

UNIVERSIDADE FEDERAL DE GOIÁS
ESCOLA DE VETERINÁRIA
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM CIÊNCIA ANIMAL

**INFLUÊNCIA DA ESTIMULAÇÃO ELÉTRICA E DA VELOCIDADE
DE RESFRIAMENTO NA COR E NA MACIEZ DA CARNE BOVINA**

Roberta Menezes
Orientador: Prof. Dr. Cristiano Sales Prado

GOIÂNIA
2008

ROBERTA MENEZES

**INFLUÊNCIA DA ESTIMULAÇÃO ELÉTRICA E DA VELOCIDADE
DE RESFRIAMENTO NA COR E NA MACIEZ DA CARNE BOVINA.**

Dissertação apresentada para a
obtenção do grau de Mestre em
Ciência Animal junto à Escola
de Veterinária da Universidade
Federal de Goiás

Área de Concentração:
Higiene e Tecnologia de Alimentos

Linha de Pesquisa:
Ciência e Tecnologia de Alimentos

Orientador:

Prof. Dr. Cristiano Sales Prado

Comitê de Orientação:

Prof^o. Dr^o. João Teodoro Pádua

Prof^o. Dr^o. Moacir Evandro Lages

GOIÂNIA
2008

Dados Internacionais de Catalogação-na-Publicação (CIP)
(GPT/BC/UFG)

Menezes, Roberta.

**M543e Influência da estimulação elétrica e da velocidade de
resfriamento na cor e na maciez da carne bovina [manuscrito] /
Roberta Menezes. – 2008.
xix, 59 f. : il., tabs.**

Orientador: Prof. Dr. Cristiano Sales Prado.

**Dissertação (Mestrado) – Universidade Federal de Goiás,
Escola de Veterinária, 2008.**

Bibliografia: f. 43-51.

Inclui lista de figuras e tabelas.

Anexos.

1.Carne bovina – Resfriamento 2.Carne bovina –
Qualidade 3. Força de cisalhamento 4. Comprimento de
sarcômero I. Prado, Cristiano Sales II.Universidade Federal
de Goiás, **Escola de Veterinária**. III. Título.

CDU:

637.5.

Roberta Menezes

Dissertação defendida e apresentada em: 16 de Dezembro de 2008, pela seguinte Banca Examinadora:

Prof. Dr. Cristiano Prado Sales - UFG
Presidente da Banca

Prof. Dr. Edmar Soares Nicolau - UFG
Membro

Prof.Dr. Afonso de Liguori Oliveira - UFMG
Membro

DEDICATÓRIA

Dedico à Deus, minha fortaleza e meu guia.

A minha Mamãe, Maria Terezinha de J. Braga, melhor amiga e companheira, meu exemplo de vida.

Ao Fernando R. Borges, pelo amor, dedicação e paciência.

AGRADECIMENTOS

A Deus, por sua presença diária em vida.

À UFG, em especial à Escola de Veterinária e ao Centro de Pesquisa em Alimentos pelo apoio recebido, pela acolhida e pela estrutura oferecida para o desenvolvimento dos trabalhos.

Aos meus familiares e amigos pelo apoio e compreensão.

Ao Professor e orientador **Cristiano Sales Prado**, ao qual tenho grande admiração. Agradeço os ensinamentos, confiança, amizade, carinho, paciência, os conselhos de professor, pesquisador e profissional. À ajuda e experiência de vida passada ao longo desses anos.

Ao professor **José Carlos Seraphin** e a amiga **Camila Silveira de Melo** pelo companheirismo, amizade, e colaboração na realização dos trabalhos.

Aos professores do CPA **Edmar Soares Nicolau, Antônio Nonato de Oliveira, Moacir Evandro Lage, Iolanda Aparecida Nunes, Cíntia Minafra Resende, Albenones José de Mesquita** pela amizade, conselhos e compreensão.

Aos colegas da UEG, **Tatiana Ramos, Camila Cruvinel, Rodrigo Zaiden, Maurízia de Fátima, Luciana Rufino e Rodrigo Medeiros**. Pela amizade, convívio.

Aos acadêmicos de medicina veterinária **Julierme, Rafaela, Ethiane, Aline, Rafael**, pela amizade e colaboração na execução dos trabalhos.

À **Luiz Carlos Carrijo**, amigo e companheiro, pelo apoio e compreensão.

À **Lilian Rodrigues Paladini** pela amizade, disposição e empenho para a realização do experimento.

À **Alberto Sanches Lopes** pela disponibilidade e confiança.

À todos os colegas e funcionários do CPA.

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

Aos colegas de pós-graduação da UFG em especial Joice Vinhal Costa, Rosangela Nunes Carvalho e Alessandra Paro Cesar, pelo companheirismo e amizade.

Ao frigorífico Independência e todos seus funcionários pelo apoio e estrutura oferecida.

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

A esses todo meu carinho.

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO	1
2. REVISÃO DE LITERATURA	4
2.1. Resfriamento X encurtamento pelo frio	4
2.2. Estimulação elétrica	7
2.3. Cor.....	10
2.3. Maciez da carne bovina e métodos de avaliação	12
3. OBJETIVOS	15
3.1. Objetivo Geral	15
3.2. Objetivos Específicos	15
4. METODOLOGIA.....	16
4.1. Animais.....	16
4.2. Abate	16
4.3. Estimulação Elétrica	16
4.4. Temperatura de resfriamento	17
4.4.1. Resfriamento convencional (RC).....	17
4.4.2. Resfriamento lento (RL)	17
4.5. Controle da temperatura das câmaras	18
4.6. Redução da temperatura e redução do pH nas carcaças	18
4.7. Desossa e retirada das amostras	18
4.8. Avaliação da cor dos diferentes	19
4.9. Comprimento de sarcômero	19
4.9.1. Preparo do tampão Índice de Fragmentação Miofibrilar (IFM) e Extração das miofibrilas.	19
4.9.2. Medida do comprimento de sarcômero	21
4.10. Força de cisalhamento	21
4.11. Análise Estatística	22
5. RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	23
5.1. Método de resfriamento, variação de temperatura e pH	23
5.2. Perdas de peso durante o cozimento	28
5.3. Força de cisalhamento, comprimento de sarcômero.....	29
5.4. Avaliação da cor	37

6. CONCLUSÕES	42
REFERÊNCIAS	43
ANEXOS	52

LISTA DE FIGURAS

Figura 1	Médias dos valores das temperaturas em carcaças resfriadas com ou sem estimulação elétrica, de forma lenta ou convencional.	24
Figura 2	Médias dos valores de pH em carcaças resfriadas com ou sem o uso de estimulação elétrica, de forma lenta ou convencional.	26
Figura 3	Media dos valores de força de cisalhamento (kg) de amostras de contrafilé (músculo <i>Longissimus dorsi</i>) submetido aos resfriamentos convencional e lento.	31
Figura 4	Média dos valores de força de cisalhamento (kg) de amostras de contrafilé (músculo <i>longissimus dorsi</i>) estimulado e não estimulado eletricamente.	32
Figura 5	Média dos valores de comprimento de sarcômeros (μm) de miofibrilas extraídas de amostras do contrafilé (músculo <i>Longissimus dorsi</i>), submetido ao resfriamento convencional e lento.	35
Figura 6	Média dos valores de comprimento de sarcômero (μm) de miofibrilas extraídas de amostras de contrafilé (músculo <i>Longissimus dorsi</i>), estimulado e não estimulado eletricamente.	35

LISTA DE TABELAS

Tabela 1	Variação de temperatura (°C) e do pH nas carcaças resfriadas com ou sem o uso de estimulação elétrica, de forma lenta ou convencional.	23
Tabela 2	Média dos valores de temperatura (°C) na 3 ^a , 6 ^a , 9 ^a , 12 ^a hora <i>post-mortem</i> nas carcaças bovinas submetidas aos tratamento de resfriamento lento e convencional.	24
Tabela 3	Média dos valores de pH na 3 ^a , 6 ^a , 9 ^a , 12 ^a e 24 ^a hora <i>post-mortem</i> nas carcaças bovinas submetidas aos diversos tratamentos de resfriamento com e sem o uso de estimulação elétrica.	25
Tabela 4	Média dos valores de pH na 3 ^a , 6 ^a , 9 ^a , 12 ^a , 24 ^a hora <i>post-mortem</i> nas carcaças submetidas aos tratamentos de resfriamento lento e convencional com e sem o uso de estimulação elétrica.	25
Tabela 5	Perdas durante o cozimento (%) em amostras de contrafilé (músculo <i>Longissimus dorsi</i>), com e sem o uso de estimulação elétrica submetidos aos tratamentos.	28
Tabela 6	Força de cisalhamento (Kg) e comprimento de sarcômero (μm) em bifes de contrafilé (músculo <i>Longissimus dorsi</i>), com e sem uso de estimulação elétrica submetido aos tratamentos de resfriamento.	30
Tabela 7	Força de cisalhamento em Kg em bifes de contrafilé (músculo <i>Longissimus dorsi</i>), com e sem uso de estimulação elétrica submetido aos resfriamentos convencional e lento.	30
Tabela 8	Comprimento de sarcômeros (μm) em miofibrilas extraídas de amostras de contrafilé (músculo <i>Longissimus dorsi</i>) com e sem o uso de estimulação elétrica submetidas ao resfriamento convencional e lento.	33
Tabela 9	Avaliação dos valores de L*, a*, b* em amostras de contrafilé (músculo <i>Longissimus dorsi</i>) com e sem o uso de estimulação elétrica submetidas aos tratamentos de resfriamento.	37
Tabela 10	Avaliação dos valores de L* em amostra de contrafilé (músculo <i>Longissimus dorsi</i>), com e sem estimulação elétrica, submetidos aos tratamentos de resfriamento convencional e lento.	38
Tabela 11	Avaliação dos valores de a* em amostra de contrafilé (músculo <i>Longissimus dorsi</i>), com e sem estimulação elétrica, submetidos	38

aos tratamentos de resfriamento convencional e lento.

Tabela 12	Avaliação dos valores de b^* em amostra de contrafilé (músculo <i>Longissimus dorsi</i>), com e sem estimulação elétrica, submetidos aos tratamentos de resfriamento convencional e lento.	39
Tabela 13	Coeficiente de correlação de Pearson e níveis de significância para as variáveis cor, valores L^* , a^* e b^* , das amostras contrafilé (músculo <i>Longissimus dorsi</i>) com e sem estimulação elétrica submetidas aos tratamentos de resfriamento.	40

RESUMO

A tecnologia aplicada aos produtos de origem animal avança acentuadamente, e a carne com sua importância comercial, é o principal foco desses avanços tecnológicos, procurando reduzir custos, aumentar rendimentos e principalmente melhor a qualidade do produto final. Entretanto alguns aspectos não estão totalmente esclarecidos, dentre eles encontra-se o efeito da estimulação elétrica e do resfriamento sobre a na qualidade da carne. O objetivo desta pesquisa foi avaliar o efeito da estimulação elétrica e da velocidade de resfriamento, sobre parâmetros qualitativos e quantitativos (pH, perda por cozimento, força de cisalhamento, comprimento de sarcômero e cor) de carnes. Foram utilizados 20 bovinos inteiros, com idade média de 24 meses, terminados em confinamento sendo animais da raça Nelore. Após o abate e a sangria, metade das carcaças foram estimulados eletricamente, destas cinco foram submetidas ao tratamento de resfriamento convencional e cinco ao resfriamento lento sendo o mesmo procedimento aplicada as não estimuladas. Durante o resfriamento foram registradas a redução de temperatura e redução do pH das carcaças. Após 48 horas do abate as carcaças foram desossadas e em seguida foram retirados bifes de contrafilé de 2,5 cm de espessura aproximadamente, e bifes com 1,0 cm aproximadamente. Após 30 minutos foi avaliada a cor dos bifes utilizando-se colorímetro portátil no esquema CIE L*, a* e b*. Os bifes foram embalados a vácuo e permaneceram na câmara de estocagem a 0°C por 24 horas. Após este período foram analisadas para com relação a perdas de peso por cozimento, força de cisalhamento e comprimento de sarcômero. As amostras resfriadas lentamente sem o uso da estimulação elétrica apresentaram maiores comprimento de sarcômero ($p < 0,05$) que as amostras resfriadas pelo método convencional sem estimulação elétrica, no entanto no resfriamento convencional com o uso da estimulação elétrica, as amostras estimuladas possuíram maiores comprimentos de sarcômero ($p < 0,05$) que as amostras das carcaças não estimuladas eletricamente. Amostras resfriadas lentamente apresentaram menores forças de cisalhamento ($p < 0,05$) que as amostras resfriadas pelo método convencional. As

amostras estimuladas eletricamente apresentaram menores forças de cisalhamento ($p < 0,05$) que as amostras não estimuladas. Não houve efeito ($p > 0,05$) do método de resfriamento e do uso da estimulação elétrica na perda por cozimento e nos parâmetros de cor L^* , a^* , b^* nas amostras de contrafilé.

Palavras-chave: pH, força de cisalhamento, Comprimento de sarcômero, qualidade da carne, *Longissimus dorsi*,

ABSTRACT

The technology of animal origin products increase considerably, and the meat with its commercial importance is the main focus in the technologic development, searching for less costs production, major regiment and mainly better quality of the final product, however, some aspects are not totally clear, among them it finds the electrical stimulation effect and the freezing temperature influencing in the meat quality. The aim of this research was to evaluate the electrical stimulation effect and the freezing speed, about aspects that influences the meat quality. Twenty Nellore bovines non gelding bred were slaughter, around 24 months, kept in feedlot. After bleeding, half animals of each group were electrically stimulated. The carcass were submitted to one of the freezing treatment, conventional and slowly. During the freezing it were registered the curves of temperature reduction and the carcass pH reduction. After the opening of the cameras, the animals were taken to the room where the bones were taken out and then strip loin (*longissimus dorsi* muscle) of 2.5 cm of thickness approximately, and strip loin steaks with 1.0 cm close to. After 30 minutes it were evaluated the steak color using the portable colorímetro in the structure CIE L*, a* and b*. The steaks were vacuum packed and kept in the stock camera in 0°C for 24 hours. After this period it was analyzed for cooking loss, shear force and length sarcomere. There was ($p<0.05$) effect of the cooling and the electrical stimulation method in the sarcomere length measure. The sample slowly freezing without electrical stimulation showed biggest lengths sarcomere than the ones freezing by the conventional method, however, in the conventional freezing with the electrical stimulation, the samples stimulated had biggest length sarcomere than the samples of carcass no electrically stimulated. There was effect ($p<0.05$) of the freezing method in the shear force. The sample freezing slowly had smaller force of shear force considering the same way of freezing. There was not effect ($p>0.05$) of the freezing method and the electrical stimulation use in the loss cooking and in the values of luminosity L*, a*, b* in the strip loin samples.

Key-words: pH, shear force, length sarcomere meat quality, *Longissimus dorsi*.

1. INTRODUÇÃO

O Brasil possui o maior rebanho bovino comercial do mundo, com aproximadamente 164 milhões de cabeça e ocupa grande parte no mercado internacional (ANULPEC, 2006). A atividade agropecuária participa com grande relevância do Produto Interno Bruto (PIB) do Brasil. No cenário externo com base nos dados da Secretária de Comércio Exterior, foram exportadas 349,3 mil toneladas de carne bovina no primeiro semestre de 2007, perfazendo um aumento de 41,90% sobre o mesmo período do ano anterior constatando ainda um aumento de 53,70% no faturamento, obtido no período em análise (BRASIL, 2007).

A pecuária bovina tem ganhado destaque tanto no cenário externo quanto no interno, com um abate de 7,9 milhões de cabeça de bovinos no primeiro trimestre de 2007. Ao comparar o número de animais abatidos no primeiro trimestre de 2006, verifica-se uma variação positiva de 11%. O peso total das carcaças apresentou um acréscimo de 213, 4 mil toneladas, o que representa em média uma elevação de 13% quando comparado ao mesmo período do ano anterior, em função do aumento do peso médio dos animais em 2007, sendo que a maior produção de carcaças industrializadas encontra-se no centro-oeste do país, com 38% do total (BRASIL, 2007).

