

UNIVERSIDADE ESTADUAL DE CAMPINAS
FACULDADE DE ENGENHARIA DE ALIMENTOS
DEPARTAMENTO DE TECNOLOGIA DE ALIMENTOS



UNICAMP

***“INFLUÊNCIA DO MÉTODO DE RESFRIAMENTO
DE CARCAÇAS BOVINAS NAS VARIAÇÕES DE
PESO E NAS MEDIDAS FÍSICO-QUÍMICAS,
SENSORIAIS E MICROBIOLÓGICAS DO
CONTRAFILÉ (m. Longissimus dorsi)”.***

Cristiano Sales Prado

Prof. Pedro Eduardo de Felício, Ph.D.
Orientador

Tese apresentada à Faculdade de Engenharia
de Alimentos para a obtenção do título de
Doutor em Tecnologia de Alimentos

CAMPINAS-SP
2005

FICHA CATALOGRÁFICA ELABORADA PELA
BIBLIOTECA DA F.E.A. – UNICAMP

P882i Prado, Cristiano Sales
Influência do método de resfriamento de carcaças bovinas nas variações de peso e nas medidas físico-químicas, sensoriais e microbiológicas do contrafilé (m. *Longissimus dorsi*) / Cristiano Sales Prado. – Campinas, SP: [s.n.], 2005.

Orientador: Pedro Eduardo de Felício
Tese (doutorado) – Universidade Estadual de Campinas.
Faculdade de Engenharia de Alimentos.

1. Resfriamento. 2. Aspersão de carcaças. 3. Maciez.
4. Maturação. 5. Carne - Qualidade. I. Felício, Pedro
Eduardo de. II. Universidade Estadual de Campinas.
Faculdade de Engenharia de Alimentos. III. Título.

(cars/fea)

Título em inglês: The influence of carcasses cooling system on weight changes and on physico-chemical, sensorial and microbiological measurements of beef striploin (m. *Longissimus dorsi*)

Palavras-chave em inglês (Keywords): Cooling, Spray chilling, Tenderness, Aging, Meat - Quality

Titulação: Doutor em Tecnologia de Alimentos

Banca examinadora: Pedro Eduardo de Felício
Afonso de Liguori Oliveira
Albino Luchiari Filho
Bento da Costa Carvalho Junior
Expedito Tadeu Facco Silveira
João Teodoro Pádua

Prof. Dr. Pedro Eduardo de Felício
ORIENTADOR

Prof. Dr. Afonso de Liguori Oliveira
MEMBRO

Prof. Dr. Albino Luchiari Filho
MEMBRO

Prof. Dr. Bento da Costa Carvalho Junior
MEMBRO

Prof. Dr. Expedito Tadeu Facco Silveira
MEMBRO

Prof. Dr. João Teodoro Pádua
MEMBRO

Dedico esta Tese à minha esposa, Renata, pelo carinho, estímulo, apoio e compreensão, e aos meus queridos filhos, Luca e Henrique, que, com amor, deram forças para superar os desafios.

Vocês são a razão da minha vida!

AGRADECIMENTOS

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 dos trabalhos.

À UFG, em especial à Escola de Veterinária e ao Centro de Pesquisa em Alimentos pelo apoio recebido.

À CAPES pela bolsa de pesquisa durante a execução do curso.

Aos meus familiares pelo apoio e compreensão.

Ao Professor e orientador **Pedro Eduardo de Felício** pela orientação, pela amizade, pelo carinho, pelos conselhos como professor, pesquisador e profissional, e pela experiência de vida passada ao longo dos anos, como homem e como pai, meus mais sinceros e profundos agradecimentos.

À **Cláudia Peixoto Bueno** pelo companheirismo e parceria na execução do experimento.

Ao **Prof. Edmar Soares Nicolau** pela amizade, pelo convívio e pela paciência.

Ao **Prof. Moacir Evandro Lage** pela amizade e dicas importantes na realização do trabalho.

Ao **Prof. Albenones José de Mesquita** pelo companheirismo e apoio oferecido.

Ao **Prof. João Teodoro Pádua** pelos conselhos, amizade, apoio e auxílio durante todas as etapas do curso.

Aos Professores **Antônio Nonato de Oliveira, Jaison Pereira de Oliveira e Iolanda Aparecida Nunes** pela amizade, ajuda e colaboração na realização dos trabalhos.

Ao acadêmico de Engenharia de Alimentos **Luciano Martins** e às acadêmicas de Medicina Veterinária, **Renata e Mara**, pela ajuda na execução das análises.

À todos os colegas e funcionários do CPA.

Aos colegas do Serviço de Inspeção Federal/MAPA pelo apoio e compreensão.

Aos funcionários do DTA/FEA/UNICAMP pelo apoio e colaboração.

Aos colegas de pós-graduação da FEA/UNICAMP pelo companheirismo.

Ao frigorífico Goiás Carne e todos seus funcionários pelo apoio e estrutura oferecida.

Ao Supermercado Bretas e todos seus funcionários pela colaboração e pelo espaço cedido.

À todos aqueles que participaram, direta ou indiretamente, da realização deste trabalho.

MUITO OBRIGADO!

BAGATELAS

*O século é fruto dos dias.
O rio nasce da fonte oculta.
A árvore procede do embrião.
A linha é uma sucessão de pontos minúsculos.
A jornada de cem léguas origina de um passo.
O discurso mais nobre principia numa palavra.
O livro inicia-se com uma letra.
A mais bela sinfonia começa numa nota.
A seda mais delicada é uma congregação de fios.
De bagatelas é constituída a hora do homem.
Todavia, sem que venhamos a executar os pequeninos
deveres, quais se fossem grandes, jamais alcançaremos
as grandes realizações com a simplicidade que nos deve
assinalar o caminho.*

André Luiz

Mensagem psicografada por Francisco Cândido Xavier. Do livro
“Doutrina e Aplicação”.

ÍNDICE

	Página
LISTA DE TABELAS.....	xi
LISTA DE FIGURAS.....	xiv
RESUMO.....	xvii
SUMMARY.....	xix
1. INTRODUÇÃO.....	1
2. OBJETIVOS.....	5
2.1. OBJETIVOS GERAIS.....	5
2.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS.....	5
3. REVISÃO DE LITERATURA.....	7
3.1. Resfriamento x encurtamento muscular x maciez.....	7
3.2. Sistema de aspersão de carcaças (<i>spray-chilling</i>).....	12
3.3. Legislações sobre o sistema de aspersão de carcaças.....	17
3.4. Redução da temperatura de carcaças resfriadas pelo sistema de aspersão.....	19
3.5. Aspectos microbiológicos.....	20
3.6. Maturação.....	24
3.7. Avaliação da maciez.....	30
3.8. Análise sensorial.....	32
3.9. Princípios da avaliação da cor nas carnes.....	35
4. MATERIAL E MÉTODOS.....	39
4.1. Animais.....	39
4.2. Abate.....	39
4.3. Resfriamento.....	40
4.4. Pesagem das meias-carcaças após o resfriamento.....	42
4.5. Desossa e retirada das amostras.....	42
4.6. Maturação.....	43

4.7. Retirada do vácuo e cálculo da perda por exsudação.....	44
4.8. Exposição das amostras em gôndola refrigerada.....	44
4.9. Avaliação da cor.....	45
4.10. Avaliação visual.....	45
4.11. Retirada das amostras da gôndola.....	46
4.12. Análises microbiológicas.....	46
4.12.1. Análises microbiológicas das amostras de carne.....	46
4.12.1.1. Contagem de microrganismos mesófilos aeróbios estritos ou facultativos viáveis.....	47
4.12.1.2. Contagem de microrganismos psicrófilos.....	47
4.12.2. Análises microbiológicas da água do sistema de aspersão.....	48
4.12.2.1. Contagem de microrganismos mesófilos aeróbios estritos ou facultativos viáveis.....	48
4.12.2.2. NMP – Número Mais Provável de coliformes totais.....	48
4.12.2.3. NMP – Número Mais Provável de coliformes fecais (termotolerantes).....	49
4.13. Índice de fragmentação miofibrilar.....	50
4.13.1. Preparo do tampão MFI.....	50
4.13.2. Preparo do Reagente de Biureto.....	51
4.13.3. Extração das miofibrilas.....	51
4.13.4. Determinação do índice de fragmentação miofibrilar.....	52
4.14. Comprimento de sarcômeros.....	53
4.15. Força de cisalhamento.....	54
4.16. Análise sensorial.....	55
4.17. Análises estatísticas.....	56
5. RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	57
5.1. Métodos de resfriamento, redução de temperatura e pH.....	57
5.2. Variações de peso por evaporação, exsudação e cozimento.....	64
5.3. Força de cisalhamento, comprimento de sarcômeros e índice de fragmentação miofibrilar.....	71

5.4. Análise sensorial.....	91
5.5. Avaliação visual e análise instrumental da cor.....	100
5.6. Análises microbiológicas.....	110
6. CONCLUSÕES.....	113
7. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	115
ANEXOS.....	133
ANEXO 1.....	134
ANEXO 2.....	136
ANEXO 3.....	137
ANEXO 4.....	139
APÊNDICES.....	140

LISTA DE TABELAS

	Página
Tabela 1 – Redução média da temperatura (°C) e do pH nas carcaças resfriadas com e sem o sistema de aspersão, de forma lenta e convencional, no primeiro abate.....	58
Tabela 2 – Redução média da temperatura (°C) e do pH nas carcaças resfriadas com e sem o sistema de aspersão, de forma lenta e convencional, no segundo abate.....	60
Tabela 3 – Valores de temperatura (°C) na 3 ^a , 6 ^a e 12 ^a hora post-mortem nas carcaças bovinas submetidas aos diversos tratamentos de resfriamento no 1 ^o e 2 ^o abates.....	62
Tabela 4 – Valores de pH na 3 ^a , 6 ^a , 12 ^a e 24 ^a hora post-mortem nas carcaças bovinas submetidas aos diversos tratamentos de resfriamento no 1 ^o e 2 ^o abates.....	62
Tabela 5 – Perdas de peso por evaporação (%) durante o resfriamento das carcaças bovinas submetidas aos diversos tratamentos.....	65
Tabela 6 – Perdas por exsudação (%) de amostras de contrafilé (m. <i>L. dorsi</i>), submetidos aos diversos tratamentos de resfriamento, após diferentes períodos de maturação	67
Tabela 7 – Perdas durante o cozimento (%) em amostras de contrafilé (m. <i>L. dorsi</i>), submetidos aos diversos tratamentos de resfriamento, após diferentes períodos de maturação.....	70
Tabela 8 – Força de cisalhamento (Kg) em bifes de contrafilé (m. <i>L. dorsi</i>), submetidos aos diversos tratamentos de resfriamento, após diferentes períodos de maturação.....	72

Tabela 9 – Comprimento de sarcômeros (μm) em miofibrilas extraídas de amostras de contrafilé (m. <i>L. dorsi</i>), submetidos aos diversos tratamentos de resfriamento, após diferentes períodos de maturação.....	75
Tabela 10 – Coeficientes de correlação de Pearson e probabilidades para as variáveis força de cisalhamento, comprimento de sarcômeros, índice de fragmentação miofibrilar, maciez e suculência das amostras de contrafilé (m. <i>L. dorsi</i>) submetidas aos diversos tratamentos de resfriamento e de maturação.....	79
Tabela 11 – Índice de Fragmentação Miofibrilar em amostras de contrafilé (m. <i>L. dorsi</i>), submetidos aos diversos tratamentos de resfriamento, após diferentes períodos de maturação.....	88
Tabela 12 – Maciez de amostras de contrafilé (m. <i>L. dorsi</i>), submetidos aos diversos tratamentos de resfriamento, após diferentes períodos de maturação.....	92
Tabela 13 – Suculência em amostras de contrafilé (m. <i>L. dorsi</i>), submetidos aos diversos tratamentos de resfriamento, após diferentes períodos de maturação.....	97
Tabela 14 – Avaliação visual, para o atributo cor, em amostras de contrafilé (m. <i>L. dorsi</i>), submetidos aos diversos tratamentos de resfriamento, após diferentes períodos de maturação.....	100
Tabela 15 – Avaliação visual, para o atributo aceitação global, em amostras de contrafilé (m. <i>L. dorsi</i>), submetidos aos diversos tratamentos de resfriamento, após diferentes períodos de maturação.....	101
Tabela 16 – Avaliação visual, para o atributo opção de compra, em amostras de contrafilé (m. <i>L. dorsi</i>), submetidos aos diversos tratamentos de resfriamento, após diferentes períodos de maturação.....	102
Tabela 17 – Avaliação do valor de L^* em amostras de contrafilé (m. <i>L. dorsi</i>), submetidos aos diversos tratamentos de resfriamento, após diferentes períodos de maturação.....	107

Tabela 18 – Avaliação do valor de a^* em amostras de contrafilé (m. <i>L. dorsi</i>), submetidos aos diversos tratamentos de resfriamento, após diferentes períodos de maturação.....	107
Tabela 19 – Avaliação do valor de b^* em amostras de contrafilé (m. <i>L. dorsi</i>), submetidos aos diversos tratamentos de resfriamento, após diferentes períodos de maturação.....	108
Tabela 20 – Coeficientes de correlação de Pearson e probabilidades para as variáveis cor, aceitação global, opção de compra e valores de L^* , a^* e b^* , das amostras de contrafilé (m. <i>L. dorsi</i>) submetidas aos diversos tratamentos de resfriamento e de maturação.....	108
Tabela 21 – Medianas das contagens de microrganismos aeróbios mesófilos (UFC/g) em amostras de contrafilé (m. <i>L. dorsi</i>), submetidos aos diversos tratamentos de resfriamento, após diferentes períodos de maturação.....	112
Tabela 22 – Medianas das contagens de microrganismos aeróbios psicrófilos (UFC/g) em amostras de contrafilé (m. <i>L. dorsi</i>), submetidos aos diversos tratamentos de resfriamento, após diferentes períodos de maturação.....	112

LISTA DE FIGURAS

	Página
Figura 1 - Redução média da temperatura nas carcaças resfriadas com e sem o sistema de aspersão, de forma lenta e convencional, no primeiro abate.....	59
Figura 2 - Redução média da temperatura nas carcaças resfriadas com e sem o sistema de aspersão, de forma lenta e convencional, no segundo abate.....	61
Figura 3 - Redução média do pH nas carcaças resfriadas com e sem o sistema de aspersão, de forma lenta e convencional, considerando os dois abates.....	63
Figura 4 - Valores médios de perda de peso por evaporação (%) durante o resfriamento das carcaças bovinas, comparando as médias dos tratamentos com e sem aspersão.....	66
Figura 5 – Valores médios e epm (erro padrão da média) das perdas por exsudação (%) de amostras do contrafilé (m. <i>L. dorsi</i>), submetidos aos tratamentos com e sem aspersão de carcaças, após diferentes períodos de maturação.....	68
Figura 6 - Valores médios e epm (erro padrão da média) da força de cisalhamento (Kg) em bifes de contrafilé (m. <i>L. dorsi</i>), submetidos aos resfriamentos convencionais e lentos, após diferentes períodos de maturação.....	73
Figura 7 - Valores médios e epm (erro padrão da média) para o comprimento de sarcômeros (μm) em miofibrilas extraídas de amostras do contrafilé (m. <i>L. dorsi</i>), submetidos aos resfriamentos convencional e lento, após diferentes períodos de maturação.....	77

Figura 8 – Relação entre força de cisalhamento (Kg) e comprimento de sarcômeros (μm) de amostras do contrafilé (m. <i>L. dorsi</i>) submetidas aos resfriamentos convencional e lento, após diferentes períodos de maturação.....	78
Figura 9 – Relação entre temperatura e pH, medidos no interior do contrafilé (m. <i>L. dorsi</i>), de carcaças submetidas aos diversos tratamentos de resfriamento, considerando os dois abates.....	81
Figura 10 - Valores médios para o Índice de Fragmentação Miofibrilar em amostras de contrafilé (m. <i>L. dorsi</i>), submetidos aos resfriamentos convencional e lento, após diferentes períodos de maturação.....	89
Figura 11 – Relação entre índice de fragmentação miofibrilar e força de cisalhamento de amostras de contrafilé (m. <i>L. dorsi</i>) submetidas aos resfriamentos convencional e lento, após diferentes períodos de maturação.....	90
Figura 12 - Valores médios para maciez em amostras de contrafilé (m. <i>L. dorsi</i>), submetidos aos resfriamentos convencional e lento, após diferentes períodos de maturação.....	93
Figura 13 – Relação entre a maciez e a força de cisalhamento de amostras de contrafilé (m. <i>L. dorsi</i>) submetidas aos resfriamentos convencional e lento, após diferentes períodos de maturação.....	94
Figura 14 – Relação entre a maciez e comprimento de sarcômeros de amostras de contrafilé (m. <i>L. dorsi</i>) submetidas aos resfriamentos convencional e lento, após diferentes períodos de maturação.....	96
Figura 15- Valores médios para suculência em amostras de contrafilé (m. <i>L. dorsi</i>), submetidos aos resfriamentos convencional e lento, após diferentes períodos de maturação.....	98
Figura 16 - Relação entre maciez e suculência e linhas de tendência de amostras de contrafilé (m. <i>L. dorsi</i>), submetidos aos resfriamentos convencional e lento, após diferentes períodos de maturação.....	99

Figura 17 - Valores L^* em amostras de contrafilé (m. <i>L. dorsi</i>), submetidos aos resfriamentos convencional e lento, após diferentes períodos de maturação.....	109
Figura 18 – Valores b^* em amostras de contrafilé (m. <i>L. dorsi</i>), submetidos aos resfriamentos convencional e lento, após diferentes períodos de maturação.....	109

RESUMO

Muitos estudos têm sido feitos visando identificar e avaliar novas tecnologias de abate de bovinos e frigorificação, para reduzir custos de produção, aumentar rendimentos ou melhorar a qualidade da carne, mas ainda existem dúvidas quanto às implicações da velocidade de resfriamento e da aspersão de água nas carcaças sobre essas variáveis. O objetivo desta pesquisa foi avaliar o efeito da velocidade de resfriamento e do uso de um sistema de aspersão nas perdas de peso por evaporação das carcaças e por exsudação em cortes embalados a vácuo, e em parâmetros de qualidade física, sensorial e microbiológica do contrafilé maturado por até 60 dias. Foram abatidos dois lotes de bovinos, machos inteiros, de aproximadamente 12 meses de idade, terminados em confinamento, sendo 16 compostos Montana, no primeiro abate, e 24 mestiços ($\frac{1}{2}$ Nelore X $\frac{1}{2}$ Simental), no segundo. Após a sangria, os animais foram estimulados eletricamente e atribuídos a um dos quatro tratamentos de resfriamento distintos: (1) convencional sem aspersão; (2) convencional com aspersão; (3) lento sem aspersão; e (4) lento com aspersão. Durante o resfriamento foram registradas as curvas de redução de temperatura e do pH das carcaças, e foram feitas as pesagens das mesmas para o cálculo das perdas de peso por evaporação depois de 48 horas, quando foram retirados os bifes de contrafilé (m. *L. dorsi*) de 2,5 cm de espessura aproximadamente, embalados a vácuo e maturados por 7, 14, 30 e 60 dias. Após cada período de maturação as amostras foram conduzidas a um supermercado, retiradas da embalagem, colocadas em bandejas de poliestireno expandido cobertas com filme de PVC, e expostas em gôndolas refrigeradas, por 48 horas. Foi avaliada a cor dos bifes, após 24 horas de exposição, utilizando um colorímetro portátil, no esquema CIE L^* , a^* e b^* , e, também, foi feita uma análise visual das amostras para os atributos cor, aceitação global e opção de compra, tendo como julgadores clientes do supermercado. As amostras também foram analisadas para comprimento de

sarcômeros, índice de fragmentação miofibrilar, força de cisalhamento, perdas de peso por exsudação e cozimento, atributos sensoriais (maciez e suculência) e microbiológicos. O sistema de aspersão de carcaças, utilizado durante o resfriamento, tanto na velocidade convencional quanto na lenta, foi eficiente em reduzir as perdas de peso por evaporação ($P < 0,05$). Houve efeito ($P < 0,001$) do método de resfriamento e do período de maturação nas perdas por exsudação. As amostras obtidas de carcaças resfriadas com o sistema de aspersão apresentaram maiores perdas por exsudação ($P < 0,001$) que as resfriadas sem aspersão. O uso do sistema de aspersão não influenciou ($P > 0,05$) nas médias de força de cisalhamento, comprimento de sarcômeros, índice de fragmentação miofibrilar, maciez e suculência, avaliação visual, avaliação objetiva da cor e qualidade microbiológica. À medida que o período de maturação avançou, houve redução da força de cisalhamento e aumento do índice de fragmentação miofibrilar ($P < 0,001$), sem alteração no comprimento de sarcômeros ($P > 0,05$). Os métodos de resfriamento lentos, com ou sem aspersão, foram mais eficientes em produzir cortes de contrafilé (m. *L. dorsi*) mais macios, e mais suculentos, com menor força média de cisalhamento e sarcômeros mais compridos ($P < 0,001$). Não houve efeito ($P > 0,05$) do método de resfriamento e do período de maturação na avaliação visual da cor. Enquanto o sistema de aspersão e o período de maturação não influenciaram ($P > 0,05$) na avaliação instrumental da cor, a velocidade de resfriamento exerceu influência ($P < 0,001$) nos valores de luminosidade e intensidade de amarelo (L^* e b^*). Não foi observado efeito ($P > 0,05$) do tratamento de resfriamento na contaminação dos bifes de contrafilé, nas contagens de microrganismos aeróbios mesófilos e psicrófilos, indicando que a aspersão de carcaças e o resfriamento lento, conforme empregados na pesquisa, não prejudicam a qualidade microbiológica do contrafilé.

Palavras-chave: velocidade de resfriamento, aspersão de carcaças, maciez, maturação, qualidade da carne.

SUMMARY

Many studies have been carried out to identify and evaluate new beef slaughter and refrigeration technologies, that could result in lower production costs, higher yields, or to improve the quality of meat, but there are still doubts related to carcasses chilling rate and water spraying. The objective of this experiment was to evaluate the effect of cooling rate, with or without spray-chilling in physical, sensorial and microbiological quality of aged striploin (*longissimus dorsi* muscle) beef. Two lots of intact male, nearly 12 month old, grain finished cattle, were harvested, being 16 of the Montana composite breed, in the first slaughter, and 24 crossbreds ($\frac{1}{2}$ Nelore X $\frac{1}{2}$ Simental) in the second one. After bleeding, the animals were electrically stimulated and submitted to one of the four cooling systems: (1) conventional without spray-chilling; (2) conventional with spray-chilling; (3) slow without spray-chilling; and (4) slow with spray-chilling. During chilling the carcass temperature and pH decline data were registered. The carcasses were weighed to calculate the drip losses after 48 hours, when the steaks of 2,5 cm thick from the striploin were taken, vacuum packaged, and aged for 7, 14, 30 and 60 days. After each aging time, the samples were taken to a supermarket, removed from the package, placed in an expanded polystyrene trays covered with a PVC film, and exposed in refrigerated displays for 48 hours. CIE Lab color was measured after 24 hours, using a hand colorimeter. A visual analysis of the samples was also done for the attributes of color, overall acceptability, and buying option, having supermarket consumers as panelists. Sarcomere length, myofibrillar fragmentation index, Warner-Bratzler shear force, purge and cooking losses, sensory (tenderness and juiciness) and microbiological attributes were also measured. The spray-chilling, in either slow or conventional chilling, was efficient in reducing the weight loss ($P < 0,05$). There was observed an effect ($P < 0,001$) of the cooling system and aging time on purge loss. The samples from the spray-chilled carcasses had higher purge losses ($P < 0,001$) than the non-sprayed ones. The use of the spray-chilling

have not affected ($P>0,05$) shear force, sarcomere length, myofibrillar fragmentation index, tenderness and juiciness, color, visual evaluation, or microbiological counts. During aging there was a decreasing on shear force, and an increase on the myofibrillar fragmentation index ($P<0,001$), but no differences on sarcomere length ($P>0,05$). The slow cooling systems, in either sprayed or not sprayed method, were more efficient on producing more tender and juicier steaks, with lower shear force means, and higher sarcomere lengths ($P<0,001$). No effect ($P>0,05$) of the cooling treatment and aging time was observed on the color visual analysis. While the spray-chilling and the aging time has not affected ($P>0,05$) color measurements, the cooling rate has influenced ($P<0,001$) the lightness and the yellowness values (L^* and b^*). The cooling treatment had no influence ($P>0,05$) on the steaks bacteriological counts for total aerobic mesophilic and psychrophilic, suggesting that the spray-chilling system, and the slow cooling regime do not affect the microbiological quality of the beef striploin.

Key-words: cooling rate, spray-chilling, tenderness, aging, beef quality.

1. INTRODUÇÃO

A produção de carne bovina no Brasil tem alcançado índices de produtividade cada vez maiores. De 1990 a 2003, o volume produzido aumentou 85,2%, ou 6,1% ao ano, passando de 4,1 milhões para 7,6 milhões de toneladas. (MAPA, 2004). Atualmente o Brasil é o maior exportador mundial, superando a Austrália. Isto por que além de possuir o segundo maior rebanho bovino do mundo, depois da Índia, possui mais de 83% de suas 183 milhões de cabeças em áreas livres da Febre Aftosa (MAPA, 2004). Somado a isto, o país é classificado pelo Comitê Veterinário da União Européia como área de risco 2, ou seja “improvável, mas não desprezível” para EEB - Encefalopatia Espongiforme Bovina, o “mal da vaca louca”, doença que afetou rebanhos inteiros na Europa, deixou a população mundial em alerta e chegou recentemente ao continente norte-americano.

As exportações brasileiras do agronegócio foram de mais de US\$ 39 bilhões nos 12 meses correspondentes ao período de março de 2004 a fevereiro de 2005, 26,5% acima do valor exportado no período de março de 2003 a fevereiro de 2004 (SRI/MAPA, 2005a). A exportação de carnes é um dos setores que vêm contribuindo de forma bastante expressiva no superávit da balança comercial do agronegócio brasileiro nos últimos anos. Em fevereiro de 2005, as exportações de carnes geraram receitas de aproximadamente US\$ 518,5 milhões, 29,6% superior aos US\$ 399,9 milhões obtidos em igual período do ano anterior, com o setor de exportação de carne bovina *in natura* apresentando um crescimento de 22,6% (SRI/MAPA, 2005a). Do mês de fevereiro de 2004 ao mês de janeiro de 2005 os embarques para o mercado externo de carne bovina *in natura* foram de aproximadamente 936 mil toneladas, 49,6% acima do volume exportado entre fevereiro de 2003 e janeiro de 2004, que foi de aproximadamente 625 mil toneladas (SRI/MAPA, 2005b).

O crescimento nas exportações de carne bovina no Brasil reflete maiores investimentos nos setores de sanidade, produção animal, melhoramento genético e manejo nutricional. Atendendo às exigências de mercado internacional, o país investiu em programa de rastreabilidade, visando maior controle e segurança da cadeia produtiva de carnes. Além disso, o país conta com grandes indústrias, que permitem abates em excelentes condições higiênico-sanitárias, habilitadas internacionalmente para exportação.

Seja nas exportações, seja no mercado interno, a manutenção de um padrão de qualidade como o Brasil tem hoje, associado a uma busca contínua por melhorias nas características da carne, é fundamental para a qualidade da carne oferecida ao consumidor final. A qualidade pode ser influenciada por diversos fatores de produção industrial, que podem determinar a maior ou menor aceitação dos produtos por parte dos consumidores. Os sistemas de produção, sejam eles de carne bovina ou não, só são realmente eficientes quando atendem aos anseios e expectativas do consumidor final.

Diversos autores têm relatado a influência de fatores como o transporte, manejo, estresse pré-abate, curva de redução do pH, método de resfriamento, maturação, estimulação elétrica, entre outros, na qualidade final da carne (Geesink *et al.*, 2001; Hwang e Thompson, 2001; Joseph, 1996; Koohmaraie, 1994; Ferguson *et al.*, 2000; Van Moseke *et al.*, 2001; Watanabe *et al.*, 1996, Hwang *et al.*, 2003).

A maciez é considerada por consumidores de diversas partes do mundo como o atributo sensorial mais importante nas carnes preparadas para consumo. Neste sentido, muitas pesquisas têm sido conduzidas com objetivos de melhorar a maciez e reduzir a variabilidade nesta característica. De especial interesse, a curva de redução do pH, associada à redução da temperatura nas carcaças, pode influenciar significativamente este atributo. O resfriamento

acelerado das carcaças bovinas associado a valores de pH em patamares mais elevados, têm sido relacionados à encurtamento acentuado de sarcômeros nas miofibrilas, fenômeno conhecido como encurtamento pelo frio ou *cold shortening*, responsável por redução na maciez. A relação pH/temperatura pode provocar outro fenômeno, conhecido como *heat shortening*, também associado à redução da maciez, o qual pode ocorrer quando valores de pH abaixam rapidamente para menos de 6,0 enquanto a temperatura na carcaça ainda está elevada, acima de 35°C (Thompson, 2002).

Como ferramenta para reduzir a inconsistência na maciez da carne bovina, a maturação prolongada tem demonstrado ser uma das mais eficientes. A embalagem do corte a vácuo, e sua manutenção em temperaturas de refrigeração por vários dias permite uma ação mais prolongada de enzimas proteolíticas responsáveis pelo processo de amaciamento da carne. Além disso, a condição de embalagem a vácuo associada à baixas temperaturas, permite maior tempo de estocagem, sem que a carne perca o *status* de *in natura*, facilitando a comercialização do produto para longas distâncias, sem a necessidade de congelamento ou qualquer outro tipo de processamento.

Com a finalidade de reduzir a perda de peso de carcaças bovinas durante o resfriamento, o sistema de aspersão de carcaças, conhecido também como *spray-chilling*, tem sido usado nos Estados Unidos e Canadá desde 1987 (Jones & Robertson, 1988). O sistema consiste de tubos de PVC dotados de bicos aspersores, dispostos paralelamente aos trilhos nas câmaras de resfriamento, que fazem a aspersão intermitente de água sobre as carcaças em ciclos programáveis, durante o processo de resfriamento. Apesar de o uso do sistema de aspersão ser autorizado e regulamentado nestes países, no Brasil, o uso da aspersão ainda não foi aprovado.

O presente estudo busca investigar os efeitos de métodos de resfriamento lentos e convencionais, associados ou não ao sistema de aspersão, em carcaças bovinas previamente estimuladas eletricamente e em cortes embalados a vácuo e maturados por diferentes períodos, conforme objetivos apresentados a seguir.

2. OBJETIVOS

2.1. OBJETIVO GERAL

- ♦ Avaliar os efeitos de quatro métodos de resfriamento combinando aspersão de carcaças e velocidades de queda de temperatura em diferentes períodos de maturação na qualidade da carne bovina.

2.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS

No resfriamento de carcaças bovinas, em velocidade lenta e convencional, associado ou não ao sistema de aspersão, avaliar:

Nas carcaças:

- ♦ As perdas de peso por evaporação;
- ♦ As velocidades de redução da temperatura e pH;

Nos cortes:

- ♦ As perdas de peso por exsudação (*purge loss*) de cortes do músculo *Longissimus dorsi*, embalados a vácuo e submetidos a diferentes períodos de maturação;
- ♦ A cor dos cortes cárneos, medida pelo sistema $L^*a^*b^*$, após a remoção do vácuo e exposição em gôndolas de comercialização refrigeradas;
- ♦ A aceitação pelos consumidores, através de análise visual das amostras expostas nas gôndolas refrigeradas;
- ♦ A maciez de bifes do músculo *longissimus dorsi* submetidos aos diferentes tratamentos de resfriamento e maturação;

- ♦ A qualidade sensorial de bifes do músculo *longissimus dorsi* submetidos aos diferentes tratamentos de resfriamento e maturação;
- ♦ As perdas durante o cozimento de bifes do músculo *longissimus dorsi* submetidos aos diferentes tratamentos de resfriamento e maturação;
- ♦ A qualidade microbiológica dos cortes cárneos submetidos aos diferentes processos de resfriamento e maturação, após remoção do vácuo e exposição em gôndola refrigerada;
- ♦ Correlacionar os dados obtidos por diferentes métodos (Warner-Bratzler Shear, comprimento de sarcômeros, índice de fragmentação miofibrilar e sensorial) para se estimar a maciez da carne bovina.

3. REVISÃO DE LITERATURA

3.1. Resfriamento x encurtamento muscular x maciez

O resfriamento é um dos mais tradicionais e difundidos métodos de conservação de carnes, sendo amplamente utilizado em todas as partes do mundo. O princípio básico se dá pela redução da temperatura, inibindo o desenvolvimento de microrganismos patogênicos e deteriorantes, e retardando atividades enzimáticas que contribuem para alterações físicas e organolépticas, promovendo assim o prolongamento da vida de prateleira do produto (Stevenson *et al.*, 1978).

O método e, principalmente, a velocidade do resfriamento podem influenciar significativamente algumas características físico-químicas importantes nas carnes. A taxa de remoção do calor e a resultante velocidade de redução da temperatura, na superfície e no interior da musculatura das carcaças, possuem uma influência substancial na perda de peso durante o resfriamento, na vida de prateleira e na qualidade final da carne produzida (James, 1996).

A velocidade excessiva no resfriamento nas primeiras horas após o abate pode trazer severas conseqüências, principalmente em atributos de maciez. Esta alteração, associada a um encurtamento acentuado dos sarcômeros, é conhecida como *cold shortening* ou encurtamento pelo frio (Koohmaraie *et al.*, 1996). Segundo Devine *et al.* (1999), existem pelo menos dois aspectos importantes no processo de amaciamento. Primeiramente, o grau de encurtamento muscular e, secundariamente, modificações nas enzimas responsáveis pelo amaciamento. De acordo com os autores, é o histórico da queda de temperatura da carne em *pre-rigor* que afeta estes componentes, os quais não podem ser facilmente compensados no período *post-rigor*. Um maior

encurtamento muscular provoca aumento da dureza da carne cozida, mesmo após maturação, tradicional método utilizado para aumentar a maciez da carne bovina (Zamora *et al.*, 1998).

O encurtamento pelo frio foi relatado pela primeira vez por Locker e Hagyard em 1963 (Stevenson *et al.*, 1978). Os autores observaram que músculos bovinos desossados e não estirados encurtaram mais rápido à temperatura de 0°C que em outras temperaturas, e que o menor encurtamento ocorreu em temperaturas entre 14 e 19°C. Além disso, os mesmos autores observaram que o encurtamento pelo frio diminuiu à medida que o tempo entre o abate e a exposição a baixas temperaturas foi aumentado (Locker e Hagyard, 1963).

Desde então o fenômeno “encurtamento pelo frio” tem sido exaustivamente estudado. O trabalho de Marsh e Leet (1966), demonstrando que o encurtamento pelo frio afeta intensamente a maciez da carne, se tornou uma citação clássica entre pesquisadores da área. Os autores observaram que, um aumento do encurtamento de 20% para 40% do comprimento muscular inicial, leva à um severo endurecimento da carne.

Com a finalidade de evitar o fenômeno, Bendall (1973) *apud* Hannula e Puolanne (2004), recomendou que carcaças bovinas não deveriam ser resfriadas abaixo de 12°C em menos de 15 horas, ou seja, antes do completo estabelecimento do *rigor mortis*. O autor já havia sugerido anteriormente que a temperatura não poderia ser inferior a 10°C em menos de 10 horas *post-mortem*.

Olsson *et al.* (1994) analisaram a intensidade de encurtamento em músculos de tourinhos durante o estabelecimento do *rigor mortis*, comparando temperaturas de resfriamento de 1, 4, 7 e 10°C e observaram que o encurtamento muscular foi maior à medida que as temperaturas eram mais baixas. Os autores ainda reportaram que as amostras mantidas em *pre-rigor* à temperatura de 1°C

não amaciaram, mesmo após 15 dias de maturação, quando comparadas com músculos que entraram em *rigor* sob temperaturas mais elevadas.

Analisando dados publicados por Hertzman *et al.* (1993) e Olsson *et al.* (1994), que compararam a intensidade de encurtamento miofibrilar e a resultante maciez após 14 dias de maturação a 4°C, de músculos submetidos a diferentes temperaturas de resfriamento durante o *rigor mortis*, Tornberg (1996) relatou um mínimo encurtamento de sarcômeros quando a temperatura de resfriamento variou de 10 a 15°C, para músculo *longissimus dorsi*, e de 7 a 13°C, para músculo *semimembranosus*. Temperaturas de 10 a 15°C, durante o estabelecimento do *rigor mortis*, têm sido associadas a maiores índices de maciez, enquanto valores abaixo e acima destes, podem resultar em encurtamentos pelo frio ou calor respectivamente, resultando em um aumento da dureza das carnes após cozimento (Devine *et al.*, 1999).

Em trabalho realizado por Sørheim *et al.* (2001), foram avaliados métodos de estiramento de carcaças: o *Tenderstretch* (TS), que se baseia na suspensão de carcaças pelo osso pélvico, e o *Tendercut* (TC), onde ossos e tecido conjuntivo são cortados em dois pontos, entre 12ª e 13ª vértebras torácicas e na região do ísquio, entre o coxão duro e a alcatra. Foram utilizadas condições de resfriamento rápido (2°C durante todo o período) e lento (10°C nas primeiras sete horas e 2°C no restante do período). Os resultados demonstraram que os métodos de estiramento (TS e TC) aumentaram a maciez do *L. dorsi* quando as carcaças foram resfriadas rapidamente, em condições de encurtamento pelo frio (*cold shortening*). Entretanto, quando o processo de resfriamento não induziu o encurtamento pelo frio, o estiramento não melhorou significativamente a maciez. Além disso, os autores observaram que a menor velocidade de resfriamento foi mais eficiente em produzir cortes do *L. dorsi* mais macios, quando não foram aplicados métodos de estiramento.

Segundo Savell *et al.* (2005), quando a temperatura no interior da musculatura é reduzida a valores na faixa de 0 a 15°C, antes do estabelecimento do *rigor mortis*, o retículo sarcoplasmático não funciona adequadamente, sendo incapaz de reter o cálcio, que se acumula em concentração crescente no sarcoplasma. Como ainda existe ATP disponível, o músculo se contrai excessivamente, provocando uma sobreposição de miofilamentos uns sobre os outros, praticamente eliminando a visualização da Banda I dos sarcômeros. O mecanismo pelo qual o encurtamento pelo frio ocorre, é geralmente conhecido como sendo devido a uma redução na eficiência da bomba de cálcio a baixas temperaturas, provocando um aumento do fluxo de íons cálcio, que ativam o mecanismo de contração miofibrilar, enquanto ainda resta ATP em quantidade suficiente para permitir a contração muscular (Jeacocke, 1986 *apud* Zamora *et al.*, 1998). Entretanto, o mecanismo que provoca a maior dureza das carnes que sofreram o encurtamento pelo frio ainda não foi perfeitamente esclarecido (Zamora *et al.*, 1998).

A susceptibilidade ao encurtamento pelo frio varia entre espécies e entre tipos musculares, sendo os músculos vermelhos mais susceptíveis que os brancos (Bendall, 1973 *apud* Hannula e Puolanne, 2004). Dependendo da espécie e da localização do músculo, combinações tempo-temperatura-pH são diferentes em diferentes músculos e, também, são diferentes em diferentes partes do mesmo músculo. Puolanne e Ruusunen (1998) *apud* Hannula e Puolanne, (2004) demonstraram que em tiras de músculos fixadas, que foram induzidos ao encurtamento pelo frio, ocorreu um aumento do comprimento dos sarcômeros nas regiões mais quentes do músculo, especialmente nas áreas onde o consumo de ATP e conseqüentemente a taxa de queda de pH foram baixas (isto é, aproximadamente 15°C).

