figura 5 - <i>dorsi</i> (LD) entre a 12 ^a e 13 ^a vértebras torácicas.....	33
Figura 6 - Avaliação da área de olho de lombo (AOL), através do método de pontos com o auxílio de régua reticulada específica.....	34
Figura 7 - Amostras devidamente identificadas e embaladas para realização dos testes de maciez.....	36
Figura 8 - Amostra assada e cilindros com 12,7 mm de diâmetro para análise de maciez.....	36
Figura 9 - Médias de AOL para carcaças suspensas pelo Tendão de Aquiles ou dispostas horizontalmente.....	38
Figura 10 - Médias de EGS para carcaças suspensas pelo Tendão de Aquiles ou dispostas horizontalmente.....	39
Figura 11 - pH do músculo <i>Longissimus dorsi</i> (contra filé – CF) em função das horas de abate.....	41
Figura 12 - Médias de Força de cisalhamento para o músculo QF, de acordo com os métodos de suspensão.....	43
Figura 13 - Médias de Força de cisalhamento para o músculo LD de acordo com os métodos de suspensão.....	44
Figura 14 - Médias de Força de cisalhamento para os músculos LD, QF, SU, PM e ST de acordo com os métodos de suspensão.....	45

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO.....	15
2	REVISÃO DA LITERATURA.....	18
2.1	QUALIDADE DA CARCAÇA E DA CARNE	18
2.1.1	COLÁGENO.....	19
2.1.2	PROTEÓLISE E INFLUÊNCIA DO PH E TEMPERATURA NA MACIEZ.....	20
2.1.3	MACIEZ.....	23
2.1.4	TÉCNICAS UTILIZADAS PARA MELHORAR A MACIEZ DA CARNE.....	25
3	MATERIAL E MÉTODOS.....	31
3.1	LOCAL E INSTALAÇÕES.....	31
3.2	ANIMAIS E ABATE.....	31
3.3	COLETA DE DADOS E AMOSTRAS.....	34
3.4	ANÁLISE DE MACIEZ.....	35
3.5	ANÁLISE ESTATÍSTICA.....	36
4	RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	37
4.1	ÁREA DE OLHO DE LOMBO (AOL).....	38
4.2	ESPESSURA DE GORDURA SUBCUTÂNEA (EGS).....	39
4.3	pH.....	40
4.4	FORÇA DE CISALHAMENTO.....	43
5	CONCLUSÕES.....	53
	REFERÊNCIAS.....	54

EFEITOS DA POSIÇÃO DA CARÇA DURANTE O RESFRIAMENTO NA QUALIDADE DA CARNE BOVINA

1 INTRODUÇÃO

A produção de carne bovina, abrangendo aspectos que vão desde a criação dos animais até a exportação do produto final, é uma das atividades mais importantes do agronegócio brasileiro e se estende por todas as regiões do território nacional.

Detentor do maior rebanho comercial do mundo, com aproximadamente 190 milhões de bovinos, o Brasil foi em 2004, pelo segundo ano consecutivo, o maior exportador mundial em volume de carne, alcançou a marca de US\$ 2,457 bilhões e 1.954,4 mil toneladas de carnes em equivalente carcaça e deverá superar a marca de US\$ 3 bilhões em vendas externas em 2005 (ABIEC, 2005) (Tabela 01).

Tabela 01 – Balanço da Pecuária Bovídea de Corte no Brasil de 2000 a 2005

	2000	2001	2002	2003	2004	2005
População (milhões de habitantes)	169,8	172,3	174,9	177,4	180,0	192,6
Rebanho Bovino (Milhões)	164,3	170,6	179,2	189,5	192,5	195,5
Taxa de Abate (%)	19,80	19,83	19,82	19,91	21,51	22,03
Abate (Milhões)	32,5	33,8	35,5	37,6	41,4	43,1
Produção de Carne (Mil ton. Eq. Car.)	6650,0	6900,0	7300,0	7700,0	8350,0	8750,0
Consumo per capita (kg. Eq. Carc.)	36,3	35,3	36,6	36,4	36,4	36,7
Consumo Interno (Mil. Ton. Eq. Car.)	6158,0	6091,0	6994,7	6462,9	6548,9	6700,0
Exportação (Mil ton. Eq. Car.)	591,9	958,3	1006,0	1300,8	1954,4	2100,0
Importação (Mil ton. Eq. Car.)	99,9	49,3	100,7	63,7	53,3	50,0
Exportação (US\$ milhões)	786,3	1022,5	1107,3	1509,7	2457,3	2782,7
Importação (US\$ milhões)	128,3	64,9	94,0	60,2	72,2	67,7

Fonte: Adaptado de ABIEC, 2005.

Por outro lado, a globalização da informação e a integração do comércio mundial colocaram os consumidores em contato com produtos anteriormente desconhecidos e está alterando seus hábitos e padrões de consumo, o que leva a uma adaptação das cadeias produtivas para atender às expectativas do consumidor.

Entretanto, definir os critérios de qualidade não é uma tarefa simples, pois significa atender expectativas muitas vezes subjetivas, tais como qualidade sensorial, além daquelas claramente declaradas, como apresentação, preço e perfil microbiológico dos produtos.

A obtenção de carcaças com características de qualidade desejável depende de um controle total das operações, que envolvem, desde os procedimentos pré-abate, transporte ao frigorífico, espera e repouso do animal no curral, métodos e técnicas de abate e conservação do produto final. Considerando que algumas condições de ordem fisiológica, prática e regulamentar ou econômica não podem ser alteradas, tais como, suscetibilidade do animal ao estresse, período de descanso, temperatura ambiental pré-abate, dentre outros, faz-se necessário a adoção de métodos que possam ser implementados, a fim de manter ou ainda elevar os níveis de qualidade desejados pelo consumidor.

A produção de carne com qualidade assegurada é um desafio para qualquer sistema de produção. Entre os vários fatores que influenciam a qualidade do produto final a maciez da carne está entre os mais importantes.

As bases fisiológicas dos processos que influenciam a maciez ou dureza da carne são diferentes e para que possam ser controladas é necessário seu entendimento. O período pós-morte, queda de glicogênio muscular, acúmulo de ácido láctico, declínio de pH e *rigor mortis* podem influenciar na maciez final da carne. Além disso, esses fatores podem ser altamente influenciados, ou ainda controlados, utilizando-se alguns métodos, dentre os quais, o modo de posicionar a carcaça na câmara de resfriamento, após o abate.

Trabalhos prévios têm mostrado que a suspensão da carcaça em diferentes formas na câmara fria influencia a qualidade e a maciez de alguns músculos da carcaça.

O presente trabalho teve como objetivo estudar o efeito da posição de lados de carcaças através do método tradicional, suspensos pelo Tendão de Aquiles (TA) ou posicionadas na forma horizontal (HO), durante o resfriamento, sobre algumas características físico-químicas de alguns cortes do Contra filé (m. *Longissimus dorsi*

- LD), Patinho (m. *Quadriceps femoris* - QF), Peixinho (m. *Supraspinatus* - SU), Filé Mignon (m. *Psoas Major* - PM) e Lagarto (m. *Semitendinosus* - SM).

2 REVISÃO DA LITERATURA

A garantia da manutenção do mercado da carne bovina consiste no fornecimento de produtos com padrões de qualidade constantes, visando à satisfação do cliente.

Considerando esses padrões de qualidade, no que diz respeito à satisfação das exigências sensoriais, a carne de bovinos, em especial *Bos indicus*, apresentam freqüentes variações de maciez (DIKEMAN, 1995, 2003; O'CONNOR et al. 1997; MILLER, 2001).

Avaliando o preparo da cadeia produtiva da carne no Brasil para a competição no mercado mundial, Felício (2001) apontou o segmento produtivo, como o mais bem preparado, no qual a qualidade dos animais abatidos é cada dia melhor. De acordo com o autor, o segmento da indústria está altamente preparado em termos de instalações, principalmente naquelas que se dedicam à exportação de carne. Porém, a falha do sistema aparece na questão da palatabilidade, em que não há nenhuma preocupação de como o consumidor, tanto interno como externo, está avaliando a qualidade sensorial do produto, a maciez e o sabor da carne.

2.1 QUALIDADE DA CARÇAÇA E DA CARNE

A carne é composta em grande parte por músculos esqueléticos, associados ao tecido conjuntivo e à gordura, organizados em uma estrutura complexa, variável entre espécies e entre músculos de uma mesma espécie (LAWRIE, 1977).

2.1.1 COLÁGENO

O tecido conjuntivo é distribuído através do sistema muscular-esquelético e atua a fim de manter a integridade desse sistema, ou de cada músculo, completando a função, como um sistema locomotor ativo. Embora, esse tecido seja composto de colágeno, elastina, proteoglicanas e proteínas estruturais (fibronectina, laminina, etc) a fibra do colágeno é um importante fator para o desenvolvimento da maciez da carne (NAKAMURA et al. 2003).

O tecido conjuntivo intramuscular atua como parte significativa na determinação da textura da carne e a estabilidade mecânica aumenta progressivamente com o crescimento animal. No tecido conjuntivo típico os principais componentes são colágeno, tropocolágeno e elastina, diretamente responsáveis pela maciez da carne (LUCHIARI FILHO, 2000). De acordo com o mesmo autor o colágeno é a proteína presente em maior quantidade no organismo animal e o elemento mais fibroso do tecido conjuntivo. As fibras de colágeno podem estar inseridas na pele, ossos, tendões e paredes arteriais (epimísio, perimísio e endomísio) dos tecidos musculares. A variação na maciez da carne tem sido estudada por diversos pesquisadores, entre diversos músculos presentes na carcaça (SHACKELFORD; WHEELER; KOOHMARAI, 1995 e RHEE et al. 2004).

Ainda, o comprimento do sarcômero, conteúdo de colágeno presente nos músculos e o processo de proteólise poderiam explicar a variação na maciez da carne maturada. Entretanto, a relativa contribuição de cada um dos componentes, que leva à maciez da carne é músculo dependente (TAYLOR, 2003).

Em contraste com a estabilidade do colágeno, a configuração e a integridade das proteínas miofibrilares e citoesqueléticas são muito afetadas pela manipulação das carcaças e acondicionamento da carne. Isto tem uma influência imediata na inconsistência da textura da carne (TARRANT, 2001).

A causa da variação na maciez da carne foi primeiramente atribuída ao tecido conjuntivo. Para alguns pesquisadores, músculos com pouco tecido conjuntivo resultavam em cortes mais macios. Porém somente o colágeno não foi suficiente para explicar a variabilidade no atributo maciez.