No primeiro trimestre de 2008 houve queda de 10% na quantidade de animais abatidos quando comparado ao mesmo período e de 3% com relação ao 4^a trimestre em 2007. A queda do número de animais abatidos ocorreu pela demanda crescente de abate de animais em 2007, tendo uma diminuição nos animais prontos para abate, como consequência ocorreu um aumento acentuado no valor da carne, tanto para os frigoríficos como para os consumidores. No mercado de comercialização externa de carne bovina observou-se redução do volume exportado de 28% no primeiro trimestre de 2008 comparado com o mesmo período no ano anterior, no entanto o faturamento aumentou em 5% compensando a queda do volume comercializado (BRASIL, 2008).

O aumento das exportações no Brasil vem contribuindo cada vez mais para o agronegócio, no entanto é necessário desenvolvimento tecnológico dos

setores de produção animal, visando diminuição de custos e aumento da qualidade.

A qualidade da carne bovina pode ser influenciada por diversos fatores que se iniciam na escolha dos animais e o manejo aos quais são submetidos nas fazendas, o que determina a época de abate, e continua nos frigoríficos com o processamento, resfriamento e maturação das carnes. Uma boa escolha dos animais aliado com o bom manejo, associado ao processo industrial com tecnologias que visam melhora da qualidade podem determinar a maior ou menor aceitação dos produtos por parte dos consumidores que buscam qualidade.

A qualidade da carne é determinada por suas propriedades físico-químicas (manifestada) em maciez, sabor, cor, odor e suculência (PARANHOS & RODRIGUES, 2002; BYRNE & TROY, 2000). Estas propriedades são definidas por fatores relativos ao indivíduo, à propriedade de origem, transporte, manejo pré-abate, abate e técnicas de processamento de carcaças, duração de estocagem a temperatura e a forma de cocção usada (PARANHOS & RODRIGUES, 2002).

A maciez da carne é bastante importante por parte dos consumidores, e pesquisas vem sendo conduzidas com a finalidade de melhora-la. A temperatura e a velocidade de resfriamento podem influenciar significativamente esse atributo. Uma maior velocidade de resfriamento nas primeiras horas após o abate pode trazer conseqüências negativas na maciez, que tem sido relacionado à um encurtamento acentuado de sarcômero, fenômeno conhecido como encurtamento pelo frio ou *cold shortening*.

Com a finalidade de minimizar os efeitos causados pelo método de resfriamento convencional, a estimulação elétrica tem mostrado ser bastante eficiente. O uso da estimulação tem trazidos resultados na maciez da carne. Carcaças de animais estimulados produzem carnes mais macias que as não estimuladas eletricamente quando se utiliza um resfriamento convencional. Acredita-se ainda que a estimulação elétrica influencia na cor da carne, resultando em carnes mais vermelho brilhante.

O presente estudo busca investigar os efeitos do método de resfriamento lento ou convencional, associado ao uso ou não da estimulação

elétrica sobre parâmetros de qualidade em cortes de contrafilé (músculo *Longíssimos dorsi*).

2. REVISÃO DE LITERATURA

2.1. Resfriamento X encurtamento pelo frio

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, que inibi o desenvolvimento de microrganismos patogênicos e deteriorantes e reduz as atividades enzimáticas que contribuem para alterações físicas e organolépticas, promovendo assim o prolongamento da vida de prateleira do produto (STEVENSON et al., 1978).

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

A velocidade excessiva de resfriamento nas primeiras horas após o abate pode ocasionar severas conseqüências, principalmente em atributos de maciez (SORHEIM et al., 2001; ANDERSEN et al., 2005). Quando as carcaças são submetidos a baixas temperaturas logo após o abate, ocorrem alterações que podem estar relacionadas a um encurtamento acentuado dos sarcômeros, sendo conhecida como *cold shortening* ou encurtamento pelo frio (THOMPSON, 2002; JOHNSTON et al., 2003), o que pode resultar em carnes com menor maciez (FELÍCIO, 1993; KOOHMARAIE et al., 1996)

Dos componentes estruturais, a miofibrila está diretamente ligada a maciez da carne, pois nela se encontra o sarcômero. O sarcômero é a menor unidade estrutural repetitiva da miofibrila e é também a unidade básica na qual o evento do ciclo de contração e relaxamento muscular ocorrem (FORREST, 1979).

O comprimento de sarcômero está relacionado a fatores como curva de redução de pH, glicólise *post-mortem*, modificações enzimáticas, temperatura resfriamento das carcaças (LOCHNER et al., 1980; THOMPSON et al., 2006),

sendo estes alguns dos principais determinantes da força de cisalhamento no período *post mortem* (GEESINK et al., 1995).

A mudança mais evidente no músculo no período *post-mortem* é a transformação de sua natureza flexível e elástica em um estágio mais rígido e inextensível. O *rigor mortis*, também chamado de rigidez cadavérica, pode ser definido como uma contração muscular lenta, no entanto é irreversível, uma vez que o relaxamento é impossível (ALVES, 2005).

O estabelecimento do *rigor mortis* ocorre quando não há energia muscular (ATP) disponível ou ela se reduz a níveis críticos. O conhecimento do tempo de instalação do *rigor mortis* é importante para maximizar algumas características de qualidade da carne, especialmente a maciez, uma vez que o resfriamento antes que o rigor se instale pode comprometer esse parâmetro de qualidade (ABERLE, 2001).

Há muito tempo é conhecido o fato de que os músculos se contraem excessivamente quando expostos ao frio intenso em estágios anteriores ao estabelecimento do *rigor mortis* (CULLER et al., 1978; LOCHENER et al., 1980; OLSSON et al., 1994), podendo causar um aumento de quatro a cinco vezes na força necessária para cisalhar um pedaço de carne (MARSH, 1977). Assim, o encurtamento passou a ter papel importante na textura da carne, e, diante disso, a aferição do grau de encurtamento do tecido muscular pode ser de grande importância para a otimização do manejo tecnológico do produto (HEINEMANN et al., 2002).

A relação entre temperatura e pH muscular, no momento do estabelecimento do *rigor mortis*, pode ser considerado um fator decisivo para determinação do grau ou intensidade de encurtamento muscular provocado pelo frio (SAVELL et al., 2005). Segundo HUFF-LONERGAN et al. (2000) o pH muscular possui um papel bastante importante na determinação da maciez da carne fresca, porém, a relação do pH e maciez é bastante complexa.

A temperatura de estocagem da carcaça, imediatamente após o abate, pode afetar as reações químicas que ocorrem no tecido muscular, pois as reações catalisadas pelas enzimas são sensíveis à temperatura. A rápida diminuição da temperatura muscular *post-mortem* pode levar a conseqüências como encurtamento muscular excessivo (ABERLE et al., 2001). TORNBERG,

(1996); DEVINE et al. (2002); HOLLUNG et al. (2007) observaram que quando o músculo foi resfriado em pré-rigor, abaixo de 10°C nas primeiras 10 horas após o abate ocorreu aumento do encurtamento muscular.

Com a finalidade de evitar o fenômeno do encurtamento pelo frio PUOLANNEE (2004) recomendou que carcaças bovinas não devem ser resfriadas abaixo de 12°C em menos de 15 horas, ou seja, antes do completo estabelecimento do *rigor mortis*.

Observações feitas na intensidade de encurtamento em músculos de tourinhos durante o período de estabelecimento de *rigor mortis*, comparando temperaturas de resfriamento de 1, 4, 7 e 10°C por OLSSON et al. (1994), teve como resultado um encurtamento muscular maior à medida que as temperaturas eram inferiores. Observaram ainda que as amostras mantidas em *pré-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.

TORNBERG (1996) relatou um mínimo encurtamento de sarcômero quando a temperatura de resfriamento variou de 10 a 15°C, para músculo *Longissimus dorsi*, e de 7 a 13°C, para músculos *Semimembranosus*. Temperaturas de 10 a 15°C, durante o estabelecimento do *rigor mortis*, tem sido associadas a maiores índices de maciez, enquanto valores abaixo, podem resultar em encurtamentos pelo frio, resultando em um aumento das durezas das carnes após cozimento (DEVINE et al., 1999).

Segundo SAVELL et al. (2005), quando a temperatura no interior da musculatura é reduzida a valores entre 0 e 15°C, antes do estabelecimento do *rigor mortis*, a reticulina não funciona adequadamente, sendo incapaz de reter o cálcio Ca^{2+} no retículo sarcoplasmático, 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 explicado pela redução na eficiência da bomba de cálcio a baixas temperaturas, provocando um aumento de fluxo de íons cálcio, que ativam o mecanismo de

contração miofibrilar, enquanto ainda resta ATP em quantidade suficiente para permitir a contração muscular. 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).

O encurtamento pelo frio pode ser prevenido se o *rigor mortis* se iniciar antes do tecido muscular atingir uma temperatura abaixo de 10° C (MARSH 1977). HERTZMAN et al. (1993) afirmaram que o encurtamento é mínimo quando a temperatura no início do rigor situa-se entre 15 e 20°C (encurtamento de no máximo 10%). Abaixo dessa faixa, ocorre um encurtamento maior, que pode chegar a 50%. Se a sobreposição dos miofilamentos resulta em um encurtamento superior a 20% ocorre prejuízo perceptível na maciez. Esse efeito de endurecimento aumenta até um pico em torno de 40% de encurtamento.

2.2. Estimulação elétrica

A estimulação elétrica é uma técnica bastante utilizada no abate de animais. No início, seu princípio baseava-se na utilização de estímulos de alta voltagem que promoviam a ruptura das fibras musculares com o intuito de obter efeitos na qualidade da carne, melhorando sua textura, tornando-a mais macia. (HEIDRICK et al., 1994).

O método de estimulação determina sua importância na maciez e nas demais qualidades da carne, uma vez que várias voltagens, amperagens, frequências, tipos de corrente, ciclos de pulsos, período de estimulação e formas de administração tem sido usados com diferentes efeitos sobre a maciez. De forma geral existem dois tipos de estimulação elétrica que podem ser aplicados. A de baixa voltagem e a de alta voltagem (GOMIDE et al., 2006).

A estimulação elétrica é considerada de baixa voltagem quando os estímulos são inferiores a 100V, possui custos mais baratos em instalações e garante maior segurança para os operadores (AALHUS et al., 1994). Geralmente são utilizados voltagens na ordem de 35 a 70V, possui eficiência limitada uma vez

que a estimulação de baixa voltagem apenas estimulam o cérebro e o sistema nervoso central a executar a contração muscular (WARRIS, 2003).

É considerado de alta voltagem, estímulos que possuam mais de 100V. A sua eficiência é oriunda de fortes contrações que promovem a ruptura das fibras musculares causadas pelas extensivas distensões e violentas contrações do músculo (ABERLE et al., 2001).

A corrente é usualmente aplicada com barras de contato no peito e nas patas traseiras do animal quando se utiliza baixa voltagem, e, na estimulação elétrica de alta voltagem a aplicação é feita com pinça no focinho, podendo ser realizada até 60 minutos após o sacrifício do animal (WARRIS, 2003). Já a de baixa voltagem deve ser aplicada logo após a insensibilização quando o animal passa pela canaleta de sangria (HOLLUNG et al., 2007).

Quando se fala da estimulação elétrica de baixa voltagem, é importante que o sistema nervoso ainda esteja em funcionamento para tornar-la efetiva, e isto tem sido enfatizado principalmente por pesquisadores australianos. A legislação australiana exige que o pico de voltagem seja no mínimo 45V, e que a estimulação elétrica seja dentro de quatro minutos após a sangria, isto para que pelo menos 95% das carcaças estimuladas tenham um padrão mínimo de maciez (POWELL et al., 1983).

A estimulação elétrica de baixa voltagem foi proposta para evitar o encurtamento dos músculos causado pelo resfriamento rápido de carcaças. O efeito desta técnica se dá pela aceleração do processo de *rigor*, com ativação precoce das proteinases que promovem a fragmentação física das miofibrilas, podendo melhorar a maciez da carne em até 35% (PUGA, 1999; OLIVEIRA, 2000).

HWANG & THOMPSON (2001b), DEVINE et al. (2002), HWANG & HOPKINS (2003), STRYDOM et al. (2005) e ANDERSEN et al. (2005) verificaram que a estimulação elétrica tem sido associada à maior velocidade de redução de pH, por aceleração da glicólise e hidrólise de ATP, melhorando algumas características desejáveis na carcaça, garantindo que o *rigor mortis* pudesse ser estabelecido de forma mais precoce. Segundo ANDERSEN et al. (2005) o desenvolvimento do *rigor mortis* pode ser acompanhado indiretamente pela queda do pH muscular.

De acordo com ALMEIDA (1993), a estimulação elétrica levou a uma queda maior do pH, no músculo *Longissimus dorsi* de bovinos, na 12^a hora após o abate em relação a carcaças não estimuladas. Porém da 15^a a 24^a hora após o abate não houve diferença significativa no pH entre os dois tratamentos.

Segundo MORAIS & AZEVEDO (2003) a estimulação elétrica pode influenciar na redução do encurtamento das fibras musculares agindo de forma a evitar encurtamento excessivo de sarcômeros, o qual é causado pelo resfriamento rápido.

Segundo LAWRIE (2005), tem havido divergências entre os pesquisadores sobre a associação do uso de estimulação elétrica com a produção de carne mais macia. De acordo com ABERLE et al. (2001) o amaciamento da carne devido a estimulação elétrica tem sido atribuída principalmente a três fatores, a prevenção do encurtamento pelo frio com a aceleração da glicólise, a aceleração da atividade proteolítica (mediada pela ação do cálcio), e por último, pelas rupturas físicas causadas na estrutura da fibra muscular que é dada pelas contrações musculares. A maior ou menor importância desses fatores depende das condições de resfriamento e da voltagem empregada.

BYRNE & TROY (2000), observaram que a estimulação elétrica podia trazer benefícios para o desenvolvimento de características como coloração e maciez. Bovinos estimulados eletricamente possuíam uma coloração vermelho brilhante da carne e músculos mais macios que em carcaças não estimuladas eletricamente sobre as mesmas condições de abate. ESKELENBOOM (1989), afirmou que as carnes de carcaças estimuladas eletricamente apresentam-se mais macias e com cor mais atraente.

LÜDDEN et al. (1983) verificaram que o uso da estimulação elétrica provocava uma melhora significativa da cor dos músculos nas carcaças, sendo que as carcaças estimuladas apresentavam cores mais claras, uniformes e atrativas. Segundo o autor estas modificações se devem a uma aceleração da glicólise, que desempenha um importante papel na transformação da mioglobina em oximioglobina. A estimulação elétrica ainda permite que haja uma maior penetração de oxigênio nos músculos, levando a um aumento da cor vermelha na carne.

Em estudo realizado por STOLOWSKI et al. (2006), que verificava os fatores que influenciam na maciez da carne bovina, foi observado que o efeito da estimulação elétrica variou de músculo para músculo na carcaça. O músculo semitendinoso e o músculo tríceps braquial obtiveram maior comprimento de sarcômero quando comparados aos mesmos músculos em carcaças não estimuladas.

PUGA (1999), estudando os efeitos da estimulação elétrica nas meias carcaças de bovinos observou que o processo de estimulação elétrica diminuiu em 12% a força de cisalhamento em Warner-Bratzler, e em análise subjetiva realizada por degustadores constatou-se melhora na maciez em 21%.

FELÍCIO (1995) observou uma interação importante existente entre o processo de estimulação elétrica e resfriamento. Na falta de estimulação elétrica uma alta velocidade de resfriamento nas primeiras horas após o abate tem efeitos negativos sobre a cor e textura da carne. Por outro lado o uso da estimulação elétrica segundo o autor possibilitou um resfriamento mais rápido das carcaças sem grandes prejuízos em sua cor e textura.

2.3. Cor

Um dos componentes físicos mais importantes da carne é a cor. O consumidor a usa como indicador de qualidade e frescor. Um dos principais determinantes da cor é a quantidade de mioglobina presente na carne (MARIA et al., 2003). A hemoglobina, o pigmento do sangue, é o segundo em importância, mas a maior parte deste pigmento é removido quando o animal é abatido, sendo a mioglobina responsável, em 90% ou mais, pela pigmentação de carnes obtidas de animais bem sangrados. No entanto a quantidade de sangue residual depende do tempo, do método e das condições de sangria (RAMOS & GOMIDE, 2007).

Mesmo nas melhores condições de sangria o animal permanece com cerca de 20 a 30% de hemoglobina na carne. A carne fresca possui a cor vermelho e brilhante, devido a grande presença da oximioglobina, que é resultado da combinação do oxigênio com mioglobina (CORREIA, 1976).