Considerando situações opostas, em que o processo de estabelecimento de *rigor-mortis* ocorre em temperaturas ambientes mais elevadas,

tem sido relatada a possibilidade de ocorrer outro tipo de fenômeno conhecido como *Heat Shortening* ou encurtamento pelo calor (Hertzman *et al.*, 1993; Honikel *et al.* 1983). Devine *et al.* (1999) avaliaram o encurtamento muscular em temperaturas de *rigor-mortis* de 15, 20, 25, 30 e 35°C, e observaram que o encurtamento foi menor a temperatura de 15°C e maior a temperatura de 35°C. Segundo os autores, quanto maior for a temperatura e mais longo o tempo de duração em que os músculos são submetidos a esta temperatura antes de completar o rigor, maior é o encurtamento muscular.

Como citado anteriormente, a intensidade de encurtamento muscular que ocorre possui um importante papel na maciez subsequente, de forma que à medida que o encurtamento muscular aumenta, a carne tende a ser mais dura. Entretanto, quando o *rigor* ocorre em temperaturas acima de 15°C, existe um fator adicional que influencia a maciez, que parece ser uma inibição da proteólise, o que resulta em carne mais dura que esperado pelo encurtamento em si (Simmons *et al.*, 1996 *apud* Devine *et al.*, 1999). Os autores observaram que a atividade das calpaínas diminui à medida que ocorre a redução do pH durante o processo de *rigor-mortis*, porém a maior redução da atividade das calpaínas ocorre quando o músculo entra em *rigor* a temperatura de 35°C. De acordo com os autores, mesmo que o encurtamento seja evitado, se a habilidade proteolítica das enzimas foi reduzida, não há nenhuma garantia que a carne será macia.

O trabalho de Devine *et al.* (1999), demonstrou que as carnes que entraram em *rigor-mortis* à temperatura de 15°C foram muito mais macias após 14 dias de maturação a 4°C que as carnes que entraram em *rigor* em temperatura de 35°C, indicando que esta diferença pode ser explicada pela inativação de enzimas proteolíticas responsáveis pelo processo de amaciamento, quando o processo de *rigor* aconteceu a 35°C. Estas observações também haviam sido registradas por Dransfield *et al.* (1992), que sugeriram que temperaturas elevadas resultam em uma redução da extensão do processo de maturação das carnes.

3.2. Sistema de aspersão de carcaças (*spray-chilling*)

Durante o processo de resfriamento de carcaças bovinas, ocorre uma natural perda de peso provocada por exsudação e desidratação superficial. Usando o sistema tradicional de resfriamento de carcaças bovinas, a temperatura no interior da musculatura pode atingir valores inferiores a 7°C, em 24 horas de resfriamento, com uma perda de peso por evaporação na ordem de 2% (James, 1996). Durante as primeiras 24 horas de resfriamento convencional, as perdas de peso por evaporação variam de 0,75 a 2% na América do Norte, e de 1,2 a 1,7% no Reino Unido (Jones & Robertson, 1988). No Brasil, Mesquita *et al.* (2003), observaram em carcaças bovinas médias de perdas de peso por evaporação de 1,39 e 1,54% em dois abates, respectivamente, em sistema de resfriamento convencional, com ventilação forçada, durante 24 horas. Perdas de peso desta magnitude possuem consideráveis conseqüências econômicas, uma vez que o montante de capital movimentado por indústrias de abate e processamento de carnes bovinas é bastante elevado. Neste sentido, o uso do sistema de aspersão de carcaças bovinas durante o resfriamento (*water spray-chilling*), tem sido adotado por abatedouros norte-americanos desde 1987, com significativa redução das perdas por evaporação (Allen *et al.*, 1987; Jones & Robertson, 1988; James, 1996).

O sistema de aspersão de carcaças bovinas é composto por um sistema de tubos de PVC, dispostos paralelamente aos trilhos das câmaras de resfriamento, dotados de bicos aspersores. O sistema faz a aspersão de água clorada (máximo 1 ppm de cloro), à temperatura de 2°C, em ciclos intermitentes programáveis de acordo com a necessidade. A programação automatizada define o funcionamento do sistema, controlando o tempo total de aspersão, o tempo de duração dos ciclos e o intervalo entre os ciclos.

Allen *et al.* (1987) comparando o método de resfriamento convencional – 0°C durante 24 horas – e o resfriamento com o sistema de aspersão de carcaças, com ciclos de 90 segundos de aspersão, intervalos de 15 minutos entre ciclos e duração total de oito horas de aspersão, observaram que a perda de peso das carcaças no resfriamento convencional foi 4,5 vezes maior que no resfriamento com aspersão. Média de 1,46% de perda de peso para o método convencional contra 0,32% para o método dotado do sistema de aspersão. Neste experimento, foi avaliada também a perda por exsudação dos cortes contrafilé de costela (*Primal Rib* - IMPS 107) e coxão mole (*Inside Round* - IMPS 168), após embalagem a vácuo e maturação durante 15 dias, à temperatura de 4°C. Os autores observaram que neste último parâmetro houve diferença significativa entre os tratamentos apenas para coxão mole, sendo que as perdas por exsudação foram maiores para as carcaças que foram resfriadas pelo sistema de aspersão. Segundo os autores, um dos motivos de ter sido encontrado diferença significativa para perda por exsudação apenas para o coxão mole e não para o contrafilé de costela, pode ser devido à localização dos grupamentos musculares, uma vez que a região do coxão mole está localizada bem próxima do local de saída dos jatos de água no sistema de aspersão. Não foram observadas diferenças significativas para perdas de peso de bifes, de 2,54 cm de espessura, dos músculos *longissimus dorsi* e *semimembranosus*, após exposição por cinco dias em bandejas de poliestireno, cobertas com filme de PVC, em gôndola refrigerada (3°C), com iluminação fluorescente.

O controle do tempo total de duração da aspersão, do tempo de duração do ciclo e do intervalo entre os ciclos pode ser decisivo na avaliação da eficiência do sistema de aspersão na redução das perdas por evaporação. Neste sentido, Hippe *et al.* (1991) trabalharam com ciclos com duração de cinco minutos, intervalos de 15 minutos em um total de cinco horas de aspersão. Foi observado que houve redução significativa da perda de peso ($P < 0,05$) nas carcaças resfriadas com o sistema de aspersão, e que outros fatores de importância na

qualidade da carne, como a perda de peso por exsudação nas embalagens a vácuo, perdas durante o cozimento, e força de cisalhamento, não foram influenciadas ($P>0,05$) pelo tratamento.

Jones & Robertson (1988) avaliaram as perdas de peso por evaporação em quatro diferentes tratamentos além do grupo controle. Todas as câmaras de refrigeração estavam com temperatura de 1°C e velocidade de circulação do ar de 0,5 m/s. Os tratamentos que utilizaram o sistema de aspersão tiveram ciclos de 60 segundos de duração com intervalos de 15 minutos entre os ciclos. O tempo total de aspersão variou entre 4, 8 e 12 horas, sendo que durante o período de aspersão as carcaças estavam envolvidas em estoquinete e após o período de aspersão, até completar as 24 horas de resfriamento, o estoquinete foi removido. Apenas um grupo recebeu tratamento com aspersão sem o uso do estoquinete e teve duração de oito horas. Os autores observaram que o sistema de aspersão de carcaças reduziu significativamente as perdas por evaporação em todos os tratamentos avaliados, principalmente após 24 horas *post-mortem*, e que a redução da perda foi proporcional ao tempo total de aspersão, ou seja, a redução da perda de peso foi da ordem de 0,48% para quatro horas de tratamento, até 0,89% para 12 horas de aspersão. Observaram também que no tratamento em que as carcaças não estavam envolvidas com estoquinete foram encontrados os menores valores para perdas por evaporação, apresentando uma redução de 1,43% ou 4,53 kg em média por carcaça de 317 kg, resultados bastante semelhantes aos encontrados por Allen *et al.* (1987). Outros aspectos de qualidade avaliados como força de cisalhamento, perdas por exsudação após embalagem a vácuo por seis dias e coloração do músculo *longissimus dorsi* não apresentaram diferenças significativas, embora sempre houvesse uma tendência de menores valores para luminosidade (CIE Y), na superfície dos músculos tratados em relação ao controle.

No Canadá, segundo Jones & Robertson (1988), o sistema de aspersão de carcaças bovinas foi aprovado, como sendo uma prática e econômica maneira de minimizar as perdas por evaporação, sem comprometer a qualidade das carcaças. Também no Canadá, Greer *et al.* (1990), avaliaram a qualidade da carne bovina submetida ao método de resfriamento com aspersão. O tratamento com aspersão teve um tempo total de 10 horas, com ciclos de 60 segundos de duração e intervalos de 15 minutos entre os ciclos. Após 24 horas de resfriamento, os autores observaram uma redução significativa da perda de peso no resfriamento de 1,05% ($P < 0,001$), porém, quando estas carcaças foram mantidas nas câmaras de resfriamento até sete dias *post-mortem*, esta redução da perda de peso foi de apenas 0,41% ($P < 0,05$). Os autores demonstraram também não haver diferença ($P > 0,1$) entre os tratamentos quando analisada a cor dos cortes (CIE $L^*a^*b^*$) e as perdas por exsudação de cortes de contrafilé embalados a vácuo e mantidos em refrigeração (1°C) por até 70 dias, e também não encontraram diferenças ($P > 0,05$) quando analisaram a perda de peso de bifes embalados em filmes com alta permeabilidade ao oxigênio e estocados por seis dias à temperatura de 1°C .

Na África do Sul, de acordo com Kerens & Visser (1978) *apud* Strydom & Buys (1995), as perdas de peso por evaporação, para carcaças com média de 210 kg e cobertura de gordura mediana, podem ser superiores a 2%. Em trabalho realizado por Strydom & Buys (1995) foi avaliado o sistema de aspersão de carcaças bovinas que tinha ciclos de 60 ou 120 segundos, com intervalos de 15 minutos entre os ciclos e tempo total de duração que variava de 10, 14 ou 17 horas. Após 18 horas de refrigeração os resultados mostraram que independentemente do tempo de duração da aspersão, houve uma significativa redução das perdas de peso por evaporação nas carcaças que foram aspergidas em relação às resfriadas convencionalmente ($P \leq 0,05$), apresentando uma média de redução da perda de peso de 1,10%. Os autores observaram ainda que os tratamentos de aspersão não influenciaram ($P > 0,05$) nas perdas por exsudação de

cortes embalados a vácuo, e mantidos em refrigeração (0 a 7°C) por sete dias, na desidratação das amostras quando embaladas com filmes de PVC, permeáveis ao oxigênio, durante quatro dias, e também, nas perdas por cozimento.

Avaliando o sistema de aspersão com tempo total de duração de 4, 8, 12 e 16 horas, com ciclos de 60 segundos de duração e intervalos de 15 minutos, Greer & Jones (1997) observaram, assim como outros autores já citados, uma significativa redução da perda de peso por evaporação nas carcaças resfriadas com o sistema de aspersão, além de não observarem efeitos do tratamento em parâmetros de qualidade como pH, coloração da carne, perdas de peso por exsudação, comprimento de sarcômeros e força de cisalhamento. Porém, embora os resultados não tenham apresentado diferenças para a cor da carne, foi observado um efeito significativo para a cor da gordura de cobertura ($P < 0,05$), que apresentou valores de L^* (CIE $L^*a^*b^*$) consistentemente maiores nas carcaças resfriadas com aspersão em comparação com as resfriadas convencionalmente. A superfície da gordura apresentou um aspecto lavado (*washed out*) e de aparência acinzentada após 16 horas de aspersão.

No mesmo experimento, Greer & Jones (1997) determinaram uma relação linear entre o tempo de duração da aspersão e a perda de peso por evaporação, sendo que a redução da perda de peso foi de 0,08g/100g para cada hora de funcionamento da aspersão. Desta forma, os autores puderam estimar que maiores abatedouros, que utilizam o sistema de aspersão, podem economizar até 2000 kg por dia em perdas por evaporação, sem comprometer a qualidade ou aumentar as perdas por deterioração.

Estes resultados são similares aos relatados por Mesquita *et al.* (2003), que utilizaram o sistema de aspersão em ciclos intermitentes de 90 segundos de duração, com intervalos de 30 minutos entre os ciclos, durante as primeiras quatro horas do processo de resfriamento. Para uma redução de perda

de peso, demonstrada nos resultados, de 1,39% sem a aspersão para 0,39% com a aspersão, considerando um matadouro-frigorífico com abate de 600 cabeças/dia, com média de peso de meia-carcaça quente de 125 kg, a utilização do sistema de aspersão pode evitar que aproximadamente 1500 kg por dia sejam perdidos através da evaporação.

O sistema de aspersão também foi utilizado em experimentos envolvendo outras espécies animais (Jeremiah & Jones, 1989). Brown *et al.* (1993) avaliaram o uso do sistema de aspersão em carcaças ovinas e obtiveram significativa redução da perda de peso por evaporação, que se manteve durante cinco dias de estocagem, sem comprometer outras características de qualidade avaliadas como pH, perdas por exsudação e avaliação da textura, embora alguns dias de estocagem tenham sido necessários para secar um pouco a superfície das carcaças, para que as mesmas adquirissem um aspecto semelhante ao de carcaças convencionalmente resfriadas.

3.3. Legislações sobre o sistema de aspersão de carcaças

Os principais matadouros-frigoríficos dos Estados Unidos da América e do Canadá utilizam o sistema de aspersão de carcaças bovinas desde 1987 (Allen *et al.* 1987; Jones & Robertson, 1988). Segundo Johnson *et al.* (1988), o uso de aspersão intermitente, de três a oito horas, de água gelada em carcaças bovinas durante o resfriamento se tornou comum em abatedouros norte-americanos. De acordo com os autores, o *USDA – United States Department of Agriculture* determinou que o peso das carcaças após o resfriamento com a aspersão não pode ser superior ao peso das carcaças quentes, antes da pré-lavagem. O *FSIS – Food Safety and Inspection Service* regulamenta o uso do sistema de aspersão através da Diretiva nº 6330.1 de 26 de maio de 1993 (FSIS, 1993).

No Brasil, embora existam poucos experimentos que abordem o assunto profundamente, com exceção do trabalho de Mesquita *et al.* (2003), o uso do sistema de aspersão de carcaças bovinas ainda não possui nenhuma regulamentação específica. Atualmente, o Ministério da Agricultura, através da Divisão de Controle do Comércio Internacional - DCI, do Departamento de Inspeção de Produtos de Origem Animal - DIPOA Serviço de Inspeção Federal, determinou, através de Circular nº 260/2003/DCI/DIPOA de 23 de abril de 2003, que para atender a legislação da União Européia, os estabelecimentos que desejassem manter a habilitação para a exportação para países da Comunidade Européia deveriam retirar imediatamente os equipamentos de aspersão (Brasil, 2003).

A legislação da União Européia proíbe o uso do sistema de aspersão de carcaças bovinas, pois, segundo técnicos que vieram ao Brasil em missão veterinária da U.E., o sistema aumenta a condensação nas câmaras de resfriamento, o que aumentaria conseqüentemente o surgimento de ferrugem e mofos. Ainda segundo os técnicos, a água que se forma no teto das câmaras e em outras estruturas e instalações aéreas não é potável, e sua precipitação ou contato com a superfície das carcaças bovinas aumentaria a contaminação das carnes (Brasil, 2003).

Entretanto, não há no Ministério da Agricultura legislação específica para o uso da aspersão para frigoríficos não habilitados para exportação para estes países. Em Circular nº 528/2004/DCI/DIPOA, publicada em 08 de setembro de 2004, o Chefe da DCI/DIPOA determina aos Serviços de Inspeção de Produtos de Origem Animal – SIPA's que, em razão de algumas partidas de carnes exportadas para a União Européia terem sido retidas pela presença de microrganismos dos gêneros *Listeria* e *Salmonella*, o uso do sistema de aspersão de água em carcaças bovinas deva ser suspenso, até que se faça uma melhor apreciação do procedimento (Brasil, 2004).

3.4. Redução da temperatura de carcaças resfriadas pelo sistema de aspersão

A velocidade de redução da temperatura das carcaças resfriadas pelo sistema de aspersão tem sido uma preocupação citada por muitos autores, pois influencia na qualidade final da carne. A maioria dos sistemas de aspersão utiliza água em temperaturas muito baixas, em torno de 2°C, o que pode provocar uma redução mais rápida da temperatura nos músculos.

Jones & Robertson (1988) observaram que a velocidade de resfriamento foi significativamente influenciada pelo uso do sistema de aspersão de carcaças, tanto no músculo *L. dorsi* quanto no músculo *semimembranosus*, porém, neste, mais expressiva. A explicação dos autores se justifica pela localização dos músculos da região do coxão ser mais próxima dos jatos de água, além de possuírem camada mais fina de gordura.

Entretanto, em experimento de Strydom & Buys (1995), foi observado que o músculo *Longissimus thoracis* resfriou mais rapidamente nas carcaças com aspersão que nas convencionalmente resfriadas, apenas quando o sistema funcionou durante 10 horas intermitentemente. Os autores justificam a razão de não terem observado diferenças nas velocidades de resfriamento, quando outras condições de utilização de aspersão foram aplicadas, ao fato de terem utilizado câmaras de resfriamento que não estavam completamente cheias, facilitando a troca de calor nas carcaças resfriadas em sistema convencional. Porém, os autores relatam existir uma expectativa de maior velocidade na redução da temperatura das carcaças resfriadas com o sistema de aspersão, devido à extensão da transferência de calor através da prolongada evaporação da água adicionada. Em matadouros-frigoríficos convencionais, com grandes câmaras de resfriamento carregadas em sua capacidade máxima, o sistema de aspersão pode

melhorar a velocidade de resfriamento pela evaporação, por ser mais efetivo na troca de calor que a circulação de ar frio.

Por outro lado, nenhuma diferença significativa na velocidade de resfriamento das carcaças foi observada no experimento de Hippe *et al.* (1991). As temperaturas internas medidas nos músculos *semimembranosus*, *longissimus dorsi* e *serratus ventralis* com 0, 2, 4, 6 e 24 horas *post-mortem* foram estatisticamente iguais entre os tratamentos com aspersão e as resfriadas convencionalmente.

3.5. Aspectos microbiológicos

As características da composição nutricional das carnes, por sua natureza, oferecem um substrato ideal para o desenvolvimento bacteriano. Os cuidados higiênico-sanitários durante abate, processamento e demais etapas de industrialização são fundamentais para a segurança microbiológica do produto. Segundo Labadie (1999), o crescimento de microrganismos nas carnes durante a estocagem resulta do tipo de contaminação introduzida durante o processamento e da influência de fatores físico-químicos aplicados durante a estocagem. O processamento influencia não só a quantidade de microrganismos/cm², mas também o tipo de microrganismos presentes.

Considerando o abate de animais saudáveis, em condições ideais de abate e processamento, a carne deveria ser livre de microrganismos patogênicos. Entretanto, após o abate e remoção da pele, as carcaças geralmente carregam entre 10² e 10⁴ bactérias/cm², normalmente provenientes de pele, ar, fezes e conteúdos intestinais dos animais, das mãos e instrumentos dos funcionários (Dainty & Mackey, 1992). Entre as mais importantes bactérias presentes na flora dominante das carnes, várias espécies são específicas para carnes, ou seja, são

isoladas apenas em amostras de carnes, em abatedouros ou em instalações e equipamentos necessários para o processamento.

A flora predominante em carnes refrigeradas é composta principalmente de bastonetes psicrotróficos, aeróbios e gram-negativos dos gêneros *Pseudomonas*, *Acinetobacter* e *Moraxella*. Estas bactérias são sempre dominantes após alguns dias de estocagem a temperaturas de 0 a 7°C, independentemente do tipo da carne (Molin & Ternström, 1982 *apud* Labadie, 1999).

Ao manter a carne em baixas temperaturas, o número de espécies de microrganismos capaz de sobreviver diminui consideravelmente, e por suportarem temperaturas de refrigeração de até 7°C foram denominados de psicrófilos, que segundo Stokes & Redmond (1966), podem representar cerca de 93% do total da microflora presente na carne refrigerada. Os psicrófilos compreendem numerosas espécies cujos principais gêneros são: *Pseudomonas*, *Alcaligenes*, *Erwinia*, *Corynebacterium*, *Flavobacterium*, *Lactobacillus* e *Streptomyces* (Bourgeois *et al.*, 1988).

Analisando algumas situações reais de varejo, onde após o resfriamento as carcaças são desossadas, os cortes comerciais embalados a vácuo, estocados, destinados ao estabelecimento comercial, para que enfim possam ser porcionados e expostos à venda em bandejas de poliestireno cobertas com filmes permeáveis ao oxigênio, a vida útil da carne fica limitada pelo crescimento microbiano que leva ao surgimento de odores desagradáveis (*off-odours*) quando a contagem atinge valores próximos a 10^7 UFC/cm² e à formação de limbo visível em contagens de aproximadamente 10^8 UFC/cm² (Dainty & Mackey, 1992).

Partindo do princípio da Teoria dos Obstáculos proposta por Leistner (1992), que descreve a importância crucial de fatores como temperatura, pH, nutrientes, atividade de água e composição do ar atmosférico na atividade e crescimento microbiano, a utilização do vácuo para embalagens de carne *in natura* se tornou uma das principais ferramentas de prolongamento da vida útil. Carnes embaladas a vácuo, quando obtidas em condições higiênicas satisfatórias, são muito estáveis em baixas temperaturas, e a quantidade limitada de oxigênio inibe o crescimento de várias bactérias, de forma que as bactérias lácticas se tornam as únicas a desenvolverem consideráveis populações, de pelo menos 10^7 UFC/cm² (Gill & Newton, 1978). Segundo Dainty & Mackey (1992), existe o crescimento de outras bactérias, porém seus crescimentos são geralmente limitados ou em velocidade muito lenta. Como as bactérias lácticas possuem pouco efeito nas propriedades organolépticas das carnes, a embalagem a vácuo permite uma vida de prateleira em torno de quatro semanas, quando estocadas em temperaturas próximas de 0°C, sem maiores alterações em atributos sensoriais (Labadie, 1999). Entretanto, comercialmente alguns matadouros-frigoríficos brasileiros estipulam como prazo de validade para carnes *in natura* resfriadas e embaladas a vácuo, períodos bastante longos, de 60, 90, 120 dias ou mais, principalmente para cortes destinados ao mercado internacional.

Considerando que o sistema de aspersão de carcaças bovinas implica na aspersão de água na superfície das carcaças, e que isto pode representar um fator de risco, não somente pela qualidade microbiológica da água utilizada, mas também por aumentar a umidade relativa do ambiente nas câmaras de resfriamento, fator extrínseco importante no controle microbiológico, a utilização deste método de resfriamento em matadouros-frigoríficos ainda é bastante discutida.

Segundo Greer *et al.* (1990) existem algumas reclamações não publicadas de alguns setores da indústria de carnes canadense, de que perdas

por deterioração em carnes têm aumentado concomitantemente com a adoção do sistema de aspersão. Alguns trabalhos têm tentado elucidar a utilização do sistema de aspersão quanto ao risco microbiológico, como o de Hamby *et al.* (1987), que demonstrou que o uso da aspersão não afetou a contagem em placas de microrganismos aeróbios nas carcaças bovinas ou nos cortes embalados a vácuo.

Estes dados são similares aos resultados obtidos por Greer *et al.* (1990), onde foi observado que a aspersão intermitente de água durante 12 horas não influenciou significativamente na contagem de microrganismos aeróbios e na presença de odores desagradáveis (*off-odours*) em cortes embalados a vácuo e estocados durante 28 dias à temperatura de 2°C. Os autores concluem ainda que, nas condições em que o experimento foi realizado, 10 horas de aspersão de água intermitentemente, seguido de sete dias de maturação das carcaças ou 70 dias em embalagem a vácuo de cortes comerciais não afetou o crescimento bacteriano.

Entretanto, Hippe *et al.* (1991) observaram que após o resfriamento, as contagens totais de microrganismos aeróbios mesófilos e de anaeróbios facultativos foram maiores nas meias-carcaças tratadas com o sistema de aspersão. E observaram ainda que as contagens de psicrótróficos aeróbios, psicrótróficos anaeróbios facultativos e de bactérias lácticas tenderam a ser maiores nas carcaças que foram resfriadas com aspersão em comparação com as resfriadas pelo método convencional. Segundo os autores, isto deve ter ocorrido devido à maior desidratação da superfície nas carcaças do grupo controle e a uma menor taxa de crescimento bacteriano nas primeiras 24 horas *post-mortem*.

Os resultados encontrados por Greer & Jones (1997) não demonstraram haver diferenças no crescimento de microrganismos anaeróbios em cortes embalados a vácuo e estocados durante períodos de 2, 16, 30 e 44 dias à

temperatura de 2°C. Entretanto relativamente poucos trabalhos têm considerado os efeitos do resfriamento com temperaturas de câmaras mais elevadas na microbiota das carcaças bovinas (Stevenson *et al.*, 1978).

Em recente trabalho publicado por Mesquita *et al.* (2003), foi relatado que o uso do sistema de aspersão de carcaças, associado às boas condições de higiene antes, durante e após o abate contribuiu para a obtenção de contagens e determinações de microrganismos indicadores (Contagem padrão em placas, contagem de psicrotróficos e NMP de coliformes fecais) que puderam ser consideradas baixas. Foi observado que a aspersão não prejudicou a qualidade bacteriológica das carnes, promovendo o contrário, ou seja, as carcaças que foram resfriadas com a aspersão apresentaram melhor qualidade microbiológica que as do grupo controle. De acordo com os autores, este fato pode ser devido à lavagem na superfície das carcaças, que ocorre durante o processo de aspersão, e à boa qualidade da água utilizada.

3.6. Maturação

A variabilidade na qualidade das carnes tem se tornado assunto de grande preocupação para os consumidores, sendo que, pesquisas recentes têm demonstrado que os consumidores têm dificuldade em selecionar ou escolher carnes devido à insegurança quanto à qualidade, principalmente no que se refere à maciez (Dransfield, 1994). Os consumidores consideram a maciez como sendo o atributo sensorial mais importante na qualidade das carnes (Koohmaraie, 1994). Isto pode ser facilmente confirmado pela relação positiva existente entre o preço de um corte cárneo e sua maciez relativa (Savell & Shackelford, 1992). A inconsistência na maciez tem sido identificada como um dos principais problemas que afetam as indústrias de carnes nos Estados Unidos, juntamente com a baixa

uniformidade, excesso de gordura externa e pouca palatabilidade (Smith *et al.*, 1992 *apud* Savell & Shackelford, 1992).

Em virtude destas considerações sobre a importância da maciez como principal característica organoléptica, se torna essencial o conhecimento do mecanismo de amaciamento das carnes, de forma que metodologias e ferramentas possam ser desenvolvidas e utilizadas para manipular o processo, melhorando a qualidade neste atributo sensorial (Koohmaraie, 1994).

Durante o decorrer dos anos, inúmeras variáveis têm sido propostas por influenciar a maciez das carnes: a idade e o sexo do animal (Shackelford *et al.*, 1995; Sekhon & Bawa, 1996; Peachey *et al.*, 2002), a genética (Rubensam *et al.*, 1998; Newsome *et al.*, 1999; Campo, *et al.*, 2000; Prado *et al.*, 2003), a velocidade da glicólise e o pH final (Purchas *et al.*, 1999; O'Halloran, *et al.*, 1997a; Watanabe *et al.*, 1996; Hwang & Thompson, 2001; Felício, 1997), a quantidade e solubilidade do colágeno (Bailey, 1989; Wheeler *et al.*, 2000; Lepetit *et al.*, 2000), o comprimento do sarcômero (Hwang, *et al.*, 2004; Tornberg, 1996; Koohmaraie *et al.*, 1996), e a degradação de proteínas miofibrilares (Geesink & Koohmaraie, 1999; Hopkins *et al.*, 1999; Taylor *et al.*, 1995; O'Halloran *et al.*, 1997b; Zamora *et al.*, 1998; Koohmaraie, 1992; Koohmaraie, 1996).

Considerando os aspectos citados, algumas tecnologias têm sido propostas para reduzir a variabilidade na maciez de carnes bovinas, como a estimulação elétrica, a suspensão de carcaças, o melhoramento genético animal e a maturação (Taylor, 2003). Segundo o autor, o mais efetivo modo de garantir a maciez da carne é um período de estocagem prolongado, em temperaturas de refrigeração. Nenhuma das tecnologias citadas acima é capaz de substituir a necessidade de um tempo de maturação adequado em condições apropriadas. Para Taylor (2003), o tempo mínimo de maturação para a carne bovina é de 14 dias, tempo no qual aproximadamente 80% da carne será macia.

Segundo Koohmaraie (1996), a maturação é efetivamente o método mais simples e melhor documentado para melhorar, mas não eliminar, a variabilidade na maciez da carne bovina. O autor cita que para maximizar a maciez, o tempo de maturação deve ser de 10 a 14 dias no mínimo, em temperaturas de refrigeração. De acordo com Wheeler *et al.* (1990) se existe mais de 33% de *Bos indicus* no cruzamento animal, o processo de maturação será capaz de levar a maciez dos cortes em níveis aceitáveis.

O princípio do processo consiste em permitir uma ação mais prolongada de proteases naturalmente presentes nas carnes, levando à proteólise de algumas proteínas miofibrilares, como por exemplo, desmina, titina e nebulina, entre outras, promovendo um desarranjo da rígida estrutura miofibrilar, formada em consequência do *rigor-mortis*, resultando em maior maciez do produto final (Koohmaraie, 1994).

Durante o período *post-mortem*, numerosas modificações ocorrem na estrutura do músculo esquelético, algumas das quais resultam em perda da integridade dos tecidos, que é traduzida em melhorias na maciez das carnes. Segundo Koohmaraie (1994) estas modificações incluem:

- ◆ O enfraquecimento e/ou degradação do disco Z, o que provoca uma fragmentação de miofibrilas;
- ◆ A degradação de desmina, que interliga os discos Z transversalmente, e estes à membrana plasmática. Leva à fragmentação de miofibrilas, provavelmente devido a rupturas de ligações transversas entre miofibrilas;
- ◆ Degradação da titina, que conecta filamentos de miosina, ao longo de sua extensão, da linha M ao disco Z. A degradação da titina pode provocar o enfraquecimento ou a redução da resistência das miofibrilas, melhorando assim, a maciez da carne;

- ◆ A degradação da nebulina, que devido à sua localização, na banda I, não há muita certeza se isto pode influenciar na maciez das carnes. [A nebulina atua como suporte para a deposição de filamentos finos de actina e ancoragem no disco Z (Delgado, 2001)];
- ◆ O desaparecimento da troponina-T e o simultâneo aparecimento de um polipeptídeo de peso molecular de 28-32kDa. Segundo o autor, esta é a mais observada e relatada modificação que ocorre durante o período *post-mortem*. Entretanto, por causa da localização da troponina-T nas miofibrilas, também na banda I, é pouco provável que a degradação desta proteína por si só possa ter algum efeito direto na maciez. Mas esta modificação pode ser um bom indicador da extensão da proteólise *post-mortem*.
- ◆ O aparecimento de polipetídeos com alto peso molecular de 95 kDa, [que conforme citação de Delgado (2001), podem ser de 95 a 300 kDa, e que provavelmente sejam provenientes da degradação da titina ou nebulina, mas que não se sabe exatamente qual o seu significado na maciez das carnes].
- ◆ Uma outra importante observação é que as principais proteínas contráteis, miosina e actina, não são afetadas pelo processo de ação enzimática.

Em trabalho realizado por Taylor *et al.* (1995), foi observado que a degradação das ligações intermiofibrilares e os costâmeros, estruturas que ligam as miofibrilas ao sarcolema, e o enfraquecimento da interação filamentos finos/disco Z, têm papel fundamental no processo de amaciamento muscular no período *post-mortem*. Entretanto os autores concluíram que a degradação do disco Z não ocorre com intensidade significativa durante os primeiros três ou quatro dias *post-mortem*, quando se dá boa parte do amaciamento da carne.

Uma indicação da degradação das proteínas miofibrilares durante o período *post-mortem* pode ser obtida pela determinação da extensão da

fragmentação miofibrilar, quando a carne é submetida à homogeneização (Hopkins *et al.*, 2004). A análise, conhecida como Índice de Fragmentação Miofibrilar, pode ser realizada rotineiramente em laboratório, e está diretamente relacionada à maciez das carnes (Koohmaraie, 1994). Este índice mede o tamanho médio das miofibrilas, ou seja, miofibrilas mais curtas resultam em maiores valores para o Índice de Fragmentação Miofibrilar, que é geralmente relacionado com maior maciez das carnes (Taylor *et al.*, 1995). Teoricamente, o enfraquecimento e/ou degradação dos discos Z e a degradação da desmina e, provavelmente, da titina são responsáveis pelo aumento da fragilidade das miofibrilas durante o período *post-mortem* (Koohmaraie, 1992).

Há alguns anos têm acontecido muitas discussões sobre as proteases específicas que são responsáveis pelas modificações no período *post-mortem*. Para ser considerada como uma possível candidata a estar envolvida no processo de amaciamento a enzima deve possuir certas características. De acordo com Goll *et al.* (1983) *apud* Koohmaraie (1996) alguns critérios devem ser observados e, logicamente, o primeiro critério a ser observado é o de que as proteases devem ser endógenas às células musculares esqueléticas. Segundo, as proteases devem ter a capacidade de reproduzir as modificações miofibrilares *post-mortem* em ensaios *in vitro* sob condições ótimas. E, finalmente, as proteases devem ter acesso às miofibrilas no tecido. Se uma protease não possui estas características, ela não pode ser considerada como uma candidata ao processo de amaciamento *post-mortem*. Por outro lado, se uma enzima atende a estes critérios, pode ser impossível de excluir a possibilidade de seu envolvimento no processo de amaciamento.

De todas as potenciais candidatas, as calpaínas são as únicas que apresentam todos os requerimentos acima. Baseado em resultados de numerosos experimentos reportados por diferentes laboratórios, pode-se concluir que a proteólise de proteínas miofibrilares importantes pela μ -calpaína é o mecanismo

fundamental do amaciamento das carnes, que ocorre durante a estocagem em temperaturas de refrigeração (Koohmaraie, 1996).

Inicialmente, as proteases lisossomais, também conhecidas como catepsinas, foram as primeiras enzimas investigadas como tendo um importante papel no processo de amaciamento das carnes. Entretanto, com a descoberta do sistema proteolítico das calpaínas, tem sido decrescente a importância das catepsinas como participante do processo (Zeece *et al.*, 1992).

As calpaínas são, juntamente com as catepsinas (enzimas lisossomais), as únicas enzimas capazes de hidrolisar proteínas miofibrilares. Todavia, uma das principais evidências que apontam para as calpaínas, como reguladoras do processo de amaciamento, é o fato de não degradarem actina e miosina, que permanecem intactas durante o processo de maturação da carne (Delgado, 2001). Além disso, as calpaínas hidrolisam as proteínas em determinados pontos internos, não sendo capazes de levar o processo de hidrólise até aos aminoácidos.

De acordo com Koohmaraie (1994), as evidências de que as catepsinas lisossomais não possuem um importante papel na proteólise miofibrilar *post-mortem* incluem não somente o fato de que o período de estocagem não possui efeito sobre actina e miosina, principal substrato das catepsinas, mas também o fato de que as catepsinas estão localizadas dentro dos lisossomos, e devem então, ser liberadas para ter acesso às miofibrilas. Mas não há embasamento científico que comprove que os lisossomos são rompidos no período *post-mortem*, liberando assim catepsinas no sarcoplasma. Pelo contrário, o único experimento que examinou com precisão esta hipótese indicou que mesmo após estimulação elétrica e 28 dias de maturação a 4°C, as enzimas lisossomais ainda permaneceram localizadas dentro dos lisossomos (LaCourt *et al.* 1986 *apud* Koohmaraie, 1994).

3.7. Avaliação da maciez

Considerando a importância da maciez da carne bovina para os consumidores, há muito debate em torno dos métodos de mensuração desse atributo de qualidade. Alguns métodos instrumentais têm sido utilizados, nas instituições de pesquisa de diversas partes do mundo, como o Warner-Bratzler Meat Shear, o Instron e o MIRINZ, visando sempre obter indicadores de correlação com valores que seriam obtidos em análise sensorial.

Diferenças em correlações obtidas entre os experimentos podem ser devidas a vários fatores, que incluem, o uso de diferentes tipos de provadores na análise sensorial (provadores treinados *versus* consumidores não treinados), diferentes métodos de cozimento, incluindo neste ponto as diferenças de temperatura, de tempo de cozimento e temperatura final, diferenças na preparação de amostras e o uso de diferentes grupamentos musculares (Peachey *et al.*, 2002).

Um dos métodos mais difundidos e utilizados, e que tem alta correlação com a satisfação de provadores treinados e consumidores não treinados, denomina-se força de cisalhamento ou WBS – sigla para Warner Bratzler Shear, em homenagem aos dois pesquisadores que desenvolveram o equipamento de corte para avaliar a maciez da carne (Delgado, 2001).

A utilização do Warner-Bratzler Shear para avaliar a maciez da carne bovina deve ser feita com bastante critério, seguindo corretamente as orientações para a execução da metodologia, para que pequenos erros não possam comprometer a interpretação e análise dos resultados. Diversos fatores devem ser cuidadosamente controlados, como a amostragem, o cozimento e a retirada dos cilindros, para garantir que a medição da força de cisalhamento seja a mais precisa e com a maior repetibilidade possível (Francis *et al.* 1981; Wheeler *et al.*,

1996). Em trabalho realizado por Wheeler *et al.* (1999), foi observado que a temperatura final durante o cozimento das amostras tem um efeito significativo na maciez da carne. Os autores observaram um aumento da força de cisalhamento, à medida que a temperatura final aumentou, sendo que este aumento foi mais pronunciado nas carnes que eram naturalmente menos macias que para carnes naturalmente mais macias.

Em 1994, durante uma conferência nacional sobre maciez da carne bovina nos Estados Unidos (*National Beef tenderness Plan Conference*), foi tomada uma iniciativa para a criação de um protocolo padronizado para a determinação da maciez utilizando o método de Warner-Bratzler (Savell *et al.*, 1994). A proposta deste protocolo foi a de permitir uma coleção consistente de determinações de valores para força de cisalhamento por WBS entre diferentes instituições para permitir uma avaliação comparativa.

De acordo com Wheeler *et al.* (1997), que compararam a repetibilidade e os valores médios para WBS entre instituições diferentes, avaliando a importância do protocolo utilizado, foi observada diferença nos valores para força de cisalhamento entre instituições diferentes. Desta forma, comparações para valores de WBS entre instituições não são válidas de maneira geral. Entretanto os autores observaram que é possível para as instituições obter a mesma média de valores de força de cisalhamento e ter alta repetibilidade se for utilizado o protocolo padronizado, sendo executado de forma correta, com equipamentos calibrados.

Diferentes grupamentos musculares de uma mesma carcaça apresentam valores diferentes para força de cisalhamento, conforme observado por Shackelford *et al.* (1995b), que compararam 10 dos principais músculos bovinos. Segundo os autores a força de cisalhamento do *longissimus dorsi* não foi altamente correlacionada com a força de cisalhamento para outros músculos.

Estes resultados estão em acordo com os observados por Belew *et al.* (2003), que observaram variação nos resultados de maciez quando avaliaram a força de cisalhamento por Warner-Bratzler em 40 músculos bovinos diferentes.