2.1.2 PROTEÓLISE E INFLUÊNCIA DO PH E TEMPERATURA NA MACIEZ

O pH final da carne, como consequência de depleção das reservas de glicogênio muscular no período pré-abate afeta intensamente a qualidade da carne (SILVA; PATARATA; MARTINS, 1999). Vários fatores têm sido mencionados como responsáveis pela depleção do glicogênio muscular: tempo e forma de transporte dos animais da fazenda ao abatedouro, restrição da dieta, mistura de diferentes lotes no abatedouro, fatores climáticos, condições patológicas e fatores genéticos. Na prática, estes fatores provocam uma queda das reservas de glicogênio no músculo, com aumento do pH, se o animal for abatido antes que as reservas energéticas sejam restabelecidas. (PURCHAS; AUNGSUPAKORN, 1993).

No período pós-morte, a temperatura e a taxa de glicólise podem alterar os atributos dos produtos cárneos. O pH elevado da carne resulta em maior maciez dos músculos. Entretanto, estes cortes apresentam coloração escura, são secos e têm alta carga microbiana (BELTRÁN et al. 1997).

Algumas das principais alterações que ocorrem no músculo pós-morte estão relacionadas com o processo de degradação das proteínas miofibrilares e com os filamentos contráteis da estrutura das miofibrilas (DELGADO, 2001).

Durante o amaciamento da carne, estudos relacionando o enfraquecimento e desaparecimento do disco Z de sarcômeros de músculos tratados com cálcio (Ca^{+2}), levaram à descoberta do sistema de calpaínas (DELGADO, 2001). De acordo com o mesmo autor, foi identificada e isolada uma protease ativada por Ca^{+2} , removendo os discos Z e promovendo uma perda da periodicidade entre os filamentos contráteis do músculo.

O sistema de proteases cálcio dependentes é constituído de calpaínas, endopeptidases intracelulares, não lisossomais, com duas formas existentes: μ -calpaína e m-calpaína, encontradas em homogeneizados de tecidos com seu inibidor específico, a calpastatina (DRANSFIELD, 1992).

Pesquisas realizadas por Mc Donough, Fernandez e Oddy (1999) demonstraram que a relação entre os níveis do sistema de calpaínas e as medidas estatísticas de maciez pode ser confundida por outros fatores, que têm sido estudados e que influenciam a maciez dos músculos, tais como: o pH final, o

comprimento do sarcômero e a estrutura do tecido conjuntivo. Assim, a atividade do sistema de calpaínas pode ser melhor relacionada com a taxa de mudanças nos atributos de maciez. Além disso, observou-se uma relação negativa entre a taxa de mudança nos valores de força de cisalhamento durante o período de maturação e a taxa de μ -calpaína para calpastatina. Similarmente, a taxa de fragmentação miofibrilar durante a maturação foi positivamente correlacionada com a taxa de μ -calpaína para calpastatina.

Takahashi (1996) verificaram que muitas mudanças relacionadas com o atributo de maciez da carne poderiam ser explicadas pelo efeito direto das proteínas miofibrilares do cálcio e que este efeito é dependente do pH, com implicação mínima em pH 6,5.

Pode-se considerar que há níveis intermediários de interações miosina-actina e que o amaciamento da carne, após a resolução do *rigor mortis*, seria provocado por enzimas proteolíticas, especificamente μ -calpaínas (GOLL et al. 1992).

MORTON et al. (1999), verificaram que a maciez final do m. *Longissimus dorsi* relacionou-se com a capacidade inicial da calpastatina no músculo, com a taxa de autólise da μ -calpaína e com a taxa de declínio do pH. Segundo os mesmos autores, em trabalhos realizados com ovinos, a maciez do músculo foi inversamente proporcional aos níveis iniciais de calpastatina.

Embora o pH não tenha efeito direto na maciez da carne, com a elevação na primeira hora pós-morte, há um declínio mais lento nos níveis de μ -calpaína e calpastatina. Koohmaraie, Schollmeyer e Dutson (1986) relataram que a μ -calpaína reteve 25% da sua atividade em pH 5,5-5,8 a 5°C, permitindo mudanças nas estruturas miofibrilares, nas condições de armazenamento pós-abate. Thompson et al. (1996) constataram que há uma relação direta entre a atividade da μ -calpaína e o pH e que à medida que houve queda dos valores de pH as taxas de μ -calpaína também foram reduzidas.

Delgado (2001), sugeriu que uma atividade proteolítica diferenciada nos músculos resultou em carnes mais duras, com valores de pH entre 5,8 e 6,3. De acordo com esse autor, o pH final (>6,3), favoreceu a atividade das proteases neutras (calpaínas) e valores de pH menores (<5,8) proporcionaram maior atividade das catepsinas. Portanto, há uma hipótese de que as calpaínas são as responsáveis pela proteólise pós-morte nos músculos.

Dransfield (1981), observaram que a temperatura de cocção da carne também parece influenciar na relação entre pH final e maciez. Por outro lado, esse autor relatou neste estudo, que a maciez da carne crua não apresentou relação com a característica de pH. Ainda, em carnes cozidas a temperaturas médias (65°C) essa relação apresentou-se curvilínea e músculos cozidos a elevadas temperaturas (90°C) a relação entre pH e maciez foi linear (BOUTON; HARRIS; SHORTHOSE, 1972). Este efeito da temperatura na maciez da carne pode resultar da capacidade de retenção da água durante o cozimento (PURCHAS, 1990) ou do tecido conjuntivo (DRANSFIELD, 1981).

As principais diferenças nas taxas de degradação de proteólise pós-morte e de amaciamento da carne entre as espécies (bovinos, suínos e ovinos) são devido a diferenças na percentagem de degradação de proteínas miofibrilares (KOOHMARAIE et al. 1991).

A manipulação bioquímica da quebra do glicogênio pós-morte pode oferecer um fator potencial para elevar a maciez. A inibição da glicólise previne a formação do ácido láctico, conseqüentemente mantém elevada a taxa de pH, que pode aumentar a maciez e a capacidade de retenção de água da carne (JEREZ; CALKINS; VELAZCO, 2003).

Após o estabelecimento do *rigor mortis* a carne não apresenta praticamente alterações, por várias horas, conforme a espécie e temperatura. Em seguida, inicia-se a resolução do rigor, ou condicionamento, que se caracteriza por uma série de transformações na estrutura miofibrilar, denominada maturação.

Fatores têm sido relacionados ao processo de maciez da carne, entre eles, a maturação pós-morte, devido à degradação das estruturas protéicas miofibrilares, o sistema de proteases cálcio dependentes e aumento da resistência iônica no músculo (WHEELER et al. 1990).

2.1.3 MACIEZ

A maciez da carne cozida é determinada pelo comprimento relativo da rede do tecido conjuntivo e a estrutura miofibrilar e suas interações (HARRIS et al. 1988, citado por EIKELENBOOM et al. 1998).

A inconsistência da maciez da carne tem sido associada especialmente com a falta de qualidade no setor da indústria. Muitas pesquisas têm relacionado essa inconsistência com a qualidade gustativa. Porém, esse termo depende da combinação de diversos fatores, tais como, suculência, sabor e maciez. Em relação aos atributos de qualidade, a maciez é a característica mais importante para os consumidores.

Miller et al. (2001), avaliaram 734 consumidores americanos de carne e reportaram que esses consumidores identificaram a maciez do m. *Longissimus* e que pagariam mais por cortes diferenciados para o atributo maciez.

Diversos fatores têm sido relacionados com a variação na maciez da carne. Contudo, alguns são considerados mais importantes, dentre os quais, o sexo, a genética, a idade, o período de confinamento, a alimentação e o manejo pré e pós-abate, incluindo neste último a estimulação elétrica, a desossa, o método de pendura da carcaça e as tecnologias de amaciamento pós-morte (KOOHMARAIE et al. 2003).

As diversas etapas através das quais o consumidor costuma avaliar a qualidade da carne são, por princípio, a cor do músculo e da gordura de cobertura, seguidas por aspectos envolvidos no processamento, tais como perda de líquidos no descongelamento e na cocção, mantendo assim as características de palatabilidade, suculência e a principal que é a maciez (PEREIRA, 2002).

Porém, muitos fatores podem alterar o processo de maciez da carne. Dentre os mais importantes estão o encurtamento das fibras pelo frio durante o *rigor mortis* e a maturação da carne após o rigor (ZAMORA; CHAIB; DRANSFIELD, 1998). De acordo com Hopkins e Thompson (2002), o amaciamento no período pós-abate consiste de um processo bioquímico complexo, envolvendo a quebra de proteínas miofibrilares, que mantêm a integridade estrutural dos músculos, esse sistema de proteases é responsável pela proteólise pós-morte.

Em trabalhos descritos por Ormenese (1995), foi relatado que somente os m. *Longissimus dorsi* e *Gluteus medius* maturados por 28 dias, provenientes de novilhos nelores, com idade média de 4 anos, atingiram valores aceitáveis de maciez. Também, não houve efeito do período de maturação na maciez do m. *Quadriceps femoris* e o m. *Semitendinosus* desses animais entre o 1º e 28º dias de maturação. Pode-se concluir, portanto, que a maturação dos músculos do *Gluteus medius*, *Semitendinosus* e *Quadriceps femoris*, não foi suficiente para melhorar a maciez destes cortes e que os músculos *Longissimus dorsi* e *Gluteus medius* deveriam ser maturados por 28 dias.

A marinação consiste em outra técnica para melhorar a qualidade dos produtos cárneos, utilizada há muitos anos, tendo em vista, que a imersão da carne em salmoura adicionada a simples ingredientes melhora o sabor da mesma, além de mascarar alguns odores indesejáveis. Ainda, a marinação da carne permite alterar a textura da carne rapidamente, podendo ser aplicada nas formas: estática (imersão) ou dinâmica (injeção e massageamento) (ROCHA, 2000, citado por HARADA, 2004).

Em diversos trabalhos têm se observado diferenças na variação da maciez entre diversos músculos (MORGAN et al. 1991; BROOKS et al. 1998; RHEE et al. 2004).

RHEE et al. (2004), sugeriram que o m. *Psoas major*, seguido pelo *Infraspinatus* foi mais macio, em relação a outros, e que os músculos *Psoas major*, *Gluteus medius* e *Longissimus dorsi* apresentaram menores concentrações de colágeno. Portanto, a partir desse resultado observa-se que há várias fontes de variação que atuam na maciez, com a necessidade do desenvolvimento e implementação de estratégias para a melhora da qualidade da carne.