A cor da carne é criticamente avaliada por consumidores, e, freqüentemente, é a base fundamental para aceitação ou até mesmo rejeição do produto. Ela possui três dimensões qualitativamente possíveis de determinar. A primeira delas é o que determina exatamente a cor (“Hue”) e pelo qual pode-se distinguir famílias de cores (verde, amarelo azul, etc). É o resultado de diferentes impulsos de comprimento de onda na retina, produzindo a sensação de cor. A segunda é a luminosidade (“Value”) da cor, ou seja, está é a qualidade que se faz distinguir cores claras e cores escuras. E finalmente a saturação (“Chroma”), que é a força ou intensidade de uma cor, ou seja, é o que faz distinguir cores fortes de cores fracas, também conhecidas como intensidade da cor ou saturação (AMSA, 1991). Para a carne o *chroma* é um indicador da quantidade de pigmento mioglobina no músculo que irá determinar a saturação da cor (MARIA et al., 2003).

O espaço de cores L^* , a^* , b^* , também conhecido como CIELAB, é atualmente um dos mais utilizados para medir cores e objetos, sendo 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).

Segundo AMSA (1991), 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 (HEIDRICK et al., 1994).

De acordo com AMSA (1991), 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 : dar suporte para avaliações visuais descritivas, como base para aceitação ou rejeição de um

produto, para documentar e avaliar a deterioração 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 objetiva da cor é a de auxiliar as observações visuais e fornecer evidências imparciais dos efeitos de tratamento que podem ser estatisticamente analisados.

2.3. Maciez da carne bovina e métodos de avaliação

A textura da carne é referida usualmente como maciez e é o atributo de qualidade mais importante da carne e produtos cárneos (GREASER & PEARSON, 2001). A maciez da carne é definida como a resistência ao cisalhamento da mesma, e, embora sendo uma característica sensorial, meios mecânicos são comumente usados para fornecer medidas de maciez (CHRYSTALL, 1994).

KOOHMARAIE (1996) verificou que há uma diminuição na maciez dos músculos antes que o processo de maturação da carne se inicie, e que há uma grande variação na maciez (medida pela força de cisalhamento) no primeiro dia *post-mortem* sendo a dureza máxima observada entre a 9^a e a 24^a hora *post-mortem*. Após 24 horas *post-mortem* é observado um aumento na maciez em consequência da degradação enzimática do tecido muscular. A temperatura de armazenamento pode afetar esta degradação enzimática, porém outros fatores incluindo o pH, o tipo de fibra muscular, a quantidade e o grau de ligações cruzadas e espécie animal também são importantes a essa degradação causada por enzimas proteolíticas (SMULDERS et al., 1992).

Os fatores que afetam a maciez da carne estão apenas parcialmente entendidos. Embora as condições de processamento não sejam sempre as mesmas, regimes semelhantes de resfriamento e maturação promovem um grau de amaciamento parecido na maioria dos casos (DEVINE et al., 1999).

A combinação de pH e temperatura na qual os músculos entram em *rigor mortis* tem uma influência marcante na maciez da carne (BENDALL, 1973). Essa relação pH/temperatura determina o grau de encolhimento do músculo no

momento que entra em *rigor mortis*, como foi mencionado anteriormente. A formação do complexo actomiosina durante o desenvolvimento do *rigor mortis* aumenta significativamente a dureza da carne, devido a compactação do sistema miofibrilar. O grau de maciez será determinado, portanto, pelo estado de contração *pós-rigor* e pelo comprimento da unidade contrátil do músculo (sarcômero), que é controlado, em parte, pela quantidade de tensão desenvolvida no músculo durante a fase de estabelecimento do *rigor mortis* (RAMOS & GOMIDE, 2007).

Numerosos estudos indicam claramente que o comprimento mais curto do sarcômero e o diâmetro maior da fibra muscular devidos ao encolhimento pelo frio são os responsáveis pela dureza inicial da carne bovina (TUMA et al., 1962; LEWIS et al., 1977; CROUSE et al., 1991; GESSINK et al., 1995; KOOHMARAIE, 1996; KOOHMARAIE et al., 1996).

A medida do comprimento do sarcômero pode ser feito através de microscopia luminosa, por contraste de fase ou, ainda, por microscopia eletrônica. O uso do microscópio de contraste de fase permite observar, acuradamente, diferenças nas estruturas ou regiões de células sem a necessidade de tingimento da lâmina. Além disso o sistema óptico especial da microscopia de fase torna possível a distinção de materiais que diferem, ligeiramente, quanto aos seus índices de refração, o que não é possível na microscopia luminosa. O princípio da visualização baseia-se na formação de diferentes padrões de refração da luz quando incidida sobre a fibra muscular. Quando a fibra é exposta a luz polarizada, as miofibrilas apresentam-se estriadas, com zonas claras e escuras, permitindo que o comprimento do sarcômero possa ser determinado (RAMOS & GOMIDE, 2007).

Atualmente, existem softwares capazes de auxiliar a medição do comprimento do sarcômero, em substituição ao micrômetro, bastando o microscópio estar ligado a uma câmara digital ou ao computador. Utilizando essa tecnologia, HEINEMANN et al. (2002) observaram que, em bovinos, a medida do tamanho do sarcômero realizada nos feixes de miofibrilas (visualizada em 400X, com objetiva de 40X e ocular de 10X) fornece resultados estatisticamente iguais à feita em miofibrilas (visualizada em 1000x, com objetiva de 100x e ocular de 10x).

A maciez da carne é afetada pelas variações na temperatura de cozimento e que difere consideravelmente entre países e de acordo com as preferências individuais. A temperatura final de cozimento varia entre 60 e 75°C e existem métodos padronizados de cozimento da carne, desenvolvidos por pesquisadores da comunidade científica européia (BOCCARD et al., 1981, citado por DRANSFIELD, 1994 e AMSA, 1995). A comparação de resultados de maciez entre laboratórios e centros de pesquisa é muito importante para aferição dos métodos utilizados (DRANSFIELD, 1994).

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 Warner-Bratzler Shear Force entre diferentes instituições para permitir uma avaliação comparativa.

3. OBJETIVOS

3.1. Objetivo Geral

Avaliar os efeitos da estimulação elétrica e da velocidade de resfriamento na maciez e na cor do músculo *longissimus dorsi*.

3.2. Objetivos Específicos

- Na estimulação elétrica das carcaças bovinas Nelore em resfriamento lento ou convencional, avaliar:

Nas carcaças:

- Velocidade de redução de temperatura
- Velocidade de redução de pH

Nos cortes:

- A cor do músculo *longissimus dorsi*, medida pelo sistema CEILAB (Lab), 30 minutos após sua remoção das carcaças submetidas aos dois tratamentos.
- A força de cisalhamento e comprimento de sarcômero e as perdas de peso por do músculo *longissimus dorsi* submetidos aos diferentes tratamentos.

4. METODOLOGIA

4.1. Animais

Foram abatidos 20 bovinos nelores, machos inteiros, criados a pasto com terminação em confinamento por um período de noventa dias com idade média de vinte quatro meses.

4.2. Abate

Os animais foram abatidos em matadouro-frigorífico sob Inspeção Federal, no município de Senador Canedo- GO. O abate foi realizado conforme as normas vigentes, respeitando todas as exigências operacionais preconizadas pelo Regulamento da Inspeção Industrial e Sanitária de Produtos de Origem Animal – RIISPOA (BRASIL, 1997).

Após o desembarque os animais foram apartados aleatoriamente formando um lote de vinte animais que permaneceu em descanso, jejum e dieta hídrica por um período de 24 horas antes de serem conduzidos à sala de matança.

4.3. Estimulação Elétrica

Após a sangria foi aplicada estimulação elétrica de baixa voltagem em metade dos animais, através de ELETRO-ESTIMULADOR da marca CELP ELETRÔNICA., modelo EC-3. Os estímulos forão aplicados no traseiro e no dianteiro durante a passagem dos animais pela canaleta de sangria e tiveram as seguintes características: tensão de 35 a 40 volts em ondas quadradas, corrente circulante nos animais de 0,15 A a 0,18 A e frequência de 14 Hertz. Os estímulos

foram intermitentes, sendo cinco segundos ligado e um segundo desligado, com tempo total de estimulação de 30 segundos aproximadamente.

Os animais que foram estimulados eletricamente foram identificados como EE (estimulados eletricamente), e os animais que não foram estimulados eletricamente foram identificados como NE (não estimulados eletricamente).

4.4. Temperatura de resfriamento

Foram avaliados no experimento dois tratamentos de resfriamento, convencional e lento. Dos 20 bovinos abatidos foram selecionados aleatoriamente 10 carcaças para cada tratamento sendo 5 EE e 5 NE.

As meias-carcaças foram conduzidas às câmaras de resfriamento onde receberam os seguintes tratamentos:

4.4.1. Resfriamento convencional (RC)

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

4.4.2. Resfriamento lento (RL)

As meias carcaças foram resfriadas nas primeiras 12 horas em temperatura de câmara a 10°C. e no período restante a temperatura da câmara foi ajustada para 0°C, com ventilação 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.

4.5. Controle da temperatura das câmaras

O controle da temperatura nas câmaras foi realizado através de termômetro de mercúrio de mínima e máxima (capela) da marca INCOTERM, colocado no interior das câmaras, sendo que o registro das temperaturas foi realizado de hora em hora em todas as câmaras até 12 horas de resfriamento e, posteriormente as 24^a hora. O registro também foi feito através de registradores descartáveis de temperatura (termógrafos) da marca JONHIS instrumentos de medição LTDA, modelo RTP (escala de -30°C a +30°C ou -22 a +86 °F, tempo de uso 14 dias), também colocados no interior de cada uma das câmaras, sendo registrado após o termino do resfriamento.

4.6. Redução da temperatura e redução do pH nas carcaças

A redução de temperatura nas carcaças, assim como a redução de pH, foram monitorados individualmente e registradas de hora em hora até 12 horas *post-mortem*, e também na 24^a hora. A mensuração da temperatura foi feita utilizando termômetro digital da marca TEXTO, modelo 925, inserido 5 cm no músculo *Longissimus dorsi*, entre a 9^a e 10^a vértebras torácicas das meias-carcaças direita e esquerda. As medições de pH foram feitas utilizando pHmetro digital portátil da marca HANNA, modelo HI 99163 (menor divisão 0,01) também inserido no mesmo músculo e na mesma altura.

4.7. Desossa e retirada das amostras

As vinte meias-carcaças foram divididas em quartos: dianteiro, traseiro e ponta de agulha; os traseiros foram conduzidos à sala de desossa, climatizada a 10°C. Após desossa do contrafilé, foram retiradas duas amostras representativas de cada meia carcaça, uma correspondendo a um bife de aproximadamente 2,5 cm de espessura do músculo *Longissimus dorsi*, entre a 12^a e a 13^a vértebra

torácica, e outra amostra com aproximadamente 1,0 cm de espessura subsequente ao bife anterior perfazendo um total de 40 bifos. Os bifos foram embalados individualmente, identificados colocados em caixa de papelão e então conduzidos a câmara de resfriamento do frigorífico onde permaneceram por 24 horas. Após 24 horas as amostras foram conduzidas ao laboratório da Universidade Federal de Goiás para processamento.

4.8. Avaliação da cor dos diferentes

A avaliação objetiva da cor foi feita utilizando um espectrofotômetro portátil da marca IHARA ELETRONIC IND. CO. LTDA., modelo S 900, utilizando o método CIE – *Commission Internationale de l'Eclairage*, com espaço de cor em L^* , a^* , b^* , iluminante do tipo D65, ângulo de observação 10° , tendo como fonte de luz lâmpada de halogênio e diâmetro fixo da área de medição de 10 milímetros.

As medições foram realizadas 30 minutos após as retiradas das amostras, na sala de desossa, em três pontos para cada amostra, sendo uma na região esquerda, uma na central e outra na região direita. Foi considerando a média entre as três leituras para cada espaço de cores (L^* , a^* e b^*).

4.9. Comprimento de sarcômero

Para a mensuração de comprimento de sarcômero foi utilizada uma suspensão de miofibrilas, diluída em tampão Índice de Fragmentação Miofibrilar (IFM), conforme (CULLER et al., 1978).

4.9.1. Preparo do tampão Índice de Fragmentação Miofibrilar (IFM) e Extração das miofibrilas.

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

KCl.....	14,91 g
KH_2PO_4	2,72 g
K_2HPO_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).

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 centrífuga, de polietileno com tampa de rosca, de 50 mL e centrifugado, em centrífuga 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 centrífuga 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.

4.9.2. Medida do comprimento de sarcômero

Após a diluição da suspensão de miofibrilas, uma gota foi depositada sobre a 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. Foram fotografadas com objetiva de imersão de aumento de 100X e ocular 10X. Utilizou-se as miofibrilas isoladas mais nítidas, que apresentassem um número mínimo de 10 sarcômeros em sequência.

As imagens foram capturadas por placa de captura da marca PINNACLE SYSTEMS modelo STUDIO PCTV USB. De cada amostra foram fotografadas no mínimo 10 miofibrilas as quais foram escolhidas e analisadas através do software da marca CARL ZEISS, modelo AXIOVISION Rel. 4.6, e os comprimentos de no mínimo cinco sarcômeros de cada miofibrila foram mensurados em micrômetros (μm).

4.10. Força de cisalhamento

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

Os bifes foram assados em forno elétrico da marca VENÂNCIO, modelo FEP 90 SÉRIE ITÁLIA, com ajuste de temperatura ($^{\circ}\text{C}$) e dotado de sistema de resistência elétrica na parte superior e inferior. O forno foi previamente ligado na posição máxima a temperatura ajustada para manter a temperatura em aproximadamente 170°C .

Inicialmente foi pesado o conjunto bandeja/grelha com as amostras (bifes). Os bifes foram então colocados dentro do forno pré-aquecido, e foram virados após atingir a temperatura de 40°C internamente. Neste momento, o controle de resistência da temperatura do forno foi ajustado para a posição mínimo, mantendo somente a resistência superior ligada. Quando os bifes atingiram a temperatura interna de 71°C eles foram retirados do forno. O controle

da temperatura interna dos bifes foi feita através de um termopar metálico, da marca TEXTO, modelo 0602.5792, inserido na região central do bife.

Imediatamente depois de retirar os bifes do forno eles foram pesados, o conjunto bandeja/grelha/bife e bandeja/grelha e então foi calculado perdas por cozimento. Quando os bifes atingiram a temperatura ambiente foram embalados em sacos plásticos, com identificação, e levados para refrigerador a temperatura de 7°C por um período de 24 horas.

Após serem resfriados foram retiradas amostras de cada bife, 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 saíram uniformes em diâmetro, ou 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, o resultado foi registrado em kg,(pela média ajustada de todas as leituras, ou seja), desconsiderando o maior e o menor valor.

4.11. Análise Estatística

Foi utilizado delineamento inteiramente Casualizado (DIC).

Para análise estatística foi usada a Análise de Variância com interação de fatores e o Teste Tukey ao nível de 5% de significância. O teste foi utilizado para avaliar o efeito da estimulação elétrica e da temperatura de resfriamento no pH das carcaças. E em amostra de contrafilé (músculo *Longissimus dorsi*) sobre, a força de cisalhamento, comprimento de sarcômero, cor e perda por cozimento. Realizou-se o Índice de correlação de Pearson para estabelecer relação entre comprimento de sarcômero e força de cisalhamento e ainda relação entre nos valores de L*, a*, b* da cor da carne.

5.RESULTADOS E DISCUSSÃO

5.1. Método de resfriamento, variação de temperatura e pH

As médias dos valores de redução de temperatura e do pH nas carcaças estão apresentados na Tabela 1. Os resultados mostram que no tratamento com resfriamento convencional ou lento ocorreu redução de temperatura em função do tempo de resfriamento. No resfriamento lento a temperatura na carcaça se manteve acima de 10°C definidos em média nas primeiras 12 horas *post-mortem*, alcançando os objetivos propostos pela metodologia de resfriamento (Figura 1).

Tabela 1 – Variação de temperatura (°C) e do pH nas carcaças resfriadas com ou sem o uso de estimulação elétrica, de forma lenta ou convencional.