3.8. Análise sensorial

A avaliação sensorial por parte dos consumidores é uma poderosa ferramenta para descobrir as preferências dos consumidores ao adquirir e consumir carnes. As técnicas qualitativas são formas de avaliar as tendências gerais e compreender os desejos dos consumidores. A avaliação quantitativa por parte dos consumidores fornece dados que podem ser estatisticamente analisados e hipóteses podem ser testadas (Miller, 2003).

Dados colhidos de consumidores de carne em quatro países, França, Alemanha, Espanha e Reino Unido, foram avaliados em trabalho realizado por Grunert *et al.* (2004). Os grupos indicaram as mais importantes dimensões de qualidade da carne bovina como sendo o sabor, a maciez, a suculência, o frescor, a proporção de carne magra e aspectos de saúde e nutrição.

Algumas das dificuldades na avaliação da preferência dos consumidores é que sua opção pode variar entre diferentes produtos, e que, além disso, pode haver conflitos na preferência dos consumidores. Por exemplo, um consumidor pode preferir carnes com baixa quantidade de gordura aparente, levando em conta aspectos de dieta e questões de saúde. Entretanto, quando ele está comendo carnes, ele prefere as que apresentem alto teor de gordura (Miller, 2003).

Resurreccion (2003) relata que, a qualidade, definida como a aceitação de um alimento por consumidores regulares, pode ser quantificada pelo

uso de testes afetivos e caracterização de propriedades sensoriais do produto. Segundo o autor, a preferência do consumidor para carnes, em aspectos sensoriais, é influenciada pela aparência, maciez, sabor e suculência.

De acordo com Miller (2003), um dos fatores que afetam a preferência dos consumidores é o aspecto visual, e isto tem sido altamente relacionado com a maior aceitação do produto. Atributos de aspecto visual de carnes e produtos cárneos têm sido definidos como a cor da carne magra, a quantidade de descoloração (*off-colors*), a quantidade visual de gordura (intramuscular, intermuscular ou de cobertura), a firmeza da carne, a quantidade de exsudação na embalagem e água visualmente acessível na superfície das carnes. Segundo Fiems *et al.* (2000), o aspecto visual da carne pode ser afetado pela quantidade de gordura intramuscular. Uma grande quantidade de gordura entremeada pode tornar o corte com aspecto mais claro, mesmo que a quantidade de pigmentos seja alta.

A palatabilidade das carnes, ou seja, a qualidade na degustação, está relacionada ao sabor da carne e tem sido definida em atributos como suculência, maciez e sabor. Estes três atributos têm sido relacionados à percepção da aceitação global e são reconhecidos como os três principais componentes da palatabilidade. A suculência é a 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 uma combinação do cheiro ou odor percebido pelos órgãos olfativos, dos gostos básicos, salgado, doce, ácido e amargo, percebidos pelas papilas gustativas na língua e de outros fatores percebidos durante a mastigação e deglutição da carne. Além disso, o sabor também consiste no gosto residual (*aftertaste*), percebidos após o consumo do produto. (Miller, 2003).

Resultados de um estudo realizado por Miller *et al.* (2001), demonstraram que a aceitabilidade da carne bovina em atributos de maciez foi significativamente influenciada pelo sabor e suculência quando os valores para força de cisalhamento foram os mesmos. Este impacto da suculência e do sabor se tornou ainda mais importante para a satisfação dos consumidores, quando a maciez dos cortes estava em padrões inaceitáveis, ou seja, à medida que os bifes se tornam mais duros, a suculência e o sabor possuem um grande efeito na aceitação dos consumidores. Os autores observaram ainda que os consumidores conseguem perceber as diferenças em maciez e estão dispostos a pagar mais por cortes mais macios.

De acordo com Lorenzen *et al.* (2003) existe uma dificuldade particular em prever as respostas dos consumidores a partir de medidas laboratoriais objetivas, como a força de cisalhamento por Warner-Bratzler e análise sensorial com provadores treinados. Segundo os autores, muitos fatores ocorrem em suas residências quando estão preparando as carnes, como o método de cocção, o ponto de cocção (bem ou mal passado), adição de temperos e outros ingredientes antes, durante e após o preparo, preferências pessoais entre outros.

Com o objetivo de determinar a precisão e a capacidade de repetição de funcionários de laboratório (consumidores) não treinados, em detectar diferenças na maciez do m. *L. dorsi*, Wheeler *et al.* (2004) observaram que, em condições controladas em laboratório, ocorreu uma ampla variabilidade na habilidade individual dos consumidores não treinados na precisão e capacidade de repetição. Entretanto os autores citaram que um painel de funcionários de laboratório (formado por 4 a 16 provadores) foi capaz de detectar diferenças entre as categorias macio, intermediário e duro. Previamente, de forma similar, em estudo realizado por Boleman *et al.* (1997), também foi observado que

consumidores não treinados foram capazes de diferenciar entre três categorias de maciez (macio, intermediário e duro).

3.9. Princípios da avaliação da cor nas carnes

A cor das carnes é criticamente avaliada por consumidores, e freqüentemente é a base fundamental para a aceitação ou rejeição de um produto. De acordo com Kropf (1980) *apud* Page *et al.* (2001), o principal fator que determina a compra de carnes em cortes no varejo é provavelmente a cor. As cores das carnes cruas e de produtos cárneos são geralmente descritas como róseas ou vermelhas, mas as cores podem variar de tons próximos do branco ao vermelho escuro. A descoloração destes produtos freqüentemente envolve cores como o tanino, marrom, cinza, verde ou amarelo. Infelizmente cores como marrom são difíceis de se medir instrumentalmente, e, para carnes, é geralmente mais fácil medir a perda da cor vermelha ou outra cor normal (AMSA, 1991). Segundo Maria *et al.* (2003), não há um fator isolado que possa ser considerado como o responsável pela descoloração das carnes, mas, provavelmente, exista uma combinação de fatores, associados às modificações *post-mortem*.

A cor possui três dimensões quantitativamente possíveis de determinar. O primeiro deles é o que determina exatamente a cor (*Hue*) e pelo qual podemos distinguir famílias de cores (verde, amarelo azul, etc). É o resultado de diferentes impulsos de comprimento de onda na retina, produzindo a sensação da cor. O segundo é a luminosidade (*Value*) da cor, ou seja, esta é a qualidade que nos faz distinguir cores claras de cores escuras. E, finalmente, temos a saturação (*Chroma*), que é força ou intensidade de uma cor, ou seja, é o que nos faz distinguir cores fortes de cores fracas, também conhecida como intensidade da cor ou saturação (AMSA, 1991). Para carnes, o *chroma* é um indicador da

quantidade do pigmento mioglobina no músculo e irá determinar a saturação da cor (Maria *et al.*, 2003).

As avaliações visuais da cor das carnes não são fáceis de serem feitas, seja com provadores treinados, seja com consumidores não treinados, uma vez que os julgamentos humanos podem não se repetir dia após dia, e são influenciados por preferências pessoais, iluminação, deficiência visual, e a presença de outros fatores além da cor. Para a avaliação visual de carnes, alguns cuidados devem ser tomados na seleção e preparação das amostras. Alguns fatores para os quais a padronização é importante, a menos que o fator seja uma variável experimental, incluem: o regime nutricional dos animais; a velocidade de resfriamento das carcaças, o grupamento muscular, a localização da amostra no músculo, a orientação das fibras musculares, o pH muscular, o binômio tempo-temperatura da estocagem *post-mortem*, o tempo de exposição do corte ao oxigênio, a quantidade e distribuição de gordura entremeada, a umidade da superfície, a concentração de mioglobina, e as condições de embalagem e exposição das bandejas (AMSA, 1991).

Além das avaliações visuais, existem equipamentos que fazem a avaliação objetiva da cor, através de parâmetros bem definidos. A medição objetiva da cor das carnes pode ser utilizada por várias razões como: para dar suporte para avaliações visuais descritivas, como base para a aceitação ou rejeição de um produto, para documentar e avaliar a deterioração da cor no decorrer do tempo de estocagem ou exposição, e para estimar a proporção dos vários estados químicos da mioglobina. Entretanto, a razão mais importante de se utilizar medições objetivas da cor é a de auxiliar as observações visuais e fornecer evidências imparciais dos efeitos de tratamentos que podem ser estatisticamente analisados (AMSA, 1991).

Depois que o artista norte-americano A. H. Munsell, em 1905, desenvolveu um método para a expressão de cores que utilizava um grande número de papéis coloridos, classificados de acordo com a cor (*Munsell hue*), a luminosidade (*Munsell value*) e a saturação (*Munsell chroma*), outros métodos para expressão numérica foram desenvolvidos por uma organização internacional, a *Comission Internationale de L'Eclairage – CIE*. Os dois métodos mais conhecidos são o espaço de cores Yxy, desenvolvido em 1931 baseado nos valores *tristimulus* XYZ, e o espaço de cores $L^*a^*b^*$, desenvolvido em 1976, que fornece diferenças de cores mais uniformes em relação às diferenças visuais (Minolta, 1993).

O espaço de cores $L^*a^*b^*$, também conhecido como CIELAB, é atualmente um dos mais utilizados para medir cores de objetos e é amplamente utilizado em diversas áreas. Neste espaço de cores o valor de L^* indica a luminosidade, variando de branco (100) a preto (0). O valor de a^* representa uma coordenada de cores que varia do vermelho (a^{*+}) a verde (a^{*-}). O valor de b^* representa uma coordenada de cores que varia do amarelo (b^{*+}) a azul (b^{*-}) (Minolta, 1993).

Por causa da uniformidade do espaço de cores $L^*a^*b^*$ e da facilidade do uso de colorímetros, este sistema é o mais utilizado em mensurações de cores em carnes. Embora o sistema $L^*a^*b^*$ localize um único ponto na cor do corte cárneo, o valor de L^* tem sido bastante útil na determinação da intensidade do clareamento (aumento do valor de L^*) ou escurecimento (diminuição do valor de L^*) das carnes, e o valor de a^* tem sido útil na determinação das modificações em características da cor vermelha (AMSA, 1991).

Diversos trabalhos têm sido realizados buscando utilizar a avaliação objetiva da cor como indicadores de parâmetros de qualidade da carne bovina

(Wulf *et al.*, 1997; Wulf & Wise, 1999; Wulf & Page, 2000; Lagoda *et al.*, 2002; Maria *et al.*, 2003).

Wulf & Wise (1999) reportaram que os valores de L^* , a^* e b^* não foram diferentes ($P > 0,05$) quando compararam leituras feitas após um dia de resfriamento e após três ou quatro dias de resfriamento. Porém, os autores observaram que o tempo de estabilização dos espaços de cores após corte e exposição ao oxigênio (*bloom time*) foi diferente ($P < 0,05$), sendo que o valor de L^* estabilizou-se mais rapidamente, após cerca de 30 minutos, e os valores de a^* e b^* estabilizaram-se após 78 minutos.

Page *et al.* (2001) observaram elevada correlação entre valores de a^* e b^* , entretanto, segundo os autores, o valor de a^* é provavelmente mais útil que o valor de b^* para avaliação da estabilidade da cor da carne bovina (formação de metamioglobina na superfície) durante o tempo, isto por que a^* é um valor da coordenada de vermelho a verde, e a formação de metamioglobina modifica a cor da carne de vermelho para verde amarronzado. Além disto, os autores observaram uma correlação negativa dos valores de L^* , a^* e b^* com valores de pH muscular, ou seja, à medida que o pH aumentava os valores para cor diminuía. Entretanto, Wulf *et al.* (1997), observaram que o espaço de cores b^* é ligeiramente mais preciso em distinguir carcaças baseado nas diferenças em pH muscular.

4. MATERIAL E MÉTODOS

4.1. Animais

Foram utilizados, no total, 40 bovinos, divididos em dois abates, conforme descrição a seguir:

1º abate: 16 bovinos compostos Montana, machos inteiros, com idade média de 12 meses, terminados em confinamento, na Fazenda Vera Cruz no município de Goianésia-GO.

2º abate: 24 bovinos mestiços ½ Nelore X ½ Simental, machos inteiros, com idade média de 12 meses, terminados em confinamento na fazenda citada acima.

4.2. Abate

Os animais foram abatidos em matadouro-frigorífico, sob Inspeção Federal, no município de Senador Canedo-GO, seguindo as normas preconizadas pelo Regulamento de Inspeção Industrial e Sanitária de Produtos de Origem Animal – RIISPOA (Brasil, 1997). Foram realizados dois abates, em épocas distintas, sendo o 1º abate no dia 01/11/2003 e o 2º abate no dia 10/01/2004, porém respeitando os mesmos padrões para transporte, manejo, descanso, jejum e dieta hídrica.

Após o desembarque, os animais foram apartados em quatro lotes, sendo lotes de quatro animais no 1º abate e de seis animais no 2º abate, em currais separados, onde permaneceram em descanso, jejum e dieta hídrica por um período de 18 a 24 horas antes de serem conduzidos à sala de matança.

Após a sangria dos animais foi aplicada estimulação elétrica de baixa voltagem através de estimulador da marca JARVIS DO BRASIL LTDA., modelo BV80. Os estímulos foram aplicados durante a passagem dos animais pela canaleta de sangria, e tiveram as seguintes características: tensão de 6 volts em ondas quadradas, amperagem de 0,2 A, frequência de 60 Hertz. Os estímulos foram intermitentes, sendo quatro segundos ligado e um segundo desligado, com tempo total de estimulação de 30 segundos aproximadamente.

Após o abate as meias-carcaças foram pesadas, obtendo-se o peso de carcaça quente (PQ) e conduzidas às câmaras de resfriamento onde permaneceram por 48 horas.

4.3. Resfriamento

Foram utilizados no experimento quatro tratamentos de resfriamento, sendo que no primeiro abate foram utilizados aleatoriamente quatro animais em cada tratamento, perfazendo um total de 16 animais, e no segundo abate seis animais em cada tratamento, totalizando 24 animais. As câmaras foram preenchidas até a lotação máxima recomendada, habitualmente utilizada no matadouro-frigorífico, com outras meias-carcaças provenientes do abate do dia, mas que não fizeram parte do experimento. As meias-carcaças foram conduzidas às câmaras de resfriamento e receberam um dos seguintes tratamentos de resfriamento:

4.3.1. Resfriamento convencional sem aspersão:

As meias-carcaças foram resfriadas por 48 horas com temperatura da câmara ajustada para 0°C e com ventilação ligada, conferindo uma velocidade de circulação do ar de 0,5 a 3,0 m/s.

4.3.2. Resfriamento lento com aspersão:

As meias-carcaças foram resfriadas nas primeiras 12 horas com temperatura da câmara ajustada para 10°C, e no período restante com temperatura ajustada para 0°C. Durante todo o período a ventilação estava ligada, conferindo uma velocidade de circulação do ar de 0,5 a 3,0 m/s. Durante as primeiras seis horas de resfriamento, as meias-carcaças receberam aspersão de água, à temperatura de 2°C, em ciclos intermitentes de 30 segundos de duração e intervalos entre ciclos de 10 minutos. O tempo total de resfriamento foi de 48 horas.

4.3.3. Resfriamento lento sem aspersão:

As meias-carcaças foram resfriadas nas primeiras 12 horas com temperatura da câmara ajustada para 10°C, e no período restante com temperatura ajustada para 0°C. Durante todo o período a ventilação estava ligada, conferindo uma velocidade de circulação do ar de 0,5 a 3,0 m/s. O tempo total de resfriamento foi de 48 horas.

4.3.4. Resfriamento convencional com aspersão:

As meias-carcaças foram resfriadas durante 48 horas com temperatura da câmara ajustada para 0°C e com a ventilação ligada, conferindo uma velocidade de circulação do ar de 0,5 a 3,0 m/s. Durante as primeiras seis horas de resfriamento, as meias-carcaças receberam aspersão de água, à temperatura de 2°C, ciclos intermitentes de 30 segundos de duração e intervalos entre ciclos de 10 minutos.

O controle da redução da temperatura das câmaras foi realizado através do termômetro digital de cada uma, registrado em sistema

computadorizado, e através de termômetros de mercúrio de mínima e máxima (capela) da marca INCOTERM, colocado no interior das câmaras, sendo que o registro das temperaturas foi feito de hora em hora em todas as câmaras até 12 horas de resfriamento e, também, com 24 horas. O registro da redução da temperatura nas câmaras também foi realizado através de registradores descartáveis de temperatura da marca JONHIS, modelo RTP (escala de -30°C a 30°C e capacidade para 60 dias de registro), também colocados no interior de cada uma das câmaras, sendo retirado após o término do resfriamento.

A redução da temperatura nas carcaças, assim como a redução do pH, foram monitoradas individualmente e registradas de hora em hora até 12 horas *post-mortem* e, também, na 24ª hora. As medições da temperatura foram feitas utilizando termômetro digital da marca TESTO, modelo 925, inserido 5 cm no músculo *L. dorsi*, na altura da 9ª e 10ª vértebras torácicas das meias-carcaças esquerdas. As medições de pH foram feitas utilizando pHmetro digital portátil da marca HANNA, modelo 225, também inserido no mesmo músculo e altura.

4.4. Pesagem das meias-carcaças após o resfriamento

Após 48 horas de resfriamento as meias-carcaças foram retiradas das câmaras de resfriamento e pesadas. O cálculo da perda de peso durante o resfriamento foi feito pela diferença entre o peso da carcaça quente e o peso da carcaça resfriada.

4.5. Desossa e retirada das amostras

Após a pesagem, as meias-carcaças foram divididas em quartos: dianteiro, traseiro e ponta de agulha; os traseiros foram então conduzidos à sala

de desossa, climatizada a 12°C. Após a desossa do contrafilé, foram retirados bifes de aproximadamente 2,5 cm de espessura do músculo *longissimus dorsi*, em sua porção lombar, iniciando da região da 1ª vértebra lombar em direção à última, sendo 3 bifes de cada animal para cada período de maturação, ou seja 12 bifes de cada, perfazendo um total de 480 bifes. Os bifes foram embalados a vácuo, individualmente, utilizando filme da marca CRYO-VAC, e devidamente identificados. As amostras (bifes) foram separadas em caixas de papelão, devidamente identificadas, de acordo com o tempo de maturação, e conduzidas à câmara de maturação do frigorífico.

4.6. Maturação

As amostras retiradas das carcaças submetidas aos quatro tratamentos de resfriamento, foram maturadas em câmara de refrigeração à temperatura de 0 a 2°C, por períodos de 7, 14, 30 e 60 dias. As caixas de papelão contendo as amostras foram depositadas em paletes com divisórias metálicas, de forma que não houvesse empilhamento das caixas.

A temperatura da câmara de maturação foi monitorada através de termômetro de mercúrio de mínima e máxima (capela) da marca INCOTERM, colocado no interior da câmara, onde foram feitas duas leituras diárias, uma no período da manhã e outra no período da tarde.

Após os respectivos períodos de maturação, as amostras foram retiradas da câmara e conduzidas, em caixas isotérmicas, para o açougue de uma grande rede de supermercados da cidade de Goiânia-GO.

4.7. Retirada do vácuo e cálculo da perda por exsudação

Na sala de desossa do açougue do supermercado, climatizada à 12°C, as amostras foram retiradas assepticamente da embalagem a vácuo, colocadas em bandejas de poliestireno expandido e posteriormente envolvidas em filme de PVC (policloreto de vinila) da marca GOODYEAR, modelo VITAFILM OMNIFILM, com alta permeabilidade ao oxigênio. Durante esta etapa as amostras embaladas foram inicialmente pesadas, em balança da marca TOLEDO, modelo 9094C/2, com sensibilidade para 2 g de peso. Posteriormente, as embalagens foram abertas e todo o volume de suco (exsudato) removido. As amostras foram então novamente pesadas e calculada a perda por exsudação pela diferença de peso entre as amostras, antes e após a remoção do suco, descontados os pesos da embalagem.

4.8. Exposição das amostras em gôndola refrigerada

Após a colocação das amostras em bandejas de poliestireno expandido, as mesmas foram dispostas em uma gôndola de comercialização refrigerada do supermercado, dotada de iluminação artificial fluorescente, com lâmpadas da marca PHILIPS, modelo TLD de 32 Watts, dispostas na parte superior da gôndola. As amostras foram colocadas de forma que não houvesse empilhamento, em temperatura ambiente de $4^{\circ}\text{C} \pm 2^{\circ}\text{C}$, controlada através de um termômetro de mercúrio de mínima e máxima (capela) da marca INCOTERM, colocado no interior da gôndola. As amostras ficaram expostas continuamente por um período de 48 horas, simulando uma situação de venda, quando foram realizadas as medições objetivas de cor e a avaliação visual com os consumidores.

4.9. Avaliação da cor

A avaliação objetiva da cor foi feita através do colorímetro portátil da marca IHARA ELECTRONIC IND. CO. LTD., modelo IHACTMSYSTEM-20, utilizando o método CIE – *Commission Internationale de l'Eclairage*, com espaço de cor em L^* , a^* , b^* , iluminante do tipo D65, ângulo de observação de 10° , tendo como fonte de luz lâmpada de halogênio e diâmetro fixo da área de medição de 10 milímetros. No sistema L^* , a^* , b^* , o valor de L^* representa a luminosidade, oscilando de branco (100) a preto (0), o valor de a^* indica o ponto no eixo de vermelho (+) a verde (-), e o valor de b^* o ponto no eixo de amarelo (+) a azul (-).

As medições, realizadas após 24 horas de exposição na gôndola, foram feitas em três pontos em cada amostra, sendo uma na região esquerda, uma na central e outra na região direita da amostra, considerando a média entre as três leituras para cada espaço de cores (L^* , a^* e b^*).

4.10. Avaliação visual

Após 24 horas de exposição na gôndola, as amostras foram avaliadas visualmente por consumidores, clientes do supermercado, quanto aos atributos de cor, aceitação global e opção de compra. O questionário foi elaborado utilizando, para cada atributo, uma escala hedônica estruturada de nove pontos (Anexo 01). Os consumidores foram abordados individualmente e convidados a responder o questionário, sendo orientados a desconsiderar aspectos como espessura de gordura, tamanho e/ou formato da amostra e o fator preço na elaboração das respostas, considerando apenas os aspectos de qualidade.

Foi utilizado um total de 40 provadores, sendo que cada um avaliou uma amostra de cada tratamento. Os provadores foram clientes do supermercado,

consumidores de carne bovina e responsáveis pela compra de carnes em suas residências. As amostras foram oferecidas aos provadores separadamente, de forma aleatória, sobre uma mesa com cadeira, em local bem iluminado e sossegado.

4.11. Retirada das amostras da gôndola

Após 48 horas de exposição na gôndola do supermercado, as amostras foram removidas e transportadas, em caixas isotérmicas, para os laboratórios do Centro de Pesquisa em Alimentos – CPA, da Escola de Veterinária da UFG, onde as demais análises foram realizadas.

4.12. Análises microbiológicas

4.12.1. ANÁLISES MICROBIOLÓGICAS DAS AMOSTRAS DE CARNE

Foram efetuadas análises microbiológicas para contagem de microrganismos aeróbios mesófilos conforme metodologia oficial (Brasil, 2003) e de microrganismos psicrófilos (APHA, 1992).

As embalagens de poliestireno expandido, contendo as amostras, foram abertas assepticamente em câmara de fluxo laminar. A seguir, uma sub-amostra de 25 gramas foi retirada e homogeneizada com 225 mL de água peptonada tamponada a 0,1%. Obteve-se dessa forma a diluição 10^{-1} a partir da qual diluições decimais seriadas sucessivas foram preparadas.

4.12.1.1. Contagem de microrganismos mesófilos aeróbios estritos ou facultativos viáveis (Brasil, 2003):

Alíquotas de 1,0 mL das diluições decimais selecionadas foram transferidas para placas de Petri esterilizadas. Sobre o inóculo verteu-se 15 mL do ágar padrão para contagem (PCA), previamente fundido e resfriado a temperatura média de $45^{\circ}\text{C} \pm 2^{\circ}\text{C}$. Em seguida, procedeu-se a homogeneização em constantes movimentos seguindo a forma do numeral oito. Após a homogeneização as placas foram mantidas em superfície plana até a completa solidificação do meio. Uma vez solidificado o meio, as placas foram transferidas para estufas incubadoras bacteriológicas a $36^{\circ}\text{C} \pm 1^{\circ}\text{C}$ por 48 horas. Após o período de incubação foi realizada a contagem das unidades formadoras de colônias (UFC), em placas que continham entre 25 e 250 colônias presentes.

4.12.1.2. Contagem de microrganismos psicrófilos (APHA, 1992):

Alíquotas de 1,0 mL das diluições decimais selecionadas foram transferidas para placas de Petri esterilizadas. Sobre o inóculo verteu-se 15 mL do ágar padrão para contagem (PCA), previamente fundido e resfriado a temperatura média de $45^{\circ}\text{C} \pm 2^{\circ}\text{C}$. Em seguida, procedeu-se a homogeneização em constantes movimentos seguindo a forma do numeral oito. Após a homogeneização as placas foram mantidas em superfície plana até a completa solidificação do meio. Uma vez solidificado o meio, as placas foram transferidas para refrigerador a $7^{\circ}\text{C} \pm 2^{\circ}\text{C}$ por 10 dias. Após o período de incubação foi realizada a contagem das unidades formadoras de colônias (UFC), em placas que continham entre 25 e 250 colônias presentes.

4.12.2. ANÁLISES MICROBIOLÓGICAS DA ÁGUA DO SISTEMA DE ASPERSÃO

Amostras da água utilizada para a aspersão de carcaças foram colhidas em todas as câmaras que utilizaram o sistema, nos dois abates. Com ajuda de escada, utilizando vidro apropriado e devidamente esterilizado, foram colhidas amostras de água, diretamente na saída do bico aspersor. Os vidros foram identificados e imediatamente conduzidos, em caixa isotérmica, para os laboratórios do CPA da Escola de Veterinária da UFG. Foram realizadas as seguintes análises, seguindo a metodologia oficial (Brasil, 2003):

4.12.2.1. Contagem de microrganismos mesófilos aeróbios estritos ou facultativos viáveis:

Alíquotas de 1,0 mL das diluições decimais selecionadas, 10^0 , 10^{-1} e 10^{-2} , foram transferidas para placas de Petri esterilizadas. Sobre o inóculo verteu-se 15 mL do ágar padrão para contagem (PCA), previamente fundido e resfriado a temperatura média de $45^{\circ}\text{C} \pm 2^{\circ}\text{C}$. Em seguida, procedeu-se a homogeneização em constantes movimentos seguindo a forma do numeral oito. Após a homogeneização as placas foram mantidas em superfície plana até a completa solidificação do meio. Uma vez solidificado o meio as placas foram transferidas para estufas incubadoras bacteriológicas a $36^{\circ}\text{C} \pm 1^{\circ}\text{C}$ por 48 horas. Após o período de incubação foi realizada a contagem das unidades formadoras de colônias (UFC), em placas que continham entre 25 e 250 colônias presentes.

4.12.2.2. NMP - Número Mais Provável de Coliformes Totais

Para a prova presuntiva, de cada amostra, alíquotas de 10 mL foram inoculadas em uma série de 3 tubos contendo caldo lauril sulfato de sódio em concentração dupla, alíquotas de 1 mL das amostras em uma segunda série de 3 tubos contendo caldo lauril sulfato de sódio em concentração simples, e alíquotas

de 1 mL na diluição de 10^{-1} em uma terceira série de 3 tubos contendo o mesmo meio. Todos os tubos continham tubos de Durhan em seu interior. Os tubos foram incubados em estufa à temperatura de $36^{\circ}\text{C} \pm 1^{\circ}\text{C}$ por um período de 24 a 48 horas. Foram considerados positivos para a prova presuntiva os tubos que apresentaram formação de gás nos tubos de Durhan ou efervescência quando agitado gentilmente.

Para a prova confirmativa, de cada tubo positivo na prova presuntiva foi colhida uma alçada e repicado em tubos contendo caldo VBBL (verde brilhante bile lactose) e tubos de Durhan no seu interior. Os tubos foram incubados à temperatura de $37^{\circ} \pm 0,2^{\circ}\text{C}$, por um período de 24 a 48 horas. A presença de coliformes totais foi confirmada pela formação de gás nos tubos de Durhan ou efervescência quando agitado gentilmente. Os resultados para cada tubo, bem como as diluições correspondentes foram anotados e a partir da combinação dos números foi identificado o NMP, conforme tabela específica.

4.12.2.3. NMP - Número Mais Provável de Coliformes Fecais (Termotolerantes)

Para a prova presuntiva, de cada amostra, alíquotas de 10 mL foram inoculadas em uma série de 3 tubos contendo caldo lauril sulfato de sódio em concentração dupla, alíquotas de 1 mL das amostras em uma segunda série de 3 tubos contendo caldo lauril sulfato de sódio em concentração simples, e alíquotas de 1 mL na diluição de 10^{-1} em uma terceira série de 3 tubos contendo o mesmo meio. Todos os tubos continham tubos de Durhan em seu interior. Os tubos foram incubados em estufa à temperatura de $36^{\circ}\text{C} \pm 1^{\circ}\text{C}$ por um período de 24 a 48 horas. Foram considerados positivos para a prova presuntiva os tubos que apresentaram formação de gás nos tubos de Durhan ou efervescência quando agitado gentilmente.

Para a prova confirmativa, de cada tubo positivo na prova presuntiva foi colhida uma alçada e repicado em tubos contendo caldo EC e tubos de Durhan no seu interior. Os tubos foram incubados à temperatura de $45^{\circ} \pm 0,2^{\circ}\text{C}$, em banho-maria com agitação ou circulação da água por um período de 24 a 48 horas. A presença de coliformes fecais foi confirmada pela formação de gás nos tubos de Durhan ou efervescência quando agitado gentilmente. Os resultados para cada tubo, bem como as diluições correspondentes foram anotados e a partir da combinação dos números foi identificado o NMP, conforme tabela específica.

4.13. Índice de Fragmentação Miofibrilar

As análises para verificação do Índice de Fragmentação Miofibrilar (IFM) tiveram como base as metodologias de Olson *et al.* (1976) e Culler *et al.* (1978). As diversas etapas do processo de cálculo do índice estão descritas abaixo:

4.13.1. PREPARO DO TAMPÃO IFM

Para preparar dois litros do tampão IFM foram utilizados os seguintes reagentes químicos:

KCl.....	14,91 g
KH ₂ PO ₄	2,72 g
K ₂ HPO ₄	3,50 g
EDTA	0,76 g
MgCl ₂	0,41 g
NaN ₃	0,13 g

Os reagentes foram dissolvidos em água destilada deionizada, tiveram o pH ajustado para 7,0 utilizando uma solução 1M de NaOH e foram transferidos para um balão volumétrico de dois litros, para ajuste do volume. O tampão depois de preparado foi mantido em refrigeração (2°C).

4.13.2. PREPARO DO REAGENTE DE BIURETO

Para preparar dois litros do Reagente de Biureto foram utilizados os seguintes reagentes químicos:

CuSO ₄ (5 H ₂ O)	3,0 g
C ₄ H ₄ KNaO ₆ (4 H ₂ O)	12,0 g

Os reagentes (sulfato de cobre e Sal de Rochelle) foram dissolvidos em aproximadamente um litro de água destilada e deionizada em um balão volumétrico de dois litros. Em constante agitação foi adicionado 600 mL de uma solução recém preparada e livre de carbonatos de NaOH a 10% e posteriormente completado o volume para dois litros. O reagente foi armazenado em uma garrafa de polietileno marrom ou preta (protegido da luz) em temperatura ambiente. Se fosse observado o aparecimento de precipitados pretos ou vermelhos o reagente era descartado.

4.13.3. EXTRAÇÃO DAS MIOFIBRILAS

De cada uma das amostras foram retirados, com auxílio de tesoura, aproximadamente quatro gramas de tecido muscular, em duplicata, tomando-se o cuidado de desprezar partes contendo tecido conjuntivo e gorduras. Estas porções foram finamente picadas utilizando uma tesoura e colocadas em copo homogeneizador de alumínio. Foram adicionados 40 mL de tampão IFM à temperatura de 2°C e homogeneizados por 30 segundos.

O volume homogeneizado foi colocado em tubo de centrifuga, de polietileno com tampa de rosca, de 50 mL e centrifugado, em centrifuga refrigerada, a 2400 rpm durante 15 minutos à temperatura de 2°C. Após a centrifugação o sobrenadante foi descartado e o precipitado foi suspenso novamente com adicionais 40 mL de tampão IFM (2°C), com o auxílio de um bastão de vidro (sem agitar no vortex). O material foi novamente centrifugado a 2400 rpm, durante 15 minutos a 2°C. Após a centrifugação o sobrenadante foi descartado e o precipitado foi mais uma vez suspenso com 10 mL de tampão IFM (2°C) e agitado (vortex) até ficar bem misturado. O volume foi então passado por uma peneira de polietileno para remover fragmentos de tecido conjuntivo e pedaços maiores. Nos tubos de centrifuga foram novamente adicionados 10 mL de tampão IFM (2°C), agitados para lavar bem o conteúdo do tubo e posteriormente passados através da peneira de polietileno.

4.13.4. DETERMINAÇÃO DO ÍNDICE DE FRAGMENTAÇÃO MIOFIBRILAR

Foram pipetados 0,25 mL da suspensão de miofibrilas em tubos de ensaio e adicionados 0,75 mL de tampão IFM (2°C). Posteriormente adicionou-se 4 mL do Reagente de Biureto, agitando no vortex. Após esta operação os tubos foram incubados por 30 minutos em ambiente escuro, à temperatura ambiente. Após o período de incubação foram feitas as leituras de absorbância em 540 nm, em espectrofotômetro da marca CARL ZEISS, modelo SPEKOL 11. Através das leituras foram calculadas as concentrações protéicas das suspensões de miofibrilas em mg/mL.

De cada uma das amostras (suspensão de miofibrilas), foram feitas diluições, em tubos de ensaio, com o tampão IFM, para uma concentração de 0,5 mg/mL, em um volume total de 8 mL. Os tubos foram agitados em vortex, imediatamente antes da leitura de absorbância em 540 nm. Os valores das leituras

de absorbância foram multiplicados por 200, para obtenção do Índice de Fragmentação Miofibrilar.

4.14. Comprimento de Sarcômeros

Para a medição do comprimento dos sarcômeros foi utilizado a suspensão de miofibrilas, obtida para o cálculo do índice de fragmentação miofibrilar, diluída em tampão IFM, conforme Culler *et al.*, (1978).

Após a diluição da suspensão de miofibrilas, uma gota foi depositada sobre lâmina para microscopia de 26 x 76 mm e coberta com lamínula de 22 x 22 mm. As Lâminas foram examinadas em microscópio da marca CARL ZEISS, modelo AXIOPHOT, por microscopia de contraste de fase, utilizando objetiva de aumento de 100x e ocular de 10x, em óleo de imersão. Foram selecionadas miofibrilas que apresentavam as estruturas miofibrilares mais nítidas, principalmente a linha Z, e que apresentavam um número mínimo de aproximadamente 10 sarcômeros em sequência

As miofibrilas foram fotografadas e as imagens capturadas por placa de captura da marca PINNACLE SYSTEMS modelo STUDIO PCTV USB. De cada amostra foram fotografadas no mínimo 10 miofibrilas. As miofibrilas foram posteriormente analisadas através do software da marca CARL ZEISS, modelo AXIOVISION 3.0, e os comprimentos de no mínimo cinco sarcômeros de cada miofibrila foram mensurados. Os resultados para cada amostra foram expressos em micrômetros, através da média global de todos os sarcômeros de todas as miofibrilas fotografadas.

4.15. Força de Cisalhamento

A avaliação da força de cisalhamento foi realizada conforme protocolo experimental descrito por Wheeler *et al.*, (1998).

Os bifes de aproximadamente 2,5 cm de espessura foram assados em forno elétrico da marca VENÂNCIO, modelo FEP 90 SÉRIE ITÁLIA, dotado de resistências elétricas nas partes superior e inferior, e pedra refratária sobre a resistência da parte inferior. O forno foi previamente ligado na posição máximo, com o ajuste de temperatura programado para manter aproximadamente 170°C.

Inicialmente pesaram-se as bandejas com as grelhas e posteriormente foram pesados os conjuntos bandeja/grelha com os bifes (amostras). Os bifes foram então colocados dentro do forno pré-aquecido, e foram virados após atingir a temperatura de 40°C internamente. Neste momento, o botão de controle da temperatura do forno foi ajustado para a posição mínimo, mantendo somente a resistência superior ligada. Ao atingirem a temperatura interna de 71°C os bifes foram retirados do forno. O controle da temperatura interna nos bifes foi realizado através de um termopar metálico, da marca TESTO, modelo 0602.5792, inserido na região central do bife.

Após retirar os bifes do forno, foram pesados os conjuntos bandeja/grelha/bife, e posteriormente, após retirar o bife, foram pesados os conjuntos bandeja/grelha, para serem calculadas as perdas por cozimento. Depois que atingiram a temperatura ambiente os bifes foram embalados em sacos plásticos, devidamente identificados, e levados ao refrigerador à temperatura de 7°C por um período de 24 horas.

Após o resfriamento das amostras, foram retirados de cada bife de seis a oito cilindros de $\frac{1}{2}$ polegada (aproximadamente 1,27 cm), paralelamente ao

sentido das fibras musculares, utilizando um amostrador (*coring cutter*) acoplado à uma furadeira elétrica. Os cilindros que não foram uniformes em diâmetro, e apresentaram partes com tecido conjuntivo aparente ou outros defeitos foram descartados. A força de cisalhamento foi medida utilizando o equipamento WARNER-BRATZLER MEAT SHEAR (G-R Manufacturing Co. Manhattan), modelo 3000, sendo o resultado registrado em Kg, pela média ajustada de todas as leituras, ou seja, desconsiderando o maior e o menor valor.

4.16. Análise Sensorial

Após os respectivos períodos de maturação, as amostras foram avaliadas sensorialmente, por provadores não treinados, para atributos de maciez e suculência, utilizando escala estruturada bipolar de nove pontos (Anexo 2). As amostras de cada tratamento de resfriamento foram agrupadas, formando um *pool* de amostras, de forma que todos os provadores pudessem analisar todos os tratamentos. Foram utilizados no total 25 provadores, entre professores, alunos e funcionários do Centro de Pesquisa em Alimentos da EV/UFG.

As amostras foram inicialmente assadas em forno elétrico, de forma idêntica à descrita para a avaliação da força de cisalhamento, sendo retiradas do forno com temperatura interna de 71°C. Imediatamente após a remoção do forno, os bifes foram cortados em cubos de aproximadamente 1,5 X 1,5 X 1,5 cm e servidos aos provadores. Os provadores receberam as amostras individualmente, em cabines isoladas, com luz branca natural, e entre uma amostra e outra, tinham à disposição copo com água e biscoito de água para rinsagem da boca.

4.17. Análises estatísticas

Foi utilizado o Delineamento Inteiramente Casualizado (DIC).

Os resultados das análises realizadas foram submetidos ao Pacote Computacional SAS (1996). O efeito dos tratamentos foi analisado pelo procedimento GLM (*General Linear Models*) e as médias comparadas pelo teste de Tukey (5%).

Para o estudo da perda por exsudação, cor, índice de fragmentação miofibrilar, comprimento de sarcômeros, força de cisalhamento, perdas no cozimento e testes de análise sensorial e visual utilizou-se o procedimento GLM e, para comparação das médias, o procedimento LSMEANS (teste T).

Para as análises microbiológicas, os dados foram submetidos ao teste não paramétrico de Kruskal-Wallis, devido à amplitude de variação de resultados e ausência de distribuição normal. Utilizou-se o programa computacional SAEG (RIBEIRO JÚNIOR, 2001) para o tratamento estatístico dos dados sendo o nível de significância adotado de 5%. O teste foi utilizado para avaliar o efeito dos tratamentos de refrigeração, e do tempo de maturação, sobre as contagens e determinação dos microrganismos indicadores das amostras de carne.