2.1.4 TÉCNICAS UTILIZADAS PARA MELHORAR A MACIEZ DA CARNE

Na procura por alternativas que resolvam ou amenizem o problema de carnes duras, Felício (1997, 1998 e 2000) comentou alguns métodos pós-morte para melhorar a qualidade da carne:

- Pendura pela pélvis (*tenderstretch*): Realizada inicialmente pelo Tendão de Aquiles, até uma hora após o atordoamento, após a divisão da carcaça em duas meias carcaças, em seguida, pendurada pelo orifício obturador do coxal, até a 10^a e 11^a hora (pH<6,0) quando retiradas da câmara e penduradas pelo Tendão de Aquiles;

- Estimulação elétrica da carcaça: passagem de uma corrente elétrica através da carcaça, com o objetivo de acelerar a glicólise e produzir carnes mais macias, além da tentativa de se evitar o efeito de encurtamento pelo frio;

- Resfriamento lento: manutenção das carcaças sob temperatura e velocidade do vento controladas, para que a temperatura interior do músculo *Longissimus dorsi* (10^a e 12^a costelas, 3 cm de profundidade) não caia a 10°C ou menos antes da 10^a hora após o resfriamento;

- Processo de maturação: recomendação da maturação dos cortes cárneos embalados a vácuo em câmaras frias a 2°C, por uma semana, como técnica complementar, ou como alternativa.

De acordo com Judge et al. (1989), a maturação consiste em um método de conservação, com o armazenamento da carne por um período de 15 a 21 dias, em geral, em temperaturas acima do ponto de congelamento da carne, ou seja, ao redor de 0°C. Porém, é um fenômeno complexo, que ocorre a partir da resolução da rigidez cadavérica, que se prolonga durante o armazenamento de cortes refrigerados, envolvendo a atuação de enzimas, com destaque para a calpaína (cálcio dependente, responsável pelo amaciamento) e a calpastatina (inibidora da calpaína). O processo de maturação da carne consiste em algumas alterações naturais, que ocorrem durante o período pós-morte, em que a carne permanece armazenada, desde -1°C até temperaturas abaixo da desnaturação, cujo resultado é o desenvolvimento de maciez, sabor e aromas característicos e desejáveis.

Dentre os métodos citados pelo respectivo autor, a pendura pela pélvis (*tenderstretch*) foi a única capaz de resolver o problema de dureza em carnes de bovinos tropicais. Por outro lado, carcaças suspensas pelo Tendão de Aquiles resultaram em tensão máxima no m. *Psoas major*, tornando-o mais macio. A suspensão pélvica consiste em suspender carcaças pela pélvis, elevando a tensão sobre diversos músculos do lombo e da perna, tornando-os mais macios, que as carnes suspensas de forma tradicional (FORREST et al. 1979).

TARRANT (1998), reportaram que o método de suspensão pélvica (*tenderstretch*) foi implementado no Reino Unido. E, consiste na redução do encurtamento pelo frio através da prevenção física da contração dos músculos durante o rigor. Este processo físico eleva a tensão sobre os músculos traseiros, durante o estabelecimento do *rigor mortis*, evita a contração intensa com conseqüente maciez dos músculos (O'HALLORAN; TROY; BUCKLEY, 1998; SORHEIM et al. 2001, 2002).

Outra característica da utilização da suspensão pélvica, é que há uma menor resposta da maturação (O'HALLORAN; TROY; BUCKLEY, 1998). Este seria um grande benefício comercial, pois possibilita menores períodos de maturação, para atingir um nível de maciez desejável ao consumidor. Estes autores relataram também, que o enfraquecimento da matriz miofibrilar é menos significativa, quando a densidade da matriz é reduzida drasticamente, ou seja, estirada.

Outro processo denominado *tendercut* consiste na tentativa de melhorar a maciez, reduzindo sua variação, técnica proposta por Claus e Marriott, em 1991. O conceito fundamental envolve o estiramento do músculo no pré-rigor, permitindo que o músculo complete o *rigor mortis*, permanecendo estirado (CLAUS; WANG; MARRIOT, 1997). Este tratamento deve resultar em uma significativa redução na sobreposição da região do sarcômero e um número permanente de ligações entre a actina e a miosina. Além disso, quando a carcaça é suspensa, o peso, em geral, gera uma tensão nos músculos, ligamentos e ossos (SORHEIM et al., 2002). Para implementar o *tendercut*, os ossos, tecidos conjuntivos e adiposos e, em alguns casos, músculos menores são seccionados a fim de permitir que o peso das carcaças, abaixo do corte efetuado, estire os músculos maiores de maior importância comercial. Trabalhos constataram uma melhora de 34% (dados com Warner Bratzler Shear Force) com esta tecnologia, especialmente em carnes consideradas mais duras.

Alguns trabalhos clássicos para avaliar diferentes formas de posicionar carcaças e suas interações com a qualidade final da carne, foram feitos na década de 70 por Locker (1960), Hostetler et al. (1973), Bouton et al. (1973) e Herring et al. (1965).

Locker (1960) e Herring et al. (1965), demonstraram que o método de suspender as carcaças durante o resfriamento altera os resultados de maciez de vários cortes cárneos. Carcaças suspensas exercem sobre os músculos tensão maior, resultando em carnes mais macias. Por outro lado, músculos submetidos a uma menor tensão tendem a ser mais duros, presumivelmente devido a diferenças no encurtamento que esses músculos podem sofrer durante o estabelecimento do rigor.

Locker (1960) observou ainda que o grau de contração em que os músculos iniciam o estado de rigor é altamente variável entre os diferentes músculos da carcaça, levando a um significativo impacto na qualidade gustativa da carne. A contração do músculo é dependente da temperatura durante o *rigor mortis*, aproximadamente 15°C no estado inicial. Porém, essa contração aumenta consideravelmente em temperaturas baixas, causando o encurtamento das fibras pelo frio. Quando as temperaturas no estado inicial de *rigor mortis* são muito elevadas, há em uma contração severa pelo calor (LOCKER; HAGYARD, 1963). Ainda, uma contração muito severa é desenvolvida em músculos que foram congelados, no estado de pré-rigor, e posteriormente descongelados, denominado rigor de descongelamento ou *thaw rigor* (Mc Crae et al. 1971).

Em geral, o encurtamento das fibras pelo frio, ou *cold shortening* e uma conseqüente dureza da carne pode ser minimizado através de um resfriamento lento ou retardado das carcaças ou através da estimulação elétrica para acelerar a glicólise enquanto a temperatura do músculo permanece elevada. Outro método é do estiramento ou restrição de alguns músculos para a contração. Estes tratamentos para melhorar a maciez da carne podem ser utilizados separadamente, ou em associação (SORHEIM et al. 2002).

Herring et al. (1965), estudaram músculos de carcaças posicionadas verticalmente, resultaram em maiores comprimentos de sarcômero, nos músculos *Psoas major*, *Latissimus dorsi* e *Rectus femoris*. Enquanto o posicionamento horizontal resultou em aumento do comprimento de sarcômeros de músculos como *Longissimus dorsi*, *Gluteus medius*, *Adductor*, *Biceps femoris* e *Semimembranosus*.

Ainda, quando os músculos foram encurtados, houve aumento de diâmetro das fibras e redução da maciez dos cortes estudados.

Herring et al. (1967), estiraram o m. *Semitendinosus* aproximadamente 50% do seu comprimento normal. Observou-se um aumento progressivo do comprimento do sarcômero, à medida que o m. *Semitendinosus* era estirado e o sarcômero foi considerado duas vezes maior, com o máximo de estiramento realizado, quando comparado à máxima contração desse músculo.

Posteriormente Hostetler et al. (1972), utilizaram cinco métodos de pendura para cada meia carcaça e observaram que os lados suspensos pelo forâmen do obturador evitaram o encurtamento dos músculos, aumentando expressivamente o comprimento do sarcômero no período pós-morte, com conseqüente redução da força de cisalhamento.

Hostetler et al. (1973), em experimento semelhante, avaliaram a maciez, determinada por painel sensorial, de músculos de carcaças suspensas por vários métodos. Cada lado de 40 carcaças foi suspenso por um dos cinco métodos: pendura convencional pelo membro pélvico (vertical); posicionando um dos lados sobre uma mesa, com o lado da espinha dorsal para baixo, com os membros perpendiculares às vértebras (horizontal); suspensão da vértebra cervical com os membros ligados, com o membro pélvico perpendicular à vértebra (presos ao pescoço); suspensos pelo forame obturador com os membros livres (quadril livre) e suspensos pelo forame obturador, com os membros presos junto aos membros torácicos, perpendiculares à coluna vertebral (quadril amarrado). Foram retiradas amostras de cada um dos nove músculos e alocados em dois grupos, o primeiro grupo incluiu o m. *Longissimus dorsi*, *Semimembranosus*, *Tríceps brachii*. O segundo grupo compreendeu seis músculos: *Semitendinosus*, *Aductor*, *Gluteus medius*, *Psoas major*, *Bíceps femoris* e *Rectus femoris*. O painel sensorial não detectou nenhuma diferença na maciez entre os métodos experimental e convencional de suspensão para os músculos *Semitendinosus* e *Bíceps femoris*, com significativo aumento do comprimento do sarcômero, produzido pelos vários métodos, para ambos músculos.

Taylor et al. (1995), afirmaram que o encurtamento das fibras musculares poderia ser evitado através da alteração dos métodos de suspensão das carcaças durante o processo de resfriamento. Esses autores verificaram que a substituição da pendura de carcaças pelo Tendão de Aquiles para o método de suspensão pela

pélvis durante resfriamento, estira alguns músculos do lombo e do traseiro. Este estudo comparou os efeitos dos procedimentos pós-abate, utilizando-se a estimulação elétrica e a suspensão pélvica, nos atributos de qualidade da carne de suínos. Entretanto, verificou-se que efeito do emprego destas técnicas pode ser influenciado por algumas variáveis, tais como, taxa de resfriamento (convencional ou resfriamento rápido).

EIKELENBOOM et al. (1998), analisaram em dois músculos a combinação dos efeitos da suspensão pélvica e da temperatura de cozimento na textura da carne maturada. Este estudo demonstrou uma contribuição relativa do colágeno e dos componentes miofibrilares na avaliação mecânica da maciez, e que, o efeito da suspensão pélvica foi dependente de músculos, temperatura de cozimento e da aplicação do teste mecânico.

Owens e Gardner (1999), em uma revisão mais atual, relataram que na colocação da carcaça em diferentes posições, durante o resfriamento, alguns músculos permaneceram estirados e outros relaxados, sugerindo àqueles estirados seriam mais macios em relação àqueles que foram mantidos relaxados.