HORA	RCNE		RCEE		RLNE		RLEE	
	Temp.	pH	Temp.	pH	Temp.	pH	Temp	pH
1 ^a	29,5	6,84	30,7	6,88	28,5	6,82	27,9	6,88
2 ^a	24,6	6,72	23,6	6,85	24,7	6,59	26,9	6,62
3 ^a	18,1	6,70	19,9	6,67	19,7	6,58	20,7	6,59
4 ^a	13,5	6,64	14,8	6,75	17,4	6,53	19,2	6,49
5 ^a	9,7	6,64	10,1	6,63	16,4	6,16	17,5	6,23
6 ^a	7,8	6,52	8,3	6,14	14,4	6,14	15,2	6,07
7 ^a	6,4	6,39	7,7	6,14	14,0	6,02	14,6	6,05
8 ^a	4,8	6,15	5,9	6,10	13,8	5,82	13,7	5,99
9 ^a	3,6	6,12	4,9	5,93	13,0	5,77	13,3	5,74
10 ^a	2,3	6,03	3,1	5,93	12,0	5,75	12,5	5,69
11 ^a	2,2	5,98	2,7	5,94	11,7	5,73	12,1	5,66
12 ^a	1,7	5,98	2,4	5,85	11,8	5,65	11,8	5,62
24 ^a	1,9	5,92	1,9	5,80	1,2	5,64	1,0	5,58

Temperatura e pH medidos no músculo *longissimus dorsi* à altura da 9^a e 10^a vértebras torácicas; n=5.

RCNE: Resfriamento Convencional Não Estimulado eletricamente; RCEE: Resfriamento Convencional Estimulado Eletricamente RLNE: Resfriamento Lento Não estimulados eletricamente; RLEE: Resfriamento Lento Estimulado eletricamente.

Pode-se observar, tomando como referência as temperaturas na 3^a, 6^a, 9^a, 12^a horas *post-mortem*, analisando os valores médios de redução de temperatura nas carcaças obtidos (Tabela 2), que houve efeito (Anexo 1, 2, 3, 4) do método de resfriamento na redução da temperatura nas carcaças (p<0,05). Observou-se ainda efeito (Anexo 5, 7, 10, 13, 16) do tratamento de resfriamento

na curva de redução de pH ($p < 0,05$), comparando os valores obtidos na 6^a, 9^a, 12^a, 24^a horas após o abate, apenas na 3^a hora após o abate o efeito dos tratamentos não foi observado (Tabela 3).

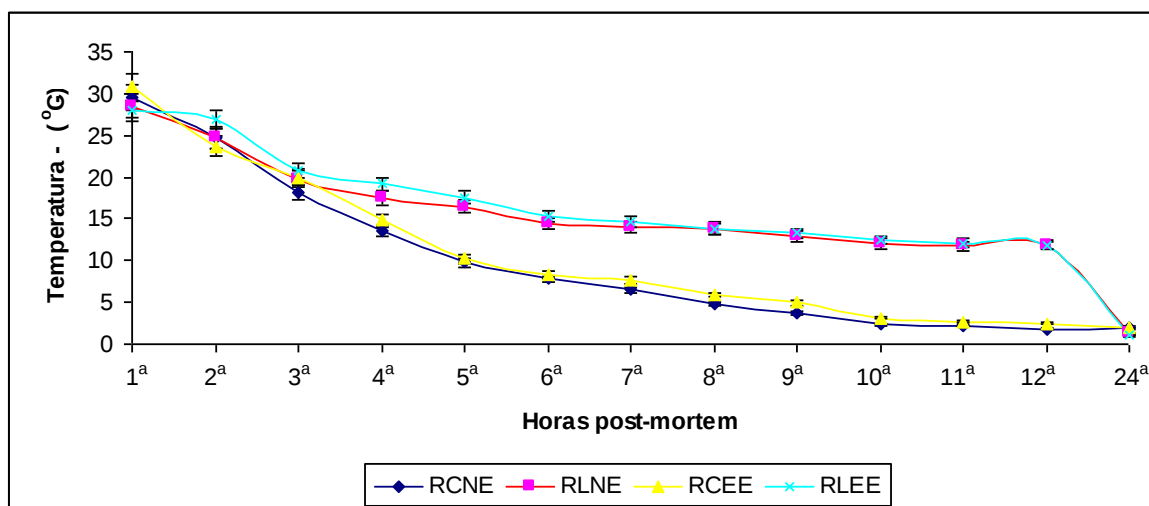


Figura 1 – Médias dos valores das temperaturas em carcaças resfriadas com ou sem estimulação elétrica, de forma lenta ou convencional.

Tabela 2: Média dos valores de temperatura (°C) na 3^a, 6^a, 9^a, 12^a hora *post-mortem* nas carcaças bovinas submetidas aos tratamento de resfriamento lento e convencional.

TRATAMENTOS	TEMPO (HORAS)			
	3	6	9	12
RC	19,04 ^{A*} ± 0,40 ¹	8,24 ^A ± 0,46	4,30 ^A ± 0,28	2,11 ^A ± 0,16
RL	20,45 ^B ± 0,40	14,85 ^B ± 0,46	13,16 ^B ± 0,28	11,88 ^B ± 0,16

¹ Médias e erro padrão das médias, n=10.

* letras sobrescritas distintas indicam a diferença ($p < 0,05$) entre as médias dos tratamentos.

^A médias com letras comuns são equivalentes.

RC: Resfriamento Convencional; RL: Resfriamento Lento.

Observando a velocidade de resfriamento convencional (Tabela 4) observou-se efeito da estimulação elétrica ($p < 0,05$) na curva de redução de pH (anexo 9, 12, 15, 18). As diferenças foram encontradas na 6^a, 9^a, 12^a, 24^a horas. Quando comparamos a velocidade lenta de resfriamento (Tabela 4) houve efeito da estimulação elétrica na curva de redução do pH, entretanto a diferença entre os tratamentos foi observada apenas na 6^a hora após o abate (Anexo 9).

Tabela 3: Média dos valores de pH na 3^a, 6^a, 9^a, 12^a e 24^a hora *post-mortem* nas carcaças bovinas submetidas aos diversos tratamentos de resfriamento com e sem o uso de estimulação elétrica.

TRATAMENTOS	pH3	pH6	pH9	pH12	pH24
RCNE	6,70 ^A ± 0,05 ¹	6,52 ^A ± 0,02	6,12 ^A ± 0,02	5,98 ^A ± 0,02	5,92 ^A ± 0,02
RCEE	6,67 ^A ± 0,05	6,14 ^B ± 0,02	5,93 ^B ± 0,02	5,85 ^B ± 0,02	5,80 ^B ± 0,02
RLNE	6,58 ^A ± 0,05	6,14 ^B ± 0,02	5,77 ^C ± 0,02	5,65 ^C ± 0,02	5,64 ^C ± 0,02
RLEE	6,59 ^A ± 0,05	6,07 ^B ± 0,02	5,74 ^C ± 0,02	5,58 ^C ± 0,02	5,57 ^C ± 0,02

¹ Médias e erro padrão das médias, n=5.

* letras sobrescritas distintas indicam a diferença (p<0,05) entre as médias dos tratamentos.

^A Médias com letras comuns são equivalentes.

RCNE: Resfriamento Convencional Não Estimulado eletricamente; RCEE: Resfriamento Convencional Estimulado Eletricamente RLNE: Resfriamento Lento Não estimulados eletricamente; RLEE: Resfriamento Lento Estimulado eletricamente.

pH 3: pH na 3^a hora *post-mortem*; pH6: pH na 6^a hora *post-mortem* pH 9: pH na 9^a hora *post-mortem*; pH12: pH na 12^a hora *post-mortem* pH 24: pH na 24^a hora *post-mortem*

Tabela 4 – Média dos valores de pH na 3^a, 6^a, 9^a, 12^a, 24^a hora *post-mortem* nas carcaças submetidas aos tratamentos de resfriamento lento e convencional com e sem o uso de estimulação elétrica.

TRATAMENTO		RC	RL
pH3	NE	6,70 ^{aA*} ± 0,05 ¹	6,58 ^{aA} ± 0,05
	EE	6,67 ^{aA} ± 0,05	6,59 ^{aA} ± 0,05
pH6	NE	6,52 ^{aA} ± 0,02	6,14 ^{bA} ± 0,02
	EE	6,14 ^{aB} ± 0,02	6,07 ^{bB} ± 0,02
pH9	NE	6,12 ^{aA} ± 0,02	5,77 ^{bA} ± 0,02
	EE	5,93 ^{aB} ± 0,02	5,74 ^{bA} ± 0,02
pH12	NE	5,98 ^{aA} ± 0,02	5,65 ^{bA} ± 0,02
	EE	5,85 ^{aB} ± 0,02	5,58 ^{bA} ± 0,02
pH24	NE	5,92 ^{aA} ± 0,02	5,64 ^{bA} ± 0,02
	EE	5,80 ^{aB} ± 0,02	5,57 ^{bA} ± 0,02

¹ Médias e erro padrão das médias, n=5

* letras sobrescritas distintas indicam a diferença (p<0,05) entre as médias dos tratamentos.

^A Nas colunas, médias com letras maiúsculas comuns são equivalentes.

^a Nas linhas, médias com pelo menos uma letra minúscula comum são equivalentes.

TRAT: Tratamentos.

RC: Resfriamento Convencional; RL: Resfriamento Lento; NE: Não estimulados eletricamente; EE: Estimulado eletricamente

pH 3: pH na 3^a hora *post-mortem*, pH 6: pH na 6^a hora *post-mortem*; pH 9: pH na 9^a hora *post-mortem*; pH 12: pH na 12^a hora *post-mortem*; pH 24: pH na 24^a hora *post-mortem*.

Quando se compara a curva de pH nas carcaças sem estimulação elétrica (Figura 2), nos resfriamento lento e convencional, observa-se que a temperatura de resfriamento influenciou na curva de redução de pH. As carcaças resfriadas rapidamente apresentaram uma curva de redução de pH mais lenta

quando comparadas com as carcaças resfriada lentamente. A diferença pode ser observada com base na 6^a, 9^a, 12^a, 24^a horas (Tabela 4).

As curvas de redução do pH, medido no músculo *Longissimus dorsi*, das carcaças submetidas aos diferentes tratamentos de resfriamento, considerando os valores médios, estão ilustrados na Figura 2. Observou-se redução mais acentuada ($p<0,05$) nos tratamentos com velocidade de resfriamento lento. Observou-se ainda que as carcaças estimuladas eletricamente possuíram curva de redução mais acentuada ($p<0,05$) que as carcaças não estimuladas no tratamento com resfriamento convencional.

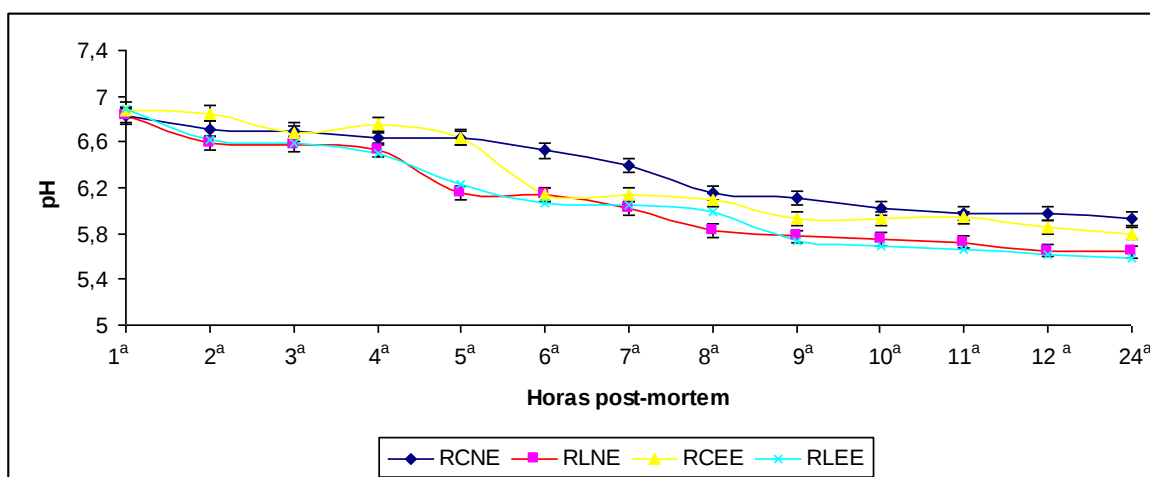


Figura 2 – Médias dos valores de pH em carcaças resfriadas com ou sem o uso de estimulação elétrica, de forma lenta ou convencional.

O'HALLORAN et al. (1997) sugeriu uma divisão de classificação de acordo com a velocidade de queda do pH, músculos *Longissimus dorsi* com glicólise lenta tem pH 6,61 na 3^a hora e 6,41 na 6^a hora, os que possuem glicólise intermediária com pH 6,19 para 3^a hora e 5,85 para 6^a hora, já os músculos *Longissimus dorsi* com glicólise rápida que possuem pH de 5,94 na 3^a e pH de 5,55 na 6^a hora. As carcaças dos tratamentos estudados, de acordo com o autor, seriam classificadas como glicólise lenta para todos os tratamentos.

Neste estudo, mesmo sendo considerado o declínio do pH como lento quando se utiliza como parâmetro a 3^a e 6^a hora *post-mortem*, pode-se observar diferença entre os tratamentos ($p<0,05$) para a 6^a hora *post-mortem* e a expressão dos valores começam a se acentuar a partir da 9^a hora, onde as carcaças que não

foram estimuladas eletricamente no resfriamento convencional possuem maiores valores de pH que as carcaças estimuladas. As carcaças do resfriamento lento possuem valores ainda mais baixos quando comparadas com as carcaças do resfriamento convencional (Tabela 3).

PUGA et al. (1999), observaram menores valores de pH para carcaças estimuladas eletricamente, quando trabalharam com carcaças estimulados com alta voltagem (250 V) quando comparavam com carcaças não estimulados. OLSSON et al. (1994) trabalhando com diferentes temperaturas de resfriamento 1°C, 4°C, 7°C e 10°C concluíram que o valor final do pH foi influenciado pela temperatura. As carcaças que foram resfriadas sob condições mais baixas de temperatura indicaram menor taxa de glicólise que as carcaças resfriadas em temperaturas mais altas.

Os resultados do presente experimento são similares aos obtidos por LI et al. (2006) que estudaram o efeito da estimulação elétrica de baixa voltagem com resfriamento convencional na qualidade da carne de touros chineses híbridos, os autores observaram diferença na curva de pH das carcaças não estimuladas eletricamente com as carcaças estimuladas eletricamente, onde o uso da estimulação elétrica acentuou a curva da queda do pH quando comparado com as carcaças não estimuladas. BISWAS et al. (2007) observaram que a estimulação elétrica obteve efeito ($p < 0,05$) na aceleração da glicólise *post-mortem* em carcaças de cabras estimuladas eletricamente, utilizando voltagens de 35, 110, 330, 550 e 1100 V. As carcaças estimuladas eletricamente obtiveram menores valores de pH 24 horas *post-mortem* que as carcaças que não foram estimuladas eletricamente.

Diferente do observado neste trabalho HOLLUNG et al. (2007), observaram diferença ($p < 0,05$) da curva de pH das carcaças com estimulação elétrica apenas na 3ª hora *post-mortem* quando comparado com as carcaças não estimuladas. Não observou diferença dos tratamentos ($p > 0,05$) para a 6ª, 10ª e 24ª hora. A estimulação elétrica tem sido associada a maior velocidade de redução de pH, por aceleração da glicólise melhorando algumas características desejáveis nas carcaças (HWANG et al. 2003) garantindo que o *rigor mortis* possa ser estabelecido de forma mais precoce (HWANG & THOMPSON, 2001a; DEVINE et al., 2002; HWANG & HOPKINS, 2003; STRYDOM et al., 2005;

ANDERSEN et al., 2005), permitindo o resfriamento rápido com mínimo risco de encurtamento das fibras musculares (DEVINE et al., 2002).

5.2. Perdas de peso durante o cozimento

Os resultados para perdas durante o cozimento estão contidos na Tabela 5. Não houve efeito (Anexos 19 e 20) do tratamento de resfriamento e do uso da estimulação elétrica nas perdas por cozimento ($p>0,05$). Avaliando a perda por cozimento entre os diferentes tratamentos de resfriamento lento e convencional em carcaças estimulados e não estimulados eletricamente os resultados não diferenciaram ($p>0,05$).