5. RESULTADOS E DISCUSSÃO

5.1. Métodos de resfriamento, redução de temperatura e pH

Os valores médios de redução da temperatura e do pH nas carcaças, no primeiro e segundo abates, estão demonstrados nas Tabelas 1 e 2, respectivamente. Os resultados mostram que em ambos abates, nos tratamentos com resfriamento lento, a temperatura nas carcaças se manteve acima de 10°C nas primeiras 12 horas *post-mortem*, alcançando um dos objetivos propostos pela metodologia de resfriamento (Figuras 1 e 2). Porém, no primeiro abate foi constatada uma dificuldade, por problemas técnicos, na redução da temperatura da câmara de resfriamento em que foi adotado o tratamento convencional sem aspersão, o que refletiu na velocidade de resfriamento das carcaças deste tratamento (Figura 1), embora, a princípio, este fato não tenha comprometido a seqüência do experimento.

Pode-se observar, analisando valores médios obtidos nos dois abates (Tabela 3), que houve efeito do método de resfriamento na velocidade de redução da temperatura nas carcaças ($P < 0,05$), tomando-se como referência as temperaturas na 3ª, 6ª e a 12ª horas *post-mortem*, porém não foi observado efeito do tratamento de resfriamento na velocidade de redução do pH ($P > 0,05$), comparando os valores obtidos na 3ª, 6ª, 12ª e 24ª hora após o abate (Tabela 4).

As curvas de redução do pH, medido no músculo *L. dorsi*, das carcaças submetidas aos diferentes tratamentos de resfriamento, considerando os valores médios entre os dois abates, estão ilustradas na Figura 3. Observou-se uma redução semelhante entre todos os tratamentos ($P > 0,05$), de forma uniforme e com velocidade intermediária de queda. O'Halloran *et al.* (1997a) definiram uma classificação, de acordo com a velocidade de queda de pH, em rápida, intermediária e lenta. Músculos *L. dorsi* com valor de pH na 3ª hora *post-mortem*

(pH₃) de 6,61 e pH na 6ª hora (pH₆) de 6,42 foram classificados como sendo de queda lenta de pH, *L. dorsi* com pH₃ de 6,19 e pH₆ de 5,86 como de queda intermediária e *L. dorsi* com pH₃ de 5,94 e pH₆ de 5,54 como de queda rápida de pH.

Tabela 1 – Redução média da temperatura (°C) e do pH nas carcaças resfriadas com e sem o sistema de aspersão, de forma lenta e convencional, no primeiro abate.

Hora	CSA		CCA		LSA		LCA	
	Temp.	pH	Temp.	pH	Temp.	pH	Temp.	pH
1ª	37,5	6,45	30,6	6,29	37,0	6,50	29,8	6,39
2ª	30,3	6,29	20,2	6,11	31,0	6,33	26,1	6,30
3ª	24,9	5,75	13,1	5,83	22,1	5,73	20,2	6,15
4ª	19,8	5,89	11,4	6,04	18,7	5,85	17,9	6,14
5ª	16,1	5,96	9,5	6,14	17,3	5,76	14,7	6,10
6ª	13,8	5,98	6,2	6,00	14,7	5,72	13,7	6,00
7ª	11,5	5,79	4,7	5,96	13,1	5,81	13,2	5,74
8ª	9,3	5,58	3,2	5,82	12,0	5,83	12,5	5,78
9ª	7,6	5,51	2,4	5,78	11,7	5,77	11,5	5,89
10ª	6,2	5,54	1,3	5,71	11,5	5,53	11,3	5,74
11ª	5,2	5,50	1,0	5,66	11,0	5,55	11,7	5,83
12ª	4,4	5,52	0,7	5,66	11,3	5,48	12,2	5,66
24ª	1,6	5,74	0,2	5,75	1,1	5,60	0,7	5,59

Temperatura e pH medidos no músculo longissimus dorsi à altura da 9ª e 10ª vértebras torácicas; n=16.

CSA: Resfriamento convencional sem aspersão; CCA: Resfriamento convencional com aspersão; LSA: Resfriamento lento sem aspersão; LCA: Resfriamento lento com aspersão.

Os resultados do presente experimento são similares aos obtidos por King *et al.* (2003), que não encontraram diferenças na velocidade de redução do pH muscular ($P>0,05$), quando compararam a velocidade de resfriamento rápida, onde os músculos *L. dorsi* foram desossados logo após o abate e resfriados por imersão em baldes com gelo, com o método convencional, à temperatura de 0°C, com sistema de aspersão de carcaças funcionando por oito horas, com quatro jatos de um minuto de duração a cada hora.

Entretanto, Olsson *et al.* (1994), comparando temperaturas de resfriamento de 1°C, 4°C, 7°C e 10°C, demonstraram que o valor final do pH foi influenciado pela temperatura, indicando uma redução da taxa de glicólise à medida que a temperatura foi mais baixa.

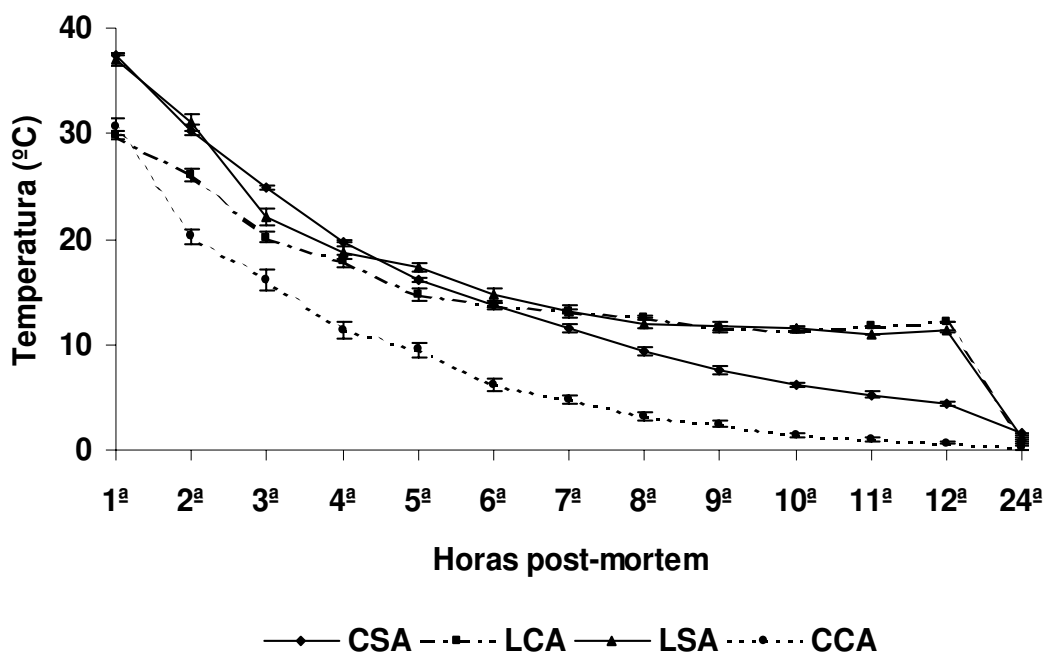


Figura 1 - Redução média da temperatura nas carcaças resfriadas com e sem o sistema de aspersão, de forma lenta e convencional, no primeiro abate.

A grande semelhança entre as curvas de redução de pH entre os tratamentos adotados no presente trabalho pode ser devido à utilização da estimulação elétrica, logo após a sangria, em todos os animais, embora as características técnicas da estimulação utilizada foram de baixíssima voltagem (6 Volts), muito abaixo da voltagem que tem sido utilizada na maioria dos experimentos, que é de 45 volts (Hwang & Thompson, 1998; Butchers *et al.*,

1998). A estimulação elétrica tem sido associada à maior velocidade de redução do pH, por aceleração da glicólise, melhorando algumas características desejáveis nas carcaças (Hwang *et al.*, 2003), garantindo que o *rigor-mortis* seja estabelecido de forma mais precoce, permitindo o resfriamento mais rápido com mínimo risco de encurtamento pelo frio (Devine *et al.*, 2002). Neste estudo, como as carcaças de todos os tratamentos foram estimuladas eletricamente, não foi possível avaliar o efeito da estimulação elétrica na velocidade de redução do pH. Entretanto percebe-se que houve influência porque o valor médio de pH na 3ª hora variou entre 5,75 e 6,17 nos dois abates, sendo que apenas o tratamento LCA no segundo abate apresentou valor de pH de 6,28 na 3ª hora.

Tabela 2 – Redução média da temperatura (°C) e do pH nas carcaças resfriadas com e sem o sistema de aspersão, de forma lenta e convencional, no segundo abate.

Hora	CSA		CCA		LSA		LCA	
	Temp.	pH	Temp.	pH	Temp.	pH	Temp.	pH
1ª	35,3	6,56	27,2	6,55	39,5	6,67	35,5	6,83
2ª	24,2	6,33	26,1	6,30	31,0	6,44	28,1	6,56
3ª	22,2	6,15	24,5	6,15	25,4	6,17	23,5	6,28
4ª	18,2	6,29	20,1	6,08	23,5	6,12	20,1	5,94
5ª	15,5	6,08	16,1	5,90	20,4	6,00	17,8	5,94
6ª	12,9	6,07	13,0	5,74	18,6	5,95	15,4	5,82
7ª	12,9	5,97	10,2	5,69	16,9	5,86	14,1	5,97
8ª	10,5	5,88	8,6	5,69	15,3	5,73	13,9	5,75
9ª	9,4	6,04	6,9	5,67	14,9	5,72	13,6	5,74
10ª	7,5	5,78	5,7	5,66	14,5	5,68	12,4	5,64
11ª	7,1	5,74	4,7	5,59	14,8	5,62	12,0	5,61
12ª	5,4	5,61	3,7	5,57	14,4	5,64	11,8	5,59
24ª	1,4	5,41	1,8	5,50	5,9	5,56	0,9	5,47

Temperatura e pH medidos no músculo longissimus dorsi à altura da 9ª e 10ª vértebras torácicas; n=24.

CSA: Resfriamento convencional sem aspersão; CCA: Resfriamento convencional com aspersão; LSA: Resfriamento lento sem aspersão; LCA: Resfriamento lento com aspersão.

Comparando os tratamentos com relação ao uso do sistema de aspersão, pode-se observar na Tabela 3, que houve efeito da aspersão na velocidade de redução da temperatura nas carcaças ($P<0,05$). Os resultados mostram que tanto para o resfriamento convencional, como para o resfriamento lento, as carcaças que receberam a aspersão apresentaram uma velocidade de redução da temperatura mais acelerada em relação às que não foram aspergidas ($P<0,05$). Este fato foi atribuído ao contato da água, em temperaturas muito baixas (2°C), na superfície das carcaças durante a utilização do sistema de aspersão, somando-se ao fato de que as carcaças utilizadas no presente experimento foram de pequeno porte (Anexo 3), pois os animais eram muito jovens, e apresentavam pouca espessura de gordura de cobertura, entre 1 e 3 milímetros de espessura, aproximadamente.

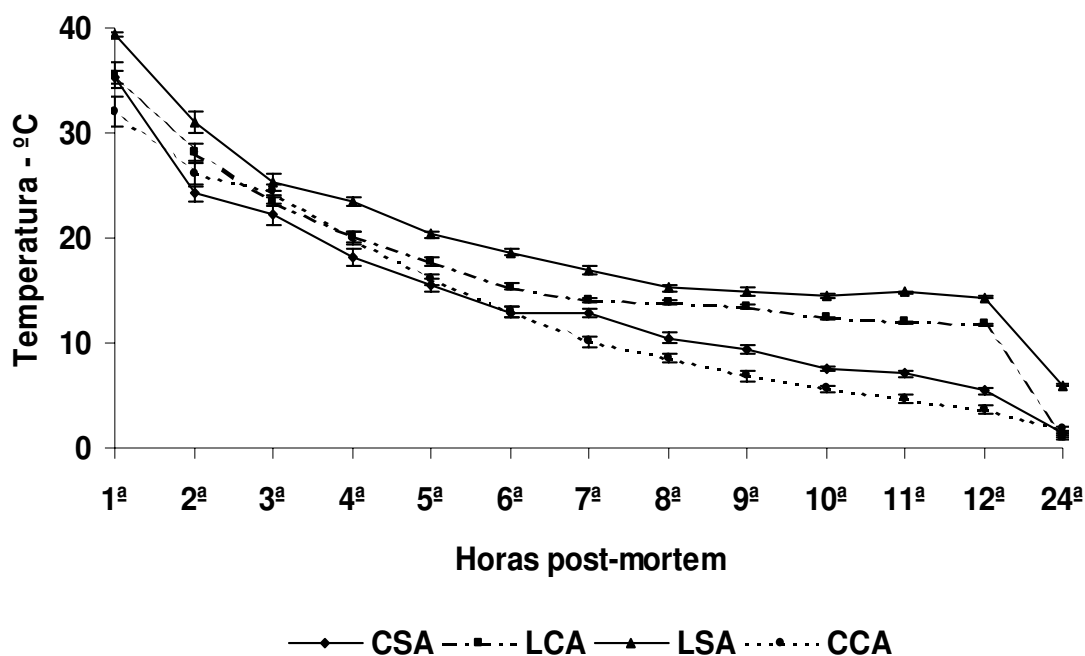


Figura 2 - Redução média da temperatura nas carcaças resfriadas com e sem o sistema de aspersão, de forma lenta e convencional, no segundo abate.

Tabela 3 – Valores de temperatura (°C) na 3ª, 6ª e 12ª hora post-mortem nas carcaças bovinas submetidas aos diversos tratamentos de resfriamento no 1º e 2º abates.

Tratamentos	T3	T6	T12
CSA	23,3 ^a ±0,7 ¹	13,3 ^c ±0,3	5,0 ^c ±0,3
CCA	21,2 ^b ±1,5	10,3 ^d ±1,2	2,5 ^d ±0,5
LSA	24,1 ^a ±0,8	17,0 ^a ±0,7	13,1 ^a ±0,5
LCA	22,2 ^{ab} ±0,6	14,7 ^b ±0,3	12,0 ^b ±0,1

¹ Médias e erros padrão das médias. n=40.

^{a,b,c,d} Valores seguidos de letras minúsculas diferentes na mesma coluna diferem significativamente entre si pelo Teste de Tukey (P<0,05).

CSA: Resfriamento convencional sem aspersão; LCA: Resfriamento lento com aspersão; LSA: Resfriamento lento sem aspersão; CCA: Resfriamento convencional com aspersão.

T3: temperatura na 3ª hora post-mortem; T6: temperatura na 6ª hora post-mortem; T12: temperatura na 12ª hora post-mortem.

Tabela 4 – Valores de pH na 3ª, 6ª, 12ª e 24ª hora post-mortem nas carcaças bovinas submetidas aos diversos tratamentos de resfriamento no 1º e 2º abates.

Tratamentos	pH3	pH6	pH12	pH24
CSA	6,2 ±0,1 ¹	6,0 ±0,1	5,7 ±0,0	5,5 ±0,1
CCA	6,0 ±0,1	5,8 ±0,1	5,6 ±0,0	5,6 ±0,0
LSA	6,1 ±0,1	5,9 ±0,1	5,6 ±0,1	5,6 ±0,1
LCA	6,2 ±0,1	5,9 ±0,1	5,6 ±0,0	5,5 ±0,0

¹ Médias e erros padrão das médias. n=40.

^{a,b} Valores seguidos de letras minúsculas diferentes na mesma coluna diferem significativamente entre si pelo Teste de Tukey (P<0,05).

CSA: Resfriamento convencional sem aspersão; LCA: Resfriamento lento com aspersão; LSA: Resfriamento lento sem aspersão; CCA: Resfriamento convencional com aspersão.

pH3: pH na 3ª hora post-mortem; pH6: pH na 6ª hora post-mortem; pH12: pH na 12ª hora post-mortem; pH24: pH na 24ª hora post-mortem.

Os resultados do presente experimento são semelhantes aos relatados por Jones & Robertson (1988), que observaram que o uso do sistema de aspersão aumentou (P<0,05) a velocidade de resfriamento, quando avaliada tanto no m. *L. dorsi*, quanto no m. *semimembranosus*, comparando o resfriamento com aspersão de quatro, oito e 12 horas com o sistema convencional. Segundo os autores, o efeito observado foi de maior magnitude no m. *semimembranosus*, provavelmente devido à maior proximidade do grupamento muscular em relação à saída de água dos bicos aspersores e a uma tendência de menor espessura da camada de gordura de cobertura na região. Da mesma forma que no presente

experimento, Jones & Robertson (1988) e Greer & Jones (1997), não observaram diferenças entre os tratamentos avaliados na redução do pH.

Diferentemente do observado neste trabalho, Strydom & Buys (1995), não relataram diferenças na velocidade de resfriamento de um modo geral, avaliando o sistema de aspersão aplicado por 10, 14 e 17 horas, exceto quando o tempo total de aspersão foi de 10 horas. A justificativa se deu, segundo os autores, em virtude da utilização de câmaras de resfriamento com baixa lotação, facilitando a troca de calor nas carcaças resfriadas em sistema convencional. Os resultados relatados por Hippe *et al.* (1991) também não apresentaram diferenças significativas na velocidade de redução da temperatura nas carcaças resfriadas com aspersão, medidas nos músculos *semimembranosus*, *longissimus dorsi* e *serratus ventralis*.

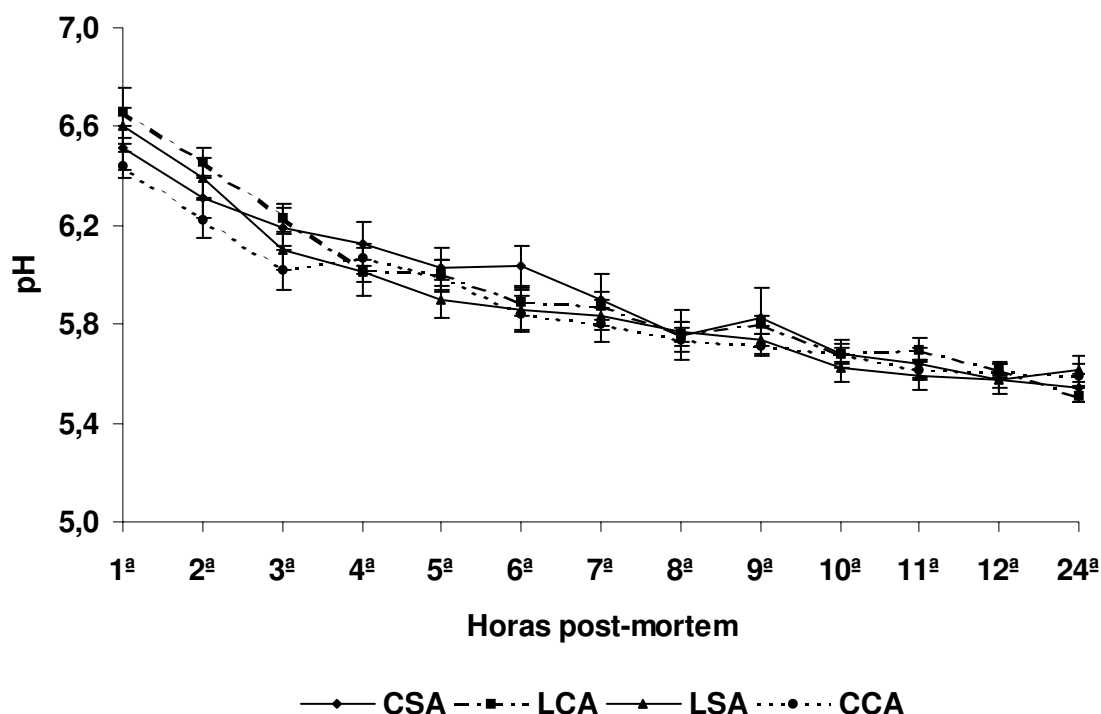


Figura 3 – Redução média do pH nas carcaças resfriadas com e sem o sistema de aspersão, de forma lenta e convencional, considerando os dois abates.

5.2. Variações de peso por evaporação, exsudação e cozimento

Os pesos individuais de todas as carcaças utilizadas no 1º e 2º abates, antes e após o resfriamento, com as respectivas variações de peso durante o resfriamento estão demonstrados no Anexo 3 (Quadros 1 e 2). Os valores médios para as perdas de peso por evaporação estão demonstrados na Tabela 5. Houve efeito do tratamento ($P < 0,05$) nos resultados obtidos nos dois abates (Apêndices A e B). Embora no primeiro abate tenha ocorrido ganho de peso após o resfriamento nas carcaças resfriadas com o sistema de aspersão de carcaças, observou-se que na média geral, considerando os valores obtidos nos dois abates, apenas o tratamento convencional com aspersão apresentou ganho de peso, de 0,28%. Esta diferença entre os resultados obtidos no primeiro e segundo abates pode ser atribuída às diferenças entre as câmaras utilizadas nos diferentes tratamentos e ao posicionamento das carcaças nos trilhos em relação à saída de água dos bicos aspersores.

Na interpretação dos resultados, observa-se na Figura 4 que, considerando a média dos dois tratamentos que utilizaram o sistema de aspersão, houve uma significativa redução na perda de peso por evaporação ($P < 0,05$), apresentando, em média, 1,63 ponto percentual de redução, em comparação à média dos tratamentos sem aspersão. Entretanto deve-se considerar a real evidência da possibilidade de ganho de peso nas carcaças resfriadas com o sistema de aspersão. O ajuste dos ciclos utilizados durante o resfriamento é fator determinante na intensidade de redução da perda de peso. Tempo de tratamento prolongado com ciclos longos podem resultar em aumento de peso das carcaças durante o resfriamento.

Greer & Jones (1997) compararam diferentes tempos de duração dos ciclos de aspersão e observaram que o período ideal de duração do tratamento deve ser de oito a doze horas, utilizando quatro ciclos de 60 segundos por hora,

alcançando assim uma consistente redução da perda de peso por evaporação, sem comprometer atributos de qualidade da carne bovina. Os autores reportaram a existência de uma relação linear entre o tempo total de aspersão e a redução da perda de peso das carcaças.

No Brasil, Mesquita *et al.* (2003) obtiveram redução de perda de peso por evaporação de 0,39% e 1,39% em dois frigoríficos diferentes, o que reforça a teoria de que fatores como o tamanho e quantidade de gordura das carcaças, a posição das mesmas em relação aos bicos aspersores, a duração dos ciclos e o tempo total de duração da aspersão são determinantes da taxa de redução da perda de peso.

Tabela 5 – Perdas de peso por evaporação (%) durante o resfriamento das carcaças bovinas submetidas aos diversos tratamentos.

TRATAMENTOS	1º ABATE	2º ABATE	TOTAL
CSA	1,72 ^a ±0,38 ¹	1,64 ^a ±0,13	1,67 ^a ±0,17
CCA	-0,70 ^c ±0,38	0,00 ^c ±0,13	-0,28 ^b ±0,17
LSA	1,17 ^{ab} ±0,38	1,96 ^a ±0,13	1,64 ^a ±0,17
LCA	-0,35 ^{bc} ±0,38	0,81 ^b ±0,13	0,34 ^b ±0,17

¹ Médias e erros padrão das médias. n=16 no 1º abate; n=24 no 2º abate; n=40 no total.

^{a,b,c} Valores seguidos de letras minúsculas diferentes na mesma coluna diferem significativamente entre si (P<0,05).

CSA: Resfriamento convencional sem aspersão; LCA: Resfriamento lento com aspersão; LSA: Resfriamento lento sem aspersão; CCA: Resfriamento convencional com aspersão.

Os resultados do presente trabalho são similares aos de Unruh *et al.* (2003), que observaram uma significativa redução de 1,31% na perda de peso por evaporação (P<0,05) nas primeiras 48 horas de resfriamento nas carcaças de 16 novilhas resfriadas com o sistema de aspersão, em ciclos intermitentes de 3 minutos de funcionamento a cada 30 minutos, com um tempo total de 12 horas de tratamento. Entretanto, quando compararam a perda de peso das carcaças após sete dias de resfriamento, os autores não observaram mais diferença (P>0,05)

entre as carcaças tratadas e não tratadas com o sistema de aspersão, sendo que a diferença na redução da perda de peso passou a ser de apenas 0,52% para as carcaças que receberam o resfriamento com aspersão. Resultados semelhantes a estes foram reportados por Greer *et al.* (1990) que observaram redução da perda de peso por evaporação de 1,05% ($P<0,001$) para carcaças resfriadas com aspersão com 24 horas *post-mortem*, e de apenas 0,41% após 7 dias do abate, porém sendo ainda significativa ($P<0,05$) a diferença.

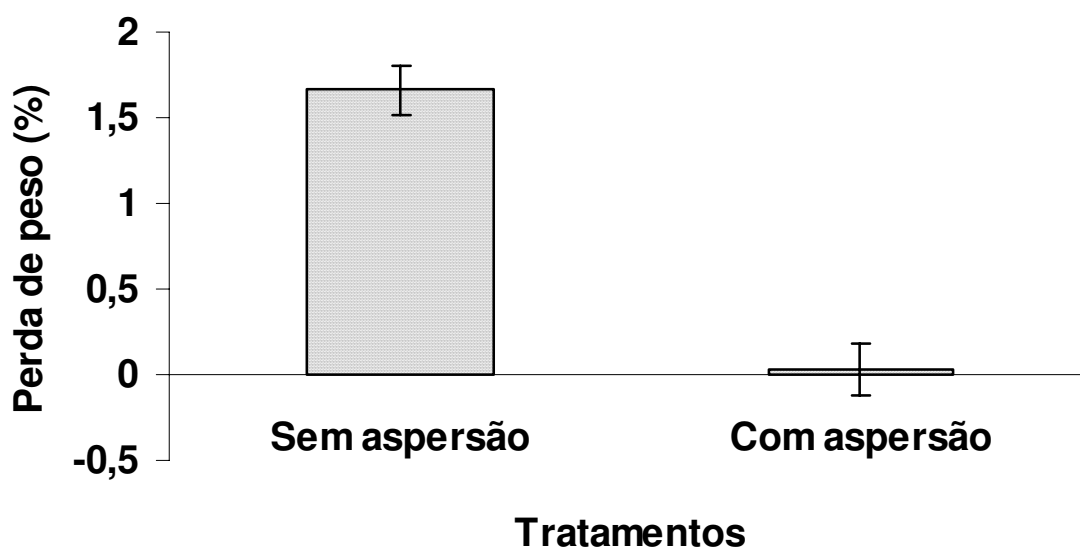


Figura 4 - Valores médios de perda de peso por evaporação (%) durante o resfriamento das carcaças bovinas, comparando as médias dos tratamentos com e sem aspersão.

De modo semelhante ao observado neste estudo, diversos autores relataram significativas reduções nas perdas de peso por evaporação quando utilizaram o sistema de aspersão no resfriamento de carcaças bovinas (Allen *et al.*, 1987; Hippe *et al.* 1990; Strydom & Buys, 1995). Embora a adoção desta técnica possa representar grandes vantagens econômicas, é necessário que as

instalações de cada planta sejam avaliadas individualmente, com a finalidade de melhor ajustar o sistema de aspersão, melhorando a qualidade e diminuindo a possibilidade de ganho de peso nas carcaças, uma vez que no Brasil, assim como em outros países como o Canadá (Greer & Jones, 1997) não existem normas ou regulamentações que permitam o aumento de peso durante o resfriamento em carcaças bovinas.

Na Tabela 6 estão demonstrados os resultados para perda por exsudação (*purge loss*). Houve efeito (Apêndice C) do tratamento de resfriamento ($P<0,001$) e do período de maturação ($P<0,001$). A análise dos dados mostra uma tendência crescente nas perdas por exsudação, em todos os tratamentos, à medida que o período de maturação aumenta de sete para 30 dias. Porém, de 30 para 60 dias de maturação os valores obtidos não foram diferentes ($P>0,05$).

Tabela 6 – Perdas por exsudação (%) de amostras de contrafilé (m. L. dorsi), submetidos aos diversos tratamentos de resfriamento, após diferentes períodos de maturação.

TRATAMENTOS	PERÍODOS DE MATURAÇÃO			
	7 dias	14 dias	30 dias	60 dias
CSA	0,87 ^{abB} ±0,14 ¹	1,36 ^{abBC} ±0,22	1,91 ^{bA} ±0,28	1,64 ^{bAC} ±0,25
CCA	1,07 ^{aB} ±0,14	1,65 ^{aB} ±0,22	2,78 ^{aA} ±0,28	2,66 ^{aA} ±0,25
LSA	0,53 ^{bB} ±0,14	1,01 ^{bBC} ±0,22	1,62 ^{bAC} ±0,28	1,78 ^{bA} ±0,25
LCA	0,56 ^{bB} ±0,14	1,78 ^{aA} ±0,22	1,79 ^{bA} ±0,28	2,00 ^{bA} ±0,25

¹ Médias e erros padrão das médias. n=10.

^{a,b} Valores seguidos de letras minúsculas diferentes na mesma coluna diferem significativamente entre si ($P<0,05$).

^{A,B,C} Valores seguidos de letras maiúsculas diferentes na mesma linha diferem significativamente entre si ($P<0,05$).

CSA: Resfriamento convencional sem aspersão; LCA: Resfriamento lento com aspersão; LSA: Resfriamento lento sem aspersão; CCA: Resfriamento convencional com aspersão.

Comparando as perdas por exsudação entre os tratamentos, observa-se que o resfriamento lento sem aspersão apresentou menores perdas em praticamente todos os períodos de maturação avaliados. Por outro lado, as

maiores perdas de peso por exsudação foram observadas no tratamento convencional com aspersão, com valores significativamente mais elevados que os demais tratamentos, principalmente após 30 e 60 dias de maturação ($P<0,05$), com exceção apenas dos valores encontrados com 14 dias de maturação.

Comparando as perdas por exsudação dos dois tratamentos que utilizaram o sistema de aspersão com as que não foram aspergidos, observou-se efeito (Apêndice D) do uso da aspersão, com maiores perdas ($P<0,001$) para o grupo tratado com aspersão (1,79%) em relação ao grupo não aspergido (1,34%). Observa-se na Figura 5, que as perdas aumentam à medida que o período de maturação avança, sempre com maiores valores ($P<0,1$) para o grupo que recebeu a aspersão, exceto para sete dias de maturação. Estes resultados indicam a possibilidade de que a redução na perda por evaporação durante o resfriamento com aspersão possa ser perdida durante períodos de estocagem mais prolongados da carne embalada a vácuo.

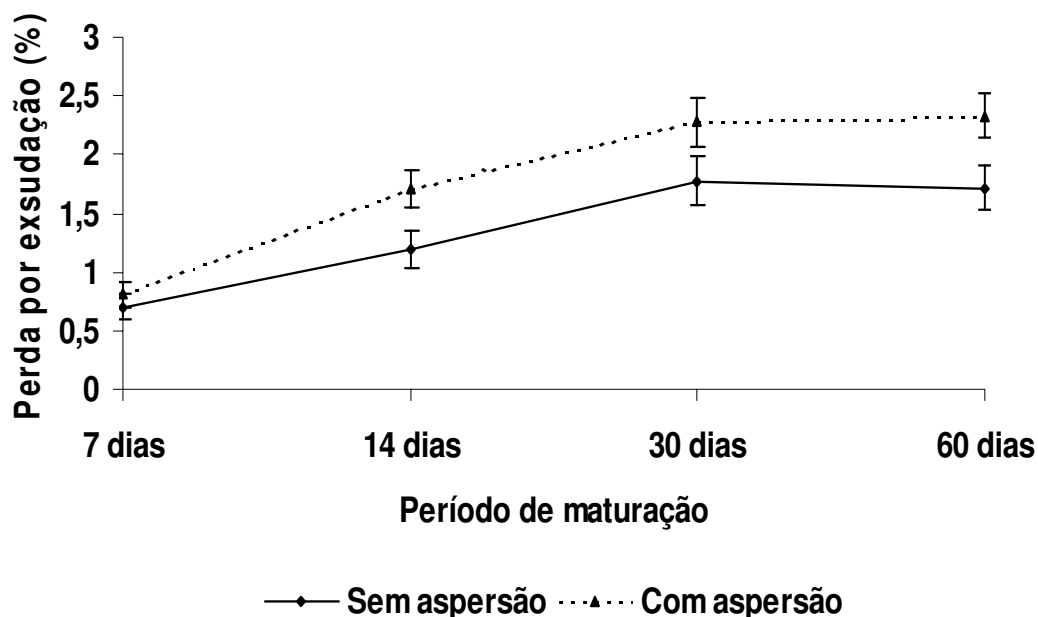


Figura 5 – Valores médios e erro padrão da média das perdas por exsudação (%) de amostras do contrafilé (*m. L. dorsi*), submetidos aos tratamentos com e sem aspersão de carcaças, após diferentes períodos de maturação.

Estes dados são parecidos com os obtidos por Allen *et al.* (1987), que compararam o resfriamento convencional com o resfriamento dotado de sistema de aspersão, e observaram um aumento ($P<0,05$) na perda por exsudação do coxão mole de carcaças resfriadas com o sistema de aspersão, após 15 dias de estocagem a vácuo, em temperaturas de refrigeração. Os autores também observaram um aumento, porém não significativo ($P>0,05$), na exsudação de cortes de costela estocados da mesma maneira.

Embora os resultados do presente trabalho tenham demonstrado efeito significativo ($P<0,001$) do tratamento nas perdas por exsudação, alguns autores têm relatado resultados diferentes. Strydom & Buys (1995) não observaram diferenças ($P>0,05$) nas perdas por exsudação de cortes embalados a vácuo e mantidos em refrigeração por sete dias, comparando tempos de duração da aspersão de 10, 14 e 17 horas e ciclos de 60 e 120 segundos com o sistema convencional de resfriamento. Os dados reportados por Greer & Jones (1997) não indicaram efeito do sistema de aspersão de carcaças nas perdas por exsudação em amostras do músculo *longissimus thoracis* após tempos totais de aspersão de quatro, oito, 12 ou 16 horas, e estocadas, embaladas a vácuo, em temperaturas de 1°C, 4°C, 8°C e 12°C, por até 44 dias, quando comparadas com o sistema convencional de resfriamento. Avaliando as perdas por exsudação após 70 dias de estocagem a vácuo sob refrigeração, Greer *et al.* (1990) não observaram diferença ($P>0,05$) entre o método de resfriamento convencional comparado com o resfriamento com aspersão de 10 horas de duração, com quatro ciclos/hora de 60 segundos cada.

Os resultados para perdas durante o cozimento estão demonstrados na Tabela 7. De maneira geral não houve efeito (Apêndice E) do tratamento de resfriamento e do período de maturação nas perdas por cozimento ($P>0,05$). Avaliando as perdas por cozimento entre os diferentes períodos de maturação, apenas para o tratamento de resfriamento lento com aspersão foi observada

diferença ($P=0,055$). Nos demais tratamentos e períodos de maturação os resultados foram estatisticamente iguais ($P>0,05$).

Tabela 7 – Perdas durante o cozimento (%) em amostras de contrafilé (m. L. dorsi), submetidos aos diversos tratamentos de resfriamento, após diferentes períodos de maturação.

TRATAMENTOS	PERÍODOS DE MATURAÇÃO			
	7 dias	14 dias	30 dias	60 dias
CSA	22,4 ^A ±0,71 ¹	22,5 ^{abA} ±0,77	21,1 ^A ±1,05	23,0 ^A ±0,94
CCA	22,8 ±0,71	24,0 ^a ±0,77	22,8 ±1,05	23,7 ±0,94
LSA	21,0 ±0,74	21,2 ^b ±0,77	22,8 ±1,05	21,2 ±0,86
LCA	20,6 ^B ±0,71	24,0 ^{aA} ±0,77	22,4 ^A ±1,05	23,1 ^{AB} ±0,94

¹ Médias e erros padrão das médias. $n=10$.

^{a,b} Valores seguidos de letras minúsculas diferentes na mesma coluna diferem significativamente entre si ($P<0,05$).

^{A,B} Valores seguidos de letras maiúsculas diferentes na mesma linha diferem significativamente entre si ($P<0,05$).

CSA: Resfriamento convencional sem aspersão; LCA: Resfriamento lento com aspersão; LSA: Resfriamento lento sem aspersão; CCA: Resfriamento convencional com aspersão.

Os resultados do presente trabalho são similares aos reportados por Hippe *et al.* (1991), que compararam os métodos de resfriamento sem aspersão e com aspersão de cinco horas de duração com ciclos de 5 minutos de jatos com intervalos de 15 minutos, em carcaças de vacas magras e novilhas gordas, e não observaram diferenças ($P>0,05$) entre os tratamentos para as perdas durante o cozimento. Strydom & Buys (1995) também não observaram diferenças significativas ($P>0,05$) nas perdas por cozimento de amostras obtidas de carcaças resfriadas com aspersão de até 17 horas de duração, após sete dias de maturação. Em trabalho mais recente, Unruh *et al.* (2003) também não observaram diferenças nas perdas durante o cozimento ($P>0,42$) ao comparar o resfriamento convencional com o método de aspersão durante 12 horas, com ciclos de 3 minutos a cada meia hora.

King *et al.* (2003), ao comparar o método de resfriamento rápido com o convencional, não observaram diferenças ($P>0,05$) para perdas por cozimento em amostras dos músculos *longissimus thoracis* e *triceps brachii*. Entretanto os autores observaram que o período de maturação de 14 dias aumentou ($P<0,05$) as perdas por cozimento, de 24,9% com um dia de maturação, para 26,2% com 14 dias.

5.3. Força de cisalhamento, comprimento de sarcômeros e índice de fragmentação miofibrilar

Na Tabela 8 estão contidos os resultados para análise da força de cisalhamento por Warner-Bratzler. Houve efeito (Apêndice F) do tratamento de resfriamento e do período de maturação ($P<0,001$). De maneira geral, os resultados encontrados nas amostras dos tratamentos de resfriamento lento, seja com aspersão ou não, foram melhores que os obtidos para as amostras das carcaças resfriadas na velocidade convencional ($P<0,05$) em todos os períodos de maturação avaliados. Comparando apenas a velocidade lenta de resfriamento com a convencional, observou-se efeito ($P<0,001$) da velocidade e do período de maturação na força de cisalhamento (Apêndice G). Embora tenha sido observado efeito do período de maturação ($P<0,001$), quando foram comparadas as médias dos resfriamentos convencionais com os lentos, não foram observadas diferenças ($P>0,05$) entre os períodos de sete e 14 dias e entre 30 e 60 dias de maturação (Figura 6). A utilização do sistema de aspersão de carcaças bovinas não apresentou efeito na força de cisalhamento ($P>0,05$).

Tabela 8 – Força de cisalhamento (Kg) em bifes de contrafilé (m. L. dorsi), submetidos aos diversos tratamentos de resfriamento, após diferentes períodos de maturação.

TRATAMENTOS	PERÍODOS DE MATURAÇÃO			
	7 dias	14 dias	30 dias	60 dias
CSA	6,8 ^{aAB} ±0,35 ¹	6,9 ^{aA} ±0,38	5,3 ^{aBC} ±0,31	5,0 ^{aC} ±0,37
CCA	6,4 ^a ±0,38	6,2 ^{ab} ±0,38	5,0 ^{ab} ±0,31	5,3 ^a ±0,37
LSA	4,9 ^{bA} ±0,36	4,6 ^{cAB} ±0,38	3,9 ^{bBC} ±0,31	3,6 ^{bC} ±0,34
LCA	4,8 ^{bA} ±0,35	5,3 ^{bca} ±0,38	4,0 ^{bBC} ±0,31	3,4 ^{bC} ±0,37

¹ Médias e erros padrão das médias. n=10.