Hopkins e Thompson (2001), injetaram nos lados direitos de carcaças, na região do m. *Longissimus thoracis e lumborum* de cordeiros, uma enzima protease inibidora, e nos lados esquerdos, uma solução salina isotônica. Em seguida, as carcaças foram penduradas durante o resfriamento: pelo Tendão de Aquiles, ou pela sínfise púbica ou ainda através da sínfise púbica, com 2 kg de peso presos aos membros posteriores, a fim de estudar as interações entre os miofilamentos de actina e miosina com diferentes graus de sobreposição pós-rigor. Os músculos foram divididos em 3 partes e maturados por 1, 3, ou 7 dias, e os autores concluíram que houve significativo aumento no comprimento do sarcômero e redução na força de cisalhamento dos músculos analisados. Especificamente, a suspensão pelo Tendão de Aquiles resultou em músculos mais duros e o pela sínfise púbica teve como consequência um aumento no comprimento do sarcômero.

Luchiari Filho et al. (2004), estudaram carcaças de 40 novilhos Nelore, com 30 meses de idade, alternando os lados das carcaças resfriadas penduradas pelo Tendão de Aquiles ou pelo dianteiro através do carpo radial e concluíram que as carcaças penduradas pelo dianteiro apresentaram uma melhoria significativa na maciez do m. *Longissimus dorsi*, sem causar efeito indesejável no m. *Biceps femoris*.

Sorheim et al. (2001), relataram que a temperatura em que o músculo inicia o rigor pode alterar a necessidade e o benefício do estiramento muscular através da suspensão da carcaça por técnicas alternativas.

Em trabalho posteriore, Sorheim et al. (2002), verificaram que a combinação do método de pendura ou contenção aliadas a outras técnicas, tais como, resfriamento lento ou estimulação elétrica, em geral, traz benefícios para a maciez da carne. Porém, estes mesmos autores relataram desvantagem da utilização do método *tenderstretch*, no que se refere ao ângulo de 90°, em que o membro posterior exige maior espaço em câmaras de resfriamento. Além disso, a utilização do *tendercut* também necessita de um maior espaço no interior das câmaras (15 a 20 cm a mais que o método de pendura tradicional).

A hipótese deste experimento foi estudar carcaças durante o resfriamento sem a ação de nenhuma força, esticando, ou contraindo os músculos e a maciez dos mesmos.

3 MATERIAL E MÉTODOS

3.1 LOCAL E INSTALAÇÃO

Este trabalho foi realizado na Faculdade de Zootecnia e Engenharia de Alimentos da Universidade de São Paulo, campus Pirassununga, SP.

3.2 ANIMAIS E ABATE

Foram utilizados 10 bovinos machos da raça Nelore (*Bos taurus indicus*), castrados, terminados em sistema de pasto, com idade média de 36 meses e peso vivo médio de 498 kg no abate (Figura 1). Os animais foram abatidos no Matadouro-Escola da FZEA-USP, de acordo com os padrões adotados pela Prefeitura do Campus de Pirassununga (PCAPS). A sangria, evisceração, divisão e lavagem foram completadas com as carcaças penduradas pelo Tendão de Aquiles. Após a limpeza das meias carcaças, cada carcaça foi identificada individualmente e lados alternados foram resfriados e pendurados de acordo com o sistema convencional pelo Tendão de Aquiles (TA) (Figura 2) ou colocados de forma horizontal (HO) sobre paletes (Figura 3). Todos os lados permaneceram no interior da câmara de resfriamento a 0-2°C, durante 48 horas.

Figura 1: Animais Nelores (*Bos indicus*) usados no experimento.

Figura 2: Carcaças suspensas pelo Tendão de Aquiles (TA).

Figura 3: Carcaças dispostas horizontalmente em paletes.

Durante esse período foram avaliadas a temperatura e o pH do LD entre a 12^a e 13^a costelas, nos intervalos de 1, 3, 6, 9, 24 e 48 horas pós-abate, utilizando-se um peagâmetro digital (HI8314 -Hanna Instruments) (Figuras 4 e 5).

Figuras 4 e 5: Medição da temperatura e pH das carcaças no LD entre a 12^a e 13^a vértebras torácicas.

Após 48 horas, foi realizada a desossa das meias carcaças, para coletas e análises de alguns músculos de cada meia carcaça.

3.3 COLETA DE DADOS E AMOSTRAS

Foram avaliadas a área de olho de lombo (AOL) e a espessura da gordura subcutânea (EGS) do m. *Longissimus dorsi*. A AOL e EGS foi medida com o auxílio de uma régua reticulada com escala em cm² específica (Figura 6). Foram colhidas e identificadas amostras, de aproximadamente 2,54 cm de espessura, dos músculos *Longissimus dorsi* (contra filé – LD), *Quadriceps femoris* (patinho – QF), *Supraspinatus* (peixinho – SU), *Psoas major* (filé mignon – PM) e *Semitendinosus* (Lagarto – ST), para a determinação da força de cisalhamento. Os bifes foram embalados a vácuo (filme flexível de alta barreira) e permaneceram 5 dias em câmara de resfriamento entre 0 e 2°C para maturação. Em seguida, foram retirados e armazenados em túnel de congelamento a –20°C até o momento da realização das análises. As análises da carne foram realizadas no Laboratório de Carnes da FZEA-USP, em Pirassununga.

Figura 6: Avaliação da área de olho de lombo (AOL), através do método de pontos com o auxílio de régua reticulada específica.

3.4 ANALISE DE MACIEZ

No dia anterior à realização das análises de maciez, as amostras foram retiradas do túnel de congelamento e descongeladas em câmara fria (0-2°C), por 24 horas e antes das análises mantidas em temperatura ambiente para a determinação da maciez dos cortes (Figura 7).

No momento das análises de maciez, as amostras foram retiradas das embalagens a vácuo, colocadas em bandejas de alumínio e pesadas em balança analítica. Após a pesagem foram inseridos termômetros de perfuração, atingindo o centro geométrico das amostras. Em seguida, foram levadas ao forno elétrico pré-aquecido a uma temperatura de aproximadamente 170°C, permanecendo no forno até que a temperatura do centro das amostras atingisse 71°C e foram então retiradas do forno (WHELLER; SHACKELFORD; KOOHMARAI, 2000).

Os músculos foram pesados novamente e por diferença de peso, antes e depois do cozimento, calcularam-se as perdas por cozimento (PAC), $[PAC = (P_i - P_f) / P_i] \times 100$, através da pesagem inicial do bife (P_i) e da pesagem final (P_f), expressa em porcentagem.

As amostras foram deixadas em temperatura ambiente ($\pm 25^\circ\text{C}$) até resfriarem e, em seguida, foram retirados de cada amostra, seis cilindros, com 12,7 mm de diâmetro (Figura 8) para as análises de maciez, utilizando-se o aparelho Warner Bratzler Shear Force. A força de cisalhamento de cada amostra foi considerada como a média dos valores de seis cilindros.

Figura 7: Amostras devidamente identificadas e embaladas para realização dos testes de maciez.

Figura 8: Amostra assada e cilindros com 12,7 mm de diâmetro para análise de maciez.

3.5 ANALISES ESTATÍSTICAS

O delineamento experimental utilizado foi inteiramente casualizado. Os efeitos de tratamento sobre as características da carcaça e da carne foram avaliados através do procedimento MIXED do software SAS (2001). Foram ainda analisados como medidas pareadas e as médias foram comparadas através do teste T.

4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os resultados para área de olho de lombo, espessura de gordura subcutânea e força de cisalhamento estão apresentados na tabela 2.

Tabela 02 – Médias, erros-padrão e valores de P da espessura de gordura subcutânea (EGS), área de olho de lombo (AOL) e força de cisalhamento dos músculos *Longissimus dorsi* (LD), *Quadriceps femoris* (QF), *Supraspinatus* (SU), *Psoas major* (PM) e *Semitendinosus* (SM)

Características	Método de Pendura		Valor de P
	Tendão de “Aquiles”	Horizontal	
EGS (mm)	4,60±0,7	4,7±0,6	0,780
AOL (cm ²)	64,4±1,5	66,5±2,0	0,081
Força de cisalhamento (kg)			
LD	7,73±0,6	6,38±0,5	0,068
QF	6,24±0,4	5,13±0,3	0,0127
SU	5,42±0,3	5,72±0,3	0,15
PM	4,00±0,3	4,15±0,1	0,66
ST	6,41±0,7	6,26±1,0	0,56

4.1 AREA DE OLHO DE LOMBO (AOL)

A medida de AOL realizada no músculo *Longissimus dorsi* (LD) não apresentou diferença significativa entre os tratamentos, embora, houvesse uma tendência para uma AOL maior nas carcaças penduradas pelo Tendão de Aquiles (TA) ou posicionadas na forma horizontal (HO) ($P=0,081$) (Tabela 02). Os valores de AOL do músculo *Longissimus dorsi* (LD) de lados pendurados pela TA apresentou valores de $64,4 \text{ cm}^2$, enquanto o LD de carcaças mantidas na posição horizontal resultou em valores de $66,5 \text{ cm}^2$, para a característica AOL (Figura 9).

Figura 9: Médias de AOL para carcaças suspensas pelo Tendão de Aquiles ou dispostas horizontalmente.

Contrariamente, Claus et al. (1997) avaliaram o efeito do estiramento de músculos de carcaças pré-rigor *tendercut* sob condições industriais e detectaram diferenças na AOL. O tratamento *tendercut* reduziu a AOL de carcaças, discordando dos resultados encontrados por Wang et al. (1996) que não observaram diferenças na AOL entre os tratamentos.

4.2 ESPESSURA DE GORDURA SUBCUTÂNEA (EGS)

Não foram observadas diferenças significativas de EGS entre os tratamentos ($P=0,780$) (Tabela 02). O LD de lados posicionados de forma horizontal apresentaram valores de EGS de 4,7 mm, enquanto o LD de lados suspensos pelo Tendão de Aquiles resultaram em 4,6 mm de EGS (Figura 10).

Figura 10: Médias de EGS para carcaças suspensas pelo Tendão de Aquiles ou dispostas horizontalmente.

Por outro lado, Luchiari Filho et al. (2005) verificaram diferenças na EGS entre os músculos LD de lados alternados de carcaças penduradas pelo músculo Carpo Radial e pelo método tradicional. A EGS avaliada na altura da 12ª costela foi menor para suspensão tradicional (3,8 mm) do que para suspensão pelo carpo radial (4,3 mm). Essa diferença pode ser devido a uma redução na tensão do músculo, capaz de modificar o formato desse corte. Dessa forma, há um aumento da espessura de gordura subcutânea e do músculo, o que pode ser interessante quando se utiliza o resfriamento rápido em carcaças penduradas pelo músculo do

dianteiro, causando um encurtamento do músculo com conseqüente aumento da gordura.