Os resultados do presente trabalho são similares aos reportados por PRADO (2005) que não encontrou diferença ($p>0,05$) do tratamento de resfriamento e do período de maturação nas perdas por cozimento em amostras de contrafilé (músculo *Longissimus dorsi*) submetidas ao resfriamento lento e convencional com e sem aspersão. KING et al. (2003) também não encontraram diferenças ($p>0,05$) nas perdas por cozimento em amostras do músculo *Longissimus thoracis e Triceps brachii* quando utilizou o método de resfriamento lento e convencional.

Tabela 5 – Perdas durante o cozimento (%) em amostras de contrafilé (músculo *Longissimus dorsi*), com e sem o uso de estimulação elétrica submetidos aos tratamentos de resfriamento.

TRATAMENTOS	PC
RCNE	21,92 $\pm$ 1,32 ¹
RCEE	22,64 $\pm$ 1,32
RLNE	22,28 $\pm$ 1,32
RLEE	24,04 $\pm$ 1,32

¹ Médias e erro padrão das médias, n=5.

PC: Perda por cozimento

RCNE: Resfriamento Convencional Não Estimulado eletricamente; RCEE: Resfriamento Convencional Estimulado Eletricamente RLNE: Resfriamento Lento Não estimulados eletricamente; RLEE: Resfriamento Lento Estimulado eletricamente.

BEKHIT et al. (2007) compararam duas temperaturas de resfriamento 0°C e 35°C com e sem o uso de estimulação elétrica. Os autores não encontraram

diferenças ($p>0,05$) na perda por cozimento em amostras de carne de veado. RESS et al. (2002) encontram diminuição nas perdas por cozimentos quando utilizaram temperaturas de resfriamento de 7 e 14°C, no entanto os autores não encontraram diferenças nas perdas por cozimento quando comparavam temperaturas de resfriamento de 0° e 21° C.

5.3. Força de cisalhamento, comprimento de sarcômero

Na Tabela 6 estão contidos os resultados para a análise da força de cisalhamento por Warner-Bratzler em todos os tratamentos. Houve diferença (anexo 21) do tratamento de estimulação elétrica e da velocidade de resfriamento nas amostras de contrafilé (*músculo Longissimus dorsi*) ($p<0,05$). De maneira geral, os resultados encontrados nas amostras dos tratamentos com resfriamento lento, seja com estimulação elétrica ou não, foram menores (anexo 24) que os obtidos para amostras de carcaças resfriadas na velocidade convencional (Anexo 23) ($p<0,05$). Comparando o uso de estimulação elétrica apenas no tratamento com velocidade de resfriamento convencional observou-se efeito ($p<0,05$) da estimulação elétrica no tratamento (Tabela 7). No entanto quando foram comparados apenas o tratamento com resfriamento lento não foi observado efeito da estimulação na força de cisalhamento ($p>0,05$), conforme Tabela 7.

Os resultados do trabalho são similares aos obtidos em trabalho de HOLLUNG et al. (2007) que também observaram efeito positivo nos valores obtidos para força de cisalhamento ($p<0,05$) em amostras retiradas do músculo *Longissimus dorsi*, que foram submetidas a estimulação elétrica de baixa voltagem. O efeito foi ainda maior quando se utilizou o resfriamento lento. De maneira similar os resultados obtidos por WHITE et al. (2006) também apresentaram efeito ($p<0,05$) da estimulação elétrica e da temperatura de resfriamento para análise de força de cisalhamento em amostras do no músculo *longissimus dorsi*.

Tabela 6: Força de cisalhamento e comprimento de sarcômero em bifes de contrafilé (músculo *Longissimus dorsi*), com e sem uso de estimulação elétrica submetido aos tratamentos de resfriamento.

TRATAMENTOS	FC (kg)	CS (μ m)
RCNE	7,08 ^A $\pm$ 0,15 ¹	1,72 ^A $\pm$ 0,03 ¹
RCEE	5,40 ^B $\pm$ 0,15	1,91 ^B $\pm$ 0,03
RLNE	4,84 ^{BC} $\pm$ 0,15	2,01 ^B $\pm$ 0,03
RLEE	4,77 ^C $\pm$ 0,15	1,99 ^B $\pm$ 0,03

¹ Médias e erro padrão das médias, n=5.

* letras sobrescritas distintas indicam a diferença (p<0,05) entre as médias dos tratamentos.

^A Médias com letras comuns são equivalentes.

FC: Força de Cisalhamento; CS: Comprimento de Sarcômero

RCNE: Resfriamento Convencional Não Estimulado eletricamente; RCEE: Resfriamento Convencional Estimulado Eletricamente RLNE: Resfriamento Lento Não estimulado eletricamente; RLEE: Resfriamento Lento Estimulado eletricamente.

Tabela 7: Força de cisalhamento em bifes de contrafilé (músculo *Longissimus dorsi*), com e sem uso de estimulação elétrica submetido aos resfriamentos convencional e lento.

Tratamentos	Força de cisalhamento (kg)	
	NE	EE
RC	7,08 ^{aA} $\pm$ 0,15 ¹	5,40 ^{bA} $\pm$ 0,15
RL	4,84 ^{aB} $\pm$ 0,15	4,77 ^{aB} $\pm$ 0,15

¹ Médias e erro padrão das médias, n=5.

* letras sobrescritas distintas indicam a diferença (p<0,05) entre as médias dos tratamentos.

^A Nas colunas, médias com letras maiúsculas comuns são equivalentes.

^a Nas linhas, médias com pelo menos uma letra minúscula comum são equivalentes.

RC: Resfriamento Convencional; RL: Resfriamento Lento; NE: Não estimulado eletricamente; EE: Estimulado eletricamente

Considerando apenas a velocidade de resfriamento como parâmetro (Figura 3), também houve efeito (p<0,05) do tratamento de resfriamento na força de cisalhamento (Anexo 25). O resfriamento lento foi mais eficiente em produzir cortes de contrafilé (músculo *Longissimus dorsi*) mais macios, observando-se uma média geral de 6,24 Kg para o resfriamento convencional, contra os 4,8 Kg obtidos para o resfriamento lento. De acordo KOOHMARAIE (1994) isto indica que a velocidade do resfriamento no período *post-mortem* tem um papel fundamental na determinação da maciez, considerado um dos mais importantes por parte dos consumidores.

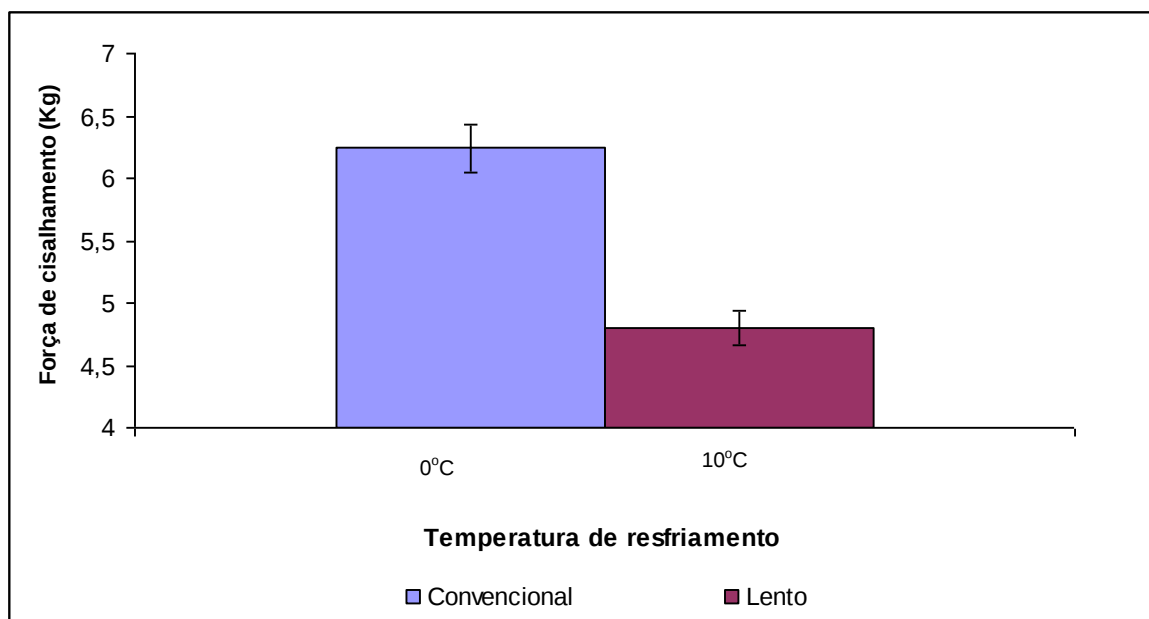


Figura 3 – Media dos valores de força de cisalhamento (kg) de amostras de contrafilé (músculo *Longissimus dorsi*) submetido aos resfriamentos convencional e lento.

Por outro lado, tendo apenas o uso da estimulação elétrica como parâmetro (Figura 4) houve efeito ($p < 0,05$) da estimulação elétrica na força de cisalhamento (Anexo 26) nas amostras de contrafilé (músculo *Longissimus dorsi*). As amostras estimuladas eletricamente apresentaram menores forças de cisalhamento que amostras não estimuladas, observando média geral de 5,96Kg para as amostras não estimuladas e 5,08Kg para as amostras estimuladas eletricamente, independente das condições de resfriamento. Segundo autores DEVINE et al. (2002); HWANG & THOMPSON (2001 a, 2001 b) e GEESINK et al. (2001), a estimulação elétrica diminui o tempo de *rigor-mortis* produzindo carnes mais macias.

Observando os valores encontrados para força de cisalhamento, comparando resfriamento lento e convencional sem o uso da estimulação elétrica pode-se observar o efeito significativo para a temperatura de resfriamento nesta variável. As amostras resfriadas lentamente obtiveram força de cisalhamento (Tabela 7) de 4,83 Kg contra 7,08 Kg das resfriadas pelo método convencional. O valor da força de cisalhamento considerado como limite máximo para carnes de maciez aceitável é bastante variável na literatura científica. JOHNSON et al. (1990) propuseram o valor de 5,5 kg, enquanto que para MCKEITH et al. (1985)

este limite é de 4,5 kg. WHEELER et al. (1994) e KOOHMARAIE (1995) citam em seus trabalhos de pesquisas o limite de 6,0 Kg. Para FELÍCIO (2000), o limite entre uma carne macia e dura é de 5,0 kg.

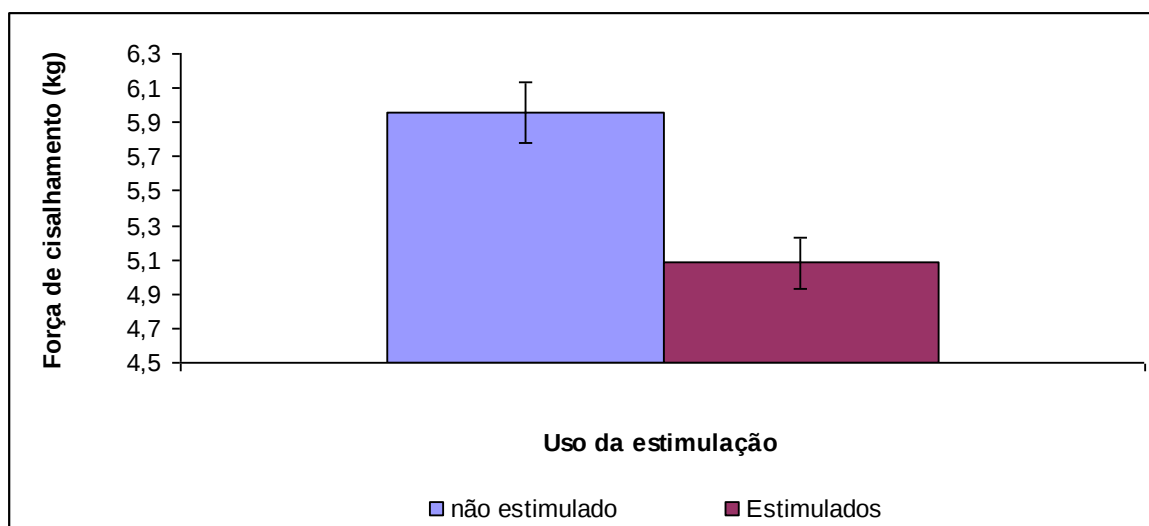


Figura 4 – Média dos valores de força de cisalhamento (kg) de amostras de contrafilé (músculo *longissimus dorsi*) estimulado e não estimulado eletricamente.

Alguns fatores citados por diversos autores como responsável pela alteração na maciez da carne bovina como o grupo genético (DRANSFIELD, 1994; OLIVEIRA, 2000); (HEINEMANN et al., 2003), sexo (PURCHAS, 1999; PRADO, 2001) e idade do animal (NEWSOME et al., 1999) foram minimizados no presente experimento, pois os animais utilizados foram da mesma idade, mesma condição sexual, mesmas características genéticas e mesmo acabamento. KOOHMARAIE et al. (1987) observaram em experimento realizado para avaliar o índice de fragmentação miofibrilar que, no momento do abate, todos os animais que receberam os mesmos tratamentos pré-abate tiveram o mesmo nível de maciez e que as diferenças na mesma são estabelecidas nas primeiras 24 horas *post-mortem*. Deste modo as condições utilizadas na estimulação elétrica e no resfriamento puderam expressar seus efeitos nas variáveis estudadas.

Na Tabela 6 estão contidos os resultados para a análise de comprimento de sarcômero em todos os tratamentos. Observou-se efeito do método de resfriamento ($p < 0,05$) nos resultados para avaliação do comprimento

de sarcômero no presente estudo (Tabela 8). As amostras obtidas de carcaças resfriadas pelo método lento, com e sem estimulação elétrica, apresentaram maiores valores para comprimento de sarcômeros que as obtidas no resfriamento com velocidade convencional. Considerando apenas a velocidade de resfriamento convencional como parâmetro houve efeito (anexo 28) da estimulação elétrica ($p < 0,05$) no comprimento de sarcômero para as amostras do *músculo Longissimus dorsi*.

Os valores de comprimento de sarcômero para os métodos de resfriamento convencional com estimulação elétrica apresentaram maior média de 1,90 μm , quando comparado com 1,72 μm para as amostras obtidas de carcaças que não foram estimuladas eletricamente (Tabela 8). De acordo com MORAIS & AZEVEDO (2003) a estimulação elétrica pode influenciar na redução do encurtamento das fibras musculares agindo de forma a evitar encurtamento excessivo de sarcômeros, o qual é causado pelo resfriamento rápido.

Tabela 8: Comprimento de sarcômeros (μm) em miofibrilas extraídas de amostras de contrafile (músculo *Longissimus dorsi*) com e sem o uso de estimulação elétrica submetidas ao resfriamento convencional e lento.

Tratamentos	Comprimento de sarcômero (μm)	
	NE	EE
RC	1,72 ^{aA} $\pm$ 0,03 ¹	1,91 ^{bA} $\pm$ 0,03
RL	2,01 ^{aB} $\pm$ 0,03	1,99 ^{aA} $\pm$ 0,03

¹ Médias e erro padrão das médias

* letras sobrescritas distintas indicam a diferença ($p > 0,05$) entre as médias dos tratamentos.

^A Nas colunas, médias com letras maiúsculas comuns são equivalentes.

^a Nas linhas, médias com pelo menos uma letra minúscula comum são equivalentes.

RC: Resfriamento Convencional; RL: Resfriamento Lento; NE: Não estimulados eletricamente; EE: Estimulado eletricamente

Os valores para comprimento de sarcômeros para os métodos de resfriamento convencionais sem estimulação elétrica variaram de 1,68 a 1,77 μm . Esses valores são superiores aos encontrados por WHITE et al. (2006) que variaram entre 1,21 e 1,37 μm para o músculo *Longissimos dorsi*. As amostras foram embalados em polietileno e submergidos em água à temperatura de 0 °C. Após oito horas os bifes foram removidos e maturados à 2°C por 48 horas. O autor encontrou menores valores em consideração à desossa em pré-rigor.

De forma semelhante ao observado neste trabalho, em experimento realizado por HOLLUNG et al. (2007) observou-se que amostras retiradas do músculo *Longissimus dorsi* de bovinos, embalados a vácuo em embalagens de polietileno, armazenados em um recipiente com água a 12° C e 4° C por 10 horas *post-mortem* e transferidos para um refrigerador com temperatura do ar a 4° C, apresentaram efeito ($p<0,05$) da temperatura de armazenamento sobre o comprimento de sarcômero. Amostras submetidas ao resfriamento lento obtiveram maiores comprimentos de sarcômero quando comparado com as amostras resfriadas pelo método convencional.