^{a,b,c} Valores seguidos de letras minúsculas diferentes na mesma coluna diferem significativamente entre si (P<0,05).

^{A,B,C} Valores seguidos de letras maiúsculas diferentes na mesma linha diferem significativamente entre si (P<0,05).

CSA: Resfriamento convencional sem aspersão; LCA: Resfriamento lento com aspersão; LSA: Resfriamento lento sem aspersão; CCA: Resfriamento convencional com aspersão.

Os resultados do presente trabalho são similares aos obtidos em trabalho de Jones & Robertson (1988), que também não observaram diferenças (P<0,01) nos valores obtidos para força de cisalhamento em amostras retiradas de carcaças resfriadas com aspersão de quatro, oito e 12 horas, quando comparadas com o método convencional. De maneira similar, os resultados obtidos por Greer & Jones (1997) também não apresentaram diferenças significativas (P>0,05) para a análise da força de cisalhamento em amostras do músculo *Longissimus thoracis*, maturadas por até 44 dias, entre tratamento com aspersão de quatro, oito, 12 e 16 horas e o resfriamento tradicional sem aspersão. As evidências de que o uso do sistema de aspersão de carcaças bovinas não influencia na textura avaliada por Warner-Bratzler também foram constatadas por Unruh *et al.* (2003), que não observaram diferenças significativas (P=0,38) nos valores obtidos, 3,78 kg e 3,56 kg, para amostras obtidas de carcaças resfriadas com o sistema de aspersão e sem aspersão, respectivamente.

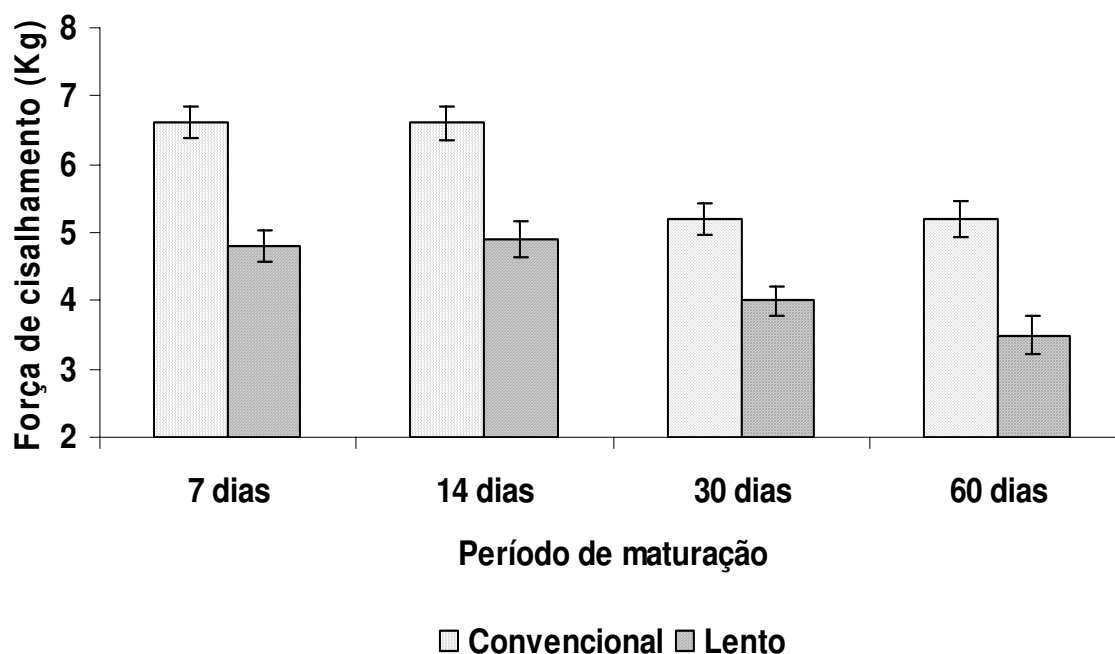


Figura 6 - Valores médios e erro padrão da média da força de cisalhamento (Kg) em bifes de contrafilé (*m. L. dorsi*), submetidos aos resfriamentos convencionais e lentos, após diferentes períodos de maturação.

Os métodos de resfriamento lento foram mais eficientes em produzir cortes do contrafilé (*m. L. dorsi*) mais macios. Isto indica que a velocidade do resfriamento no período *post-mortem* tem um papel fundamental na determinação deste atributo, considerado um dos mais importantes por parte dos consumidores (Koochmaraie, 1994). Segundo Dransfield (1994), as condições em que se dá o estabelecimento do *rigor-mortis* são os fatores mais importantes no controle do processo de amaciamento e maturação para a maioria dos cortes comerciais.

O processo de amaciamento da carne bovina é um fenômeno complexo, entretanto, sabe-se que a estocagem prolongada de carnes no período *post-mortem*, em temperaturas de refrigeração (0 a 4°C), resulta em um aumento da maciez (Huff-Lonergan *et al.*, 1995). O efeito do período de maturação na força

de cisalhamento por Warner-Bratzler também foi observado por Eilers *et al.* (1996), que avaliaram amostras dos músculos *longissimus dorsi* e *gluteus medius*, estocadas sob refrigeração a 2°C por 6, 12, 18 e 24 dias, e relataram redução na força de cisalhamento ($P<0,01$) à medida que o tempo de maturação aumentou. Segundo os autores, os resultados obtidos sugerem um tempo mínimo de maturação de 12 dias para o contrafilé (m. *L. dorsi*), visando a obtenção de no máximo 3,9 Kg para a força de cisalhamento, valores considerados “aceitáveis” pelos autores. Os resultados de Morgan *et al.* (1993) também evidenciaram a redução da força de cisalhamento ($P<0,05$) durante períodos de maturação de um, sete e 14 dias, em amostras do contrafilé (m. *L. dorsi*) de novilhos castrados e tourinhos de aproximadamente 12 meses de idade.

Alguns dos fatores citados por diversos autores como responsáveis por alterações na maciez da carne bovina como o sexo e a idade do animal (Shackelford *et al.*, 1995a), e diferenças genéticas (Newsome *et al.*, 1999), foram minimizadas no presente experimento, pois os animais utilizados foram da mesma idade, mesma condição sexual e de mesmas características genéticas dentro do grupo de animais utilizados em cada abate. Neste sentido, as diferentes condições utilizadas no resfriamento e os vários períodos de maturação aplicados puderam expressar seus efeitos nas variáveis estudadas.

Observou-se efeito (Apêndice H) do método de resfriamento ($P<0,001$) nos resultados para avaliação do comprimento de sarcômeros no presente estudo (Tabela 9). As amostras obtidas de carcaças resfriadas pelo método lento, com ou sem aspersão, apresentaram maiores valores para comprimento de sarcômeros que as obtidas de carcaças resfriadas na velocidade convencional, em todos os períodos de maturação aplicados. Não foi observado efeito do uso do sistema de aspersão de carcaças no comprimento de sarcômeros ($P>0,05$). Ao comparar o comprimento de sarcômeros entre os diferentes períodos de maturação estudados, também não foi verificado efeito ($P>0,05$) do tratamento

de resfriamento nesta variável. Considerando apenas a velocidade de resfriamento como parâmetro (Figura 7), também não houve efeito (Apêndice I) do período de maturação ($P>0,05$), sendo observado uma média geral de 1,96 μm para o resfriamento lento, superior ($P<0,001$) aos 1,81 μm obtidos para o resfriamento convencional.

Os valores de comprimento de sarcômeros para os métodos de resfriamento convencionais, que variaram de 1,79 μm a 1,86 μm , são similares aos valores obtidos em trabalho realizado por Whipple *et al.* (1990), com carcaças bovinas de três grupos genéticos distintos, resfriadas por 24 horas em temperatura de -1°C , com valores entre 1,75 μm e 1,83 μm .

Tabela 9 – Comprimento de sarcômeros (μm) em miofibrilas extraídas de amostras de contrafilé (m. L. dorsi), submetidos aos diversos tratamentos de resfriamento, após diferentes períodos de maturação.

TRATAMENTOS	PERÍODOS DE MATURAÇÃO			
	7 dias	14 dias	30 dias	60 dias
CSA	1,83 ^b $\pm 0,03$ ¹	1,79 ^b $\pm 0,03$	1,80 ^b $\pm 0,03$	1,83 ^b $\pm 0,04$
CCA	1,81 ^b $\pm 0,03$	1,79 ^b $\pm 0,03$	1,80 ^b $\pm 0,04$	1,86 ^{ab} $\pm 0,04$
LSA	1,95 ^a $\pm 0,03$	2,02 ^a $\pm 0,03$	1,98 ^a $\pm 0,03$	1,97 ^{ab} $\pm 0,04$
LCA	1,88 ^{abB} $\pm 0,03$	1,99 ^{aA} $\pm 0,03$	1,93 ^{aAB} $\pm 0,03$	1,97 ^{aAB} $\pm 0,04$

¹ Médias e erros padrão das médias. $n=10$.

^{a,b} Valores seguidos de letras minúsculas diferentes na mesma coluna diferem significativamente entre si ($P<0,05$).

^{A,B} Valores seguidos de letras maiúsculas diferentes na mesma linha diferem significativamente entre si ($P<0,05$).

CSA: Resfriamento convencional sem aspersão; LCA: Resfriamento lento com aspersão; LSA: Resfriamento lento sem aspersão; CCA: Resfriamento convencional com aspersão.

A utilização do resfriamento lento objetivou evitar o encurtamento pelo frio ou *cold shortening*, citado por muitos autores como um dos responsáveis pela maior dureza de carnes bovinas (Dransfield, 1994; Koohmaraie *et al.*, 1996; Koohmaraie, 1996; Zamora *et al.*, 1998). De acordo com Taylor (1987) *apud* Joseph (1996) a expressão *cold toughening* ou endurecimento pelo frio é o termo

recomendado para uso quando a carne é endurecida pelo frio; *cold shortening* apenas deve ser utilizado quando há evidências diretas de encurtamento, que podem incluir um aumento no *overlap* ou sobreposição dos miofilamentos, sarcômeros mais curtos e, assim, a possibilidade de aumento de ligações cruzadas de filamentos contráteis de actina-miosina durante o *rigor-mortis*, conferindo uma grande coesão interna e, conseqüentemente, maior dureza. Este aumento de *overlaps* entre filamentos finos e grossos pode obstruir certas partes da estrutura miofibrilar, reduzindo a disponibilidade de alguns sítios susceptíveis à ação proteolítica (Wheeler & Koohmaraie, 1999; Joseph, 1996). Segundo Hannula & Puolanne (2004), *cold shortening* e *cold toughening* não são a mesma coisa, porém, podem estar inter-relacionados, ou seja, quando carcaças são resfriadas rapidamente, eles podem ou não encurtar e se tornarem duros. Entretanto, os autores relatam que o endurecimento induzido pelo frio não está sempre associado ao encurtamento muscular, o que indica a importância da ação proteolítica enzimática.

Como citado anteriormente, no presente trabalho foi observada uma marcante diferença ($P < 0,001$) entre os comprimentos de sarcômeros de amostras submetidas ao resfriamento lento em comparação com as resfriadas convencionalmente. Esta diferença foi observada também nos testes da força de cisalhamento com Warner-Bratzler shear, onde as amostras resfriadas lentamente foram mais macias que as resfriadas em velocidade convencional. O coeficiente de correlação para força de cisalhamento e comprimento de sarcômeros indicou uma correlação negativa e significativa ($P < 0,001$) de -0,36 (Tabela 10). Esta relação entre comprimento de sarcômeros e força de cisalhamento encontra-se ilustrada na Figura 8, onde se pode observar que, de maneira geral, as amostras que apresentaram maiores comprimentos de sarcômeros obtiveram os menores valores para força de cisalhamento, em todos os períodos de maturação avaliados.

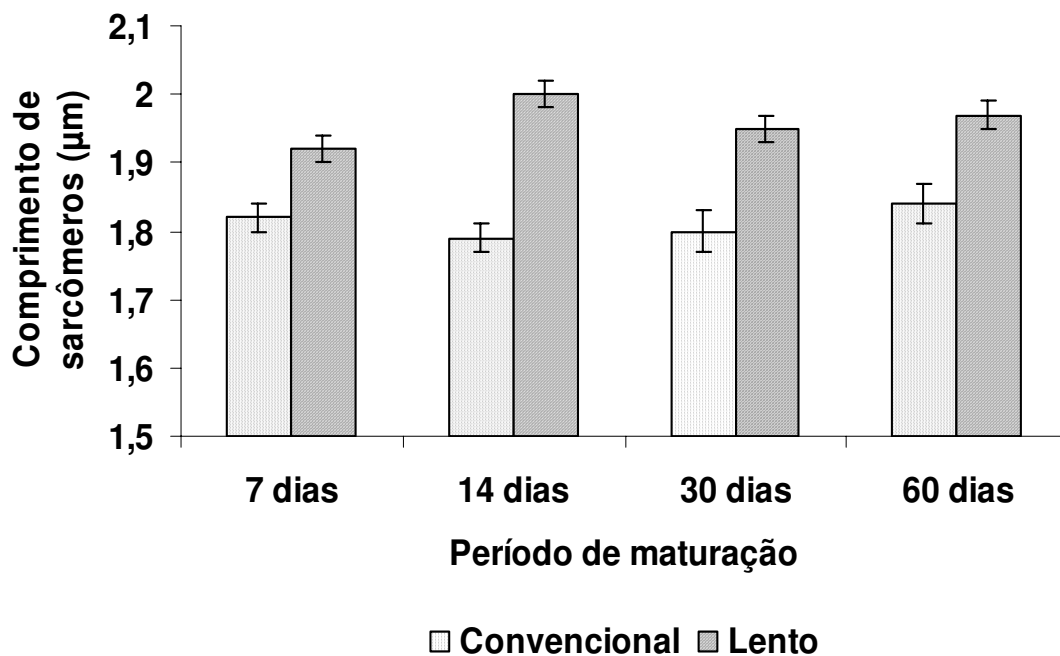


Figura 7 - Valores médios e erro padrão da média para o comprimento de sarcômeros (μm) em miofibrilas extraídas de amostras do contrafilé (m. *L. dorsi*), submetidos aos resfriamentos convencional e lento, após diferentes períodos de maturação.

De forma semelhante ao observado no presente trabalho, Wheeler & Koohmaraie (1999) relataram que amostras de músculos *L. dorsi* e *Psoas major* de ovinos resfriadas na carcaça (controle) e depois de desossadas, apresentaram diferentes comprimentos de sarcômeros ($P < 0,01$), enquanto que, nas amostras que foram resfriadas após a desossa, os sarcômeros encurtaram mais. Os autores constataram ainda que os valores para força de cisalhamento foram maiores ($P < 0,01$) nas amostras que possuíam menores comprimentos de sarcômeros, sendo de 6,9 Kg para amostras desossadas antes do resfriamento e de 3,8 Kg para o grupo controle. O coeficiente de correlação observado pelos autores, para Warner-Bratzler e comprimento de sarcômeros, foi de -0,66, superior ao obtido no

presente experimento ($r = -0,36$; $P < 0,001$; Tabela 10). Entretanto, segundo Hertzman *et al.* (1993), o encurtamento de sarcômeros isoladamente não provoca o endurecimento das carnes, uma vez que sarcômeros que sofreram encurtamento pelo calor produzem um limitado efeito na força de cisalhamento. Isto sugere que o efeito do comprimento de sarcômeros na maciez das carnes é dependente da causa do encurtamento muscular (Hwang *et al.*, 2004).

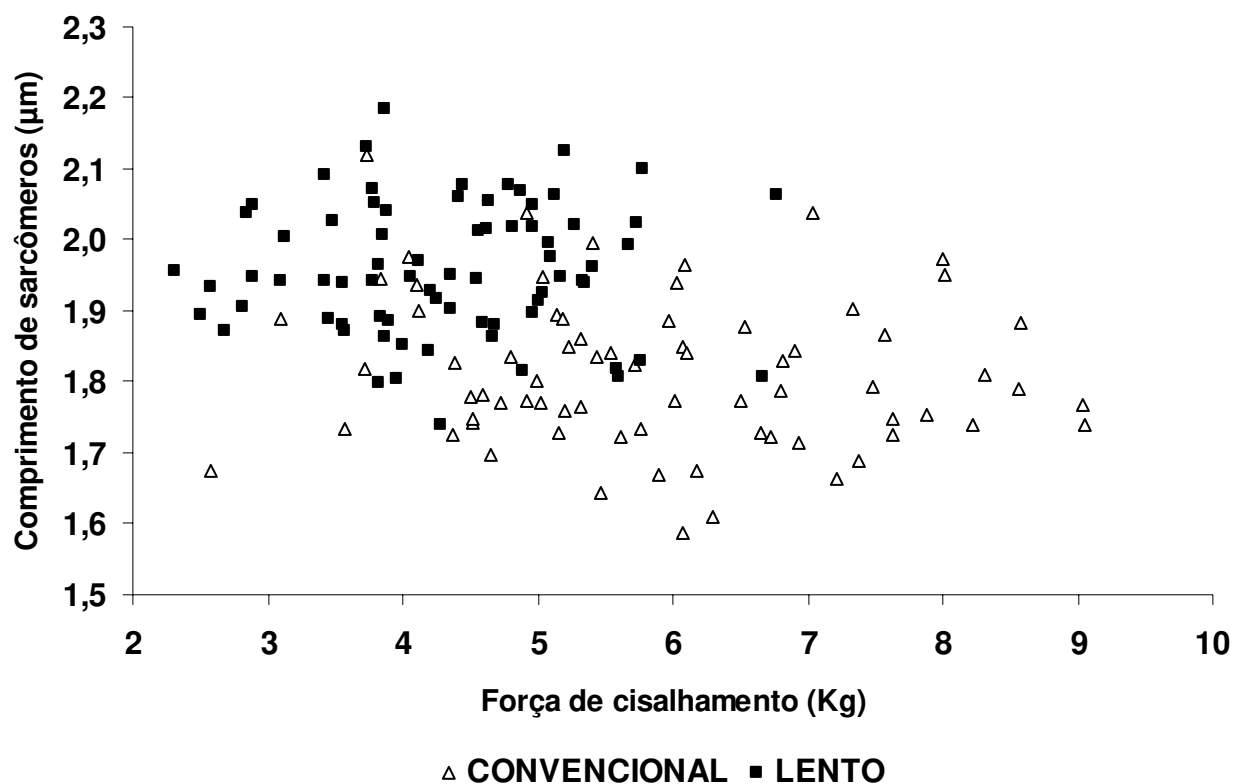


Figura 8 – Relação entre força de cisalhamento (Kg) e comprimento de sarcômeros (μm) de amostras do contrafilé (m. *L. dorsi*) submetidas aos resfriamentos convencional e lento, após diferentes períodos de maturação.

Os resultados obtidos no presente experimento assemelham-se aos de Park *et al.* (2003), que observaram que porções musculares do m. *L. dorsi* resfriadas rapidamente (5°C) apresentaram sarcômeros mais curtos ($P < 0,05$) que

as resfriadas em temperaturas mais elevadas (15°C); e que as amostras de sarcômeros mais curtos foram mais duras ($P<0,05$) em análise de Warner-Bratzler que as de sarcômeros mais longos, com valores de 9,3 Kg e 5,9 Kg respectivamente.

Tabela 10 – Coeficientes de correlação de Pearson e níveis de significância para as variáveis força de cisalhamento, comprimento de sarcômeros, índice de fragmentação miofibrilar, maciez e suculência das amostras de contrafilé (m. L. dorsi) submetidas aos diversos tratamentos de resfriamento e de maturação.

	WB	COMP	IFM	MAC	SUC
WB	—	-0,36*	-0,38*	-0,44*	-0,16
COMP		—	0,16	0,37*	0,28*
IFM			—	0,29*	0,09
MAC				—	0,67*
SUC					—

WB: força de cisalhamento; COMP: comprimento de sarcômeros; IFM: índice de fragmentação miofibrilar, MAC: maciez; SUC: suculência.

* $P<0,001$

Os resultados encontrados no presente estudo corroboram com os relatos de Hwang *et al.* (2004), que trabalharam com porções musculares desossadas em pré-rigor, e observaram valores médios de 1,52 μm para comprimento de sarcômeros em músculos resfriados em temperatura de 5°C durante o *rigor-mortis*. Estes foram mais curtos ($P<0,05$) que os sarcômeros oriundos de músculos mantidos à 15°C, que foram de 1,76 μm , em média. Segundo os autores, o fato de os músculos não estarem ligados às estruturas ósseas durante o estabelecimento do *rigor-mortis*, permitiu que os sarcômeros exibissem um substancial encurtamento.

Numerosos estudos têm identificado que o estabelecimento completo do *rigor-mortis* em temperaturas de aproximadamente 10 a 18°C resultou em carne mais macia, e que isto foi associado a um mínimo encurtamento de

sarcômero e máximo potencial de maturação (Devine *et al.*, 2002; Hwang *et al.* 2003; Devine *et al.*, 1999; Tornberg, 1996). Entretanto, embora a relação entre menores comprimentos de sarcômeros e maiores valores de força de cisalhamento observada neste experimento seja evidente, não se pode afirmar que as amostras oriundas das carcaças resfriadas na velocidade convencional sofreram o clássico encurtamento pelo frio ou *cold shortening*, como descrito pela primeira vez por Locker e Hagyard (1963). O rápido resfriamento das carcaças pode provocar uma rápida redução da temperatura em músculos superficiais, provocando o *cold shortening*, e, como consequência, um maior endurecimento das carnes (Geesink *et al.*, 1995).

A relação entre temperatura e pH muscular, no momento do estabelecimento do *rigor mortis*, pode ser considerado o fator decisivo para a determinação do grau ou intensidade de encurtamento muscular provocado pelo frio (Savell *et al.*, 2005). De acordo com Dransfield (1994), o fenômeno de *cold shortening* ocorre em músculos que são resfriados abaixo de 10°C internamente, enquanto o pH está acima de 6,2. Como se viu nos resultados obtidos para redução de pH (Tabela 4) não houve diferença ($P>0,05$) na curva de redução entre todos os tratamentos de resfriamento aplicados (Figura 3). Além disso, ao atingir a temperatura interna de 10°C no m. *L. dorsi*, os valores de pH para todos os tratamentos já estavam abaixo de 6,0 (Figura 9). Isto pode ser atribuído ao uso da estimulação elétrica após a sangria, que mesmo em baixa voltagem, como foi o caso, contribui para a prevenção do *cold shortening*. Segundo Savell *et al.* (2005), uma corrente elétrica aplicada através da carcaça durante o processo de abate, ajuda a evitar o *cold shortening*, pois aumenta o consumo de ATP e acelera a velocidade de glicólise anaeróbia, o que aumenta a taxa de declínio do pH e reduz o tempo total de estabelecimento do *rigor mortis*.

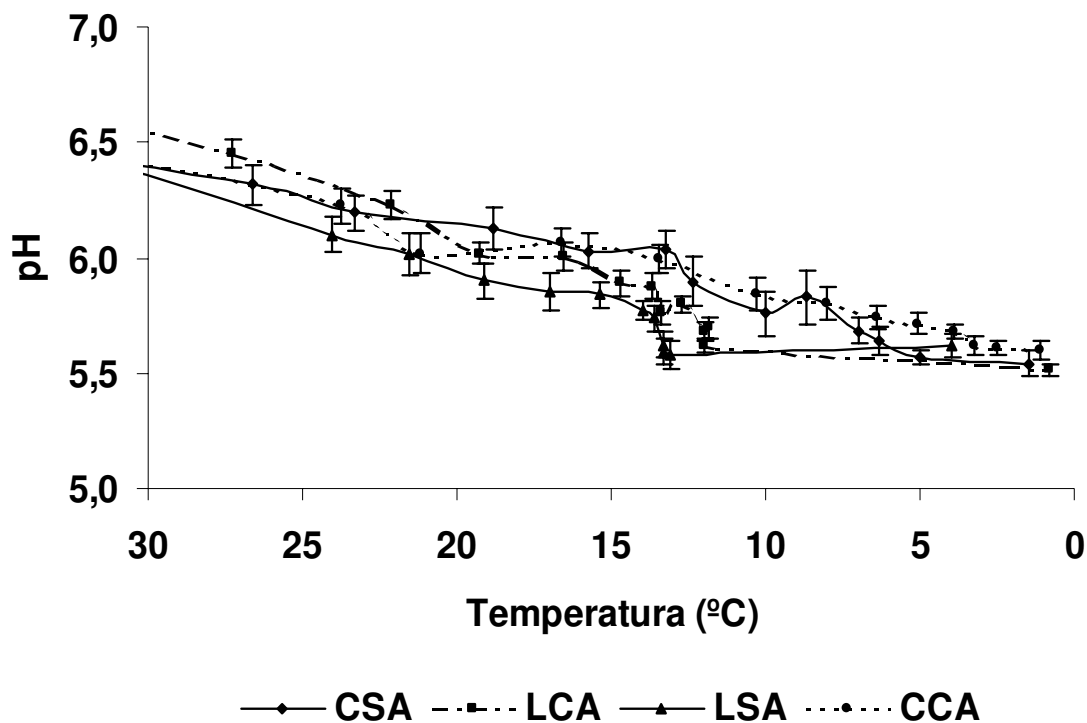


Figura 9 – Relação entre temperatura e pH, medidos no interior do contrafilé (*m. L. dorsi*), de carcaças submetidas aos diversos tratamentos de resfriamento, considerando os dois abates.

King *et al.* (2003) conseguiram provocar o *cold shortening* em *m. L. dorsi*, ao promover a desossa e o resfriamento imediato dos músculos em baldes com gelo. Assim, as curvas de redução de temperatura e pH indicaram que a temperatura estava abaixo de 10°C enquanto o pH estava em valores acima de 6,4. Os autores obtiveram resultados para comprimento de sarcômero que indicaram um severo encurtamento ($P < 0,05$) nos músculos resfriados rapidamente, em comparação com os resfriados convencionalmente (1,27µm contra 1,78µm). Estes resultados foram muito próximos dos 40% de encurtamento observados por Marsh & Leet (1966). Como era esperado, King *et al.* (2003),

observaram um significativo aumento na força de cisalhamento ($P < 0,01$) nos músculos resfriados rapidamente (9,9 Kg contra 4,8 Kg).

A velocidade da glicólise no período *post-mortem* possui papel determinante na maciez das carnes, através de sua influência na redução da temperatura e pH, e conseqüentemente, sua influência na atividade de enzimas proteolíticas (Marsh, 1993 *apud* O'Halloran *et al.* 1997b). Segundo Huff-Lonergan *et al.* (2000) o pH muscular possui um papel bastante importante na determinação da maciez da carne fresca, porém, a relação entre maciez e pH é bastante complexa. Geesink *et al.* (1995) observaram que a velocidade de declínio da temperatura e pH foram os principais determinantes da força de cisalhamento de amostras um dia após o abate. Marsh *et al.* (1987), utilizaram diferentes formas de estimulação elétrica e variadas velocidades de resfriamento para produzir uma ampla faixa de taxas glicolíticas nas primeiras horas *post-mortem*, e concluíram que a maciez foi maior quando a glicólise produziu um pH de 6,1 três horas após o abate (pH₃). Alguns autores têm observado maior maciez quando ocorre um declínio relativamente lento de pH nas primeiras horas *post-mortem*, o que levaria a uma maior ação enzimática do sistema de calpaínas, porém, esta maior maciez é percebida principalmente quando o *cold shortening* é evitado (Huff-Lonergan *et al.*, 2000). Segundo Marsh (1983), há uma significativa evidência em favor do conceito de que o amaciamento das carnes acontece de forma muito mais rápida quando o pH é mais elevado que o normal nas primeiras duas a quatro horas *post-mortem*.

Em trabalho de O'Halloran *et al.* (1997a), foi observado encurtamento muscular do *L. dorsi* após o *rigor-mortis*, entretanto os músculos que tiveram velocidade lenta de glicólise apresentaram sarcômeros mais curtos que os músculos de glicólise rápida, a dois e seis dias *post-mortem* ($P < 0,05$). Segundo os autores, é pouco provável que os músculos utilizados no experimento tenham sofrido *cold shortening*, uma vez que a temperatura muscular se manteve acima

dos 10°C até após 10 horas do abate, entretanto, os músculos de glicólise lenta devem ter entrado em *rigor* mais tarde e em temperaturas mais baixas que os de glicólise rápida, e desta forma, possam ter sofrido algum tipo de encurtamento induzido pelo frio.

Dransfield (1994) relata, ainda, que a maturação não ocorre após severo *cold shortening*, e a carne será dura independentemente do período de estocagem. Segundo os autores, a ausência da maturação é uma consequência de modificações estruturais que evitam a ação adequada de enzimas proteolíticas, fato também citado por outros autores (Wheeler & Koohmaraie, 1999; Joseph, 1996). Na prática, Dransfield (1994), cita que é possível existir uma grande variação nos graus de encurtamento, e que alguma maturação poderá ocorrer durante a estocagem, porém em maior extensão em músculos que não sofreram encurtamento. Segundo o autor, diferenças iniciais entre comprimentos de sarcômeros podem ser as responsáveis por algumas das variações existentes na maturação observada entre diferentes músculos. O que se viu no presente experimento foi que houve efeito do período de maturação ($P < 0,001$) para a variável força de cisalhamento (Tabela 8), indicando que as amostras se tornaram mais macias à medida que o tempo de maturação aumentava, e que não houve efeito do período de maturação ($P > 0,05$) para comprimento de sarcômeros, exceto para o tratamento lento com aspersão, indicando que os sarcômeros não modificaram seu comprimento com o avançar do tempo de estocagem.

Os resultados do presente experimento são similares com os relatos de King *et al.* (2003), que não indicaram aumento no comprimento de sarcômeros ($P > 0,05$), tanto de amostras resfriadas rapidamente quanto de amostras resfriadas pelo método convencional, após 14 dias de maturação. Entretanto, os autores observaram que, após o período de maturação, houve uma redução nos valores para força de cisalhamento ($P < 0,01$), em ambos os tratamentos de resfriamento,

porém sem que o efeito do endurecimento provocado pelo *cold shortening* tenha sido eliminado pela maturação.

Olsson *et al.* (1994) observaram efeito da temperatura de resfriamento ($P < 0,05$) na força de cisalhamento de amostras maturadas por dois, oito e 15 dias após o abate, sendo que as amostras que entraram em *rigor-mortis* à temperatura de 1°C não foram amaciadas mesmo quando estocadas em refrigeração por até 15 dias, diferentemente dos músculos resfriados em temperaturas mais elevadas. Os autores relataram também um elevado coeficiente de correlação negativa (-0,74) entre maciez e encurtamento, mostrando que esta relação se permanece mesmo após um período de maturação de 15 dias.

A grande diferença observada nos resultados obtidos no presente experimento para a força de cisalhamento entre os tratamentos que foram resfriados convencionalmente e os que foram resfriados lentamente pode ser atribuída também ao efeito da temperatura na ação proteolítica no período *post-mortem*. Os resultados do experimento de Hwang *et al.* (2004), que avaliaram o encurtamento muscular sob temperaturas de 5°C, 15°C e 36°C, demonstraram que apesar do encurtamento dos sarcômeros terem sido semelhantes entre as temperaturas de 5°C e 36°C, os músculos mantidos em baixa temperatura (5°C) apresentaram maiores valores para força de cisalhamento em Warner-Bratzler. Além disso, embora os sarcômeros tenham sido mais compridos nos músculos mantidos à temperatura de 15°C que nos demais tratamentos, as amostras foram significativamente mais macias quando mantidas à 36°C. Os autores observaram também que o resfriamento a 15°C mostrou uma tendência a apresentar uma proteólise mais intensa, quando comparado ao resfriamento a 5°C. Considerando, então, essa limitada proteólise a 5°C, pelo menos uma parte da dureza das carnes, do tratamento de resfriamento à baixa temperatura, foi conseqüência de uma reduzida ação proteolítica miofibrilar. Segundo os autores, este resultado

parece estar relacionado à temperatura em que as calpaínas iniciaram sua ação, e ao tempo de duração de sua atividade no amaciamento. Isto sugere que o efeito do encurtamento de sarcômeros na força de cisalhamento é significativamente prejudicial quando a proteólise é relativamente lenta. Os resultados indicaram que a dureza das carnes que sofreram *cold shortening* foi amplamente afetada pelo mecanismo de amaciamento enzimático, ao invés do comprimento dos sarcômeros em si.

Lochner *et al.* (1980), já haviam observado que a melhoria da maciez, provocada pela diminuição da velocidade de resfriamento nas primeiras horas *post-mortem*, não era devida, basicamente, à prevenção do *cold shortening*. Os autores observaram que as carcaças magras, com pouca gordura de cobertura, apresentaram significativa diferença em comprimento de sarcômeros quando resfriadas a -2°C ($1,72\mu\text{m}$) e 9°C ($1,98\mu\text{m}$), porém com mínima diferença em maciez. Por outro lado, foi observada uma grande diferença em maciez entre as carcaças com pouco acabamento, resfriadas a 9°C e as carcaças com muito acabamento, resfriadas a -2°C , sem que houvesse nenhuma diferença no comprimento dos sarcômeros ($1,98\mu\text{m}$ e $1,94\mu\text{m}$, respectivamente). Segundo os autores, a superioridade em maciez das carnes provenientes de carcaças bem terminadas em relação às carcaças magras é amplamente devida a diferenças na taxa de resfriamento, porém com menor importância para as diferenças no comprimento dos sarcômeros. Os autores citam que o mais importante é retardar o declínio da temperatura nas carcaças, principalmente nas primeiras duas a quatro horas *post-mortem*.

A influência da temperatura durante o resfriamento das carcaças na ação proteolítica também foi observada por King *et al.* (2003), que reportaram uma proteólise reduzida em músculos resfriados rapidamente. Porém, esta menor taxa de proteólise ocorreu nas primeiras 24 horas do resfriamento, sendo que após este período não foi observada diferença em relação aos músculos resfriados

convencionalmente. Segundo os autores, essa redução na taxa proteolítica é devida principalmente à baixa temperatura ao invés do encurtamento do sarcômero em si.

Zamora *et al.* (1998) avaliaram os níveis de calpaínas e calpastatina em músculos *Longissimus lumborum* que sofreram *cold shortening* e observaram que os níveis de μ -calpaína durante as primeiras 24 horas *post-mortem* foram similares entre os músculos encurtados e os do grupo controle, porém a baixa temperatura, que provocou o *cold shortening*, parece ter reduzido a atividade desta enzima, comparando com a temperatura mais elevada à que foram submetidas as amostras do grupo controle. Somando-se a isto, foi observado, uma maior quantidade de calpastatina, enzima que inibe a ação das calpaínas, nos músculos que sofreram o *cold shortening*, e que podem reduzir a atividade das calpaínas durante o início do período proteolítico. Segundo os autores, conseqüentemente, durante os primeiros estágios após o abate, a atividade das calpaínas em músculos mantidos a 0°C pode ser, por predição, de aproximadamente menos de ¼ da atividade em músculos resfriados a 15°C. Além disso, os resultados demonstraram que após 24 horas do abate, os níveis de calpastatina diminuíram mais lentamente nos músculos que sofreram o *cold shortening* que nos mantidos à temperatura de 15°C. Conseqüentemente, uma vez que os níveis de calpastatina mantiveram-se mais elevados nos músculos encurtados, pode ter sido menor a ação proteolítica das calpaínas durante subsequente estocagem. De acordo com Wheeler & Koohmaraie (1994), a maciez final de qualquer músculo de animais jovens, resfriados antes da desossa, é dependente de uma combinação entre o encurtamento miofibrilar ocorrido durante o *rigor mortis* e a extensão da atividade proteolítica exercida pelo sistema de calpaínas. Para Zamora *et al.* (1998), a redução da proteólise é um fator que deve ser considerado na compreensão do mecanismo de endurecimento das carnes provocado pelo *cold shortening*.

O índice de fragmentação miofibrilar é um importante indicador da extensão da proteólise, representando as rupturas nas bandas I e as quebras de ligações intermiofibrilares (Taylor *et al.*, 1995). Segundo Watanabe *et al.* (1996) o índice de fragmentação miofibrilar fornece uma medida alternativa do processo de amaciamento. Ele mede a extensão da proteólise durante a maturação, através de mudanças na fragilidade das miofibrilas decorrentes do enfraquecimento de proteínas contidas no disco Z. Conseqüentemente, segundo os autores, quando suavemente homogeneizadas, as miofibrilas quebram em pedaços menores à medida que o processo de maturação avança. Em princípio, este índice pode fornecer uma medida mais direta do processo de maturação que a análise da força de cisalhamento de amostras assadas, uma vez que sua avaliação é feita com amostras cruas, evitando assim, alguns efeitos do processo de cozimento que possam confundir os resultados (Watanabe *et al.*, 1996).

Na Tabela 11 estão contidos os resultados para o índice de fragmentação miofibrilar. Nota-se que houve efeito (Apêndice J) do período de maturação ($P < 0,001$). De maneira geral, os valores indicaram uma curva crescente para a fragmentação miofibrilar, à medida que o período de estocagem foi maior, em todos os tratamentos avaliados, indicando que a ação das proteases se estendeu até os 60 dias de maturação. Não foi observado efeito ($P > 0,05$) do tratamento de resfriamento adotado nos valores para o índice de fragmentação miofibrilar. Ao comparar os tratamentos apenas com relação à velocidade de resfriamento, ou seja, comparando as médias dos resfriamentos convencionais com os resfriamentos lentos, também não foi observado efeito (Apêndice K) do método de resfriamento ($P > 0,05$) no índice de fragmentação miofibrilar, mas foi encontrado efeito do período de maturação ($P < 0,001$), observando-se um aumento do índice à medida que o período de maturação avançou (Figura 10).

Tabela 11 – Índice de Fragmentação Miofibrilar em amostras de contrafilé (m. L. dorsi), submetidos aos diversos tratamentos de resfriamento, após diferentes períodos de maturação.

TRATAMENTOS	PERÍODOS DE MATURAÇÃO			
	7 dias	14 dias	30 dias	60 dias
CSA	106,4 ^B ±7,3 ¹	122,1 ^B ±6,5	125,8 ^{AB} ±5,7	147,8 ^{bA} ±3,7
CCA	122,4 ^B ±7,3	120,4 ^B ±6,5	129,7 ^{AB} ±5,9	152,1 ^{bcA} ±3,7
LSA	112,3 ^B ±7,3	120,5 ^B ±6,9	125,9 ^B ±5,7	166,1 ^{acA} ±3,9
LCA	98,3 ^C ±7,3	107,9 ^C ±6,5	130,9 ^B ±5,7	170,9 ^{aA} ±3,7

¹ Médias e erros padrão das médias. n=10.

^{a,b,c} Valores seguidos de letras minúsculas diferentes na mesma coluna diferem significativamente entre si (P<0,05).

^{A,B,C} Valores seguidos de letras maiúsculas diferentes na mesma linha diferem significativamente entre si (P<0,05).

CSA: Resfriamento convencional sem aspersão; LCA: Resfriamento lento com aspersão; LSA: Resfriamento lento sem aspersão; CCA: Resfriamento convencional com aspersão.

Resultados similares aos obtidos no presente experimento foram reportados por Whipple *et al.* (1990), que observaram um aumento dos valores do índice de fragmentação miofibrilar à medida que o período de maturação aumentou, quando avaliaram amostras do m. *L. dorsi* de três diferentes grupos genéticos, maturadas sob refrigeração por 1, 3, 7 e 14 dias. De modo semelhante, Morgan *et al.* (1993) avaliaram amostras de contrafilé (m. *L. dorsi*) de novilhos castrados e tourinhos, e observaram um aumento dos índices de fragmentação miofibrilar (P<0,05) após períodos de estocagem de 1, 7 e 14 dias.