Além disso, esses autores relataram também que amostras do m. *Longissimus dorsi* apresentaram um formato mais arredondado nas carcaças penduradas pelo m. Carpo Radial, assim como Sorheim et al. (2002), que reportaram alterações nos formatos de músculos de carcaças submetidas ao Tendercut, em relação aos músculos retirados de carcaças suspensas pelo Tendão de Aquiles.

4.3 pH

Os resultados da característica de pH estão apresentados na Figura 11.

Não foram observadas diferenças significativas para o pH e temperatura das carcaças penduradas pelo TA, ou mantidas em posição horizontal. Houve, entretanto, um efeito linear ($P < 0,01$) e quadrático ($P < 0,01$) em função do tempo para esta característica analisada. Os valores de pH mantiveram-se entre 6,5, nas primeiras horas de avaliação e 5,3, 48 horas pós-morte.

Figura 11: pH do músculo *Longissimus dorsi* (contra filé – CF) em função das horas de abate.

Taylor et al. (1995) comparando o efeito do método de suspensão das carcaças suínas pelo Tendão de Aquiles, ou através da suspensão pélvica, com e sem a utilização de alta voltagem não observaram diferenças no pH 24 horas pós-morte.

Posteriormente, Luchiari Filho et al. (2005) não encontraram diferenças no pH, 24 horas pós-morte, de lados de carcaças suspensos pelo Tendão de Aquiles (TA) ou pelo músculo Carpo radial dianteiro (DA), com valores de 5,69 e 5,70, para TA e DA, respectivamente. Os valores de pH, 24 horas, foram maiores, quando comparados com o presente experimento, mas considerados dentro das taxas normais de pH em músculos bovinos.

A queda do pH após a morte do animal, causada pelo acúmulo de ácido láctico, constitui um dos principais fatores na transformação do músculo em carne, com essencial importância na qualidade da carne e de seus subprodutos (LAWRIE, 1977). A glicólise finaliza-se em condições naturais, quando o pH alcança o ponto isoelétrico da miosina, ou seja, ao redor de 5,5. Em espécies bovinas, segundo Thornton (1969), citado por Pardi et al. (2001), a carne, de animais recém abatidos,

apresenta valores de pH entre 6,5 e 6,8, até 7,2. Em seguida, declina lentamente, devido à autólise e ao desenvolvimento de bactérias. Abreu (1984), citado por Pardi et al. (2001) pesquisou a relação entre tempo, temperatura e pH, com instalação do *rigor mortis* em carcaças de zebuínos tratadas pelo frio. Observou-se a média aritmética no músculo Bíceps braquial e nos intervalos de 1, 6, 9, 12, 15, 20, 24, 27 e 30 horas valores extremos de pH 5,3 e 7,1, durante o período de 1 a 30 horas pós-morte. Em geral, com o aumento da temperatura no músculo pós-morte, as taxas de queda de pH tornam-se mais aceleradas, possivelmente devido às condições que permitem a persistência das atividades enzimáticas (BYRNEA et al. 2000).

A importância da avaliação do pH é indicar uma relação intrínseca entre esta característica e os vários fatores que influenciam a maciez da carne. Músculos que sofrem uma queda lenta de pH têm-se mostrado mais macios, se a temperatura de declínio cai moderadamente, sem implicar em encurtamento das fibras pelo frio (LONERGAN et al. 2000), como observado no presente trabalho.

Em vários trabalhos foram relacionados o grau de maciez da carne com a velocidade de instalação do *rigor mortis* e a acidificação da carne. Contudo, nem sempre os resultados são positivos. Khan (1971) observou que uma rápida queda no teor de glicogênio muscular, em geral, acompanhado por declínio acentuado do *rigor mortis*, resulta em menor capacidade de retenção de água e perda na maciez.

De acordo com estudos descritos por Khan et al. (1973) e Marsh et al. (1981), um rápido declínio do pH pode levar a um aumento da atividade das enzimas catepsinas, aumentando a proteólise. Porém, em muitos casos, este fato parece não ocorrer, pois músculos com um acelerado declínio de pH têm mostrado uma limitada proteólise das proteínas musculares envolvidas no processo de maciez (MARSH et al., 1988).

Embora a forma de posicionar a carcaça tenha sido diferente, e em espécies monogástricas, Taylor et al. (1995) observaram que a suspensão pela pélvis não teve efeito sobre o pH final de músculos de suínos, concordando com os estudos de Luchiari Filho et al. (2005) e com o presente trabalho.

4.4 FORÇA DE CISALHAMENTO

Não foram observadas diferenças significativas entre os tratamentos nos músculos SU, PM, ST, em relação à força de cisalhamento (Tabela 2). Porém, houve diferença significativa na força de cisalhamento no QF ($P=0,0127$) (Figura 12) e LD ($P=0,0068$) (Figura 13). Esses músculos foram mais macios nos lados de carcaças posicionados de forma horizontal.

Figura 12: Médias de Força de cisalhamento para o músculo QF, de acordo com os métodos de suspensão.

Figura 13: Médias de Força de cisalhamento para o músculo LO de acordo com os métodos de suspensão.

Sorheim et al. (2002) constataram que o emprego da pendura pela pélvis (*tenderstretch*) em carcaças bovinas foi mais eficiente na melhora do comprimento do sarcômero e da maciez final, em particular em músculos com maior quantidade de massa da região lombar, como o LD e o QF, concordando com os resultados deste trabalho.

É importante observar que analisando as forças de cisalhamento de todos os músculos estudados, o PM obteve menores valores (TA=4,00 kg) e (HO=4,15 kg) (Figura 14), sem diferenças significativas, independente dos tratamentos aplicados, concordando com Judge et al. (1989).

Resultados semelhantes aos encontrados neste experimento, Hostetler et al. (1970, 1972) observaram uma redução na força de cisalhamento do músculo LD e não encontraram alterações na maciez do PM e ST de carcaças submetidas ao método de pendura pela pélvis. Entretanto, os autores verificaram uma maior maciez no músculo *Semimebranosus*.

Concordando com este experimento, algumas pesquisas revelaram que o músculo PM não sofreu influência, quando aplicados métodos alternativos de posicionar carcaças. Quarrier et al. (1972) relataram diferenças em músculos estudados, exceto em relação ao PM, que apresentou sarcômeros maiores quando

o método de suspensão de carcaças foi através do Tendão de Aquiles. Ainda em se tratando do PM, Fergusson et al. (1999) verificaram que este músculo, quando retirado de carcaças penduradas através do método *tenderstretch*, tendem a uma menor tensão durante o pré-rigor, quando comparados aos músculos retirados de carcaças penduradas pelo Tendão de Aquiles.

Figura 14: Médias de Força de cisalhamento para os músculos LD, QF, SU, PM e ST de acordo com os métodos de suspensão.

Bouton et al. (1973) confirmaram que a prática da pendura pela pélvis (*tenderstretch*) em carcaças resultou em valores equivalentes a cortes maturados por 21 dias. Por outro lado, o efeito da aplicação desta técnica em músculos com elevada quantidade de tecido conjuntivo, não foi suficiente para causar um maior amaciamento desses músculos. Apesar do emprego de tecnologias distintas, sugere-se que esta diferença pode não ter sido detectada no músculo ST, justamente pela presença de elevado teor de colágeno, embora a análise de colágeno não tenha sido realizada.

De acordo com Mc Crae et al. (1971) a eficiência do estiramento muscular, depende da forma de posicionar as carcaças e da localização anatômica do músculo, podendo alterar o comprimento dos sarcômeros e o diâmetro das fibras musculares, interferindo de maneira direta na maciez da carne.

Os valores de força de cisalhamento do LD foram maiores em carcaças penduradas pelo Tendão de Aquiles, médias de 7,73 kg, em relação ao LO de carcaças posicionadas de forma horizontal, com médias de 6,38 kg (Figura 14), verificando-se diferenças significativas para a força de cisalhamento deste músculo. Embora os músculos LD, dos lados posicionados horizontalmente tenham sido mais macios, este corte foi considerado duro, independente do efeito de tratamento, pois músculos com valores de força de cisalhamento menores que 3,6 kg são considerados extremamente macios, valores de 3,6 kg a 4,5 kg são considerados macios, ao passo que valores de 4,5 a 5,4 kg estão relacionados com carnes mais duras (JUDGE et al. 1989). Sugere-se que, se o período de maturação dos músculos fosse mais extenso, poderia haver uma influência mais marcante na maciez da carne. A dureza observada durante a instalação do *rigor mortis* desfaz-se à medida que progride a maturação no estágio pós-rigor, desenvolvendo na carne, desde que obedecidas determinadas condições ambientais e higiênicas, características especiais de qualidade (PARDI et al., 2001). De acordo com Thompson (2002), a maturação exerce um maior efeito quando se associa um método alternativo de pendura. Esses autores verificaram também que a necessidade de um menor período de maturação para alguns cortes do traseiro de carcaças submetidas ao *tenderstretch*, em relação a alguns músculos de carcaças suspensas de forma tradicional, favorecendo inclusive a palatabilidade da carne.

Concordando com os resultados de maciez do LD, Luchiari Filho et al. (2005) resfriaram e suspenderam lados alternados de carcaças através do Tendão de Aquiles do traseiro especial ou pelo músculo carpo radial do dianteiro. A força de cisalhamento do músculo LD foi menor para suspensão pelo carpo radial (3,53 kg) do que para a suspensão tradicional (4,78 kg). Entretanto, o músculo *Bíceps femoris* não apresentou diferenças entre os tratamentos.

Os valores mais elevados de força de cisalhamento nos músculos LD e QF, de lados pendurados pelo Tendão de Aquiles, podem ser atribuídos à tensão normal imposta quando a carcaça foi suspensa verticalmente. O LD e QF foram mais macios quando retirados de lados posicionados na forma horizontal, apresentando

diferenças significativas nos resultados de força de cisalhamento. Além disso, lados de carcaças pendurados pelo Tendão de Aquiles durante o resfriamento pós-morte permitem que alguns dos maiores músculos se encurtem e se tornem menos macios que aqueles músculos de lados de carcaças suspensas pelo forame obturador (HOSTETLER et al. 1970). Sugere-se que neste trabalho também tenha ocorrido este efeito em lados de carcaças posicionadas horizontalmente, já que os músculos LD e QF foram mais macios quando um dos lados das carcaças foi submetido ao método horizontal.