Segundo HERTZMAN et al. (1993), o encurtamento de sarcômero 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).

Considerando apenas a velocidade de resfriamento como parâmetro, independente do uso da estimulação elétrica, houve efeito do tratamento de resfriamento ($p<0,05$) no comprimento de sarcômero (anexo 29). Na Figura 5 observamos que o resfriamento convencional apresentou menores comprimentos médios de sarcômeros (1,81 μm), quando comparado com o resfriamento lento (2,00 μm). Os resultados encontrados no presente experimento corroboram com os relatos de RESS et al. (2002), que encontraram diminuição excessiva na extensão do músculo *Longissimus thoracis et lumborum* quando utilizou temperatura de resfriamento de 0°C. Resultados similares também foram encontrados por WHITE et al. (2006) que observaram maior encurtamento quando o músculo *Longissimus dorsi* foi resfriado em temperatura entre 0° e 5° C.

Por outro lado, quando se observava apenas o uso da estimulação elétrica como parâmetro houve efeito ($p<0,05$) do tratamento de estimulação elétrica (anexo 30) no comprimento de sarcômeros. Amostras obtidas de carcaças estimuladas apresentaram maiores médias de comprimento de sarcômeros (1,94 μm) quando comparado com amostras não estimuladas (1,86 μm), independente das condições de resfriamento (Figura 6). BEKHIT et al. (2007) observaram em seu experimento efeito da estimulação elétrica ($p<0,05$) na carne

de veado armazenada a 15°C. As amostras das carnes estimuladas eletricamente obtiveram maiores comprimentos de sarcômero que as amostras de carnes que não foram estimuladas.

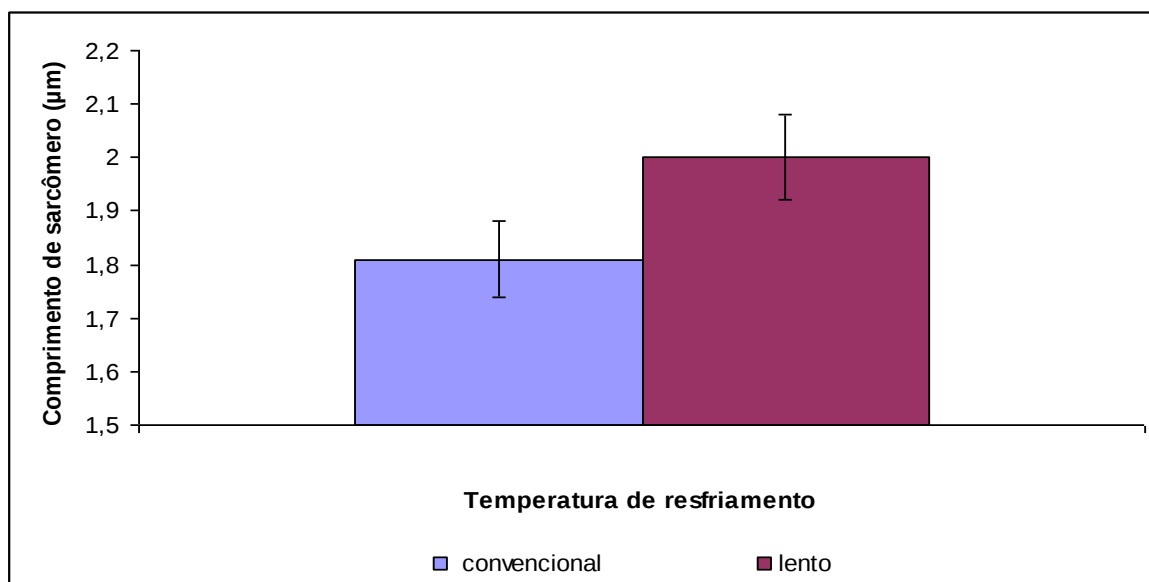


Figura 5 – Média dos valores de comprimento de sarcômeros (μm) de miofibrilas extraídas de amostras do contrafilé (músculo *Longissimus dorsi*), submetido ao resfriamento convencional e lento.

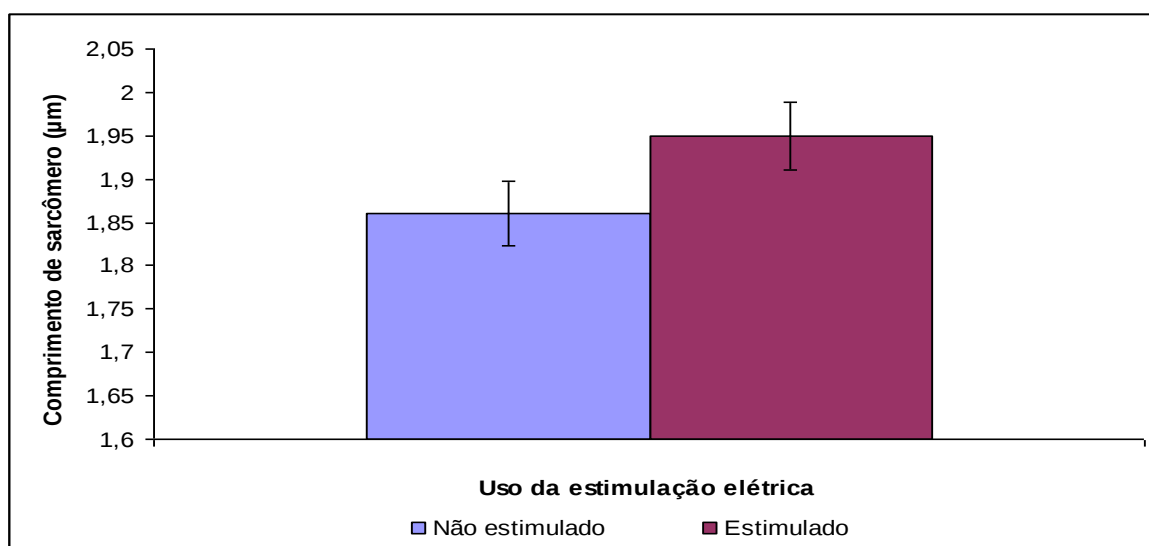


Figura 6 – Média dos valores de comprimento de sarcômero (μm) de miofibrilas extraídas de amostras de contrafilé (músculo *Longissimus dorsi*), estimulado e não estimulado eletricamente.

DUTSON & PEARSON (1985) relataram que o uso da estimulação elétrica promove a redução do pH enquanto a temperatura do músculo ainda está relativamente alta, permitindo que o *rigor-mortis* ocorra enquanto a carcaças ainda esteja quente, tendo como resultado uma redução do encurtamento pelo frio que está diretamente ligado ao aumento da maciez da carne.

O coeficiente de correlação para força de cisalhamento e comprimento de sarcômero para os tratamentos indicou uma correlação negativa de -0,91 ($p < 0,05$). De modo geral as amostras que apresentaram maiores comprimentos de sarcômeros obtiveram os menores valores para força de cisalhamento.

O coeficiente de correlação observado por PRADO (2005) em trabalho com resfriamento rápido e convencional, para força de cisalhamento e comprimento de sarcômero indicou correlação negativa ($p < 0,001$) de -0,36 sendo inferior aos obtidos no presente experimento -0,91. WHEELER & KOOHMARAIE (1999), relataram coeficiente de correlação para Warner-Bratzler shear, e comprimento de sarcômero de -0,66 para amostras de músculos *Longissimus dorsi* resfriados logo após a desossa.

O uso da estimulação elétrica de baixa voltagem foi proposto para evitar o encurtamento excessivo dos músculos causado pelo resfriamento rápido de carcaças. O efeito desta técnica se dá pela aceleração do processo de *rigor*, com ativação precoce das proteinases que promovem a fragmentação física das miofibrilas, podendo melhorar a maciez da carne em até 35% (PUGA, 1999; OLIVEIRA, 2000).

A relação entre a temperatura e o pH no momento do estabelecimento do *rigor-mortis* é bastante importante para determinação do encurtamento muscular provocado pelo frio. Em experimento realizado por HOLLUNG et al. (2007) observou-se que a estimulação elétrica de baixa voltagem causou uma aceleração na curva de redução de pH do músculo *adductor*. Esta variação na curva de redução do pH em resposta a estimulação elétrica reduziu os valores da força de cisalhamento deste músculo. SOARES & AREAS (1995), trabalhando com carcaças de búfalos estimuladas eletricamente com alta voltagem, obtiveram início do *rigor mortis* duas horas após o abate, e nas carcaças não estimuladas o rigor foi alcançado somente após 15 horas.

POLIDORI et al. (1999) estimularam carcaças ovinas com baixa voltagem, 28 volts e frequência de 60 Hertz, verificaram que ocorreu aceleração da glicólise, o que levou a queda do pH nas primeiras 6 horas *post-mortem*, nos músculos *Longissimus Thoracis et lumborum* e *Semimembranoso*. Os autores ainda observaram diminuição na força de cisalhamento, com aumento significativo na maciez das amostras das carcaças estimuladas. Valores baixos para força de cisalhamento em carcaças estimuladas, também foram encontrados por HWANG & THOMPSON (2001b), quando trabalharam com bovinos cruzados entre as raças Hereford, Brahman, Piemontês e Angus, essa menor força de cisalhamento proporcionou maior maciez da carne.

5.4. Avaliação da cor

Os resultados da avaliação instrumental da cor, referentes as variáveis L*, a* e b* estão contidos na Tabela 9. Ao fazer análise de variância comparando os método de resfriamento convencional com o método lento, considerando os tratamentos com e sem uso de estimulação elétrica em conjunto, não foi observado efeito ($p > 0,05$) para nenhum dos espaços de cor estudados (L*, a*, b*) (Anexo 31, 32, 33, 34, 35 e 36).

Tabela 9 – Avaliação dos valores de L*, a*, b* em amostras de contrafilé (músculo *Longissimus dorsi*) com e sem o uso de estimulação elétrica submetidas aos tratamentos de resfriamento.

TRATAMENTOS	L*	a*	b*
RCNE	32,39 ± 0,67 ¹	7,21 ± 0,50	10,85 ± 0,75
RCEE	33,35 ± 0,67	7,84 ± 0,50	11,05 ± 0,75
RLNE	35,05 ± 0,67	9,20 ± 0,50	12,48 ± 0,75
RLEE	34,52 ± 0,67	8,20 ± 0,50	12,53 ± 0,75

¹ Médias e erro padrão das médias

* letras sobrescritas distintas indicam a diferença ($p < 0,05$) entre as médias dos tratamentos.

^A Nas colunas, médias com letras maiúsculas comuns são equivalentes.

RCNE: Resfriamento Convencional Não Estimulado eletricamente; RCEE: Resfriamento Convencional Estimulado Eletricamente RLNE: Resfriamento Lento Não estimulados eletricamente; RLEE: Resfriamento Lento Estimulado eletricamente.

Os resultados indicaram que, não houve diferença ($p>0,05$) do método de resfriamento para nenhuma das variáveis. Os resultados encontrados também não mostraram efeito para o uso de estimulação elétrica para as variáveis L^* , a^* , b^* (Tabelas 10, 11, 12)

Tabela 10 – Avaliação dos valores de L^* em amostra de contrafilé (músculo *Longissimus dorsi*), com e sem estimulação elétrica, submetidos aos tratamentos de resfriamento convencional e lento.

Tratamentos	Valor de L^*	
	NE	EE
RC	32,39 $\pm$ 0,67 ¹	33,35 $\pm$ 0,67
RL	35,05 $\pm$ 0,67	34,52 $\pm$ 0,67

¹ Médias e erro padrão das médias

* letras sobrescritas distintas indicam a diferença ($p<0,05$) entre as médias dos tratamentos.

^A Nas colunas, médias com letras maiúsculas comuns são equivalentes.

^a Nas linhas, médias com pelo menos uma letra minúscula comum são equivalentes.

RC: Resfriamento Convencional; RL: Resfriamento Lento; NE: Não estimulados eletricamente; EE: Estimulado eletricamente

Tabela 11 – Avaliação dos valores de a^* em amostra de contrafilé (músculo *Longissimus dorsi*), com e sem estimulação elétrica, submetidos aos tratamentos de resfriamento convencional e lento.

Tratamentos	Valor de a^*	
	NE	EE
RC	7,21 $\pm$ 0,50 ¹	7,84 $\pm$ 0,50
RL	9,20 $\pm$ 0,50	8,20 $\pm$ 0,50

¹ Médias e erro padrão das médias.

* letras sobrescritas distintas indicam a diferença ($p<0,05$) entre as médias dos tratamentos.

^A Nas colunas, médias com letras maiúsculas comuns são equivalentes.

^a Nas linhas, médias com pelo menos uma letra minúscula comum são equivalentes.

RC: Resfriamento Convencional; RL: Resfriamento Lento; NE: Não estimulados eletricamente; EE: Estimulado eletricamente.

Resultado similar ao do presente experimento foi encontrado em estudo realizado com carne de veado por BEKHIT et al. (2007). Eles observaram que cortes obtidos de carcaças que, haviam sido estimuladas eletricamente com baixa voltagem (90V) e estocadas em um recipiente com água à 15°C não apresentaram diferenças para os valores de L^* a^* b^* ($p>0,05$) quando comparados às carcaças não estimuladas.

Tabela 12 – Avaliação dos valores de b^* em amostra de contrafilé (músculo *Longissimus dorsi*), com e sem estimulação elétrica, submetidos aos tratamentos de resfriamento convencional e lento.

Tratamentos	Valor de b^*	
	NE	EE
RC	10,85 $\pm$ 0,75 ¹	11,05 $\pm$ 0,75
RL	12,48 $\pm$ 0,75	12,53 $\pm$ 0,75

¹ Médias e erro padrão das médias.

* letras sobrescritas distintas indicam a diferença ($p < 0,05$) entre as médias dos tratamentos.

^A Nas colunas, médias com letras maiúsculas comuns são equivalentes.

^a Nas linhas, médias com pelo menos uma letra minúscula comum são equivalentes.

RC: Resfriamento Convencional; RL: Resfriamento Lento; NE: Não estimulados eletricamente; EE: Estimulado eletricamente.

PAGE et al. (2001) estabeleceram que os parâmetros L^* , a^* e b^* são inversamente correlacionados com o pH. De acordo com o autor músculos não estimulados com pH24 por volta de 5,91 possuem coloração mais escura em relação aos estimulados eletricamente com pH24 de 5,5. De acordo com o autor os animais não estimulados com pH24 de 5,9 estariam dentro da categoria de “dark cutting meat”, (carnes de cor escura), pois estes autores estabeleceram como limite para carne normal pH máximo de 5,87. No presente trabalho, embora o pH na 24^a hora ter sido diferente entre os tratamentos no qual somente o resfriamento rápido sem estimulação foi a baixo de 5,8 (Tabela 2) não houve alteração na cor das amostras tratadas.

De acordo com (DEVINE et al., 2002; KING et al., 2004) a estimulação elétrica produz efeito na cor da carne, isto se deve a alteração na capacidade de retenção de água. A extensão da influência da estimulação elétrica na cor da carne vai depender da temperatura de resfriamento, e do músculo envolvido. No geral a estimulação elétrica, associada a altas temperaturas de *rigor* produz carnes com cores mais pálidas e com altos valores de L^* . No entanto no presente trabalho não foi encontrado nenhuma diferença nas variáveis L^* , a^* , b^* para nenhum dos tratamentos.

DEVINE et al. (2002) observaram em trabalho realizado com ovinos, que cortes obtidos de carcaças que entraram em *rigor-mortis* em temperatura 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 ($p>0,05$).

Neste trabalho observou-se correlação de 0,61 entre as variáveis a^* , b^* (Tabela 13). PRADO (2005), encontrou correlação 0,49 entre as variáveis a^* , b^* . PAGE et al. (2001) também observaram a correlação entre as três variáveis, porém sendo mais forte entre os valores de a^* e b^* ($r=0,95$). 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.

Os resultados para os valores de a^* e b^* , encontrados neste experimento foram similares aos encontrados por STRYDOM et al. (2005). No entanto os autores encontraram diferença no valor de L^* onde carcaças estimuladas eletricamente possuíam maiores valores de L^* quando comparado com as carcaças não estimuladas eletricamente, em amostras do músculo *Longissimus dorsi*.