O efeito do período de maturação no aumento do índice de fragmentação miofibrilar (P<0,05) também foi citado por Silva *et al.* (1999), ao avaliar amostras de músculos com diferentes valores de pH final, maturadas em refrigeração por 1, 6 e 13 dias. Os valores obtidos pelos autores para as amostras com seis dias de maturação, de 113 a 123, e com 13 dias de maturação, de 119 a 128, foram muito semelhantes aos observados no presente experimento que foram de 98,3 a 122,4 e de 107,9 a 122,1 para sete dias e 14 dias de maturação, respectivamente. Segundo os autores a maior diferença no índice de

fragmentação miofibrilar foi observada entre o primeiro e o sexto dia de maturação.

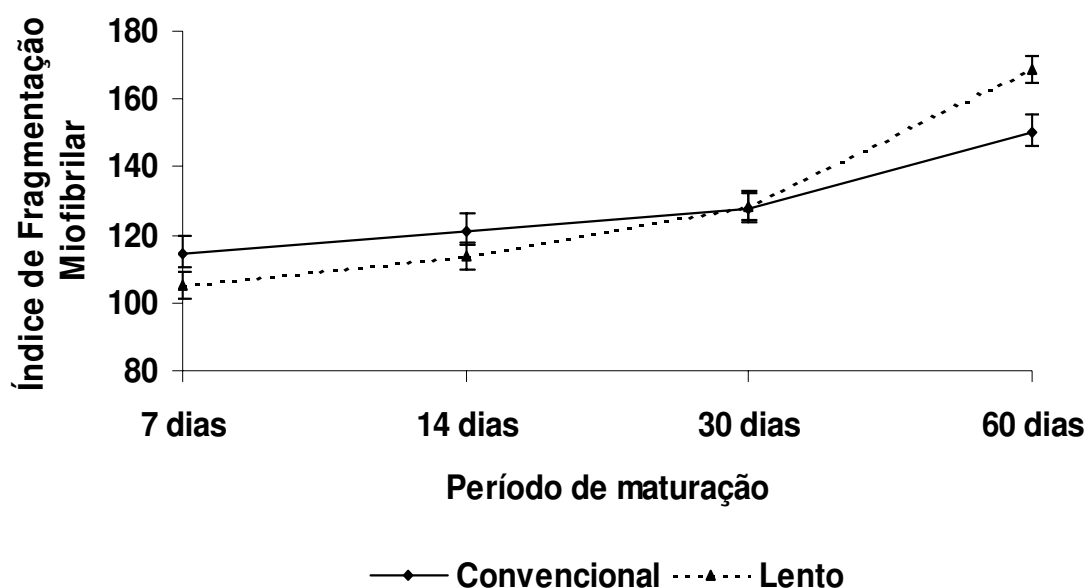


Figura 10 - Valores médios para o Índice de Fragmentação Miofibrilar em amostras de contrafilé (*m. L. dorsi*), submetidos aos resfriamentos convencional e lento, após diferentes períodos de maturação.

Como têm sido mostrado por outros estudos, Hopkins *et al.* (2004) também observaram um aumento significativo do índice de fragmentação miofibrilar entre um e cinco dias de maturação, porém, os autores reportaram que os valores sofreram influência do tipo, do tempo e da velocidade do homogeneizador utilizado na preparação das amostras, o que justifica algumas diferenças de valores para o índice de fragmentação miofibrilar observados entre diferentes experimentos. Segundo Taylor *et al.* (1995) os valores absolutos para o índice podem variar de animal para animal.

A maciez do músculo *L. dorsi* tem sido correlacionada com o índice de fragmentação miofibrilar (Olson *et al.*, 1976). No presente experimento foi observado uma correlação negativa e significativa ($P < 0,001$) de -0,38 (Tabela 10) entre a força de cisalhamento e o índice de fragmentação miofibrilar. Na Figura 11 observa-se a relação entre o índice de fragmentação miofibrilar e a força de cisalhamento, mostrando a tendência de redução da força (Kg) à medida que os valores para o índice de fragmentação miofibrilar aumentaram. Isto indica que a ação proteolítica mais prolongada, em consequência do maior período de maturação, influencia sensivelmente na maciez da carne bovina.

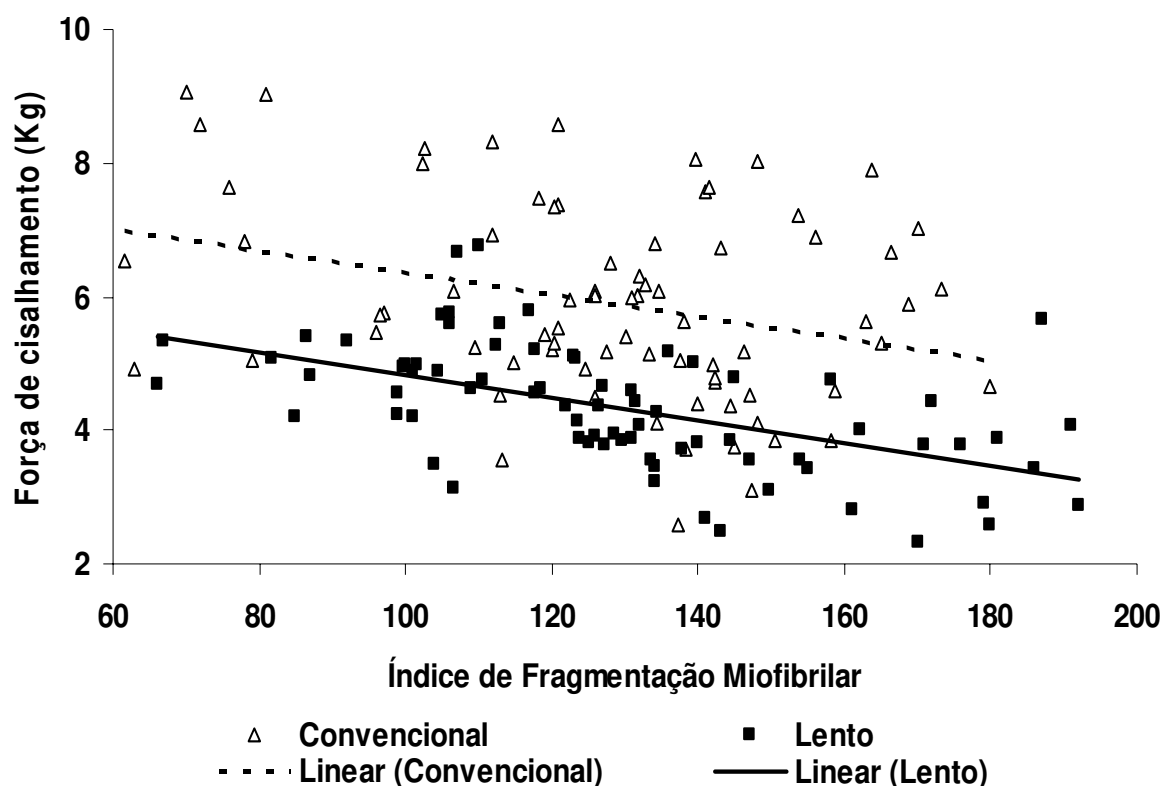


Figura 11 – Relação entre índice de fragmentação miofibrilar e força de cisalhamento de amostras de contrafilé (*m. L. dorsi*) submetidas aos resfriamentos convencional e lento, após diferentes períodos de maturação.

Relação semelhante à do presente estudo, entre força de cisalhamento e índice de fragmentação miofibrilar, foram observadas por Morgan *et al.* (1993), que relataram redução nos valores de Warner-Bratzler ($P < 0,05$) e aumento do índice de fragmentação miofibrilar ($P < 0,05$) à medida que o período de maturação aumentou de um para 14 dias. Purchas *et al.* (1999) encontraram uma correlação negativa entre o índice de fragmentação miofibrilar e a análise de Warner-Bratzler “peak-force”, porém esta correlação foi mais representativa quando as amostras estavam com 20 dias de maturação ($r = -0,61$; $P < 0,01$) que com um dia de maturação ($r = -0,28$; $P < 0,01$).

Embora o índice de fragmentação miofibrilar tenha apresentado correlação negativa e significativa ($P < 0,001$) com a força de cisalhamento, não foi observado no presente estudo uma correlação significativa desta variável com o comprimento de sarcômeros (Tabela 10). Isto indica que mesmo tendo sido observado um aumento do índice de fragmentação miofibrilar com o avanço do período de maturação, em todos os tratamentos de resfriamento utilizados, não houve uma relação direta com o tamanho dos sarcômeros obtidos.

5.4. Análise sensorial

Os resultados da análise sensorial dos bifes de contrafilé obtidos de carcaças submetidas aos diferentes tratamentos de resfriamento e períodos de maturação estão contidos nas Tabelas 12 e 13, para os atributos de maciez e suculência, respectivamente.

De modo geral, os resultados da análise de variância (Apêndice L) indicaram que houve efeito ($P < 0,001$) do tratamento de resfriamento na maciez. Pode-se observar na Tabela 12 que os métodos de resfriamento lentos, com ou sem aspersão, obtiveram as melhores notas ($P < 0,05$) para maciez, quando

comparadas com os métodos convencionais, em todos os períodos de maturação avaliados. Considerando apenas a velocidade de resfriamento, foi observado efeito ($P<0,001$) da velocidade na maciez (Apêndice M), sendo que as amostras oriundas de carcaças submetidas às velocidades lentas de resfriamento apresentaram as melhores notas, ou seja, foram mais macias (Figura 12). O uso do sistema de aspersão não influenciou na maciez ($P>0,05$).

Embora diversos trabalhos tenham relatado a ausência do efeito do uso do sistema de aspersão de carcaças na força de cisalhamento (Greer & Jones, 1997; Jones & Robertson, 1988; Unruh *et al.*, 2003), não foram encontrados relatos sobre o uso do sistema avaliando a maciez através de análise sensorial.

Tabela 12 – Maciez de amostras de contrafilé (m. L. dorsi), submetidos aos diversos tratamentos de resfriamento, após diferentes períodos de maturação.

TRATAMENTOS	PERÍODOS DE MATURAÇÃO			
	7 dias	14 dias	30 dias	60 dias
CSA	6,16 ^b ±0,19 ¹	6,31 ^b ±0,20	6,80 ^b ±0,19	7,00 ^b ±0,18
CCA	6,55 ^b ±0,19	6,92 ^b ±0,20	6,66 ^b ±0,18	7,05 ^b ±0,14
LSA	7,70 ^a ±0,19	7,45 ^a ±0,20	7,65 ^a ±0,18	7,87 ^a ±0,15
LCA	7,37 ^a ±0,19	7,32 ^a ±0,20	7,50 ^a ±0,18	7,92 ^a ±0,15

¹ Médias e erros padrão das médias. n=62. Análise sensorial utilizando escala hedônica estruturada de 9 pontos, tendo como extremos nota 1=extremamente dura e nota 9=extremamente macia.

^{a,b} Valores seguidos de letras minúsculas diferentes na mesma coluna diferem significativamente entre si ($P<0,05$).

CSA: Resfriamento convencional sem aspersão; LCA: Resfriamento lento com aspersão; LSA: Resfriamento lento sem aspersão; CCA: Resfriamento convencional com aspersão.

A avaliação da força de cisalhamento por Warner-Bratzler em m. *L. dorsi* têm sido freqüentemente correlacionada com a maciez analisada sensorialmente (Whipple *et al.*, 1990; Huff-Lonergan *et al.*, 1995; Eilers *et al.*, 1996; O'Halloran *et al.*, 1997a; Devine *et al.*, 1999; Shackelford *et al.*, 1999; Silva *et al.*, 1999; Hannula & Puolanne, 2004). Wheeler *et al.* (1999) reportaram que, em

seus laboratórios, uma força de cisalhamento de 5,0 Kg para amostras do m. *L. dorsi* corresponde a uma nota de análise sensorial igual a 5,0 ou “levemente macia”.

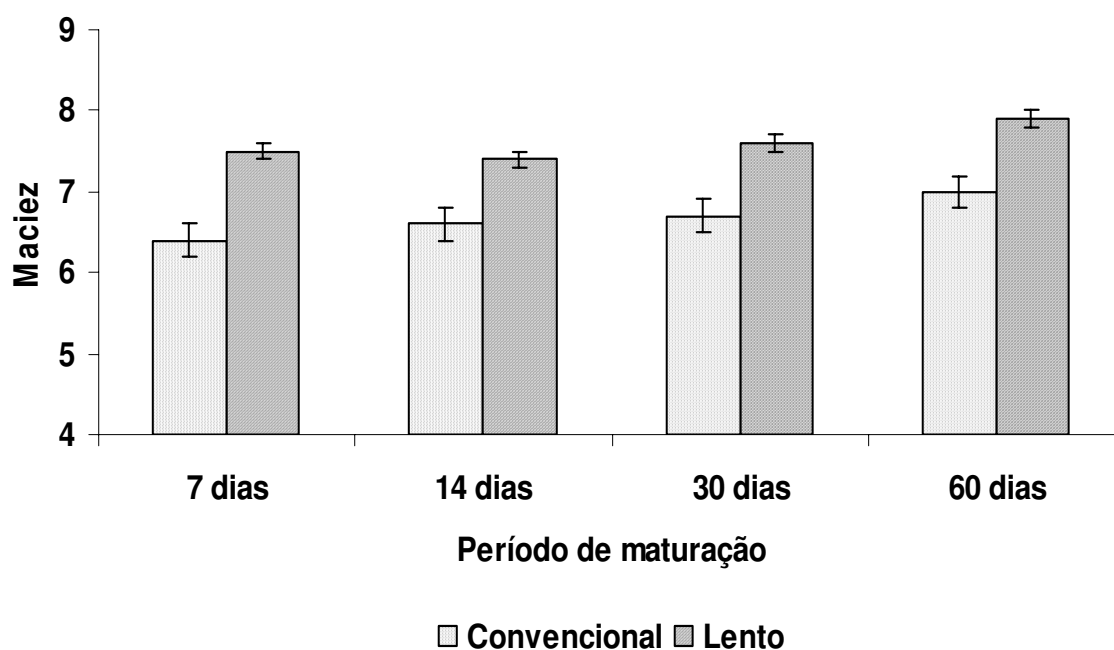


Figura 12 - Valores médios para maciez em amostras de contrafilé (m. *L. dorsi*), submetidos aos resfriamentos convencional e lento, após diferentes períodos de maturação.

Foi observada uma correlação negativa ($P < 0,001$) de -0,44 (Tabela 10) entre a força de cisalhamento e a maciez sensorial, embora, no presente experimento, provadores não treinados tenham sido utilizados, que no caso em questão foram funcionários dos laboratórios e estudantes de pós-graduação. Em trabalho realizado por Shackelford *et al.* (1999), a correlação entre a maciez e a força de cisalhamento por Warner-Bratzler foi de -0,77 ($P < 0,001$), entretanto, foram utilizados no estudo provadores treinados para a análise sensorial.

Na Figura 13 observa-se a relação entre a maciez e a força de cisalhamento, demonstrando que os métodos de resfriamento mais lentos apresentaram, de maneira geral, os menores valores para força de cisalhamento e as maiores notas para maciez, quando comparados com os métodos de resfriamento convencionais.

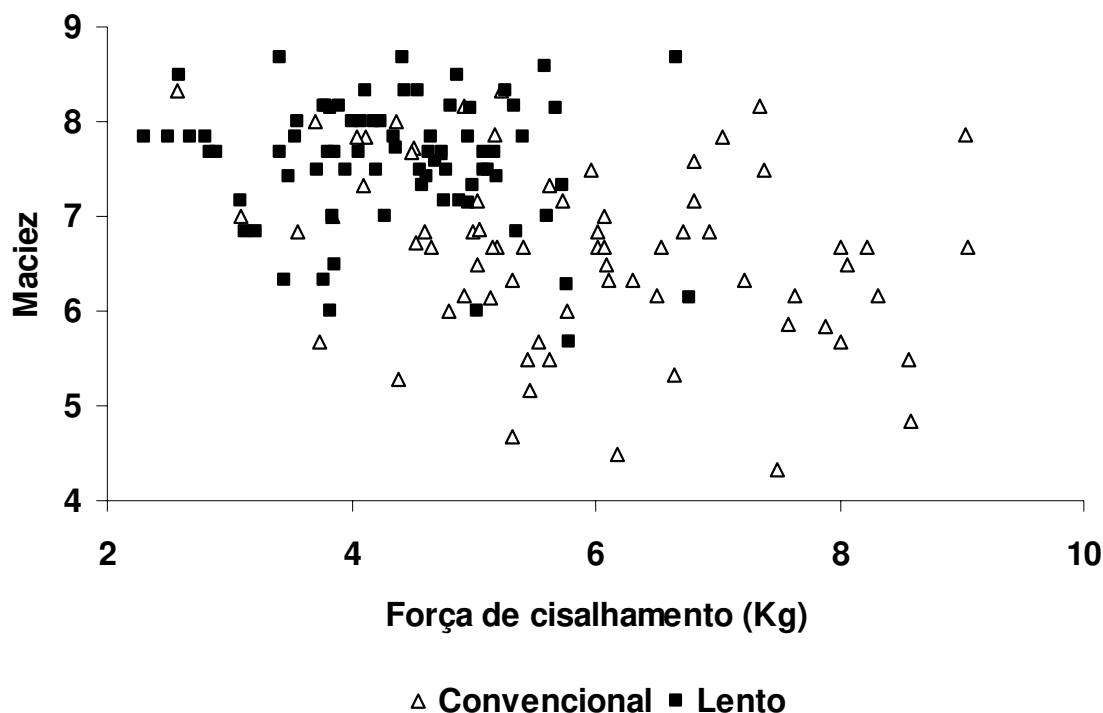


Figura 13 – Relação entre a maciez e a força de cisalhamento de amostras de contrafilé (m. L. dorsi) submetidas aos resfriamentos convencional e lento, após diferentes períodos de maturação.

De forma semelhante ao presente experimento, Lorenzen *et al.* (2003), em análise sensorial de cortes bovinos, utilizando provadores não treinados, também relataram uma correlação negativa de -0,26 ($P < 0,001$) entre maciez e Warner-Bratzler. Resultados similares foram obtidos por Platter *et al.*

(2003), que relataram uma correlação de 0,63 ($P < 0,05$) entre a avaliação sensorial da maciez e a força de cisalhamento. A correlação foi positiva no referido estudo por que a escala utilizada foi hedônica, de nove pontos e determinava como extremos a nota 1 para “gostei extremamente” e nota 9 para “desgostei extremamente”. Segundo Peachey *et al.* (2002), as diferenças em correlações encontradas entre diversos estudos podem ser devidas a muitos fatores, incluindo o uso de diferentes tipos de avaliações sensoriais (provadores treinados *versus* semi-treinados *versus* consumidores), diferentes métodos de cozimento (temperatura e tempo de cozimento e temperatura final da carne), diferenças na preparação de amostras e o uso de diferentes músculos.

O coeficiente de correlação (Tabela 10) observado no presente experimento entre maciez e o comprimento de sarcômeros foi de 0,37, sendo positivo e significativo ($P < 0,001$). Na Figura 14 observa-se a relação entre a maciez e o comprimento de sarcômeros, mostrando que, de maneira geral, as amostras resfriadas lentamente apresentaram sarcômeros maiores e receberam as melhores notas para maciez, comparando com as amostras obtidas de carcaças resfriadas convencionalmente.

Devine *et al.* (1999), avaliando o encurtamento de sarcômeros em diferentes temperaturas de resfriamento, observaram correlação também positiva, porém mais elevada ($r = 0,75$, $P < 0,001$), indicando que o encurtamento muscular tem um grande impacto na maciez sensorial, mesmo após 14 dias de maturação. Entretanto, apesar de observar uma correlação de 0,38 entre maciez e comprimento de sarcômeros de amostras do m. *L. dorsi*, Wheeler *et al.* (2002) relataram que esta correlação não foi significativa ($P > 0,05$). Silva *et al.* (1999) também não observaram correlação ($P > 0,05$) entre maciez e comprimento de sarcômeros de bifes de *Longissimus thoracis et lumborum*, após 1, 6 e 13 dias de estocagem a vácuo, em temperatura de $2^{\circ} \pm 2^{\circ}\text{C}$.

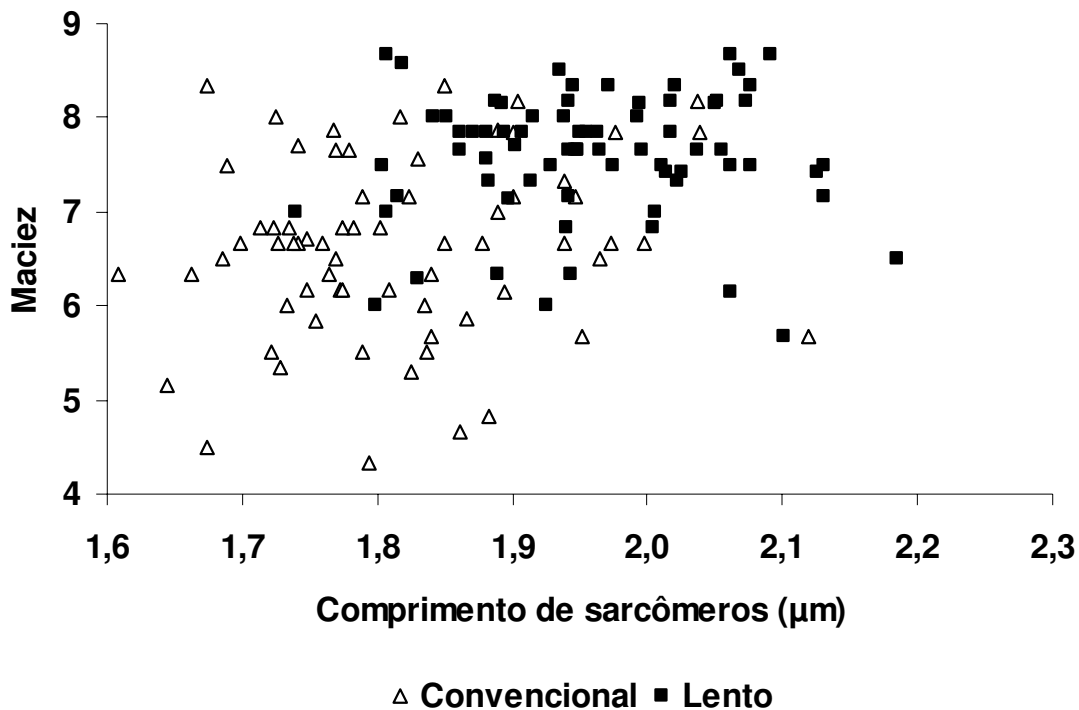


Figura 14 – Relação entre a maciez e comprimento de sarcômeros de amostras de contrafilé (*m. L. dorsi*) submetidas aos resfriamentos convencional e lento, após diferentes períodos de maturação.

A correlação entre a maciez avaliada sensorialmente e o índice de fragmentação miofibrilar observada no presente estudo foi baixa, de 0,29 (Tabela 10), porém significativa ($P < 0,001$). Silva *et al.* (1999) observaram que o índice de fragmentação miofibrilar foi altamente correlacionado com a maciez ($r = 0,67$, $P < 0,001$) quando avaliada um dia *post-mortem*, porém a correlação se tornou mais baixa quando avaliada 6 e 13 dias *post-mortem*.

Os resultados para suculência, mostrados na Tabela 13, apontaram um efeito ($P < 0,01$) do método de resfriamento adotado (Apêndice N). O efeito ($P < 0,001$) da velocidade de resfriamento na suculência também foi observado

(Apêndice O), quando comparados os valores obtidos para amostras resfriadas convencionalmente com as resfriadas lentamente, onde se pode observar que os bifos obtidos de carcaças resfriadas lentamente foram, de maneira geral, mais suculentos (Figura 15). O uso do sistema de aspersão de carcaças não influenciou na suculência ($P>0,05$). Não foram encontrados, até o presente momento, trabalhos sobre os efeitos da utilização do sistema de aspersão de carcaças na suculência de carnes.

Tabela 13 – Suculência em amostras de contrafilé (m. L. dorsi), submetidos aos diversos tratamentos de resfriamento, após diferentes períodos de maturação.

TRATAMENTOS	PERÍODOS DE MATURAÇÃO			
	7 dias	14 dias	30 dias	60 dias
CSA	6,34 ^b ±0,18 ¹	6,46 ^b ±0,19	6,65 ^{bc} ±0,18	6,30 ^b ±0,19
CCA	6,84 ^{ab} ±0,18	6,73 ^{ab} ±0,19	6,37 ^b ±0,17	6,77 ^{ab} ±0,15
LSA	7,29 ^a ±0,18	7,13 ^a ±0,19	7,07 ^{ac} ±0,17	6,84 ^a ±0,16
LCA	6,92 ^a ±0,18	6,79 ^{ab} ±0,19	7,15 ^a ±0,17	7,06 ^a ±0,16

¹ Médias e erros padrão das médias. n=62. Análise sensorial utilizando escala hedônica estruturada de 9 pontos, tendo como extremos nota 1=extremamente seca e nota 9=extremamente suculenta.

^{a,b,c} Valores seguidos de letras minúsculas diferentes na mesma coluna diferem significativamente entre si ($P<0,05$).

CSA: Resfriamento convencional sem aspersão; LCA: Resfriamento lento com aspersão; LSA: Resfriamento lento sem aspersão; CCA: Resfriamento convencional com aspersão.

Diferentemente do observado no presente estudo, Sørheim *et al.* (2001) não observaram diferenças significativas ($P>0,05$) na suculência de amostras do m. *L. dorsi*, avaliada por um painel sensorial composto por 11 provadores treinados, quando compararam a velocidade de resfriamento convencional (2°C durante todo o período) com o resfriamento de velocidade intermediária (10°C nas primeiras sete horas do resfriamento e 2°C no restante do período).

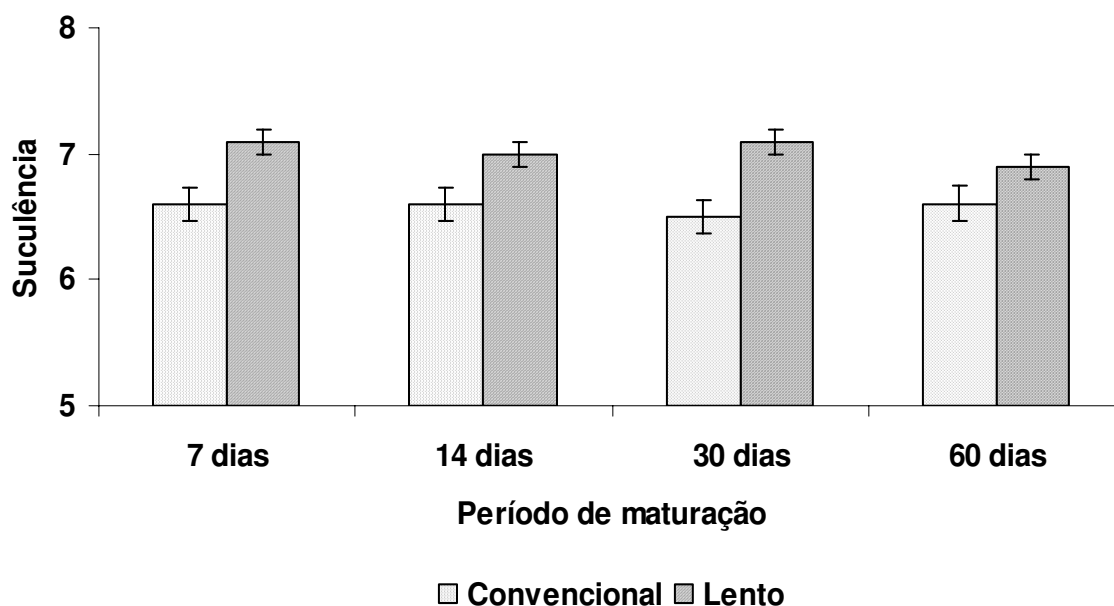


Figura 15- Valores médios para suculência em amostras de contrafilé (*m. L. dorsi*), submetidos aos resfriamentos convencional e lento, após diferentes períodos de maturação.

O coeficiente de correlação observado entre suculência e maciez no presente experimento foi considerado bom e significativo ($P < 0,001$), de 0,67 (Tabela 10). Na Figura 16 está ilustrada a relação e as linhas de tendência entre a maciez e a suculência de amostras do contrafilé (*m. L. dorsi*), comparando apenas os métodos de resfriamento convencional e lento, onde observa-se que, para ambos os tratamentos, há uma tendência de as amostras mais macias apresentarem maiores notas para suculência. Resultados similares foram apresentados por Shackelford *et al.* (1995), que observaram uma correlação de 0,51 ($P < 0,05$) entre suculência e maciez do *m. L. dorsi*. Silva *et al.* (1999) também reportaram uma significativa correlação ($P < 0,001$) entre suculência e maciez de amostras do músculo *Longissimus thoracis et lumborum*, após maturação de 1, 6 e 13 dias, com valores de 0,88, 0,80 e 0,87, respectivamente.

Em trabalho mais recente, Platter *et al.* (2003) utilizando consumidores (não treinados) como provadores, também observaram um elevado índice de correlação para maciez e suculência ($r = 0,84$; $P < 0,05$) de cortes de contrafilé maturados sob refrigeração por 14 dias. Os valores obtidos por Lorenzen *et al.* (2003) para a correlação entre maciez e suculência foram mais baixos ($r = 0,19$), porém significativos ($P < 0,001$). Wulf *et al.* (1997), utilizando provadores treinados, também encontraram valores baixos ($r = 0,28$; $P < 0,05$) para a correlação entre maciez e suculência de bifes de contrafilé, maturados por 14 dias.

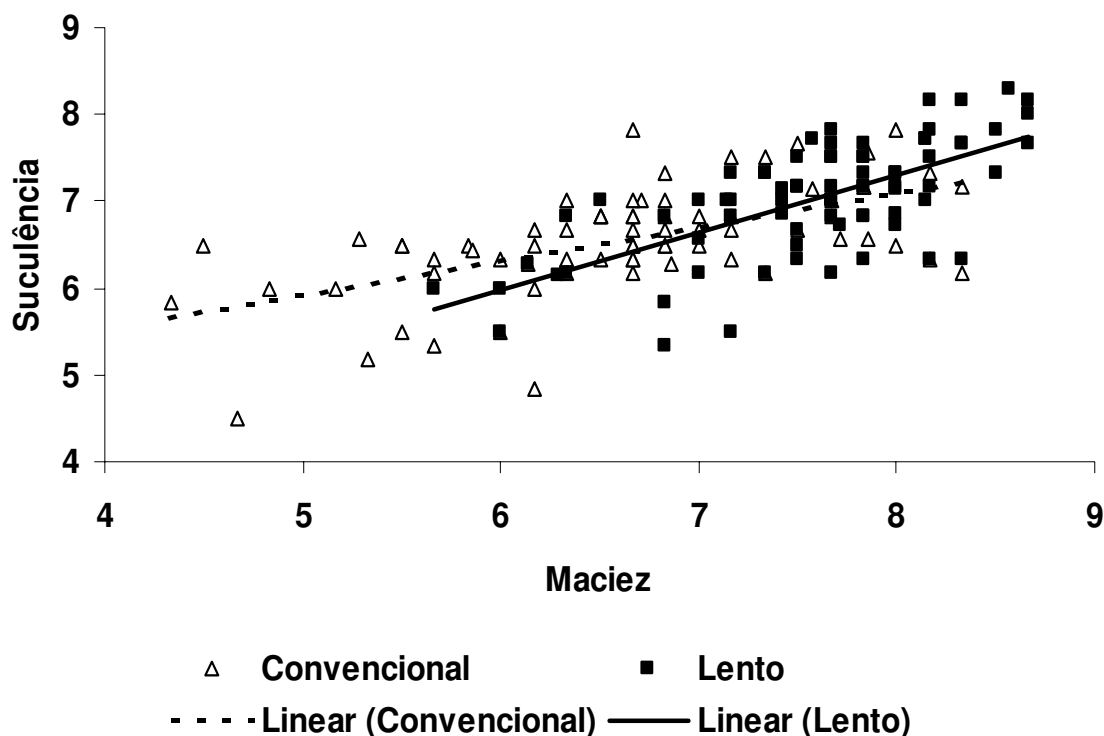


Figura 16 - Relação entre maciez e suculência e linhas de tendência de amostras de contrafilé (*m. L. dorsi*), submetidos aos resfriamentos convencional e lento, após diferentes períodos de maturação.

5.5. Avaliação visual e análise instrumental da cor

Os resultados da avaliação visual dos bifes de contra-filé, obtidos de carcaças submetidas aos diferentes tratamentos de resfriamento e períodos de maturação estão contidos nas Tabelas 14, 15 e 16, para os atributos de cor, aceitação global e opção de compra, respectivamente. De maneira geral, não houve efeito ($P>0,05$) do tratamento de resfriamento para o atributo cor (Apêndice P), porém foi observado efeito ($P<0,05$) do resfriamento para aceitação global e opção de compra (Apêndices Q e R, respectivamente). Embora o tratamento de resfriamento tenha apresentado efeito nestes dois atributos, a diferença foi significativa apenas nas amostras com 30 dias de maturação. Foi observado efeito do período de maturação nos atributos cor ($P<0,05$), aceitação global ($p=0,059$) e opção de compra ($P<0,05$), destacando o tratamento convencional com aspersão, que recebeu notas significativamente mais baixas que os demais tratamentos, nas amostras com 30 dias de maturação.

Tabela 14 – Avaliação visual, para o atributo cor, em amostras de contrafilé (m. L. dorsi), submetidos aos diversos tratamentos de resfriamento, após diferentes períodos de maturação.

TRATAMENTOS	PERÍODOS DE MATURAÇÃO			
	7 dias	14 dias	30 dias	60 dias
CSA	7,46 ^A ±0,16 ¹	7,52 ^A ±0,16	7,10 ^b ±0,18	7,51 ±0,16
CCA	7,40 ^A ±0,16	7,67 ^A ±0,16	6,89 ^{bB} ±0,18	7,30 ^{AB} ±0,16
LSA	7,60 ±0,16	7,67 ±0,16	7,65 ^a ±0,18	7,39 ±0,16
LCA	7,45 ±0,16	7,57 ±0,16	7,20 ^{ab} ±0,18	7,53 ±0,16

¹ Médias e erros padrão das médias. n=40. Escala hedônica estruturada de 9 pontos, tendo como extremos nota 1=desgostei extremamente e nota 9=gostei extremamente.

^{a,b} Valores seguidos de letras minúsculas diferentes na mesma coluna diferem significativamente entre si ($P<0,05$).

^{A,B} Valores seguidos de letras maiúsculas diferentes na mesma linha diferem significativamente entre si ($P<0,05$).

CSA: Resfriamento convencional sem aspersão; LCA: Resfriamento lento com aspersão; LSA: Resfriamento lento sem aspersão; CCA: Resfriamento convencional com aspersão.

Allen *et al.* (1987) não observaram diferenças ($P < 0,05$) na avaliação visual da cor, após aplicação do sistema de aspersão de oito horas, com jatos de 90 segundos de duração e 15 minutos de intervalo.

Os resultados obtidos sugerem que a cor, avaliada visualmente pelos consumidores, teve um papel fundamental na avaliação dos atributos aceitação global e opção de compra, uma vez que o coeficiente de correlação da cor com os demais atributos foi de 0,89 e 0,88 para aceitação global e opção de compra, respectivamente (Tabela 20). Segundo o AMSA (1991) a cor das carnes é criticamente avaliada pelos consumidores, sendo freqüentemente a base para a aceitação ou rejeição de um produto.

Tabela 15 – Avaliação visual, para o atributo aceitação global, em amostras de contrafilé (m. L. dorsi), submetidos aos diversos tratamentos de resfriamento, após diferentes períodos de maturação.

TRATAMENTOS	PERÍODOS DE MATURAÇÃO			
	7 dias	14 dias	30 dias	60 dias
CSA	7,20 $\pm$ 0,18 ¹	7,21 $\pm$ 0,17	7,14 ^a $\pm$ 0,18	7,23 $\pm$ 0,17
CCA	7,24 ^A $\pm$ 0,18	7,33 ^A $\pm$ 0,17	6,31 ^{bB} $\pm$ 0,18	7,03 ^A $\pm$ 0,17
LSA	7,36 ^{AB} $\pm$ 0,18	7,62 ^A $\pm$ 0,17	7,63 ^{aA} $\pm$ 0,18	7,10 ^B $\pm$ 0,17
LCA	7,36 $\pm$ 0,18	7,32 $\pm$ 0,17	7,18 ^a $\pm$ 0,18	7,31 $\pm$ 0,17

¹ Médias e erros padrão das médias. n=40. Escala hedônica estruturada de 9 pontos, tendo como extremos nota 1=desgostei extremamente e nota 9=gostei extremamente.

^{a,b} Valores seguidos de letras minúsculas diferentes na mesma coluna diferem significativamente entre si ($P < 0,05$).

^{A,B} Valores seguidos de letras maiúsculas diferentes na mesma linha diferem significativamente entre si ($P < 0,05$).

CSA: Resfriamento convencional sem aspersão; LCA: Resfriamento lento com aspersão; LSA: Resfriamento lento sem aspersão; CCA: Resfriamento convencional com aspersão.

Tabela 16 – Avaliação visual, para o atributo opção de compra, em amostras de contrafilé (m. L. dorsi), submetidos aos diversos tratamentos de resfriamento, após diferentes períodos de maturação.

TRATAMENTOS	PERÍODOS DE MATURAÇÃO			
	7 dias	14 dias	30 dias	60 dias
CSA	7,13 ±0,23 ¹	7,31 ±0,21	6,96 ^a ±0,24	7,20 ±0,22
CCA	7,19 ^A ±0,23	7,41 ^A ±0,21	5,91 ^{bB} ±0,24	6,88 ^A ±0,22
LSA	7,35 ^{AB} ±0,23	7,80 ^A ±0,21	7,49 ^{aAB} ±0,24	7,01 ^B ±0,22
LCA	7,36 ±0,23	7,37 ±0,21	7,01 ^a ±0,24	7,46 ±0,22

¹Médias e erros padrão das médias. n=40. Escala hedônica estruturada de 9 pontos, tendo como extremos nota 1=certamente não compraria e nota 9=certamente compraria.

^{a,b} Valores seguidos de letras minúsculas diferentes na mesma coluna diferem significativamente entre si (P<0,05).

^{A,B} Valores seguidos de letras maiúsculas diferentes na mesma linha diferem significativamente entre si (P<0,05).

CSA: Resfriamento convencional sem aspersão; LCA: Resfriamento lento com aspersão; LSA: Resfriamento lento sem aspersão; CCA: Resfriamento convencional com aspersão.

Os resultados da avaliação instrumental da cor em valores de L*, a* e b* estão contidos nas Tabelas 17, 18 e 19, respectivamente. Os resultados indicaram que, de maneira geral, houve efeito (P<0,001) do método de resfriamento para as variáveis L* e b* (Apêndices S e U, respectivamente), sendo que o efeito do método de resfriamento não foi observado (P>0,05) para a variável a* (Apêndice T), em todos os períodos de maturação adotados. Os resultados encontrados não mostraram efeito (P>0,05) do período de maturação para as variáveis L*, a* e b*, em todos os tratamentos de resfriamento aplicados.