Concordando com alguns resultados deste experimento, Herring et al. (1965) reportaram que músculos com maiores comprimentos de sarcômero, com correspondente decréscimo no diâmetro de fibra (resultado do posicionamento horizontal de lados carcaças) também apresentaram uma redução da força de cisalhamento. Por outro lado, a força de cisalhamento foi maior à medida que os músculos foram encurtados e apresentaram maiores diâmetros de fibra. A avaliação do diâmetro da fibra muscular poderia ainda elucidar os resultados, já que pode se relacionar com a alteração da maciez. Estes pesquisadores avaliaram o diâmetro das fibras e verificaram que músculos de carcaças posicionadas horizontalmente tiveram maior diâmetro de fibras e maior número de miofibrilas contraídas. E ainda, pequenas fibras finas dos músculos de carcaças suspensas exibiram miofibrilas no estado estirado. Portanto, deve-se considerar neste estudo o encurtamento das fibras no período pós-morte.

Contudo, Hostetler et al. (1972), com diferentes métodos de suspensão das carcaças, concluíram que a relação entre comprimento de sarcômero e força de cisalhamento foi $-0,34$ e que o comprimento de sarcômero foi responsável por somente 12% da variação da maciez entre os animais. Todavia, quando foram ajustadas as diferenças para músculo-animal, a relação entre comprimento de sarcômero e força de cisalhamento foi $-0,64$, entre os tratamentos, elevando a relação para 40%. O comprimento de sarcômero consiste em um dos numerosos fatores associados à maciez da carne, entretanto, outras características devem ser analisadas e não somente um atributo individual. As diferenças no comprimento dos sarcômeros variaram de acordo com o músculo e com o tipo de pendura aplicado, sendo que a posição da carcaça produziu encurtamento de sarcômeros de determinado grupo muscular e estiramento de outro. Estes autores verificaram também uma maior eficiência da pendura da carcaça pelo forame obturador,

minimizando o encurtamento dos músculos, com maiores comprimentos de sarcômeros e menores forças de cisalhamento, em particular, nos músculos com maior quantidade de massa, na região lombar. A variação do estado de contração de cada músculo resulta em diferenças entre os músculos. Entretanto, grande parte dessas diferenças pode se relacionar com o comprimento do sarcômero ou quantidade e distribuição do tecido conjuntivo nos tecidos, devendo-se avaliar estas características em associação.

Os músculos são tecidos altamente especializados, capazes de converter energia química em mecânica, através do processo de contração. Eles são ainda posicionados e presos ao esqueleto e à medida que há a contração e relaxamento, há um maior ou menor movimento e locomoção. Porém, essa habilidade em contrair, ou relaxar é perdida durante a conversão do músculo em carne (JUDGE et al. 1989). Além disso, alguns aspectos de contração e relaxamento muscular, *in vivo*, relacionam-se diretamente com o encurtamento das fibras musculares e redução da maciez, que ocorre na carne durante a conversão pós-morte.

A contração dos músculos envolve as 4 principais proteínas miofibrilares: actina, miosina, tropomiosina e troponina. A actina e a miosina são proteínas contrácteis, formando os filamentos da miofibrila. As ligações cruzadas formadas entre os filamentos de miosina geram a força necessária durante a contração. No estado relaxado, o músculo gera pouca tensão e pode facilmente ser estirado por uma força. Isso significa que não há ligações entre os filamentos de actina e miosina, e os filamentos de cada sarcômero deslizam passivamente uns sobre os outros. Além disso, no estado de *rigor mortis* formam-se ligações permanentes, que previnem a movimentação destes filamentos, portanto o músculo torna-se inextensível. Durante a contração, o comprimento individual dos filamentos de actina e miosina permanecem inalterados.

Durante a contração muscular as cabeças de miosina formam pontes com os filamentos de actina, originando um complexo químico conhecido como actomiosina. A formação de actomiosina proporciona um estado de rigidez e de relativa inextensibilidade muscular. A actomiosina constitui a maior parte das proteínas miofibrilares presentes no músculo em *rigor mortis*. Nos animais vivos ela é um composto transitório, uma vez que as pontes formadas se rompem durante a fase de relaxamento muscular. Quando o músculo está em repouso, praticamente não existem pontes. Durante a contração, o filamento deslizante requer uma ligação

cíclica (ligando e desligando alternadamente), sendo que cada ciclo contribui com uma pequena parte da contração total. A força de contração gera uma mudança no ângulo de ligação da cabeça da miosina ao filamento de actina (JUDGE et al.1989).

Por outro lado, o relaxamento muscular é definido como um restabelecimento do estado de repouso e pode ser avaliada através da redução da tensão muscular. Ocorre a repolarização da membrana, indispensável, para que as etapas subseqüentes possam ocorrer. A concentração de íons cálcio intracelular diminui pela ação do retículo sarcoplásmico. Com a diminuição da concentração de cálcio livre no sarcoplasma, as moléculas de troponina liberam o cálcio ligado. À medida que o cálcio ligado é liberado pela troponina, pode ocorrer a formação de pontes entre os filamentos de actina e miosina, impedindo a contração (JUDGE et al.1989).

Durante o desenvolvimento do *rigor mortis*, embora a estrutura muscular tenha aparência semelhante ao tecido vivo, há algumas alterações degradativas, como a, alteração das propriedades das membranas. A desintegração do disco Z e de outras estruturas, por exemplo, ocorre tão logo complete o *rigor mortis*, levando a uma maciez e perda da tensão muscular. Há também uma progressiva ruptura da estrutura miofibrilar, com diferentes taxas em animais distintos (LAWRIE, 1977).

Dentre as mudanças físicas existentes nos músculos, nos tecidos vivos, há ainda uma “harmonia” que impõe um menor grau de tensão, ou estiramento devido à estrutura esquelética. À medida que o *rigor mortis* se estabelece, os músculos tornam-se mais firmes. Posteriormente, há uma conversão do processo, com a degradação enzimática e protéica, levando à maciez da carne (LAWRIE, 1977).

Hostetler et al. (1965) concluíram que carcaças posicionadas horizontalmente tiveram maiores comprimentos de sarcômero, menores diâmetros de fibra e os músculos maiores (*Longissimus dorsi*, *Gluteus medius*, *Biceps femoris* e *Semitendinosus*) foram mais macios, em relação aos demais tratamentos. A explicação para esses resultados foi fundamentada no grau de tensão dos músculos, que influenciou parcialmente no encurtamento das fibras causado pelo frio, provocado pelo *rigor mortis*.

De acordo com Judge et al. (1989), alguns músculos, livres para encurtarem, durante o *rigor mortis*, podem ser considerados mais duros. O grau de tensão de cada músculo depende ainda da tensão do esqueleto e da temperatura no estado pré-rigor. Estes fatores influenciam o comprimento do sarcômero e a maciez dos cortes cárneos.

Herring et al. (1967) analisaram a força de cisalhamento de músculos livres de contração na carcaça e outros músculos submetidos ao estiramento e concluíram que a prevenção do encurtamento dos sarcômeros, foi mais importante do que a garantia de um estiramento máximo na tentativa de se obter cortes mais macios.

A fonte de variação entre os músculos é ampla em relação ao comprimento de sarcômero, conteúdo de colágeno, extensão da proteólise pós-morte, cadeia de proteínas miofibrilares, e interação destas características com a maciez individual de cada músculo (WHEELER et al. 2000; RHEE et al. 2002). O comprimento do sarcômero, concentração de colágeno e proteólise podem apresentar uma extensa variação observada na maciez da carne maturada. Entretanto, a relativa contribuição de cada um destes componentes na maciez da carne é dependente de cada músculo. Músculos mais macios, tais como, *Psoas major*, são assim considerados, devido à combinação de comprimento de sarcômeros mais longos e baixas concentrações de colágeno, apesar de uma taxa baixa de proteólise. Portanto, deve-se considerar a relação dos efeitos inerentes de músculos específicos no comprimento do sarcômero e na maciez.

Embora, no presente trabalho, a força de cisalhamento não tenha apresentado diferenças nos músculos SU, PM e ST, sugere-se que o modo de posicionar os lados das carcaças beneficiou somente o LD e o QF, ao mantê-los estendidos e prejudicaram outros, os quais permaneceram relaxados e poderiam se contrair no início do período de *rigor mortis*.

Além disso, Sorheim et al. (2002) relataram que há a necessidade de obter um ponto e período ideal pós-morte, para a aplicação de diferentes métodos de pendura, ou de posicionamento de carcaças. Segundo esses autores existem diversos fatores como: velocidade de glicólise nos diferentes músculos, raça, indivíduo, condição de estresse do animal e estimulação elétrica da carcaça, que podem modificar e alterar os resultados.

Taylor et al. (1995) compararam separadamente, ou combinando os efeitos da estimulação elétrica e da suspensão pélvica na qualidade da carne. Oitenta carcaças de suínos (80-90 kg de peso vivo) foram resfriadas rapidamente (-20°C por 2 a 3 horas, antes de 1°C até 24 horas pós-abate), ou pelo método tradicional (1°C por 24 horas). Os tratamentos consistiram de suspensão pelo Tendão de Aquiles (com ou sem estimulação elétrica) e suspensão pélvica (com ou sem estimulação elétrica das carcaças). A avaliação da maciez foi realizada nos músculos

Longissimus thoracis e lumborum, 10 dias pós-morte, através de instrumento e painel sensorial. As perdas por gotejamento, em geral, foram baixas, com valores mais elevados com as carcaças estimuladas. Porém, isso ocorreu somente com o emprego do método de resfriamento convencional. Estas perdas foram maiores, quando combinadas estimulação elétrica e suspensão pélvica. Músculos de carcaças suspensas pela pélvis com o uso da estimulação elétrica apresentaram maiores comprimentos de sarcômero. Contudo, a associação da pendura pela pélvis e a estimulação elétrica foi menos efetiva, que o emprego do tratamento pélvico somente. Ainda, a avaliação instrumental da textura indicou uma melhora na maciez com o uso da estimulação elétrica e pendura pela pélvis, com músculos maturados por 10 dias. Essa melhora foi menos pronunciada quando os tratamentos, estimulação elétrica e pendura pela pélvis, foram associados. Os testes sensoriais confirmaram que amostras que foram tratadas por estimulação elétrica, ou suspensão pélvica, separadamente, ou em associação foram significativamente mais macias, que àquelas penduradas pelo Tendão de Aquiles, porém, sem o emprego da estimulação. Além disso, a estimulação elétrica e a suspensão pélvica foram igualmente efetivas na melhora da maciez de músculos suínos.