Tabela 13 – Coeficiente de correlação de Pearson e níveis e significância para as variáveis cor, valores L^* , a^* e b^* , das amostras contrafilé (músculo *Longissimus dorsi*) com e sem estimulação elétrica submetidas aos tratamentos de resfriamento.

	L^*	a^*	b^*
L^*	1		
a^*	0,291398	1	
b^*	0,435186	0,616134	1

Já em trabalhos realizados por PRADO (2005), os resultados obtidos para avaliação instrumental da cor em valores L^* , a^* , b^* , para amostras de carne submetidos a dois tratamentos de resfriamento lento e convencional, todas estimuladas eletricamente (6V), submetidos a vários períodos de maturação, 7, 14, 30 e 60 dias, encontrou-se efeito ($p<0,001$) do método de resfriamento para

as variáveis L^* b^* , sendo que o efeito do método de resfriamento não foi observado para a variável a^* em todos os estágios de maturação.

6. CONCLUSÕES

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

O método de resfriamento e o uso da estimulação elétrica influenciou na curva de redução de pH muscular, porém não influenciaram nas perdas por cozimento.

O resfriamento lento e o uso da estimulação elétrica acelera a queda de redução de pH.

As carnes resfriadas pelo método de resfriamento lento apresentaram maiores valores para comprimento de sarcômeros e menores valores para força de cisalhamento.

A estimulação elétrica e o resfriamento lento são eficientes em produzir carnes mais macias.

A força de cisalhamento e o comprimento de sarcômero das amostras de contrafilé apresentaram correlação.

A estimulação elétrica melhora a maciez da carne.

Os métodos de resfriamento e o uso da estimulação elétrica não influenciaram na avaliação instrumental da cor.

REFERÊNCIAS

- 01.AALHUS, J. L.; JONES, S. D. M.; LUTZ, S.; BEST, D. R.; ROBERTSON, W. M. The efficacy of high- and low-voltage electrical-stimulation under different chilling regimes. *Canadian journal of animal science*, Canada, v 74, p 433 – 442, 1994.
- 02.ABERLE, D. E.; FORREST, J.C.; GERRARD, D.E.; MILLS, E.W. **Principles of meat science**. 4. ed. Iowa: KEMDALL, 2001. 254p.
- 03.ALMEIDA, W. M. **Influência da estimulação elétrica de baixa voltagem sobre a sangria, pH e comprimento de sarcômero no músculo bovino (Bos Indicus), durante o processo industrial para a obtenção de meias carcaças resfriadas**. Niterói, 1993. 69f. Dissertação (Mestrado em Medicina Veterinária) – Faculdade de Medicina Veterinária, Universidade Federal Fluminense, Niterói.
- 04.ALVES, D. D; GOES, R. H. T. B; M. A. B. Maciez da carne bovina. **Ciência animal brasileira**, Goiânia, v.6, n.3, p.135-149, Jul/set. 2005.
- 05.AMSA – AMERICAM MEAT SCIENCE ASSOCIATION. **Guidelines for meat color evolution**: Proceedings of the Reciprocal Meat Conference, v.44, 1991.
- 06.AMSA – AMERICAM MEAT SCIENCE ASSOCIATION. **Research Guidelines for Cookery, Sensory Evolution, and Instrumental Tenderness Measurements of Fresh Meat**. Chicago: National Live Stock and Meat Board, IL, 1995.
- 07.ANDERSEN, H. J., OKSBJERG, N. YOUNG, J. F., THERKILDSEN, M. Feeding and meat quality – A future approach. **Meat Science**, Oxford, v. 70, p. 543 – 554, 2005.
- 08.ANUALPEC 2006. **Anuário da Pecuária Brasileira**. São Paulo: FNP. Consultoria Comércio, 2006. 369p.
- 09.BEKHIT, A. E. D; FAROUK, M. M; CASSIDY, L; GILBERT, K. V. Effects of rigor temperature and electrical stimulation on venison quality. **Meat Science**, Oxford, v.75, p. 564 – 574, 2007.
- 10.BENDALL, J. R. **Post mortem changes in muscle: The Structure and Function of Muscle**. New York : Academic Press, p. 244 – 306, 1973.
- 11.BISWAS, S.; ARUN, K.; DAS; BANERJEE, R.; SHARMA, N. Effect of electrical stimulation on quality of tenderstretched chevon sides. **Meat Science**, Oxford, v. 75, p. 332-336, 2007.
- 12.BRASIL, Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. Secretaria de Defesa Agropecuária DAS. Departamento de Inspeção de Produtos de Origem

Animal – DIPOA. Divisão de Normas Técnicas – DTN. Decreto Lei nº. 30691, de 29 de março de 1952. Alterados pelos decretos nº. 1255 de 25 de junho de 1997. **Regulamento da Inspeção Industrial e Sanitária de Produtos de Origem Animal**. Brasília, 1997.

13.BRASIL – INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. **Indicadores IBGE**: Estatística da produção pecuária, junho de 2007. Brasil, 2007. 22p.

14.BRASIL – INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. **Indicadores IBGE**: Estatística da produção pecuária, junho de 2008. Brasil, 2008. 22p.

15.BYRNE, C.E.; TROY, D.J. Postmortem changes in muscle electrical properties of bovine *Músculo Longissimus dorsi* relationship to meat attributes and pH fall. **Meat Science**, Oxford, v. 54, p. 23- 34, 2000.

16.CORREIA, D. A. A. **Bioquímica animal**. Fundações Calouste Gulbenkian: Lisboa, 1976, 914p.

17.CHRYSTALL, B.B., CULIOLI, J., HONIKEL, K.O., MÖLLER, A.J., PURSLOW, P., SCHWÄGELE, F., SHORTHORSE, R. UYTTERHAEGEN L.. Recommendation of reference methods for assesment of meat tenderness. In: INTERNATIONAL CONGRESS OF MEAT SCIENCE AND TECHNOLOGY 1994, **Proceedings...** The Hague, 1994, v.40, S-IVB,6, p.1-7.

18.CROUSE, J.D.; KOOHMARAIE, M.; SEIDEMAN, S.C. The relationship of muscle fiber size to tenderness of beef. **Meat Science**, Oxford, v.30, p.295-302, 1991.

19.CULLER, R.D.; PARRISH JUNIOR, 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**, Chicago, v.43, p. 1177-1180, 1978.

20.DEVINE, C. E.; WAHLGREN, N.M.; TORNBERG, E. Effect of rigor temperature an muscle shortening and tenderization of restrained and unrestrained beef muscle *longissimus thoracicus et lumborum*. **Meat Science**, Oxford, v. 51, p. 61-72, 1999.

21.DEVINE, C. E.; PAYNE, S.R.; PEACHEY, B. M.; TIMOTHY, E.L.; INGRAM, J.R.; COOK, C.J. High and low temperature effectes on sheep meat tenderness and ageing. **Meat Science**, Oxford, v.60, p. 141 – 166, 2002.

22.DRANSFIELD, E. Optimization of tenderization, ageing and tenderness. **Meat Sceince**, Oxford, v.36, p. 105-121, 1994.

23.DUTSON, T. R.; PEARSON, A. M. **Post-mortem conditioning of meat**. Westport: Advances in meat research, p. 45 – 72, 1985.

24.ESKELENBOOM, G. **Efecto de la estimulación elétrica u el processamento imediato sobre la terneza de la carne.** Espanõl: Fleishwirstsch, 1989. 24p.

25.FELÍCIO, P.E. Fatores ante e pos morten que influenciam na qualidade da carne vermelha. In: REUNIÃO ANUAL DA SOCIEDADE BRASILEIRA DE ZOOTECNIA, 30., 1993, Rio de Janeiro. **Anais...** Rio de Janeiro: Sociedade Brasileira de Zootecnia, 1993, p. 43-52.

26.FELÍCIO, P. E. A carcaça nelore para o desossador. In: V SEMINÁRIO MANAH, 'O NELORE PARA A CARNE', 1995, São Paulo. **Anais...** São Paulo: Fazenda Mundo Novo, Brotas, 1995, p. 18 – 27

27.FELÍCIO, P.E. Qualidade da carne Nelore e o mercado mundial. **IX Seminário do PMGRN:** Campinas, 2000. Disponível em: <http://www.fea.unicamp.br/deptos/dta/carnes/files/CarneNeloreMercadoMundial> Acesso em: 07 jul. 2008.

28.FORREST, J. C. **Fundamentos de ciência de la carne.** Zaragoza: Acríbia, 1979. 364p.

29.GEESINK, G. H., MAREKO, M. H., MORTON, J. D., BICKERSTAFFE, R. Effects of stress and high voltage electrical stimulation on tenderness of lamb Músculo *longissimus*. **Meat Science**, Oxford, v.57, p.265 – 271, 2001.

30.GEESINK, G. H.; KOOLMEES, P. A.; VAN. L. H.L.; SMULDERS, E. J. Determinants of tenderization in beef *longissimus dorsi* and *triceps brachii* muscles. **Meat Science**, Oxford, v.41, p.7-17, 1995.

31.GOMIDE, L. A. M.; RAMOS, E. M.; FONTES, P.R. **Tecnologia de abate e tipificação de carcaças.** Viçosa: Ed UFV, 2006. 370p.

32.GREASER, M.L., PEARSON, A.M. **Alimentos de carnes y sus analogos** Textura de los alimentos: Medidas y Percección. Zaragoza: Acríbia, cap.8, p.223-250, 2001.

33.HANNULA, T.; PUOLANNE, E. The effect of cooling rate on beef tenderness: The significance of pH at 7°C. **Meat Science**, Oxford, v.67, 403-408, 2004.

34.HEIDRICH, H.D.; GRUNER, J.; VASKE, T.R. **Manual da Patologia Bovina.** São Paulo: Varela, 1994, 310p.

35.HEINEMANN, R. J. B; PINTO, M. F.; PONSANO, E. H. G.; PERRI, S. H. V. Método simples para estimar encurtamento pelo frio em carne bovina. **Ciência Rural**, Santa Maria, v. 32, n. 2, p. 335 – 339, 2002.

36.HEINEMANN, R. J. B.; PINTO, M. F.; ROMANELLI, P. F. Fatores que influenciam a textura da carne de novilhos nelore e cruzados limousin-nelore. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 38, n.8, p. 963-971, 2003.

37.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**, Oxford, v. 35, p. 119 – 141, 1993.

38.HOLLUNG, K.; VEISETH, E. FROYSTEIN, T.; AASS, L.; LANGSRURUD, O.; HILDRUM, K. I. Variation in the response to manipulation of *post-mortem* glycolysis in beef muscles by low-voltage electrical stimulation and conditioning temperature. **Meat Science**, Oxford, v.77, p. 372 – 383, 2007.

39.HUFF-LONERGAN, E.; LONERGAN, S.M.; VASKE, L. Ph relationships to quality attributes: tenderness. **Meat Science Reciprocation Series**. AMSA-American Meat Science Association, Oxford, p. 1-4, 2000.

40.HWANG, I.H., THOMPSON, J. M. The effect of time and type of electrical stimulation on the calpain system and meat tenderness if beef *longissimus dorsi*. **Meat Science**, Oxford, v. 58, p. 135 – 144, 2001a.

41.HWANG, I.H., THOMPSON, J. M. The interaction between pH and temperature decline early post mortem on the calpain system and objective tenderness in electrically stimulated beef *longissimus dorsi* muscle. **Meat Science**, Oxford, v.58, p.167 – 174, 2001b.

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

43.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**, Oxford, v.68, p.497-505, 2004.

44.JAMES, S. The chill from “carcass to consumer”. **Meat Science**, Oxford, v. 43, n. S, p. S203 – S216, 1996.

45.JOHNSON, D.D.; HUFFMAN, R.D.; WILLIAMS, S.E.; HARGROVE, D.D. Effects of percentage Brahman na Angus breeding age-season of feeding and slaughter end point on meat palatability and muscle characteristics. **Journal of Animal Science**, Savoy, v.68, p.1980-1986, 1990.

46.JOHNSTON, D. J.; REVERTER, A.; FERGUSON, D. M.; THOMPSON, J. M.; BURROW, H. Genetic and phenotypic characterization of animal, carcass and meat quality traits from temperate and tropically adapted beef breeds, **Meat Quality Traits**, Australia, n. 3, v. 54, p. 135 – 147, 2003.

47.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**, Savouy, v. 81, p. 1473 – 1481, 2003.

48.KING, D. A.; VOGES, K. L.; HALE, D. S.; WALDRON, D. F.; TAYLOR, C. A.; SAVELL, J. W. High voltage electrical stimulation enhances muscle tenderness, increases aging response, and improves muscle color from cabrito carcasses. **Meat Science**, Oxford, v. 68, p. 529 – 535, 2004.

49.KOOHMARAIE, M., SEIDEMAN, S.D., SCHOLLEMEYER, J.E., DUTSON, T.R., CROUSE, J.D. Effect of postmortem storage on Ca⁺⁺-dependant proteases, their inhibitor and myofibril fragmentation. **Meat Science**, Oxford, v.19, p.187-196, 1987.

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

51.KOOHMARAIE, M. The biological basis of meat tenderness and potential genetic approaches for its control and prediction. In: Proceedings 48th Reciprocal Meat Conference., 1995, San Antonio. **Proceedings...** San Antonio: Meat Conference, 1995. p. 69 – 75.

52.KOOHMARAIE, M. Biochemical factors regulating the toughening and tenderization process of meat. **Meat Science**, Oxford, v.43, nS, p. S193-s201, 1996.

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

54. LAWRIE, R.A. Ciência da carne,6 .ed. Porto Alegre: Artmed, 2005, 384p.

55.LEWIS, P.K; BROWN, C.J.; HERCK, M.C. Fiber diameter, sarcomere length and tenderness of certain muscles of crossbred beef steer. **Journal of Animal Science**, Savoy, v.45, p.254-260, 1977.

56.LI, C.B; CHEN, Y.J., XU, X. L; HUANG, M; HU, T. J; ZHOU, G.H. Effects of low-voltage electrical stimulation and rapid chilling on meat quality characteristics of Chinese Yellow crossbred bulls. **Meat Science**, Oxford, v.72, p. 9 – 17, 2006.

57.LOCHNER, J. V.; KAUFFMAN, R.G.; MARSH, B. B. Early- postmortem cooling rate and beef tenderness. **Meat Science**, Oxford, v.14, p. 227- 241, 1980.

58.LÜDDEN, L. B.; MARCELIA, M. A; GAMBARUTO, M. Efecto de la estimulación eléctrica sobre la calidad de la carne. **Fleischwirtschaft**, v. 2, p. 32 – 36, 1983.

59.MARIA, 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.

- 60.MARSH, B.B. The basis of quality in muscle foods: Symposium the basis of tenderness in muscle foods. **Journal of food Science**, Chicago, v. 42, n.2, p. 295 – 297, 1977.
- 61.MCKEITH, F.K.; DEVOL, D.L.; MILES, R.S.; BECHTEL, P.J.; CARR, T.R. Chemical and sensory properties of thirteen major beef muscles. **Journal of Food Science**, Chicago, v.50, p.869-872, 1985.
- 62.MINOLTA. **Precise color communication**. Japan: Minolta Camera Co., 1993, 49p.
- 63.MORAIS, M.V.T.; AZEVEDO, P.R.A. de. Fatores extrínsecos que influenciam no amaciamento da carne. **Revista Nacional da Carne**, São Paulo, v.27, n. 321, p. 68-80, 2003.
- 64.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.
- 65.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**, Oxford, v 47, n. 2, p. 239 – 251, 1997.
- 66.OLIVEIRA, A. L. Maciez da carne bovina. **Caderno Técnico Veterinário e Zootecnistas**, Belo Horizonte: UFMG, n. 33, p.7-18, 2000.
- 67.OLSSON, U.; HERTZMEN, 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**, Oxford, v. 37, p. 115 – 131, 1994.
- 68.PAGE, J. K., WULF, D. M., SCHWOTZER, T. R.. A survey of beef muscle color and pH. **Journal of Animal Science**, Savoy, v. 79, p 678 – 687, 2001.
- 69.PARANHOS, D. C.; RODRIGUES, M.J. Contribuição dos estudos de comportamento de bovinos para implementação de programas de qualidade de carne. In: ENCONTRO ANUAL DE ETOLOGIA, 20., 2002, Natal. **Anais...** Natal: Sociedade Brasileira de Etologia, 2002, p. 71-89.
- 70.POLIDORI, P.; LEE, S.;KAUFFMAN,R.G; MARSH, B.B. Low voltage electrical stimulation of lamb carcasses: effects on meat quality. **Meat Science**, Oxford, v. 53, n. 3, p.179-182, 1999.
- 71.POULANNE, E. The effect of cooling rate on beef tenderness: The significance of pH at 7°C. **Meat Science**, Oxford, v.67, 403-408, 2004.