Ao fazer a análise de variância comparando os métodos de resfriamento convencionais com os métodos lentos, considerando os tratamentos com e sem aspersão em conjunto, foi observado efeito (P<0,001) da velocidade de resfriamento apenas para os espaços de cores L* e b* (Figuras 17 e 18, respectivamente), não sendo observado efeito para a* (P>0,05). Entretanto também não foi observado efeito (P>0,05) do período de maturação para os espaços de cores estudados, ao comparar o resfriamento convencional com o lento (Apêndices V, X e Y, respectivamente).

Não foi observado efeito ($P>0,05$) do uso do sistema de aspersão nas variáveis L^* , a^* e b^* , em nenhum dos períodos de maturação estudados, quando comparados os tratamentos com e sem aspersão, considerando as duas velocidades de resfriamento em conjunto.

Em estudo realizado com ovinos, Devine *et al.* (2002) observaram que cortes obtidos de carcaças que entraram em *rigor-mortis* em temperaturas de 35°C apresentaram maiores valores de L^* ($P<0,01$) quando comparados com os obtidos de carcaças que entraram em *rigor* em temperaturas de 18°C. Para os valores de a^* e b^* não foram observadas diferenças significativas ($P>0,05$).

Resultados similares ao do presente experimento foram relatados por Jones & Robertson (1988), que não observaram efeito ($P>0,05$) da aspersão de água intermitente de quatro, oito e 12 horas, na avaliação instrumental da cor da carne (CIE – Y, x, y) na superfície do m. *L. dorsi*, 24 horas após o abate. Entretanto os autores observaram uma ligeira tendência de maiores valores para luminosidade (Y) nas amostras obtidas de carcaças resfriadas com a aspersão em relação ao grupo controle.

Os resultados obtidos por Greer & Jones (1997) também não apontaram efeito do tratamento com aspersão ($P>0,05$) na avaliação da cor da (CIE - L^* , a^* , b^*), ao analisarem a superfície de amostras do músculo *Longissimus thoracis* obtidas de carcaças que receberam aspersão durante o resfriamento por quatro, oito, 12 e 16 horas. Embora não tenha sido observado efeito da aspersão de carcaças na avaliação da cor da carne, os autores ressaltaram que houve efeito significativo ($P<0,05$) do tratamento na cor da gordura, onde os valores de L^* para a gordura de cobertura foram consistentemente maiores nas carcaças resfriadas com a aspersão em comparação com as resfriadas convencionalmente. Os valores de a^* e b^* para a gordura foram menores após o tratamento com a aspersão e este efeito do tratamento foi mais significativo ($P<0,05$) após 12 e 16

horas de aspersão. Os autores relataram que a superfície das carcaças apresentou um aspecto lavado de coloração acinzentada após 16 horas de aspersão.

Foi observado no presente estudo que as superfícies das carcaças que receberam o tratamento com o sistema de aspersão apresentaram um aspecto lavado, com uma coloração esbranquiçada nos locais onde houve o contato direto da água fria dos aspersores. Este aspecto foi mais evidente momentos após o término do tratamento com a aspersão, e as áreas esbranquiçadas diminuíram sensivelmente após algumas horas, se tornando pouco perceptíveis após 48 horas de resfriamento.

Em experimento com carcaças ovinas submetidas ao resfriamento com aspersão intermitente de água nas primeiras três horas, Brown *et al.* (1993) não observaram diferenças ($P>0,05$) na cor (CIE – L^* , a^* , b^*) de cortes do m. *L. dorsi*, 24 horas após o abate e após cinco dias de estocagem, quando comparadas com o grupo controle, porém as superfícies das carcaças que receberam o tratamento com aspersão apresentaram valores de b^* significativamente ($P<0,05$) maiores que as demais.

No mesmo estudo, as carcaças e os cortes do m. *L. dorsi* foram avaliados visualmente por uma equipe treinada, sendo constatado que após 24 horas as carcaças resfriadas com o sistema de aspersão tinham um aspecto mais “molhado” ($P<0,05$) e que receberam menores notas para aceitação global. Porém, após cinco dias de estocagem nenhuma diferença foi observada ($P>0,05$) entre os tratamentos. A equipe de julgamento não observou diferença visual na cor dos cortes ($P>0,05$) entre os tratamentos, seja com 24 horas ou com cinco dias de estocagem (Brown *et al.*, 1993); as diferenças na aparência visual não foram suficientes para causar algum tipo de discriminação após cinco dias de estocagem, e embora as carcaças resfriadas com o sistema de aspersão tenham

apresentado um aspecto “molhado” após 24 horas e menores notas para aceitação global, a retenção das mesmas por mais quatro dias resultou em superfícies de carcaças mais secas e com uma aparência mais “tradicional”.

Greer *et al.* (1990) também não observaram diferenças ($P>0,1$) na avaliação da cor (CIE – L^* , a^* , b^*) de amostras de filé mignon obtidas de carcaças submetidas ao tratamento de aspersão nas 10 primeiras horas do resfriamento (ciclos de 60 segundos de duração com intervalos de 15 minutos), avaliadas com sete e 70 dias de maturação, quando comparadas com o método convencional de resfriamento.

Observou-se nos resultados uma correlação intermediária entre as variáveis L^* , a^* e b^* (Tabela 20). Page *et al.* (2001) também observaram a correlação entre as três variáveis, porém sendo mais forte entre os valores de a^* e b^* ($r = 0,95$; $P<0,05$). Os autores relataram que em virtude da elevada correlação entre os valores de a^* e b^* , é pouco provável que analisando um dos valores isoladamente se possa ter alguma informação adicional, ao avaliar a cor da carne fresca. O valor de a^* é, segundo os autores, provavelmente mais útil que o valor de b^* ao se avaliar a estabilidade da cor da carne (formação de metamioglobina na superfície) com o passar do tempo, porque a^* expressa o valor de vermelho a verde e a formação de metamioglobina modifica a cor da carne de vermelho para verde-amarronzado (Page *et al.*, 2001).

De acordo com a AMSA (1991), as principais razões de se realizar a avaliação objetiva da cor são de ajudar nas observações visuais e de fornecer evidências imparciais dos efeitos dos tratamentos, que podem ser estatisticamente analisados. Com estas finalidades, a expressão dos dados em coordenadas de cor (valores L^* , a^* , b^*) é provavelmente suficiente, mas é essencial que estes dados sejam utilizados apenas para representar as diferenças relativas de cores, e não como descrições “absolutas” das cores (AMSA, 1991).

Ao analisar as correlações entre os atributos avaliados visualmente e os valores obtidos por análise instrumental (Tabela 20), observa-se que apenas a variável b^* apresentou correlações significativas ($P < 0,001$) com os atributos cor (0,26), aceitação global (0,29) e opção de compra (0,21). Estes coeficientes de correlação indicam que o valor de b^* foi mais útil na identificação do efeito do método de resfriamento na cor da carne, mesmo que a avaliação visual, para os três atributos, não tenha indicado efeito ($P > 0,05$) do tratamento de resfriamento. A importância do valor do espaço de cores b^* em parâmetros de qualidade da carne bovina já havia sido citada por Wulf *et al.* (1997), quando observaram a elevada correlação de b^* com maciez e força de cisalhamento, e por Wulf & Wise (1999), quando reportaram que o valor de b^* é mais preciso que os demais (L^* e a^*) em identificar carcaças com problemas de cortes escuros (DFD).

Em trabalho realizado por Lagoda *et al.* (2002) foi observada uma correlação de -0,68 entre a cor avaliada visualmente por uma equipe treinada e o valor de L^* , em amostras de m. *L. dorsi* de vitelos 24 horas após o abate. A correlação observada no referido artigo foi negativa, em virtude da escala utilizada na avaliação visual pelos provadores ter sido ancorada nos extremos com a nota 1 para pálido e nota 5 para escuro.

Diferentemente do observado no presente experimento, Pereira *et al.* (2001) relataram diferenças ($P < 0,01$) nos valores de a^* e b^* ao comparar amostras do m. *L. dorsi* com zero e 180 dias de estocagem, onde os valores de a^* diminuíram (de 15,5 para 13,1) e os valores de b^* aumentaram (de 13,8 para 15,0) após 180 dias. Entretanto, a estocagem das amostras no referido experimento foi realizada sob temperatura de congelamento (-18°C) e a avaliação da cor foi realizada após o descongelamento, em geladeira, por 24 horas.

Embora considerando apenas as avaliações feitas entre um e quatro dias *post-mortem*, Wulf & Wise (1999) não observaram diferenças significativas

($P>0,05$) nos valores de L^* , a^* e b^* obtidos em cortes do m. *L. dorsi* realizados entre a 12^a e 13^a vértebras, com o avançar do tempo. Os autores relataram também que após enxugar a umidade da superfície dos cortes foi observado um aumento do valor de a^* ($p=0,046$), mas que os valores de L^* e b^* não foram alterados ($P>0,05$).

Tabela 17 – Avaliação do valor de L^ em amostras de contrafilé (m. *L. dorsi*), submetidos aos diversos tratamentos de resfriamento, após diferentes períodos de maturação.*

TRATAMENTOS	PERÍODOS DE MATURAÇÃO			
	7 dias	14 dias	30 dias	60 dias
CSA	38,28 ^b ±0,89 ¹	39,37 ^{ab} ±0,83	39,94 ^{ab} ±0,89	39,72 ^{ab} ±0,76
CCA	37,79 ^b ±0,89	38,84 ^b ±0,83	37,94 ^b ±0,93	38,29 ^b ±0,72
LSA	39,75 ^{ab} ±0,89	40,31 ^{ab} ±0,83	40,50 ^a ±0,89	39,97 ^{ab} ±0,72
LCA	40,67 ^a ±0,89	41,59 ^a ±0,83	41,94 ^a ±0,89	41,70 ^a ±0,72

¹ Médias e erros padrão das médias. n=10.

^{a,b} Valores seguidos de letras minúsculas diferentes na mesma coluna diferem significativamente entre si ($P<0,05$).

^{A,B} Valores seguidos de letras maiúsculas diferentes na mesma linha diferem significativamente entre si ($P<0,05$).

CSA: Resfriamento convencional sem aspersão; LCA: Resfriamento lento com aspersão; LSA: Resfriamento lento sem aspersão; CCA: Resfriamento convencional com aspersão.

Tabela 18 – Avaliação do valor de a^ em amostras de contrafilé (m. *L. dorsi*), submetidos aos diversos tratamentos de resfriamento, após diferentes períodos de maturação.*

TRATAMENTOS	PERÍODOS DE MATURAÇÃO			
	7 dias	14 dias	30 dias	60 dias
CSA	22,17±0,85 ¹	22,33±0,70	21,73±0,56	21,96±0,75
CCA	23,00±0,85	23,43±0,70	22,90±0,59	22,93±0,71
LSA	22,97±0,85	23,62±0,70	23,17±0,56	23,05±0,71
LCA	23,22±0,85	23,70±0,70	22,67±0,56	23,27±0,71

¹ Médias e erros padrão das médias. n=10.

^{a,b} Valores seguidos de letras minúsculas diferentes na mesma coluna diferem significativamente entre si ($P<0,05$).

^{A,B} Valores seguidos de letras maiúsculas diferentes na mesma linha diferem significativamente entre si ($P<0,05$).

CSA: Resfriamento convencional sem aspersão; LCA: Resfriamento lento com aspersão; LSA: Resfriamento lento sem aspersão; CCA: Resfriamento convencional com aspersão.

Tabela 19 – Avaliação do valor de b^* em amostras de contrafilé (m. L. dorsi), submetidos aos diversos tratamentos de resfriamento, após diferentes períodos de maturação.

TRATAMENTOS	PERÍODOS DE MATURAÇÃO			
	7 dias	14 dias	30 dias	60 dias
CSA	13,44 ^b ±0,28 ¹	13,45 ^b ±0,29	13,51 ^b ±0,24	13,76 ^{bc} ±0,32
CCA	13,36 ^b ±0,28	13,85 ^b ±0,29	13,29 ^b ±0,25	13,62 ^c ±0,31
LSA	14,74 ^a ±0,28	14,83 ^a ±0,29	14,52 ^a ±0,24	14,49 ^{ab} ±0,31
LCA	14,77 ^a ±0,28	15,01 ^a ±0,29	14,50 ^a ±0,24	15,02 ^a ±0,31

¹ Médias e erros padrão das médias. n=10.

^{a,b,c} Valores seguidos de letras minúsculas diferentes na mesma coluna diferem significativamente entre si ($P<0,05$).

^{A,B} Valores seguidos de letras maiúsculas diferentes na mesma linha diferem significativamente entre si ($P<0,05$).

CSA: Resfriamento convencional sem aspersão; LCA: Resfriamento lento com aspersão; LSA: Resfriamento lento sem aspersão; CCA: Resfriamento convencional com aspersão.

Tabela 20 – Coeficientes de correlação de Pearson e níveis de significância para as variáveis cor, aceitação global, opção de compra e valores de L^* , a^* e b^* , das amostras de contrafilé (m. L. dorsi) submetidas aos diversos tratamentos de resfriamento e de maturação..

	COR	ACGLOB	OPCOMP	L^*	a^*	b^*
COR	—	0,89*	0,88*	0,09	0,17	0,26**
ACGLOB		—	0,89*	0,15	0,13	0,29*
OPCOMP			—	0,13	0,10	0,21**
L^*				—	-0,42*	0,48*
a^*					—	0,49*
b^*						—

acglob: aceitação global; opcomp: opção de compra

* $P<0,001$

** $P<0,05$

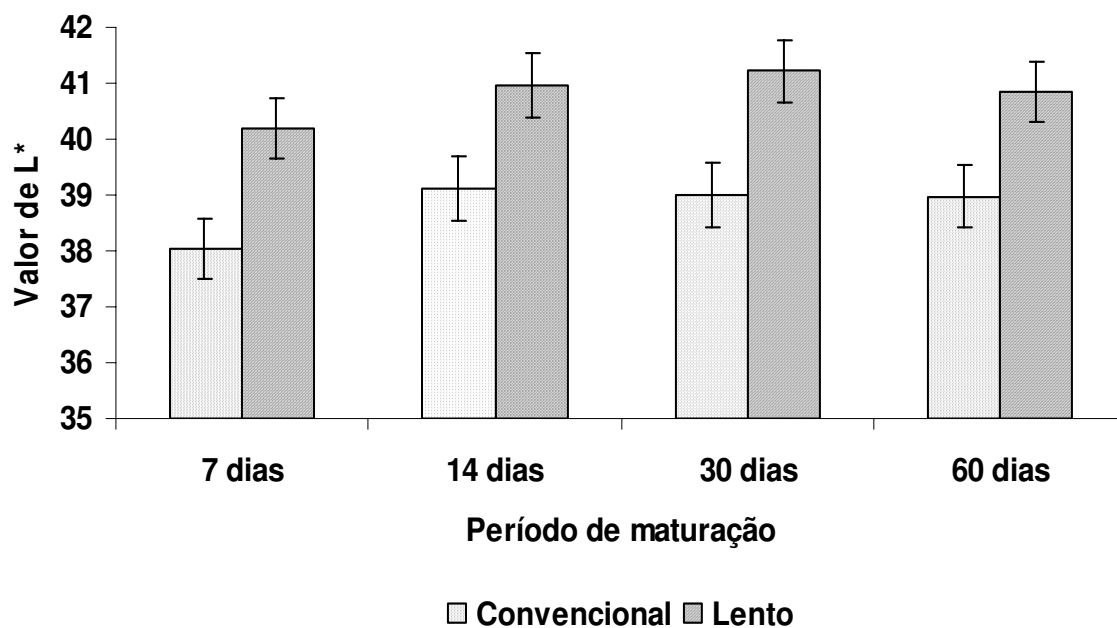


Figura 17 - Valores L^* em amostras de contrafilé (*m. L. dorsi*), submetidos aos resfriamentos convencional e lento, após diferentes períodos de maturação

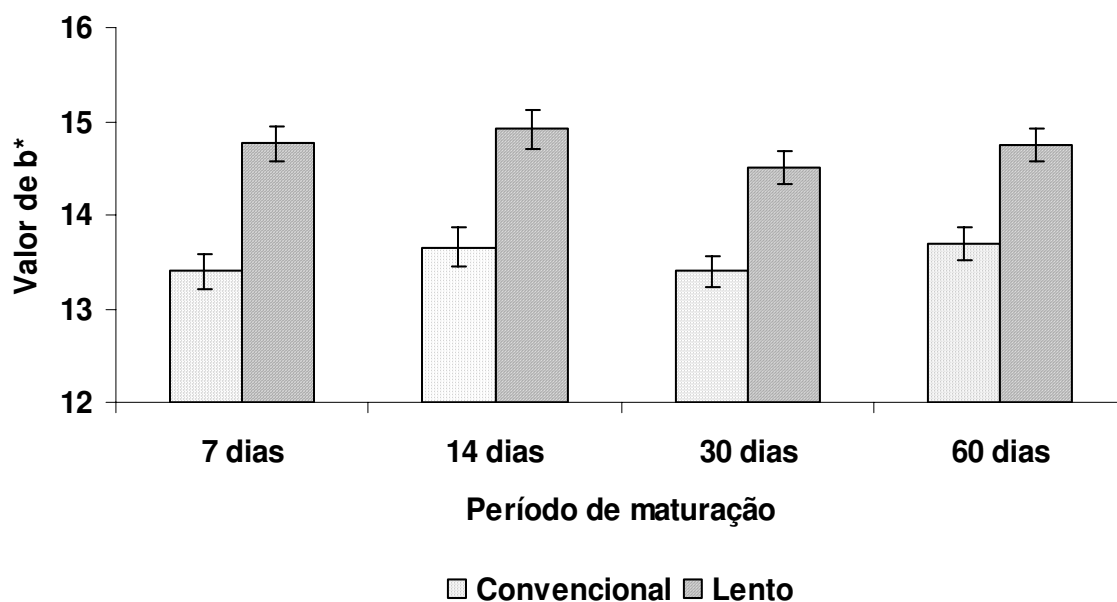


Figura 18 – Valores b^* em amostras de contrafilé (*m. L. dorsi*), submetidos aos resfriamentos convencional e lento, após diferentes períodos de maturação.

5.6. Análises microbiológicas

Foram realizadas análises para avaliar a qualidade microbiológica da água utilizada no sistema de aspersão de carcaças. As contagens de microrganismos aeróbios mesófilos e avaliação do NMP de coliformes totais e fecais da água utilizada na aspersão (Anexo 4) apresentaram-se dentro dos padrões legais vigentes para água de abastecimento, conforme o Artigo 62, itens a e b do RIISPOA – Regulamento de Inspeção Industrial e Sanitária de Produtos de Origem Animal (Brasil, 1997).

Os resultados das análises microbiológicas para contagens de microrganismos aeróbios mesófilos e psicrófilos nas amostras de contrafilé (*m. L. dorsi*) são mostrados nas Tabelas 21 e 22, respectivamente. Não foi observado no presente experimento efeito ($P > 0,05$) do tratamento de resfriamento nas análises realizadas. O período de maturação apresentou efeito ($P < 0,05$) sobre as contagens microbianas realizadas, em todos os métodos de resfriamento aplicados. A utilização do sistema de aspersão de carcaças e do resfriamento lento não influenciou nos resultados obtidos ($P > 0,05$).

As contagens iniciais foram baixas tanto para a contagem de mesófilos quanto para contagem de psicrófilos (Tabelas 21 e 22). Dainty & Mackey (1992) relataram que após as operações de esfola as carcaças carregam entre 10^2 a 10^4 bactérias/cm², mesmos valores sugeridos pelo NAS (1985). As baixas contagens iniciais de mesófilos nas amostras indicaram que as condições higiênicas de obtenção da matéria-prima nos abates foram boas, uma vez que, segundo Roça (2004) a contaminação da carne ocorre por contato com a pele, pêlo, patas, conteúdo gastrintestinal, leite do úbere, equipamentos, mãos e roupas dos operários, água de lavagem das carcaças e através do ar da sala de abate e estocagem dos produtos. De acordo com Gill (1996), os principais fatores que

devem ser observados na preservação de carnes resfriadas são a manutenção de um aspecto atrativo e fresco do produto que é exposto e a diminuição ou contenção da deterioração bacteriana.

Os resultados observados no presente experimento, indicando a ausência de efeito do uso do sistema de aspersão de carcaças na qualidade microbiológica das carnes são similares aos resultados obtidos em diversos experimentos (Mesquita *et al.*, 2003; Greer & Jones, 1997; Strydom & Buys, 1995; Greer *et al.*, 1990; Hamby *et al.*, 1987). Por outro lado, Hippe *et al.* (1991), utilizando aspersão intermitente de água durante as cinco primeiras horas do resfriamento, com jatos de cinco minutos de duração e intervalos de 15 minutos, relataram que as contagens totais de microrganismos aeróbios mesófilos e de anaeróbios facultativos foram maiores nas carcaças tratadas com a aspersão que nas resfriadas convencionalmente.

A velocidade de resfriamento não influenciou nas contagens dos microrganismos. Poucos trabalhos têm reportado os efeitos do resfriamento lento na qualidade microbiológica. Entretanto, Stevenson *et al.* (1978) observaram que o resfriamento de carcaças em temperaturas de $15^{\circ}\text{C} \pm 1^{\circ}\text{C}$ durante 24 horas, resultou em contagens (*swabs* de superfície) de microrganismos mesófilos aeróbios e psicrótróficos mais elevadas quando comparadas com as contagens feitas em carcaças resfriadas convencionalmente ($0^{\circ}\text{C} \pm 1^{\circ}\text{C}$).

Pode-se observar nos resultados (Tabelas 21 e 22) que as contagens para mesófilos e psicrófilos, mantiveram-se em níveis considerados baixos até 30 dias de maturação. Entretanto, houve um aumento mais pronunciado entre 30 e 60 dias de maturação, com especial interesse nas contagens de microrganismos psicrófilos, que após 60 dias de maturação apresentaram valores que variaram na ordem de 10^6 a 10^7 UFC/g. De acordo com Gill (1986), a deterioração da carne refrigerada é causada predominantemente por

microrganismos capazes de crescer em baixas temperaturas. Porém, segundo o NAS (1985), cortes cárneos embalados a vácuo que apresentem contagens de 10^6 a 10^7 UFC/g, similares às observadas no presente estudo, podem ser aceitáveis sensorialmente, uma vez que os microrganismos predominantes em carnes neste tipo de embalagem são as bactérias lácticas, menos deteriorantes que outros microrganismos psicrotróficos, como os bastonetes Gram-negativos do gênero *Pseudomonas*.

Tabela 21 – Medianas das contagens de microrganismos aeróbios mesófilos (UFC/g) em amostras de contrafilé (m. L. dorsi), submetidos aos diversos tratamentos de resfriamento, após diferentes períodos de maturação.

TRATAMENTO	PERÍODO DE MATURAÇÃO				
	0 dias	7 dias	14 dias	30 dias	60 dias
CSA	$5,0 \times 10^2$ ^A	$3,1 \times 10^2$ ^A	$3,0 \times 10^2$ ^A	$4,7 \times 10^2$ ^A	$7,5 \times 10^4$ ^A
LCA	$2,9 \times 10^2$ ^{AB}	$7,0 \times 10^1$ ^B	$2,0 \times 10^2$ ^B	$3,8 \times 10^2$ ^{AB}	$4,2 \times 10^5$ ^A
LSA	$6,1 \times 10^2$ ^{AB}	$2,6 \times 10^2$ ^B	$4,7 \times 10^2$ ^{AB}	$5,9 \times 10^3$ ^{AB}	$3,1 \times 10^4$ ^A
CCA	$2,9 \times 10^2$ ^B	$3,4 \times 10^2$ ^B	$3,2 \times 10^2$ ^{AB}	$4,5 \times 10^3$ ^{AB}	$5,6 \times 10^4$ ^A

^{a,b} Valores seguidos de letras minúsculas diferentes na mesma coluna diferem significativamente entre si pelo Teste de Kruskal-Wallis ($P < 0,05$).

^{A,B} Valores seguidos de letras maiúsculas diferentes na mesma linha diferem significativamente entre si pelo Teste de Kruskal-Wallis ($P < 0,05$).

CSA: Resfriamento convencional sem aspersão; LCA: Resfriamento lento com aspersão; LSA: Resfriamento lento sem aspersão; CCA: Resfriamento convencional com aspersão.

Tabela 22 – Medianas das contagens de microrganismos aeróbios psicrófilos (UFC/g) em amostras de contrafilé (m. L. dorsi), submetidos aos diversos tratamentos de resfriamento, após diferentes períodos de maturação.

TRATAMENTO	PERÍODO DE MATURAÇÃO				
	0 dias	7 dias	14 dias	30 dias	60 dias
CSA	$3,0 \times 10^1$ ^C	$5,0 \times 10^1$ ^{abBC}	$5,0 \times 10^1$ ^B	$2,7 \times 10^5$ ^{AB}	$1,2 \times 10^6$ ^A
LCA	$1,0 \times 10^2$ ^B	$2,0 \times 10^1$ ^{bB}	$1,0 \times 10^4$ ^B	$1,9 \times 10^5$ ^{AB}	$2,1 \times 10^7$ ^A
LSA	$6,5 \times 10^1$ ^C	$5,4 \times 10^2$ ^{aBC}	$5,6 \times 10^3$ ^{ABC}	$6,6 \times 10^5$ ^{AB}	$1,3 \times 10^7$ ^A
CCA	$1,0 \times 10^2$ ^C	$5,5 \times 10^1$ ^{abC}	$3,7 \times 10^2$ ^{BC}	$2,9 \times 10^4$ ^{AB}	$3,1 \times 10^6$ ^A

^{a,b} Valores seguidos de letras minúsculas diferentes na mesma coluna diferem significativamente entre si pelo Teste de Kruskal-Wallis ($P < 0,05$).

^{A,B,C} Valores seguidos de letras maiúsculas diferentes na mesma linha diferem significativamente entre si pelo Teste de Kruskal-Wallis ($P < 0,05$).

CSA: Resfriamento convencional sem aspersão; LCA: Resfriamento lento com aspersão; LSA: Resfriamento lento sem aspersão; CCA: Resfriamento convencional com aspersão.

6. CONCLUSÕES

Nas condições em que o experimento foi realizado pode-se concluir que:

O uso do sistema de aspersão de carcaças acelera a velocidade de resfriamento do contrafilé (m. *L. dorsi*), tanto nas carcaças resfriadas convencionalmente, quanto nas resfriadas lentamente.

O método de resfriamento não influenciou na curva de redução do pH muscular.

O sistema de aspersão é eficiente na redução das perdas de peso por evaporação durante o resfriamento, podendo causar um aumento de peso das carcaças.

O método de resfriamento e o período de maturação influenciam nas perdas por exsudação, porém sem influenciar nas perdas durante o cozimento.

O uso do sistema de aspersão não influencia na maciez do contrafilé medida por análises instrumentais e sensoriais.

O tempo de maturação melhora a maciez do contrafilé medida por instrumentos.

Os resultados das análises instrumentais e sensoriais da maciez do contrafilé apresentam correlação significativa entre si.

Os atributos sensoriais de maciez e suculência apresentam boa correlação entre si.

O método de resfriamento e o período de maturação influenciam na avaliação visual dos bifes de contrafilé. A cor, medida instrumentalmente, é influenciada apenas pela velocidade de resfriamento.

Considerando a adequada qualidade microbiológica da água utilizada no sistema de aspersão e as estritas condições higiênicas em que o experimento foi realizado, o uso da aspersão e de velocidade lenta de resfriamento não influencia na qualidade microbiológica do contrafilé.

O resfriamento lento de carcaças é mais eficiente em produzir cortes com características sensoriais desejáveis pelos consumidores, como a maciez e a suculência; trata-se de uma técnica de fácil execução, que pode minimizar os efeitos prejudiciais do frio sobre tais atributos.

A utilização do sistema de aspersão de carcaças bovinas pode ser um recurso tecnológico viável com objetivos de reduzir as perdas de peso durante o resfriamento, sem influenciar negativamente em características físicas, microbiológicas e sensoriais da carne do contrafilé (m. *L. dorsi*).

7. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. ALLEN, D.M.; HUNT, M.C.; LUCHIARI FILHO, A.; DANLER, R.J.; GOLL, S.J. Effects of spray chilling and carcass spacing on beef carcass cooler shrink and grade factors. **Journal of Animal Science**, v.64, p.165-170, 1987.
2. AMSA – AMERICAN MEAT SCIENCE ASSOCIATION. Guidelines for meat color evaluation. **Proceedings of the Reciprocal Meat Conference**, v.44, 1991.
3. APHA – AMERICAN PUBLIC HEALTH ASSOCIATION. **Compendium of methods for the microbiological examination of foods**. 3.ed. Washington, 1992. 1219 p.
4. BAILEY, A.J. The chemistry of collagen cross-links and their role in meat texture. **Reciprocal Meat Conference Proceedings**, v.42, p.127-135, 1989.
5. 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.
6. BENDALL, J.R. The biochemistry of rigor mortis and cold-contrature. In: **Proceedings of The 19th European Meeting of Meat Research Workers**. Paris, 1973. p.1-27. *Apud* HANNULA, T.; PUOLANNE, E. The effect of cooling rate on beef tenderness: The significance of pH at 7°C. **Meat Science**, v.67, 403-408, 2004.
7. BOLEMAN, S.J.; BOLEMAN, S.L.; MILLER, R.K.; TAYLOR, J.F.; CROSS, H.R.; WHEELER, T.L.; KOOHMARAIE, M.; SHACKELFORD, S.D.; MILLER, M.F.; WEST, R.L.; JOHNSON, D.D.; SAVELL, J.W. Consumer evaluation of beef of known categories of tenderness. **Journal of Animal Science**, v.75, p.1521-1524, 1997.
8. BOURGEOIS, C.M.; MESCLE, J.F.; ZUCCA, J. **Microbiologia Alimentaria**. Zaragoza: Ed. Acribia, 1988. 437p.

9. BRASIL. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. **Circular nº 260/2003/DCI/DIPOA, de 23 de abril de 2003.** Orienta estabelecimentos exportadores de carnes e produtos cárneos derivados para a União Européia. Brasília: Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento, 2003.
10. BRASIL. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. **Circular nº 528/2004/DCI/DIPOA, de 08 de setembro de 2004.** Dispõe sobre a presença de *Listeria* e *Salmonella* em carnes exportadas pelo Brasil. Brasília: Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento, 2004.
11. BRASIL. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. **Regulamento da Inspeção Industrial e Sanitária de Produtos de Origem Animal.** Brasília: Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento, 1997. 241p.
12. BRASIL. Ministério da Agricultura. Secretaria Nacional de Defesa Agropecuária. **Métodos de Análise Microbiológica para Alimentos.** Brasília: Ministério da Agricultura. 2003. 135p.
13. BROWN, T.; CHOUROUZIDIS, K.N.; GIGIEL, A.J. Spray chilling of lamb carcasses. **Meat Science**, v.34, p.311-325, 1993.
14. BUTCHERS, A.D.M.; FERGUSON, D.M.; DEVINE, C.E.; THOMPSON, J.M. Interaction between pre-slaughter handling and low voltage electrical stimulation and the effect on beef quality. In: INTERNATIONAL CONGRESS OF MEAT SCIENCE AND TECHNOLOGY, 44, 1998, Barcelona, Spain. **Proceedings...** Barcelona, 1998. p. 1050-1051.
15. CAMPO, M.M.; SANTOLARIA, P.; SAÑUDO, C.; LEPETIT, J.; OLLETA, J.L.; PANEA, B.; ALBERTÍ, P. Assessment of breed type and ageing time effects on beef meat quality using two different texture devices. **Meat Science**, v.55, p.371-378, 2000.

16. COLLETT, P.; GIGIEL, A.J. II R Commission C2, Bristol. **Recent Advances and Developments in the Refrigeration of Meat by Chilling**. P.171. 1986 *apud* JONES, S.D.M.; ROBERTSON, W.M. The effects of spray-chilling carcasses on shrinkage and quality of beef. **Meat Science**, v.24, p.177-188, 1988.
17. CULLER, R.D.; PARRISH Jr., F.C.; SMITH, G.C.; CROSS, H.R. Relationship of myofibril fragmentation index to certain chemical, physical and sensory characteristics of bovine longissimus muscle. **Journal of Food Science**, v.43, p.1177-1180, 1978.
18. DAINITY, R.H.; MACKEY, B.M. The relationship between the phenotypic properties of bacteria from chill-stored meat and spoilage processes. **Journal of Applied Bacteriology**, Symposium supplement, v.73, p.103s-114s, 1992.
19. DELGADO, E.F. Fatores bioquímicos que afetam a maciez da carne. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE CIÊNCIA E TECNOLOGIA DE CARNES, 1., 2001, São Pedro. **Anais...** Campinas: CTC/ITAL, 2001, p.143-159.
20. DEVINE, C.E.; PAYNE, S.R.; PEACHEY, B.M.; TIMOTHY, E.L.; INGRAM, J.R.; COOK, C.J. High and low temperature effects on sheep meat tenderness and ageing. **Meat Science**, v.60, p.141-166, 2002.
21. DEVINE, C.E.; WAHLGREN, N.M.; TORNBERG, E. Effect of rigor temperature on muscle shortening and tenderization of restrained and unrestrained beef muscle *Longissimus thoracicus et lumborum*. **Meat Science**, v.51, p.61-72, 1999.
22. DRANSFIELD, E. Optimisation of tenderisation, ageing and tenderness. **Meat Science**, v.36, p.105-121, 1994.
23. DRANSFIELD, E.; WAKEFIELD, D.K.; PARKMAN, I.D. Modelling post-mortem tenderisation-I: Texture of electrically stimulated and non-stimulated beef. **Meat Science**, v.31, p.57-73, 1992.

24. EILERS, J.D.; TATUM, J.D.; MORGAN, J.B.; SMITH, G.C. Modification of early postmortem muscle pH and use of postmortem aging to improve beef tenderness. **Journal of Animal Science**, v.74, p.790-798, 1996.
25. FELÍCIO, P.E.de. Fatores *ante e post-mortem* que influenciam na qualidade da carne bovina. In: Produção do Novilho de Corte. SIMPÓSIO SOBRE PECUÁRIA DE CORTE, 4, 1997, Piracicaba. **Anais...** Piracicaba, FEALQ, 1997. p.79-97.
26. FERGUSON, D.M.; JIANG, S.; HEARNshaw, H.; RYMILL, S.R.; THOMPSON, J.M. Effect of electrical stimulation on protease activity and tenderness of *m. longissimus* from cattle with different proportions of *Bos indicus* content. **Meat Science**, v.55, p.265-272, 2000.
27. FIEMS, L.O.; CAMPENEERE, S.De.; SMET, S.De.; VAN DE VOORDE, G.; VANACKER, J.M.; BOUCQUÈ, Ch.V. Relationship between fat depots in carcasses of beef bulls and effect on meat colour and tenderness. **Meat Science**, v.56, p.41-47, 2000.
28. FRANCIS, S.J.; ALLEN, D.M.; KASTNER, C.L. FELICIO, P.E. de. The effects of coring method on beef *longissimus* muscle shear force values. **Journal of Animal Science**, v.52, n.6, p.1294-1297, 1981.
29. FSIS. **Carcass spraying during chilling**. 1993. Disponível em: <http://www.fsis.usda.gov/OPPDE/rdad/FSISDirectives/FSISDir6330.1.pdf>
Acesso em: 24/04/2003.
30. GEESINK, G.H.; KOOHMARAIE, M. Effect of calpastatin on degradation of myofibrillar proteins by μ -calpain under postmortem conditions. **Journal of Animal Science**, v.77, p.2685-2692, 1999.
31. GEESINK, G.H.; KOOLMEES, P.A.; VAN LAACK, H.L.J.M.; SMULDERS, F.J.M. Determinants of tenderisation in beef *longissimus dorsi* and *triceps brachii* muscles. **Meat Science**, v.41, n.1, p.7-17, 1995.
32. GEESINK, G.H.; MAREKO, M.H.D.; MORTON, J.D.; BICKERSTAFFE, R. Electrical stimulation – when more is less. **Meat Science**, v.57, p.145-151, 2001.

33. GILL, C.O. Extending the storage life of raw chilled meats. **Meat Science**, v.43, n.S, p. S99-S109, 1996.
34. GIL, C.O.; NEWTON, K.G. The ecology of bacterial spoilage of fresh meat at chill temperatures. **Meat Science**, v.2, 207-217, 1978.
35. GOLL, D.E.; OTSUKA, Y.; NAGAINIS, P.A.; SHANNON, J.D.; SATHE, S.K.; MUGURAMA, M. **Journal of Food Biochem.**, v.7, p.137, 1983 *apud* KOOHMARAIE, M. Biochemical factors regulating the toughening and tenderization process of meat. **Meat Science**, v.43, n.S, p.S193-S201, 1996.
36. GREER, G.G.; JONES, S.D.M. Quality and bacteriological consequences of beef carcass spray-chilling: effects of spray duration and boxed beef storage temperature. **Meat Science**, v.45, n.1, p.61-73, 1997.
37. GREER, G.G.; JONES, S.D.M.; DILTS, B.D.; ROBERTSON, W.M. Effect of spray-chilling on the quality, bacteriology and case life of aged carcasses and vacuum packaged beef. **Canadian Institute of Food Science and Technology**, v.23, n.1, p.82-86, 1990.
38. GRUNERT, K.G.; BREDAHL, L.; BRUNSØ, K. Consumer perception of meat quality and implications for product development in the meat sector – a review. **Meat Science**, v.66, p.259-272, 2004.
39. HAMBY, P.L.; SAVELL, J.W.; ACUFF, G.R.; VANDERZANT, C.; CROSS, H.R. Spray-chilling and carcass decontamination systems using lactic and acetic acid. **Meat Science**, v.21, p. 1-14, 1987.
40. HANNULA, T.; PUOLANNE, E. The effect of cooling rate on beef tenderness: The significance of pH at 7°C. **Meat Science**, v.67, 403-408, 2004.
41. HERTZMAN, C.; OLSSON, U.; TORNBERG, E. The influence of high temperature, type of muscle and electrical stimulation on the course of rigor, ageing and tenderness of beef muscles. **Meat Science**, v.35, p.119-141, 1993.

42. HIPPE, C.L.; FIELD, R.A.; RAY, B.; RUSSELL, W.C. Effect of spray-chilling on quality of beef from lean and fatter carcasses. **Journal of Animal Science**, v.69, p.178-183, 1991.
43. HONIKEL, K.O.; RONCALÉS, P.; HAMM, R. The influence of temperature on shortening and rigor onset in beef muscle. **Meat Science**, v.8, p.221-241, 1983.
44. HOPKINS, D; LITTLEFIELD, P; THOMPSON, J. The relationship between dissociation of actomyosin and tenderness. In: INTERNATIONAL CONGRESS OF MEAT SCIENCE AND TECHNOLOGY, 45, 1999, Yokohama, Japan. **Proceedings...** Yokohama, 1999. p. 250-251.
45. HOPKINS, D.L.; MARTIN, L.; GILMOUR, A.R. The impact of homogenizer type and speed on the determination of myofibrillar fragmentation. **Meat Science**, v.67, p.705-710, 2004.
46. HUFF-LONERGAN, E.; LONERGAN, S.M.; VASKE, L. pH relationships to quality attributes: tenderness. **Meat Science Reciprocal Series**. AMSA – American Meat Science Association. p. 1-4, 2000.
47. HUFF-LONERGAN, E.; PARRISH Jr., F.C.; ROBSON, R.M. Effects of postmortem aging time, animal age, and sex on degradation of titin and nebulin in bovine longissimus muscle. **Journal of Animal Science**, v.73, p.1064-1073, 1995.
48. 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.
49. HWANG, I.H.; PARK, B.Y.; CHO, S.H.; LEE, J.M. Effects of muscle shortening and proteolysis on Warner-Bratzler shear force in beef *longissimus* and *semitendinosus*. **Meat Science**, v.68, p.497-505, 2004.