Bouton et al. (1973) verificaram quais músculos de carcaças, penduradas pelo Tendão de Aquiles, foram mais suscetíveis aos efeitos do encurtamento e resfriamento pelo rigor e confirmaram que a utilização de outros métodos de pendura dos lados das carcaças, pois outros músculos poderiam ser estirados, ou prevenidos do encurtamento, sem efeitos prejudiciais na maciez da carne. Com a avaliação dos resultados obtidos observaram também que a suspensão das carcaças pela pélvis reduziu a força de cisalhamento dos músculos *Longissimus dorsi*, *Semimembranosus* e *Gluteus medius*. Os resultados obtidos para o *Longissimus dorsi* não foram surpreendentes, já que o comprimento de sarcômero foi maior quando as carcaças foram penduradas pela pélvis e os valores de força de cisalhamento não foram reduzidos para o mesmo nível, como nos músculos *Semimembranosus*, *Adductor femoris*, *Vastus lateralis*, *Gluteus medius* e *Biceps femoris*.

De acordo com estes autores, a alteração da forma de pendura de carcaças pela pélvis apresenta alguns problemas, quando são cortadas, mas há vantagens que devem ser levadas em consideração. Ainda, a resistência do tecido conjuntivo é menor em músculos estirados, em relação àqueles contraídos (BOUTON et al.,

1973). Músculos estirados possuem maior capacidade de retenção de água, que resultam em perdas menores durante o processo de maturação (BOUTON et al., 1972).

Uma vez que uma ampla proporção de músculos é estirada ou contraída, em carcaças que sofreram encurtamento e penduradas pela pélvis, taxas rápidas de resfriamento a 0-1°C poderiam ser utilizadas sem causar dureza na carne. Talvez esta afirmação pudesse ser estendida para carcaças mantidas em posição horizontal, já que este método permite a contração de alguns músculos e o estiramento de outros.

Eikelenboom et al. (1998) estimularam lados de carcaças de novilhos e suspendendo-as 1 hora após o abate pela pélvis, ou pelo Tendão de Aquiles. Os cortes dos músculos *Longissimus* (LD) e *Semimembranosus* (SM) foram maturados por 14 dias e realizadas análises mecânicas de maciez (força de cisalhamento e compressão) dos músculos. Em geral, os valores de força de cisalhamento foram maiores no SM, quando comparados a LD. Os lados pendurados pela pélvis foram mais macios a 60 e 65°C para LD e SM, respectivamente. Os autores sugeriram que, através da pendura pela pélvis, ocorreu um aumento do comprimento de sarcômero, além de um efeito neutro, positivo, ou ainda negativo, na maciez dos músculos dos lados submetidos à suspensão pela pélvis, dependendo do músculo e da temperatura de cozimento. Além disso, cortes maturados crus, ou cozidos em baixas temperaturas, a máxima força é relacionada à resistência do colágeno e não à resistência da miofibrila (LEPETIT; CUOLI, 1994).

Os maiores valores de força de cisalhamento encontrados em músculos de lados pendurados pela pélvis a baixas temperaturas, pode ser resultado da alteração da direção das fibras de colágeno versus o plano de força. De acordo com Rowe, 1974, citado por Eikelenboom et al. (1998), se um músculo for estirado antes do *rigor mortis*, as fibras de colágeno desdobram-se parcialmente e orientadas mais em direção às fibras. A consequência do tratamento pela pélvis é que mais fibras de colágeno são sujeitas à força, quando o plano de força é perpendicular às fibras musculares. Assim, a força máxima deverá ser maior em cortes crus e submetidos a baixas temperaturas. Se um plano de força é paralelo às fibras musculares, a força máxima poderia ser presumidamente menor, como o número de fibras colágenas à força poderia ser reduzido.

5 CONCLUSÕES

Com base nos resultados obtidos neste trabalho pode-se concluir:

- A utilização do posicionamento horizontal de carcaças, durante o resfriamento, não alterou as características de pH, área de olho de lombo e espessura de gordura subcutânea do músculo *Longissimus dorsi*.
- O efeito da posição da carcaça na forma horizontal (HO), durante o resfriamento, aumentou a maciez dos cortes do Contra filé (m. *Longissimus dorsi*- LD) e do Patinho (m. *Quadriceps femoris* – QF), sem causar alteração na maciez dos músculos Peixinho (m. *Supraspinatus* – SU), Filé-mignon (m. *Psoas major* – PM) e Lagarto (m. *Semitendinosus* – ST).
- Estudos bioquímicos adicionais, tais como, comprimento do sarcômero e índice de fragmentação miofibrilar devem ser realizados para de um maior esclarecimento dos resultados deste trabalho.

REFERÊNCIAS

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DOS IMPORTADORES E EXPORTADORES DE CARNE. **Balanço da Pecuária Bovínea de Corte no Brasil de 1994 a 2005**, Disponível em: <<http://www.abiec.com.br/abiec/>>. Acesso em: 25 ago. 2005.

BELTRÁN, J. A. et al. Effect of stress-induced high postmortem pH on protease activity and tenderness of beef. **Meat Science**, Barking, v. 45, p. 201-207, 1997.

BOUTON, P. E.; HARRIS, P. V.; SHORTHORSE, W.R. The effects of ultimate pH on ovine muscle. 1. Water-holding capacity. **Journal of Food Science**, Chicago, v.37, p. 351-358, 1972.

BOUTON, P.E. et al. Influence of pH and fiber contraction state upon factors affecting the tenderness of bovine muscle. **Journal of Food Science**, Chicago, v.38, p. 404-407, 1973.

BROOKS, J. C. et al. National beef tenderness survey. **Journal of Animal Science**, Champaign, v. 78, p. 1852-1860, 1998.

BYRNEA, C. E.; TROY, D. J.; BUCKELY, D. J. Postmortem changes in muscle electrical properties of bovine M. *Longissimus dorsi* and their relationship to meat quality attributes and pH fall. **Meat Science**, Barking, v. 54, p. 23-34, 2000.

CLAUS, J. R.; WANG, H.; MARRIOTT, G. Prerigor carcass muscle stretching effects on tenderness of grain-fed beef under commercial conditions. **Journal of Food Science**, Chicago, v. 62, n. 6, p. 1231-1234, 1997.

CLAUS, J. R.; MARRIOTT, N. G. **The Tendercut Process. 1998**. Disponível em: <<http://www.ansci.wisc.edu/facstaff/Faculty/pages/clus/tenderct/tc.html>>. Acesso em: 20 Set. 2005.

DELGADO, E. F. Fatores Bioquímicos que Afetam a Maciez da Carne. In: I CONGRESSO BRASILEIRO DE CIÊNCIA E TECNOLOGIA DE CARNES, 2001, Campinas, **Anais...** Campinas: Instituto de Tecnologia de Alimentos (ITAL), 2001, p.143-159.

DIKEMAN, M. E. Carcass composition and quality of finished crossbred Brahman cattle. In: OF KING WORKSHOP ARKANSAS AGRIC. EXP. STA. SPECIAL REP. **Proceedings...** n.167, p.77-88, 1995.

DIKEMAN, M. E. Metabolic Modifiers and Genetics: Effects on Carcass Traits and Meat Quality. In: 49th INTERNATIONAL CONGRESS OF MEAT SCIENCE AND TECHNOLOGY, 2003, Campinas **Anais...** Campinas: Brazilian Journal of Food Technology, 2003, p.1-38.

DRANSFIELD, E. **Eating quality of DFD beef.** In: TARRANT, P.V.; HOOD, D.E. The problem of dark-cutting in beef. The Hague: Martinus Nijhoff, p.345-361, 1981.

DRANSFIELD, E. Modeling post-mortem tenderization. III: Role of Calpain in conditioning. **Meat Science**, Barking, v. 31, n.1, p. 85-94, 1992.

EIKELENBOOM, G. et al. Effect of Pelvic Suspension and Cooking Temperature on the Tenderness of Electrically Stimulated and Aged Beef, Assessed with Shear and Compression Tests. **Meat Science**, Barking, v. 49, p. 89-99, 1998.

FELÍCIO, P. E. de. Fatores ante e post mortem que influenciam na qualidade da carne bovina. In: PRODUÇÃO DO NOVILHO DE CORTE, 1997, Piracicaba, **Anais...** Piracicaba: FEALQ/USP, 1997, p.79-97.

FELÍCIO, P. E. de. Desdobramento da qualidade da carne bovina. **Revista Higiene Alimentar**, São Paulo, v. 12, n. 54, p.16-22, 1998.

FELÍCIO, P. E.; VIACAVA, C. O. Programa da ACNB para a Carne Nelore. In: SIMPÓSIO NELORE, 2000, Ribeirão Preto, **Anais...** São Paulo: Associação de Criadores de Nelore do Brasil, 2000, p.65-69.

FELÍCIO, P. E. Sistemas de Qualidade Assegurada na Cadeia de Carne Bovina. In: I CONGRESSO BRASILEIRO DE CIÊNCIA E TECNOLOGIA DE CARNES, 2001, Campinas, **Anais...** Campinas: Instituto de Tecnologia de Alimentos (ITAL), 2001, p.342-355.

FERGUSON, D.; THOMPSON, J.; POLKINGHORNE, R. Meat standards Australia, a "PACCP" based beef grading scheme for consumers. In: INTERNATIONAL CONGRESS OF MEAT SCIENCE AND TECHNOLOGY, **Proceedings...** Yokohama, Japão, v.45, p.18-19, 1999.

FORREST, J.C. et al. **Fundamentos de Ciência de la Carne**. Zaragoza, Acribia, p.364, 1979.

GOLL, D.E. et al. Role of the calpain system in muscle growth. **Biochimie**, Paris, v. 74, n. 3, p. 225-237, 1992.

HARADA, M.M. **Efeito da desossa e da marinação sobre as características de processamento, físico-químicas e sensoriais do músculo *Bíceps femoris***. 2004. 78 f. Dissertação (Mestrado) – Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, Universidade de São Paulo, Piracicaba, 2004.

HERRING, H.K.; CASSENS, R.G.; BRISKEY, E.J. Further studies on bovine muscle tenderness as influenced by carcass position, sarcomere length, and fiber diameter. **Journal of Food Science**, Chicago, v. 30, p.1049-1054, 1965.

HERRING, K. K. et al. Tenderness and associated characteristics of stretched and contracted bovine muscles. **Journal of Food Science**, Chicago, v. 32, p. 317-323, 1967.

HOSTETLER, B. A. et al. Influence of carcass position during rigor mortis tenderness of beef muscles: Comparison of two treatments. **Journal of Animal Science**, Champaign, v. 31, p. 47-50, 1970.