50. HWANG, I.H.; THOMPSON, J.M. Ultrastructural characteristics of beef loin muscle treated with high or low voltage electrical stimulation. In: INTERNATIONAL CONGRESS OF MEAT SCIENCE AND TECHNOLOGY, 44, 1998, Barcelona, Spain. **Proceedings...** Barcelona, 1998. p. 1050-1051.
51. HWANG, I.H.; THOMPSON, J.M. The interaction between pH and temperature decline early postmortem on the calpain system and objective tenderness in electrically stimulated beef *longissimus dorsi* muscle. **Meat Science**, v.58, p.167-174, 2001.
52. JAMES, S. The chill chain from "carcass to consumer". **Meat Science**, v. 43, n. S, p. S203-S216, 1996.
53. JEACOCKE, R.E. The mechanism of cold-shortening. Recent advances and developments in the refrigeration of meat by chilling. **International Institute of Refrigeration**, p.39-43, 1986. *Apud* ZAMORA, F.; CHAIB, F.; DRANSFIELD, E. Calpains and Calpastatin from cold-shortened bovine muscle *Longissimus lumborum*. **Meat Science**, v.49, n.1, p.127-133, 1998.
54. JEREMIAH, L.E.; JONES, D.M. The effects of spray chilling and vacuum packaged stored on purge losses and the retail properties of pork. **Journal of Food Protection**, v.52, n.7, p.473-476, 1989.
55. JOHNSON, R.D.; HUNT, M.C.; ALLEN, D.M.; KASTNER, C.L.; DANLER, R.J.; SCHROCK, C.C. Moisture uptake during washing and spray chilling of holstein and beef-type steer carcasses. **Journal of Animal Science**, v.66, p.2180-2184, 1988.
56. JONES, S.D.M.; ROBERTSON, W.M. The effects of spray-chilling carcasses on shrinkage and quality of beef. **Meat Science**, v.24, p.177-188, 1988.
57. JOSEPH, R.L. Very fast chilling of beef and tenderness – a report from an EU concerted action. **Meat Science**, v.43, n.S, p.S217-S227, 1996.

58. KASTNER, C.L. **CRC Handbook of Transportation and Marketing in Agriculture**, Vol. 1. ed. E.E. Finney, CRC Press, Inc.; Boca Raton, Fl. USA. 1981 *apud* JONES, S.D.M.; ROBERTSON, W.M. The effects of spray-chilling carcasses on shrinkage and quality of beef. **Meat Science**, v.24, p.177-188, 1988.
59. KASTNER, C.L.; HENRICKSON, R.L. Providing uniform meat cores for mechanical shear force measurement. **Journal of Food Science**, v.34, p.603-605, 1969.
60. KERENS, G.; VISSER, C.J. **CSIR report**. ME 1597. 1978 *apud* STRYDOM, P.E.; BUYS, E.M. The effects of spray-chilling on carcass mass loss and surface associated bacteriology. **Meat Science**, v.39, p.265-276, 1995.
61. KING, D.A.; DIKEMAN, M.E.; WHEELER, T.L.; KASTNER, C.L.; KOOHMARAIE, M. Chilling and cooking rate effects on some myofibrillar determinants of tenderness of beef. **Journal of Animal Science**, v.81, p.1473-1481, 2003.
62. KOOHMARAIE, M. Role of the neutral proteinases in postmortem muscle protein degradation and meat tenderness. **Reciprocal Meat Conference Proceedings**, v.45, p.63-71, 1992.
63. KOOHMARAIE, M. Muscle proteinases and meat ageing. **Meat Science**, v.36, p.93-104, 1994.
64. KOOHMARAIE, M. Biochemical factors regulating the toughening and tenderization process of meat. **Meat Science**, v.43, n.S, p.S193-S201, 1996.
65. KOOHMARAIE, M. DOUMIT, M.E.; WHEELER, T.L. Meat toughening does not occur when rigor shortening is prevented. **Journal of Animal Science**, v.74, 2935-2942, 1996.
66. KROPF, D.H. Effects of retail display conditions on meat color. **Reciprocal Meat Conference Proceedings**, v.33, p.15-32, 1980. *apud* PAGE, J.K.; WULF, D.M.; SCHOWOTZER, T.R. A survey of beef muscle color and pH¹. **Journal of Animal Science**, v.79, p.678-687, 2001.

67. LABADIE, J. Consequences of packaging on bacterial growth. Meat is an ecological niche. **Meat Science**, v.52, p.299-305, 1999.
68. LACOURT, A.A.; OBLED, A.; DEVAL, C.; OUALI, A.; VALIN, C. In: **Cysteine proteinases and their inhibitors**, ed. Walter de Gruyter & Co.. New York, p.239, 1986, *apud* KOOHMARAIE, M. Muscle proteinases and meat ageing. **Meat Science**, v.36, p.93-104, 1994.
69. LAGODA, H.L.; WILSON, L.L.; HENNING, W.R.; FLOWERS, S.L.; MILLS, E.W. Subjective and objective evaluation of veal lean color. **Journal of Animal Science**, v.80, p.1911-1916, 2002.
70. LEISTNER, L. Food preservation by combined methods. **Food Research International**, v.25, p.151-158, 1992.
71. LEPETIT, J.; GRAJALES, A.; FAVIER, R. Modelling the effect of sarcomere length on collagen thermal shortening in cooked meat: consequence on meat toughness. **Meat Science**, v.54, p.239-250, 2000.
72. LOCHNER, J.V.; KAUFFMAN, R.G.; MARSH, B.B. Early-postmortem cooling rate and beef tenderness. **Meat Science**, v. 4, n. 3, p. 227-241, 1980.
73. LOCKER, R.H.; HAGYARD, C.J. A cold shortening effect in beef muscle. **Journal of Science and Food Agriculture**, v.14, p.787, 1963.
74. LORENZEN, C.L.; MILLER, R.K.; TAYLOR, J.F.; NEELY, T.R.; TATUM, J.D.; WISE, J.W.; BUYCK, M.J.; REAGAN, J.O.; SAVELL, J.W. Beef customer satisfaction: trained sensory panel ratings and Warner-Bratzler shear force values. **Journal of Animal Science**, v.81, p.143-149, 2003.
75. MAPA – Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. **Agronegócio Brasileiro: Uma Oportunidade de Investimentos**. 2004. Disponível em : <http://www.agricultura.gov.br>. Acesso em: 11/10/2004.
76. MARÍA, G.A.; VILLARROEL, M.; SAÑUDO, C.; OLLETA, J.L.; GEBRESENBET, G. Effect of transport time and ageing on aspects of beef quality. **Meat Science**, v.65, p. 1335-1340, 2003.

77. MARSH, B.B. In: INTERNATIONAL CONGRESS OF MEAT SCIENCE AND TECHNOLOGY, 39, 1993, Calgary, Canada. **Proceedings...** Calgary, 1993. Review paper, Session 3. *apud* O'HALLORAN, G.R.; TROY, D.J.; BUCKLEY, D.J.; REVILLE, W.J. The role of endogenous proteases in the tenderisation of fast glycosing muscle. **Meat Science**, v.47, n.3/4, p.187-210, 1997b.
78. MARSH, B.B. Effects of early-postmortem muscle pH and temperature on meat tenderness. **Reciprocal Meat Conference Proceedings**, v. 36, p. 131-137, 1983.
79. MARSH, B.B.; LEET, N.G. Studies in meat tenderness. III. The effects of cold shortening on tenderness. **Journal of Food Science**, v.31, p.450-459, 1966.
80. MARSH, B.B.; RINGKOB, T.P.; RUSSELL, R.L.; SWARTZ, D.R.; PAGEL, L.A. Effects of early-postmortem glycolytic rate on beef tenderness. **Meat Science**, v.21, n.4, p.241-248, 1987.
81. MESQUITA, A.J.; PRADO, C.S.; BUENO, V.F.F.; MANSUR, J.R.G.; NEVES, R.B.S.; NUNES, I.A.; LAGE, M.E.; OLIVEIRA, A.N. The effects of spray-chilling associated to conventional chilling on mass loss, bacteriological and physico-chemical quality of beef carcass. **Ciência Animal Brasileira**, v.4, n.2, p.145-153, 2003.
82. MILLER, M.F.; CARR, M.A.; RAMSEY, C.B.; CROCKETT, K.L, HOOVERT, L.C. Consumer thresholds for establishing the value of beef tenderness. **Journal of Animal Science**, v.79, p.3062-3068, 2001.
83. MILLER, R. Assessing consumer preferences and attitudes toward meat and meat products. **Brazilian Journal of Food Technology**, v.6, special issue, p.67-80, 2003.
84. MINOLTA. **Precise color communication**. Minolta Camera Co., Ltd. Japan, 1993. 49p.

85. MOLIN, G; TERNSTRÖM, A. Numerical taxonomy of psychrotrophic *Pseudomonas*. **Journal of General Microbiology**, v.128, p.1249-1264, 1982. *Apud* LABADIE, J. Consequences of packaging on bacterial growth. Meat is an ecological niche. **Meat Science**, v.52, p.299-305, 1999.
86. MORGAN, J.B.; WHEELER, T.L.; KOOHMARAIE, M.; SAVELL, J.W.; CROUSE, J.D. Meat tenderness and the calpain proteolytic system in longissimus muscle of young bulls and steers. **Journal of Animal Science**, v.71, p.1471-1476, 1993.
87. NAS – The National Academy of Sciences. An evaluation of the role of microbiological criteria for foods and foods ingredients. **The National Academy of Science**, p.184-307, 1985. Disponível em: www.nap.edu/openbook/html/194.html Acesso em: 10/09/2004.
88. NEWSOME, T.; FERGUSON, D.M.; EGAN, A.F. The effect of *Bos indicus* content, pre-slaughter treatment and tenderstretch on beef eating quality. In: INTERNATIONAL CONGRESS OF MEAT SCIENCE AND TECHNOLOGY, 45, 1999, Yokohama, Japan. **Proceedings...** Yokohama, 1999. p. 462-463.
89. O'HALLORAN, G.R.; TROY, D.J.; BUCKLEY, D.J. The relationship between early post-mortem pH and the tenderisation of beef muscles. **Meat Science**, v.45, n.2, p.239-251, 1997a.
90. O'HALLORAN, G.R.; TROY, D.J.; BUCKLEY, D.J.; REVILLE, W.J. The role of endogenous proteases in the tenderisation of fast glycosing muscle. **Meat Science**, v.47, n.3/4, p.187-210, 1997b.
91. OLSON, D.G.; PARRISH Jr., F.C.; STROMER, M.H. Myofibril fragmentation and shear resistance of three bovine muscles during postmortem storage. **Journal of Food Science**, v.41, p.1036-1041, 1976.
92. OLSSON, U.; HERTZMAN, C.; TORNBERG, E. The influence of low temperature, type of muscle and electrical stimulation on the course of rigor mortis, ageing and tenderness of beef muscles. **Meat Science**, v.37, p.115-131, 1994.

93. PAGE, J.K.; WULF, D.M.; SCHOWOTZER, T.R. A survey of beef muscle color and pH¹. **Journal of Animal Science**, v.79, p.678-687, 2001.
94. PARK, B.Y.; CHO, S.H.; KIM, J.H.; HWANG, Y.G.; KIM, Y.G.; LEE, J.M.; YOO, S.G.; KIM, G.N. Cause of muscle shortening, proteolysis and wb-shear force in beef longissimus and semitendinosus. In: INTERNATIONAL CONGRESS OF MEAT SCIENCE AND TECHNOLOGY, 49, 2003, Campinas, Brazil. **Proceedings...** Campinas, 2003. p. 75-76.
95. PEACHEY, B.M.; PURCHAS, R.W.; DUIZER, L.M. Relationships between sensory and objective measures fo meat tenderness fo beef *m. longissimus thoracis* from bulls and steers. **Meat Science**, v.60, p.211-218, 2002.
96. PEREIRA, A.S.C.; SOBRAL, P.J.A.; SILVA, S.L.; LEME, P.R. Características físico-químicas do contra-filé congelado de novilhos nelore suplementados com vitamina E. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE CIÊNCIA E TECNOLOGIA DE CARNES, 1., 2001, São Pedro. **Anais...** Campinas: CTC/ITAL, 2001, p. 209-210.
97. PLATTER, W.J.; TATUM, J.D.; BELK, K.E.; CHAPMAN, P.L.; SCANGA, J.A.; SMITH, G.C. Relationships of consumer sensory ratings, marbling score, and shear force value to consumer acceptance of beef strip lion steaks. **Journal of Animal Science**, v.81, p.2741-2750, 2003.
98. PRADO, C.S.; PÁDUA, J.T.; MIYAGI, E.S.; BUENO, C.P; GRECCO, L.F.; RESTLE, J. The effect of breeding on Warner-Bratzler shear force values from four different genotypes of beef cattle. In: INTERNATIONAL CONGRESS OF MEAT SCIENCE AND TECHNOLOGY, 49, 2003, Campinas, Brazil. **Proceedings...** Campinas, 2003. p. 211-212.
99. PUOLANNE, E.; RUUSUNEN, M. Effect of linear temperature gradiente on sarcomere lenght in pre-rigor meat strips. 1998. *Apud* HANNULA, T.; PUOLANNE, E. The effect of cooling rate on beef tenderness: The significance of pH at 7°C. **Meat Science**, v.67, 403-408, 2004.

100. PURCHAS, R.W.; YAN, X.; HARTLEY, D.G. The influence of a period of ageing on the relationship between ultimate pH and shear values of beef *m. longissimus thoracis*. **Meat Science**, v.51, p.135-141, 1999.
101. RESURRECCION, A.V.A. Sensory aspects of consumer choices for meat and meat products. **Meat Science**, v.66, p.11-20, 2003.
102. RIBEIRO JÚNIOR, J. I. **Análise estatística no SAEG**. Viçosa: UFV, 2001. 301p.
103. ROÇA, R.O. **Microbiologia da carne**. UNESP, Campus de Botucatu. 2004. Disponível em: <http://www.fca.unesp.br/outros/tcarne/tecarne.htm#s8> Acesso em: 20/07/2004.
104. RUBENSAM, J.M.; FELÍCIO, P.E.; TERMIGNONI, C. Influência do genótipo *Bos indicus* na atividade de calpastatina e na textura da carne de novilhos abatidos no sul do Brasil. **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, v.18, n.4, 1998.
105. SAS (1996) SAS User's guide: Statistics. **SAS Inst.** Inc, Cary, NC. 1996.
106. SAVELL, J.W.; SHACKELFORD, S.D. Significance of tenderness to the meat industry. **Reciprocal Meat Conference Proceedings**, v.45, p.43-46, 1992.
107. SAVELL, J.W.; MILLER, R.; WHEELER, T.L.; 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: setembro de 2001.
108. SAVELL, J.W.; MUELLER, S.L.; BAIRD, B.E. The chilling of carcasses. **Meat Science**, v. 70, p. 449-459, 2005.
109. SEKHON, K.S.; BAWA, A.S. Effect of muscle-type, stage of maturity and level of nutrition on the quality of meat from male buffalo calves. **Food Research International**, v.29, n.8, p.779-783, 1996.

110. SHACKELFORD, S.D.; KOOHMARAIE, M.; WHEELER, T.L. Effects of slaughter age on meat tenderness and USDA carcass maturity scores of beef females. **Journal of Animal Science**, v.73, p.3304-3309, 1995a.
111. 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, 1995b.
112. SHACKELFORD, S.D.; WHEELER, T.L ; KOOHMARAIE, M. Evaluation of slice shear force as an objective method of assessing beef longissimus tenderness. **Journal of Animal Science**, v.77, p.2693-2699, 1999.
113. SILVA, J.A.; PATARATA, L.; MARTINS, C. Influence of ultimate pH on bovine meat tenderness during ageing. **Meat Science**, v. 52, p. 453-459, 1999.
114. SIMMONS, N.J.; SINGH, K.; DOBBIE, P.; DEVINE, C.E. The effect of prerigor holding temperature on calpain and calpastatin activity and meat tenderness. In: INTERNATIONAL CONGRESS OF MEAT SCIENCE AND TECHNOLOGY, 42, 1996, Lillehammer, Norway. **Proceedings...** Lillehammer, 1996. p. 414-415. *Apud* DEVINE, C.E.; WAHLGREN, N.M.; TORNBERG, E. Effect of rigor temperature on muscle shortening and tenderization of restrained and unrestrained beef muscle *Longissimus thoracicus et lumborum*. **Meat Science**, v.51, p.61-72, 1999.
115. SMITHG.C.; SAVELL, J.W.; CLAYTON, R.P.; FIELD, T.G.; GRIFFIN, D.B.; HALE, D.S.; MILLER, M.F.; MONTGOMERY, T.H.; MORGAN, J.B.; TATUM, J.D.; WISE, J.W. **The final report of the National Beef Quality Audit - 1991**. Colorado State University, Fort Collins, and Texas A&M University, College Station. 1992. *apud* SAVELL, J.W.; SHACKELFORD, S.D. Significance of tenderness to the meat industry. **Reciprocal Meat Conference Proceedings**, v.45, p.43-46, 1992.

116. SRI/MAPA – Secretaria de Relações Internacionais do Agronegócio/Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. **Balança Comercial do Agronegócio – Fevereiro de 2005**. 2005a. Disponível em : http://www.agricultura.gov.br/pls/portal/docs/PAGE/MAPA/BALANCA_COMERCIAL/BALANCA_COMERCIAL_NOVA/NOTA%20FEVEREIRO%20-%202005.PDF. Acesso em: 07/04/2005.
117. SRI/MAPA – Secretaria de Relações Internacionais do Agronegócio/Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. **Exportações dos principais produtos do agronegócio brasileiro – Fevereiro de 2005**. 2005b. Disponível em : http://www.agricultura.gov.br/pls/portal/docs/PAGE/MAPA/BALANCA_COMERCIAL/BALANCA_COMERCIAL_EDICOES_ANTERIORES/BALAN%20-%20JANEIRO%202005.XLS Acesso em: 03/05/2005.
118. SØRHEIM, O.; IDLAND, J.; HALVORSEN, E.C.; FRØYSTEIN, T.; LEA, P.; HILDRUM, K.I. Influence of beef carcass stretching and chilling rate on tenderness of muscle *Longissimus dorsi*. **Meat Science**, v.57, p.79-85, 2001.
119. STEVENSON, K.E.; MERKEL, R.A.; LEE, H.C. Effects of chilling rate, carcass fatness and chlorine spray on microbiological quality and case-life of beef. **Journal of Food Science**, v.43, p.849-852, 1978.
120. STOKES, J.L.; REDMOND, M.L. Quantitative ecology of psychrophilic organisms. **Applied Microbiology**, v.14, p.74, 1966.
121. STRYDOM, P.E.; BUYS, E.M. The effects of spray-chilling on carcass mass loss and surface associated bacteriology. **Meat Science**, v.39, p.265-276, 1995.
122. TAYLOR, A.A. In: **Accelerated Processing of Meat**, ed. A. Romita, C. Valin & A.A. Taylor, C.E.C. Elsevier Applied Science, London, 285p. 1987. *apud* JOSEPH, R.L. Very fast chilling of beef and tenderness – a report from an EU concerted action. **Meat Science**, v.43, n.S, p.S217-S227, 1996.

123. TAYLOR, R.G.; GEESINK, G.H.; THOMPSON, V.F.; KOOHMARAIE, M.; GOLL, D.E. Is Z-disk degradation responsible for postmortem tenderisation. **Journal of Animal Science**, v.73, p.1351-1367, 1995.
124. TAYLOR, R.G. Meat tenderness: theory and practice. **Brazilian Journal of Food Technology**, v.6, special issue, p.56-66, 2003.
125. THOMPSON, J. Managing meat tenderness. **Meat Science**, v.62, p. 295-308, 2002.
126. TORNBERG, E. Biophysical aspects of meat tenderness. **Meat Science**, v.43, n.S, p.S175-S191, 1996.
127. UNRUH, L.D. MONTGOMERY, T.H.; GARCIA, L.G.; BROWN, M.S. The effect of spray chilling on beef carcass cooler shrink, beef wholesale cut purge, and beef retail cut cooking losses. In: INTERNATIONAL CONGRESS OF MEAT SCIENCE AND TECHNOLOGY, 49, 2003, Campinas, Brazil. **Proceedings...** Campinas, 2003. p. 363-364.
128. VAN MOESEKE, W.; DE SMET, S.; CLAEYS, E.; DEMEYER, D. Very fast chilling on beef: effects on meat quality. **Meat Science**, v.59, p.31-37, 2001.
129. 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.
130. WHEELER, T.L.; KOOHMARAIE, M. Prerigor and postrigor changes in tenderness of ovine longissimus muscle. **Journal of Animal Science**, v. 72, p. 1232-1238, 1994.
131. WHEELER, T.L.; KOOHMARAIE, M. The extent of proteolysis is independent of sarcomere length in lamb *longissimus* and *psaos major*. **Journal of Animal Science**, v.77, p.2444-2541, 1999.
132. WHEELER, T.L.; SAVELL, J.W.; CROSS, H.R.; LUNT, D.K.; SMITH, S.B. Mechanisms associated with the variation in tenderness of meat from Brahman and Hereford cattle. **Journal of Animal Science**, v.68, p.4206-4220, 1990.

133. 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.
134. WHEELER, T.L.; SHACKELFORD, S.D.; KOOHMARAIE, M. Technical note: Sampling methodology for relating sarcômere length, collagen concentration, and the extent of postmortem proteolysis to beef and pork longissimus tenderness. **Journal of Animal Science**, v.80, p.982-987, 2002.
135. WHEELER, T.L.; SHACKELFORD, S.D.; KOOHMARAIE, M. The accuracy and repeatability of untrained laboratory consumer panelists in detecting differences in beef longissimus tenderness. **Journal of Animal Science**, v.82, p.557-562, 2004.
136. WHEELER, T.L.; SHACKELFORD, S.D.; JOHNSON, L.P.; MILLER, M.F.; MILLER, R.K.; KOOHMARAIE, M. A comparison of warner-bratzler shear force assessment within and among institutions. **Journal of Animal Science**, v.75, p.2423-2432, 1997.
137. WHEELER, T.L.; SHACKELFORD, S.D.; KOOHMARAIE, M. Tenderness classification of beff: 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.
138. WHEELER, T.L.; SHACKELFORD, S.D.; KOOHMARAIE, M. **Shear Force procedures for meat tenderness measurement**. 1998. Disponível em: http://meats.marc.usda.gov/MRU_WWW/Protocol/WBS.pdf. Acesso em: set. 2001.
139. WHEELER, T.L.; SHACKELFORD, S.D.; KOOHMARAIE, M. Variation in proteolysis, sarcomere lenght, collagen content, and tenderness among major pork muscles. **Journal of Animal Science**, v.78, p.958-965, 2000.

140. 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.
141. WULF, D.M.; O'CONNOR, S.F. TATUM, J.D.; SMITH, G.C. Using objective measures of muscle color to predict beef longissimus tenderness. **Journal of Animal Science** v.75, p.684-692, 1997.
142. WULF, D.M.; PAGE, J.K. Using measurements of muscle color, pH, and electrical impedance to augment the current USDA beef quality grading standards and improve the accuracy and precision of sorting carcasses into palatability groups. **Journal of Animal Science**, v. 78, p. 2595-2607, 2000.
143. WULF, D.M.; WISE, J.W. Measuring muscle color on beef carcasses using the L* a* b* color space. **Journal of Animal Science**, v.77, p. 2418-2427, 1999.
144. ZAMORA, F.; CHAIB, F.; DRANSFIELD, E. Calpains and Calpastatin from cold-shortened bovine muscle *Longissimus lumborum*. **Meat Science**, v.49, n.1, p.127-133, 1998.
145. ZEECE, M.G.; TIMOTHY, L.W.; KEEN, M.A.; REVILLE, W.J. Role of proteinases and inhibitors in postmortem muscle protein degradation. **Reciprocal Meat Conference Proceedings**, v.45, p.51-61, 1992.

ANEXOS

ANEXO 1

ANÁLISE VISUAL

Você está recebendo amostras codificadas de carne bovina resfriada. Por favor, avalie as amostras quanto aos atributos solicitados, marcando com um “X” a opção desejada.

Atributo: Cor

OPÇÕES	AMOSTRAS			
Gostei extremamente	☐	☐	☐	☐
Gostei muito	☐	☐	☐	☐
Gostei moderadamente	☐	☐	☐	☐
Gostei ligeiramente	☐	☐	☐	☐
Nem gostei/Nem desgostei	☐	☐	☐	☐
Desgostei ligeiramente	☐	☐	☐	☐
Desgostei moderadamente	☐	☐	☐	☐
Desgostei muito	☐	☐	☐	☐
Desgostei extremamente	☐	☐	☐	☐

Atributo: Aceitação global

OPÇÕES	AMOSTRAS			
Gostei extremamente	☐	☐	☐	☐
Gostei muito	☐	☐	☐	☐
Gostei moderadamente	☐	☐	☐	☐
Gostei ligeiramente	☐	☐	☐	☐
Nem gostei/Nem desgostei	☐	☐	☐	☐
Desgostei ligeiramente	☐	☐	☐	☐
Desgostei moderadamente	☐	☐	☐	☐
Desgostei muito	☐	☐	☐	☐
Desgostei extremamente	☐	☐	☐	☐

Atributo: Opção de compra

OPÇÕES	AMOSTRAS			
Certamente compraria	☐	☐	☐	☐
	☐	☐	☐	☐
Provavelmente compraria	☐	☐	☐	☐
	☐	☐	☐	☐
Talvez comprasse/Talvez não comprasse	☐	☐	☐	☐
	☐	☐	☐	☐
Provavelmente não compraria	☐	☐	☐	☐
	☐	☐	☐	☐
Certamente não compraria	☐	☐	☐	☐

ANEXO 2

ANÁLISE SENSORIAL

Você está recebendo amostras codificadas de carne bovina assada. Por favor, prove as amostras e avalie-as quanto aos atributos maciez e suculência, marcando com um “X” a opção desejada.

Atributo: Maciez

OPÇÕES	AMOSTRAS					
Extremamente macia	☐	☐	☐	☐	☐	☐
Muito macia	☐	☐	☐	☐	☐	☐
Moderadamente macia	☐	☐	☐	☐	☐	☐
Ligeiramente macia	☐	☐	☐	☐	☐	☐
Nem macia/Nem dura	☐	☐	☐	☐	☐	☐
Ligeiramente dura	☐	☐	☐	☐	☐	☐
Moderadamente dura	☐	☐	☐	☐	☐	☐
Muito dura	☐	☐	☐	☐	☐	☐
Extremamente dura	☐	☐	☐	☐	☐	☐

Atributo: Suculência

OPÇÕES	AMOSTRAS					
Extremamente suculenta	☐	☐	☐	☐	☐	☐
Muito suculenta	☐	☐	☐	☐	☐	☐
Moderadamente suculenta	☐	☐	☐	☐	☐	☐
Ligeiramente suculenta	☐	☐	☐	☐	☐	☐
Nem suculenta /Nem seca	☐	☐	☐	☐	☐	☐
Ligeiramente seca	☐	☐	☐	☐	☐	☐
Moderadamente seca	☐	☐	☐	☐	☐	☐
Muito seca	☐	☐	☐	☐	☐	☐
Extremamente seca	☐	☐	☐	☐	☐	☐

ANEXO 3

Quadro 1 - Relação de pesos das carcaças antes e após o resfriamento e as respectivas perdas de peso durante o resfriamento, no primeiro abate.

Animal	TRATAMENTO	PCQ (Kg)	PCF (Kg)	QR (Kg)	QR (%)
1	LCA	214,00	212,90	1,10	0,51
2	LCA	199,50	202,80	-3,30	-1,65
3	LCA	202,50	201,00	1,50	0,74
4	LCA	178,00	179,80	-1,80	-1,01
5	LSA	169,00	167,80	1,20	0,71
6	LSA	200,50	196,70	3,80	1,90
7	LSA	189,50	188,00	1,50	0,79
8	LSA	196,50	194,00	2,50	1,27
9	CCA	161,50	163,30	-1,80	-1,11
10	CCA	174,50	176,30	-1,80	-1,03
11	CCA	180,00	181,10	-1,10	-0,61
12	CCA	173,50	173,60	-0,10	-0,06
13	CSA	171,00	166,50	4,50	2,63
14	CSA	224,00	220,70	3,30	1,47
15	CSA	171,50	169,40	2,10	1,22
16	CSA	178,50	175,70	2,80	1,57
Média ± DP	-----	186,5 ± 17,9	185,6 ± 17,4	-----	-----

PCQ: Peso de carcaça quente; PCF: Peso de carcaça fria; QR: Perda de peso durante o resfriamento. DP: Desvio-padrão

Quadro 2 - Relação de pesos das carcaças antes e após o resfriamento e as respectivas perdas de peso durante o resfriamento, no segundo abate.

Animal	TRATAMENTO	PCQ (Kg)	PCF (Kg)	QR (Kg)	QR (%)
1	CSA	171,50	168,00	3,50	2,04
2	CSA	164,50	161,50	3,00	1,82
3	CSA	145,00	142,50	2,50	1,72
4	CSA	197,50	194,00	3,50	1,77
5	CSA	163,50	162,00	1,50	0,92
6	CSA	161,00	158,50	2,50	1,55
7	LCA	170,50	169,10	1,40	0,82
8	LCA	165,50	164,00	1,50	0,91
9	LCA	157,50	156,00	1,50	0,95
10	LCA	166,50	165,50	1,00	0,60
11	LCA	158,00	156,00	2,00	1,27
12	LCA	166,50	166,00	0,50	0,30
13	LSA	171,00	167,00	4,00	2,34
14	LSA	156,50	153,50	3,00	1,92
15	LSA	161,00	157,50	3,50	2,17
16	LSA	161,50	158,50	3,00	1,86
17	LSA	178,50	175,50	3,00	1,68
18	LSA	169,00	166,00	3,00	1,78
19	CCA	176,50	176,00	0,50	0,28
20	CCA	159,50	160,00	-0,50	-0,31
21	CCA	169,50	170,00	-0,50	-0,29
22	CCA	148,00	148,00	0,00	0,00
23	CCA	166,50	166,00	0,50	0,30
24	CCA	155,00	155,00	0,00	0,00
Média ± DP	-----	165,0 ± 10,6	163,2 ± 10,3	-----	-----

PCQ: Peso de carcaça quente; PCF: Peso de carcaça fria; QR: Perda de peso durante o resfriamento. DP: Desvio-padrão.

ANEXO 4

Quadro 3 – Resultados das análises microbiológicas da água utilizada na aspersão das carcaças.

	1º ABATE		2º ABATE	
	Câmara 02	Câmara 03	Câmara 04	Câmara 05
Contagem Mesófilos	<1,0 X 10 ¹ UFC/mL estimado	<1,0 X 10 ¹ UFC/mL estimado	<1,0 X 10 ¹ UFC/mL estimado	9,0 X 10 ¹ UFC/mL estimado
Coliformes Totais	<3,0 NMP/100 mL	<3,0 NMP/100 mL	<3,0 NMP/100 mL	<3,0 NMP/100 mL
Coliformes Fecais	<3,0 NMP/100 mL	<3,0 NMP/100 mL	<3,0 NMP/100 mL	<3,0 NMP/100 mL

UFC: Unidade formadora de colônias; NMP: Número mais provável.

APÊNDICES

APÊNDICES

Apêndice A – Resumo da análise de variância para a perda de peso por evaporação no primeiro abate (%).

Causa	GL	Pr > F
Tratamento de resfriamento	3	0,0016
Erro	12	
C.V.= 164,2	$R^2 = 0,71$	Média global = 0,46%

Apêndice B – Resumo da análise de variância para a perda de peso por evaporação no segundo abate (%).

Causa	GL	Pr > F
Tratamento de resfriamento	3	<0,0001
Erro	20	
C.V.= 28,4	$R^2 = 0,88$	Média global = 1,1%

Apêndice C – Resumo da análise de variância para a perda de peso por exsudação (%).

Causa	GL	Pr > F
Tratamento de resfriamento	3	<0,0001
Período de maturação	3	<0,0001
Tratamento X Maturação	9	0,3086
Erro	144	
C.V.= 46,6	$R^2 = 0,45$	Média global = 1,6%

Apêndice D – Resumo da análise de variância para a perda de peso por exsudação, comparando apenas os tratamentos com aspersão com os tratamentos sem aspersão (%).

Causa	GL	Pr > F
Tratamento de resfriamento	1	0,0003
Período de maturação	3	<0,0001
Tratamento X Maturação	3	0,4503
Erro	152	
C.V.= 48,3	$R^2 = 0,38$	Média global = 1,6%

Apêndice E – Resumo da análise de variância para as perdas de peso por cozimento (%).

Causa	GL	Pr > F
Tratamento de resfriamento	3	0,1088
Período de maturação	3	0,1223
Tratamento X Maturação	9	0,2316
Erro	136	
C.V.= 11,5	$R^2 = 0,27$	Média global = 22,4%

Apêndice F – Resumo da análise de variância para a força de cisalhamento (Kg).

Causa	GL	Pr > F
Tratamento de resfriamento	3	<0,0001
Período de maturação	3	<0,0001
Tratamento X Maturação	9	0,7215
Erro	139	
C.V.= 21,2	$R^2 = 0,51$	Média global = 5,1 Kg

Apêndice G – Resumo da análise de variância para a força de cisalhamento (Kg), comparando apenas a velocidade de resfriamento convencional com a velocidade lenta.

Causa	GL	Pr > F
Tratamento de resfriamento	1	<0,0001
Período de maturação	3	<0,0001
Tratamento X Maturação	3	0,5887
Erro	147	
C.V.= 21,1	$R^2 = 0,48$	Média global = 5,1 Kg

Apêndice H – Resumo da análise de variância para comprimento de sarcômeros (μm).

Causa	GL	Pr > F
Tratamento de resfriamento	3	<0,0001
Período de maturação	3	0,3664
Tratamento X Maturação	9	0,3457
Erro	135	
C.V.= 5,3	$R^2 = 0,43$	Média global = 1,89 μm

Apêndice I – Resumo da análise de variância para comprimento de sarcômeros (μm), comparando apenas a velocidade de resfriamento convencional com a velocidade lenta.

Causa	GL	Pr > F
Tratamento de resfriamento	1	<0,0001
Período de maturação	3	0,3657
Tratamento X Maturação	3	0,410
Erro	143	
C.V.= 5,2	$R^2 = 0,41$	Média global = 1,89 μm

Apêndice J – Resumo da análise de variância para o índice de fragmentação miofibrilar.

Causa	GL	Pr > F
Tratamento de resfriamento	3	0,7012
Período de maturação	3	<0,0001
Tratamento X Maturação	9	0,0563
Erro	137	
C.V.= 15,9	$R^2 = 0,53$	Média global = 128,5

Apêndice K – Resumo da análise de variância para o índice de fragmentação miofibrilar, comparando apenas a velocidade de resfriamento convencional com a velocidade lenta.

Causa	GL	Pr > F
Tratamento de resfriamento	1	0,8237
Período de maturação	3	<0,0001
Tratamento X Maturação	3	0,0119
Erro	149	
C.V.= 15,9	$R^2 = 0,49$	Média global = 128,5

Apêndice L – Resumo da análise de variância para o atributo maciez.

Causa	GL	Pr > F
Tratamento de resfriamento	3	<0,0001
Período de maturação	3	<0,0001
Tratamento X Maturação	9	0,5315
Erro	911	
C.V.= 19,2	$R^2 = 0,16$	Média global = 7,1

Apêndice M – Resumo da análise de variância para o atributo maciez, comparando apenas a velocidade de resfriamento convencional com a velocidade lenta.

Causa	GL	Pr > F
Tratamento de resfriamento	1	<0,0001
Período de maturação	3	0,0006
Tratamento X Maturação	3	0,3766
Erro	923	
C.V.= 19,7	$R^2 = 0,12$	Média global = 7,1

Apêndice N – Resumo da análise de variância para o atributo suculência.

Causa	GL	Pr > F
Tratamento de resfriamento	3	<0,0001
Período de maturação	3	0,7827
Tratamento X Maturação	9	0,2423
Erro	911	
C.V.= 19,5	$R^2 = 0,06$	Média global = 6,8

Apêndice O – Resumo da análise de variância para o atributo suculência, comparando apenas a velocidade de resfriamento convencional com a velocidade lenta.

Causa	GL	Pr > F
Tratamento de resfriamento	1	<0,0001
Período de maturação	3	0,9250
Tratamento X Maturação	3	0,6872
Erro	923	
C.V.= 19,7	$R^2 = 0,12$	Média global = 6,8

Apêndice P – Resumo da análise de variância para o atributo cor.

Causa	GL	Pr > F
Tratamento de resfriamento	3	0,1495
Período de maturação	3	0,0071
Tratamento X Maturação	9	0,4652
Erro	1264	
C.V.= 19,9	$R^2 = 0,07$	Média global = 7,4

Apêndice Q – Resumo da análise de variância para o atributo aceitação global.

Causa	GL	Pr > F
Tratamento de resfriamento	3	0,0027
Período de maturação	3	0,0597
Tratamento X Maturação	9	0,0151
Erro	1264	
C.V.= 21,6	$R^2 = 0,08$	Média global = 7,2

Apêndice R – Resumo da análise de variância para o atributo opção de compra.

Causa	GL	Pr > F
Tratamento de resfriamento	3	0,0021
Período de maturação	3	0,0008
Tratamento X Maturação	9	0,0200
Erro	1264	
C.V.= 27,8	$R^2 = 0,09$	Média global = 7,2

Apêndice S – Resumo da análise de variância para o espaço de cores L*.

Causa	GL	Pr > F
Tratamento de resfriamento	3	<0,0001
Período de maturação	3	0,2799
Tratamento X Maturação	9	0,9965
Erro	141	
C.V.= 6,3	$R^2 = 0,30$	Média global = 39,8

Apêndice T – Resumo da análise de variância para o espaço de cores a*.

Causa	GL	Pr > F
Tratamento de resfriamento	3	0,0706
Período de maturação	3	0,6143
Tratamento X Maturação	9	1,0000
Erro	141	
C.V.= 9,8	$R^2 = 0,08$	Média global = 22,9

Apêndice U – Resumo da análise de variância para o espaço de cores b*.

Causa	GL	Pr > F
Tratamento de resfriamento	3	<0,0001
Período de maturação	3	0,3526
Tratamento X Maturação	9	0,9491
Erro	141	
C.V.= 6,3	$R^2 = 0,36$	Média global = 14,1

Apêndice V – Resumo da análise de variância para o espaço de cores L*, comparando apenas a velocidade de resfriamento convencional com a velocidade lenta.

Causa	GL	Pr > F
Tratamento de resfriamento	1	<0,0001
Período de maturação	3	0,2760
Tratamento X Maturação	3	0,9870
Erro	148	
C.V.= 6,3	$R^2 = 0,25$	Média global = 39,8

Apêndice X – Resumo da análise de variância para o espaço de cores a*, comparando apenas a velocidade de resfriamento convencional com a velocidade lenta.

Causa	GL	Pr > F
Tratamento de resfriamento	1	0,2051
Período de maturação	3	0,5655
Tratamento X Maturação	3	0,9943
Erro	148	
C.V.= 9,4	$R^2 = 0,10$	Média global = 22,9

Apêndice Y – Resumo da análise de variância para o espaço de cores b*, comparando apenas a velocidade de resfriamento convencional com a velocidade lenta.

Causa	GL	Pr > F
Tratamento de resfriamento	1	<0,0001
Período de maturação	3	0,3238
Tratamento X Maturação	3	0,8570
Erro	148	
C.V.= 6,1	$R^2 = 0,37$	Média global = 14,1