HOSTETLER, B. A. et al. Effect of Carcass suspension on sarcomere length and shear force of some major bovine muscles. **Journal of Food Science**, Chicago, v.37, p.132-135, 1972.

HOSTETLER, B. A. et al. Effect of carcass suspension method on sensory panel scores for some major bovine muscles. **Journal of Food Science**, Chicago, v. 38, p.264-267, 1973.

HOPKINS, D. L.; THOMPSON, J. M. The relationship between tenderness, proteolysis, muscle contraction and dissociation of actomyosin. **Meat Science**, Barking, v. 57, p. 1-12, 2001.

HOPKINS, D. L.; THOMPSON, J. M. Factors contributing to proteolysis and disruption of myofibrillar protein and impact on tenderization in beef and sheep meat. **Australian Journal of Agricultural Research**, Victoria, v. 53, p.149-166, 2002.

JEREZ, N. C.; CALKINS, C. R.; VELAZCO, J. Prerigor injection using glycolytic inhibitors in low-quality beef muscles. **Journal of Animal Science**, Champaign, v.81, p. 997-1003, 2003.

JUDGE et al. **Principles of Meat Science**. Dubuque: Kendall/Hunt, 1989.

KHAN, A. W. Effect of temperature during post mortem glycolysis and dephosphorylation of high energy phosphates on poultry meat tenderness. **Journal of Food Science**, Chicago, v. 36, n.1, p.120-121, 1971.

KHAN, A. W.; LENTZ, C. P. Influence of ante-mortem glycolysis and dephosphorylation. Influence of antemortem glycolysis and dephosphorylation of high energy phosphates on beef aging and tenderness. **Journal of Food Science**, Chicago, v. 38, p. 56-58, 1973.

KOOHMARAIE, M.; SCHOLLMAYER, J. E.; DUTSON, T. R. Effect of low-calcium-requiring calcium-activated factor on myofibrils under varying pH and temperature conditions. **Journal of Food Science**, Chicago, v. 51, n. 1, p. 28-32, 1986.

KOOHMARAIE, M. et al. Postmortem proteolysis in *Longissimus* muscle beef, lamb and pork carcasses. **Journal of Animal Science**, Champaign, v. 69, p. 617-625, 1991.

KOOHMARAIE, M. et al. Understanding and Managing Variation in Meat Tenderness. In: 40ª REUNIÃO ANUAL DA SOCIEDADE BRASILEIRA DE ZOOTECNIA, 2003, Santa Maria, **Anais...** Santa Maria: SBZ, 2003.

LAWRIE, R. A. **Avances de la Ciencia de la carne**. Zaragoza, Espanha: Acribia, 1977.

LEPETIT, J.; CULIOLI, J. Mechanical properties of meat. **Meat Science**, Barking, v.5, p.203-237, 1994.

LOCKER, R. H. Degree of muscular contraction as a factor in tenderness of beef. **Food Research**, Chicago, v.25, p.304-307, 1960.

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

LONERGAN, E. H.; LONERGAN, S. M.; VASKE, L. pH Relationships to Quality Attributes: Tenderness. In: 53rd RECIPROCAL MEAT CONFERENCE, Savoy, 2000. **Anais...** Disponível em:

<<http://www.meatscience.org/meetings/RMC/porkph/lonergan.pdf>>. Acesso em: 25 ago. 2005.

LUCHIARI FILHO, A. **A Pecuária da Carne Bovina**. São Paulo, 134p, 2000.

LUCHIARI FILHO, A. et al. Hanging the Beef Carcass by the Forequarter to Improve Tenderness of the Longissimus Dorsi Muscle. In: ADSA-ASAS-PSA, 2004, **Anais...** Saint Louis-Missouri, 2004.

LUCHIARI FILHO, A. et al. Hanging the beef carcass by the forequarter to improve tenderness of the *Longissimus dorsi* and *Bíceps femoris* muscles. **Scientia Agrícola**, Piracicaba, v.62, n.5, p.483-486, 2005.

MARSH, B. B. et al. Effects of early postmortem pH and temperature on beef tenderness. **Meat Science**, Barking, v.5, p.479-483, 1981.

MARSH, B. B. et al. Effects of early-postmortem glycolytic rate on beef tenderness. **Meat Science**, Barking, v.21, p.241-248, 1988.

Mc CRAE, S. et al. The tenderness of various lamb muscles in relation to the skeletal restraint and delay before freezing. **Journal of Food Science**, Chicago, v.36, p.566, 570, 1971.

Mc DONAUGH, M. B.; FERNANDEZ, C.; ODDY, V. H. Hind-limb protein and calpain system activity influence post mortem change in meat quality in lamb. **Meat Science**, Barking, v.52, p.9-18, 1999.

MILLER, R. K. Obtendo Carne de Qualidade Consistente. In: 1º CONGRESSO BRASILEIRO DE CIÊNCIA E TECNOLOGIA DE CARNES, 2001, São Pedro, **Anais...** São Pedro: CTC, 2001, p.123-136.

MILLER, M.F. et al. Consumer thresholds for establishing the value of beef tenderness. **Journal of Animal Science**, Champaign, v. 79, p. 3062-3068, 2001.

MORGAN, J.B. et al. National beef tenderness survey. **Journal of Animal Science**, Champaign, v.69, p.3274-3283, 1991.

MORTON, J. D. et al. Calpain-calpastatin and toughness in *M. Longissimus* from electrically stimulated lamb and beef carcasses. **Meat Science**, Barking, v.52, p.71-79, 1999.

NAKAMURA, Y. N. et al. Relationship among collagen amount, distribution and architecture in the *M. Longissimus thoracis* and profundus from pigs. **Meat Science**, Barking, v.64, p.43-50, 2003.

O'CONNOR, S. F. et al. Genetic Effects on Beef Tenderness in *Bos indicus* composite and Bos Taurus Cattle. **Journal of Animal Science**, Champaign, v.75, p.1822-1830, 1997.

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

ORMENESE, F. M. **Efeito do processo Tender Tainer de maturação sob pressão na maciez da carne bovina.** 1995. 99f. Dissertação (mestrado), Faculdade de Engenharia de Alimentos, Unicamp, Campinas, 1995.

OWENS, F. N.; GARDNER, B. A. Ruminant Nutrition and Meat Quality. In: OF THE ANNUAL RECIPROCAL MEAT CONFERENCE, **Proceedings...** v. 52, p. 25-36, 1999.

PARDI, M.C. et al. **Ciência, Higiene e Tecnologia da Carne.** 2ª edição. Goiânia: UFG, 2001.

PEREIRA, A. S. C. **Qualidade da carne de bovinos nelore (*Bos taurus indicus*) suplementados com vitamina E.** 2002. 100p. Dissertação (mestrado) Faculdade de Zootecnia e Engenharia de Alimentos, Universidade de São Paulo, Pirassununga, 2002.

PURCHAS, R. W. An assessment of role of pH differences in determining the relative tenderness of meat from bulls and steers. **Meat Science**, Barking, v.27, p.129-140, 1990.

PURCHAS, R. W.; AUNGSUPAKORN, R. Further investigations into the relationship between ultimate pH and tenderness for beef samples from bulls and steers. **Meat Science**, Barking, v.34, p.163-178, 1993.

QUARRIER, E.; CARPENTER, Z. L.; SMITH, G. C. A physical method to increase tenderness in lamb carcasses. **Journal of Food Science**, Chicago, v.37, p.130- 131, 1972.

RHEE, M. S. et al. Variation in palatability and biochemical traits within and among major beef muscles. In: OF THE ANNUAL RECIPROCAL MEAT CONFERENCE, **Proceedings...** v.55, p.146, 2002.

RHEE, M. S. et al. Variation in palatability and biochemical traits within and among eleven beef muscles. **Journal of Animal Science**, Champaign, v.82, p.534-550, 2004.

STATISTICAL ANALYSIS SYSTEM INSTITUTE. **User's Guide**: statistics. Version 8.2, Cary, North Carolina: SAS Institute Inc., 2001.

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**, Champaign, v.73, p.3333-3340, 1995.

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

SORHEIM, O. et al. Influence of beef carcass stretching and chilling rate on tenderness of m. Longissimus dorsi. **Meat Science**, Barking, v.57, p.79-85, 2001.

SORHEIM, O.; HILDRUM, K. I. Muscle stretching techniques for improving meat tenderness. **Trends Food Science Technology**, Cambridge, v.13, p.127-135, 2002.

TAKAHASHI, K. Structural weakening of skeletal muscle tissue during post-mortem ageing of meat: the non-enzymatic mechanism of meat tenderization. **Meat Science**, Barking, v. 43, p. s67 – s80, 1996.

TARRANT, P. V. Some recent advances and future priorities in research for the meat industry. **Meat Science**, Barking, v.49, p. s1 – s16, 1998.

TARRANT, P. V. Prioridades na Pesquisa para a Indústria da Carne. In: I CONGRESSO BRASILEIRO DE CIÊNCIA E TECNOLOGIA DE CARNES, 2001, Campinas, **Anais...** Instituto de Tecnologia de Alimentos (ITAL), Campinas SP, p.380-401, 2001.

TAYLOR, A. A. Improving Pork Quality by Electrical Stimulation or Pelvic Suspension of Carcasses. **Meat Science**, Barking, v.39, p.327-337, 1995.

TAYLOR, R. G. Meat tenderness: Theory and practice In: 49th INTERNATIONAL CONGRESS OF MEAT SCIENCE AND TECHNOLOGY (ICOMST), 2003. **Anais...**Campinas, p.56-66,2003.

THOMSON, B. C. et al. Post-mortem kinetics of meat tenderness and components of the calpain system in bull skeletal muscle. **Meat Science**, Barking, v.44, n.3, p.151-157, 1996.

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

ZAMORA, F.; CHAIB, F.; DRANSFIELD, E. Calpains and Calpastatin from Cold-shortened Bovine M. longissimus lumborum. **Meat Science**, Barking, v.49, p.127-133, 1988.

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

WHEELER, T. L. SHACKELFORD, S. D.; KOOHMARAIE, M. Relationship of beef *Longissimus* tenderness classes to tenderness of gluteus medius, semimembranosus, and biceps femoris. **Journal of Animal Science**, Champaign, v.78, p.2856-2861, 2000.

WANG, H.; CLAUS, J. R.; MARRIOT, N. G. Prerigor treatment and endpoint temperature effects on USDA Choice beef tenderness. **Journal of Muscle Foods**, Trumbull, v.7, p. 45-54, 1996.