72.POWELL, V. H., HARRIS, P. V., SHORTHOSE, W. R., MCPHAIL, N. G., DICKINSON, R. F. Alternative methods of applying extra low voltage electrical stimulation. **Food Technology in Australia**, Australia, v.36, p.90-93, 1983.

73.PRADO, C. S. Qualidade da carne bovina e tendências de mercado. In: ANAIS DO SIMPÓSIO DE PECUÁRIA DE CORTE, 2., 2001, Lavras. **Anais...** Lavras: Universidade Federal de Lavras, 2001, p 125-142.

74.PRADO, C.S. **Influência de método de resfriamento de carcaças bovinas nas variações de peso e nas medidas físico-químicas, sensoriais e microbiológicas do contrafilé (músculo *Longissimus dorsi*)** 2005. 146f. Tese (Doutorado em Tecnologia de Alimentos) – Faculdade de Engenharia de Alimentos, Universidade Estadual de Campinas, Campinas.

75.PUGA, D. M. U. Avaliação do amaciamento de carne bovina de dianteiro pelos métodos de maturação, estimulação elétrica, injeção de ácidos e tenderização mecânica. **Ciência e tecnologia de alimentos**, São Paulo, v. 19, n.1, p.88-96, 1999.

76.PURCHAS, R.W. Na assessment of the role of pH differences in determining the relative tenderness of meat from and steers. **Meat Science**, Oxford, v.27, p. 129- 140, 1999.

77.RAMOS, E. M.; GOMIDE, L. A. M. **Avaliação da qualidade de carnes**. Fundamentos e metodologia. Viçosa: Ed UFV, 2007. 599p.

78.RESS, M.; TROUT, G. R.; WARNER, R. D. Tenderness, ageing rate and meat quality of pork muscle *longissimus thoracis et lumborum* after accelerated boning. **Meat Science**, Oxford, v. 60, p 113 – 124, 2002.

79.REES, M.P. TROUT, G.R.; WARNER, R.D. The influence of the rate of pH decline on the rate of ageing for pork I: interaction with method of suspension. **Meat Science**, Oxford, v. 65, p 791 – 804, 2003.

80.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: novembro de 2006.

81.SAVELL, J.W.; MUELLER, S. L.; BAIRD, B.E. The chilling of carcasses. **Meat Science**, Oxford, v.70, p. 449-459, 2005.

82.SMULDERS, F.J.M., TOLDRÁ, F., FLORES, J., PRIETO, M.. **New technologies for meat and meat products** Utrecht, The Netherlands: Audet Tijdschriften, p. 182,186-188, 1992.

- 83.SOARES, G. J. D.; AREAS, J. A. G. Effect of electrical stimulation on *post mortem* biochemical characteristics and quality of *Longissimus dorsi thoracis* muscle from buffalo (*Bubalus bubalis*). **Meat Science**, Oxford, v.41, n.3, p. 369-379, 1995.
- 84.SORHEIM, O.; IDLAND, J.; HALVORSEN, E. C.; FROYTEIN, 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.
- 85.STEVENSON, K. E.; MERKEL, R. A.; LEE, H. C. Effectes of chilling rate, carcass fatness and chlorine spray on microbiological quality and case-life of beef. **Journal of Food Science**, Chicago, v.43, p. 849 – 852, 1978.
- 86.STOLOWSKI, G. D.; BAIRD, B. E., MILLER, R. K.; SAVELL, J. W. SAMS, A. R.; TAYLOR, J. F.; SANDERS, J. O; SMITH, S. B. Factors influencing the variation in tenderness of seven major beef muscles from three Angus and Brahman breed crosses, **Meat Science**, v. 73, p. 475 – 483, 2006.
- 87.STRYDOM, P. E.; FRYLINCK, L.; SMITH, M. F. Should electrical stimulation be applied when cold shortening is not a risk? **Meat Science**, v.70, p. 733 – 742, 2005.
- 88.THOMPSON, J. Managing meat tenderness. **Meat Science**, Oxford, v. 62, p. 295 – 308, 2002.
- 89.THOMPSON, J. M.; PERRY, D.; DALY, B.; GARDNER, G. E.; JOHNSTON, D.J.; PETHICK, D. W. Genetic and evironmental effects on the muscle structure response *post-mortem*, **Meat Science**, v. 74, p 59 – 65, 2006.
- 90.TORNBERG, E. Biophysical aspects of meat tenderness. **Meat Science**, Oxford, v. 43, n.S, p. S175 – S191, 1996.
- 91.TUMA, H.J., VENABLE, wutheir, P.r., henrickson, r.l. Relationship of fiber diameter to tenderness and meatiness as influenced by bovine age. **Journal of Animal Science**, Savoy, v. 21, p.33-36,,1962.
- 92.WARRIS, P.D. **Ciencia de la carne**. Zaragoza: ACRÍBIA, 2003. 309p.
- 93.WHITE, A.; SULLIVAN, O.; TROY, D. J.; NEILL, E. E. O. Manipulation of the pre-rigor glycolytic behaviour of bovine *M. longissimus dorsi* in order to identify causes of inconsistencies in tenderness. **Meat Science**, Oxford, v.73, p. 151 – 156, 2006.
- 94.WHEELER, T.L.; CUNDIF, L.V.; KOCH, R.M. Effect of marbling degree on beef palatability in *Bos Taurus* and *Bos indicus* cattle. **Journal of Animal Science**, Savoy, v.72: p.3145-3151, 1994.
- 95.WHEELER, T. L.; SHACKELFORD, S. D.; KOOHARAIE, M. **Shear Force procedures for meat tenderness measurement**, 1998.

96.WHEELER, T.L.; KOOHARAIE, M. The extent of proteolysis is independent of sarcomere length in lamb *longissimus* and *psoas major*. **Journal of Animal Science**, Savoy, v.77, p.2444-2541, 1999.

97.ZAMORA, F.; CHAIB, F.; DRANSFIELD, E. Calpains and Calpastatin from cold-shortened bovine muscle *longissimus lumborum*. **Meat Science**, Oxford, v.49, n.1, p. 127 – 133, 1998.

ANEXOS

Anexo 1 – Resumo da análise de variância para a temperatura na 3^a hora *post-mortem*.

Fator de variação	GL	SQ	QM	F	F crítico
Tratamentos	1	9,9405	9,9405	12,1316	4,413873
Resíduo	18	14,749	0,81938889		
Total	19	24,6895			

Anexo 2 – Resumo da análise de variância para a temperatura na 6^a hora *post-mortem*.

Fator de variação	GL	SQ	QM	F	F crítico
Tratamentos	1	218,526605	218,526605	206,2211	4,413873
Resíduo	18	19,07409	1,05967167		
Total	19	237,600695			

Anexo 3 – Resumo da análise de variância para a temperatura na 9^a hora *post-mortem*.

Fator de variação	GL	SQ	QM	F	F crítico
Tratamentos	1	392,85248	392,85248	1035,421	4,413873
Resíduo	18	6,82944	0,37941333		
Total	19	399,68192			

Anexo 4 – Resumo da análise de variância para a temperatura na 12^a hora *post-mortem*.

Fator de variação	GL	SQ	QM	F	F crítico
Tratamentos	1	477,2645	477,2645	3861,016	4,413873
Resíduo	18	2,225	0,12361111		
Total	19	479,4895			

Anexo 5 – Resumo da análise de variância para o pH na 3^a hora *post-mortem*.

Fator de variação	GL	SQ	QM	F	F crítico
Tratamentos	3	0,051055	0,01701833	1,238147	3,238872
Resíduo	16	0,21992	0,013745		
Total	19	0,270975			

Anexo 6 – Resumo da análise de variância com interação de fatores para o pH na 3^a hora *post-mortem*.

Fator de variação	GL	SQ	QM	F	F crítico
Resfriamento	1	0,049005	0,049005	0,003063	4,49
Estimulação	1	0,000245	0,000245	0,017825	4,49
Resfriamento X Estimulação	1	0,001805	0,001805	0,13132	4,49
Resíduo	16	0,21992	0,013745		
Total	19	0,270975			

Anexo 7 – Resumo da análise de variância para o pH na 6^a hora *post-mortem*.

Fator de variação	GL	SQ	QM	F	F crítico
Tratamentos	3	0,635455	0,21181833	123,5092	3,238872
Resíduo	16	0,02744	0,001715		
Total	19	0,662895			

Anexo 8 – Resumo da análise de variância com interação de fatores para o pH na 6ª hora *post-mortem*.

Fator de variação	GL	SQ	QM	F	F crítico
Estimulação	1	0,253125	0,253125	147,5948	4,49
Resfriamento sem estimulação	1	0,36864	0,36864	214,9504	4,49
Resfriamento com estimulação	1	0,01369	0,01369	7,982507	4,49
Resíduo	16	0,120125	0,120125	70,04373	
Total	19	0,02744	0,001715		

Anexo 9 – Resumo da análise de variância com interação de fatores para o pH na 6ª hora *post-mortem*.

Fator de variação	GL	SQ	QM	F	F crítico
Resfriamento	1	0,262205	0,262205	0,016388	4,49
Estimulação com resfriamento Rápido	1	0,361	0,361	210,4956	4,49
Estimulação com resfriamento Lento	1	0,01225	0,01225	7,142857	4,49
Resíduo	16	0,120125	0,120125	70,04373	
Total	19	0,02744	0,001715		

Anexo 10 – Resumo da análise de variância para o pH na 9ª hora *post-mortem*.

Fator de variação	GL	SQ	QM	F	F crítico
Tratamentos	3	0,450055	0,15001833	51,90946	3,238872
Resíduo	16	0,04624	0,00289		
Total	19	0,496295			

Anexo 11 – Resumo da análise de variância com interação de fatores para o pH na 9ª hora *post-mortem*.

Fator de variação	GL	SQ	QM	F	F crítico
Estimulação	1	0,061605	0,061605	21,31661	4,49
Resfriamento sem estimulação	1	0,29241	0,29241	101,1799	4,49
Resfriamento com estimulação	1	0,09604	0,09604	33,23183	4,49
Resíduo	16	0,04624	0,00289		
Total	19	0,496295			

Anexo 12 – Resumo da análise de variância com interação de fatores para o pH na 9^a hora *post-mortem*.

Fator de variação	GL	SQ	QM	F	F crítico
Resfriamento	1	0,361805	0,361805	0,022613	4,49
Estimulação com resfriamento Rápido	1	0,08464	0,08464	29,2872	4,49
Estimulação com resfriamento Lento	1	0,00361	0,00361	1,249135	4,49
Resíduo	16	0,04624	0,00289		
Total	19	0,496295			

Anexo 13 – Resumo da análise de variância para o pH na 12^a hora *post-mortem*.

Fator de variação	GL	SQ	QM	F	F crítico
Tratamentos	3	0,44276	0,14758667	63,95955	3,238872
Resíduo	16	0,03692	0,0023075		
Total	19	0,47968			

Anexo 14 – Resumo da análise de variância com interação de fatores para o pH na 12^a hora *post-mortem*.

Fator de variação	GL	SQ	QM	F	F crítico
Estimulação	1	0,03362	0,03362	14,56988	4,49
Resfriamento sem estimulação	1	0,27225	0,27225	117,9848	4,49
Resfriamento com estimulação	1	0,13689	0,13689	59,32394	4,49
Resíduo	16	0,03692	0,0023075		
Total	19	0,47968			

Anexo 15 – Resumo da análise de variância com interação de fatores para o pH na 12^a hora *post-mortem*.

Fator de variação	GL	SQ	QM	F	F crítico
Resfriamento	1	0,39762	0,39762	0,024851	4,49
Estimulação com resfriamento Rápido	1	0,04225	0,04225	18,30986	4,49
Estimulação com resfriamento Lento	1	0,00289	0,00289	1,252438	4,49
Resíduo	16	0,03692	0,0023075		
Total	19	0,47968			

Anexo 16 – Resumo da análise de variância para o pH na 24^a hora *post-mortem*.

Fator de variação	GL	SQ	QM	F	F crítico
Tratamentos	3	0,3694	0,12313333	66,82949	3,238872
Resíduo	16	0,02948	0,0018425		
Total	19	0,39888			

Anexo 17 – Resumo da análise de variância com interação de fatores para a temperatura na 24^a hora *post-mortem*.

Fator de variação	GL	SQ	QM	F	F crítico
Estimulação	1	0,04232	0,04232	22,96879	4,49
Resfriamento sem estimulação	1	0,20164	0,20164	109,4383	4,49
Resfriamento com estimulação	1	0,12544	0,12544	68,08141	4,49
Resíduo	16	0,02948	0,0018425		
Total	19	0,39888			

Anexo 18 – Resumo da análise de variância com interação de fatores para o pH na 24^a hora *post-mortem*.

Fator de variação	GL	SQ	QM	F	F crítico
Resfriamento	1	0,32258	0,32258	0,020161	4,49
Estimulação com resfriamento Rápido	1	0,03721	0,03721	20,19539	4,49
Estimulação com resfriamento Lento	1	0,00961	0,00961	5,215739	4,49
Resíduo	16	0,02948	0,0018425		
Total	19	0,39888			

Anexo 19 – Resumo da análise de variância para a perda por cozimento (%).

Fator de variação	GL	SQ	QM	F	F crítico
Tratamentos	3	12,94427754	4,31475918	0,490559	3,238872
Resíduo	16	140,7294854	8,79559284		
Total	19	153,6737629			

Anexo 20 – Resumo da análise de variância com interação de fatores para a perda por cozimento (%).

Fator de variação	GL	SQ	QM	F	F crítico
Resfriamento	1	3,880784378	3,88078438	0,242549	4,49
Estimulação	1	7,715017849	7,71501785	0,877146	4,49
Resfriamento X Estimulação	1	1,348475311	1,34847531	0,153313	4,49
Resíduo	16	140,7294854	8,79559284		
Total	19	153,6737629			

Anexo 21 – Resumo da análise de variância para a força de cisalhamento (Kg).

Fator de variação	GL	SQ	QM	F	F crítico
Tratamentos	3	17,46141771	5,82047257	54,41576	3,238872
Resíduo	16	1,71140788	0,10696299		
Total	19	19,17282559			

Anexo 22 – Resumo da análise de variância para o comprimento de sarcômero (μm).

Fator de variação	GL	SQ	QM	F	F crítico
Tratamentos	3	0,26510502	0,08836834	16,32582	3,238872
Resíduo	16	0,086604719	0,00541279		
Total	19	0,35170974			

Anexo 23 – Resumo da análise de variância com interação de fatores para a força de cisalhamento (kg).

Fator de variação	GL	SQ	QM	F	F crítico
Estimulação	1	3,828645851	3,82864585	35,79412	4,49
Resfriamento sem estimulação	1	12,62546517	12,6254652	118,0358	4,49
Resfriamento com estimulação	1	1,007306689	1,00730669	9,417338	4,49
Resíduo	16	1,71140788	0,10696299		
Total	19	19,17282559			

Anexo 24 – Resumo da análise de variância com interação de fatores para a força de cisalhamento (kg).

Fator de variação	GL	SQ	QM	F	F crítico
Resfriamento	1	10,38257655	10,3825765	0,648911	4,49
Estimulação com resfriamento Rápido	1	7,067004287	7,06700429	66,06962	4,49
Estimulação com resfriamento Lento	1	0,011836876	0,01183688	0,110663	4,49
Resíduo	16	1,71140788	0,10696299		
Total	19	19,17282559			

Anexo 25 – Resumo da análise de variância para a força de cisalhamento (Kg) comparando apenas os tratamentos de resfriamento.

Fator de variação	GL	SQ	QM	F	F crítico
Tratamentos	1	10,38257655	10,3825765	21,26065	4,413873
Resíduo	18	8,790249043	0,48834717		
Total	19	19,17282559			

Anexo 26 – Resumo da análise de variância para a força de cisalhamento (Kg) comparando apenas os tratamentos de estimulação elétrica.

Fator de variação	GL	SQ	QM	F	F crítico
Tratamentos	1	3,828645851	3,82864585	4,49132	4,413873
Resíduo	18	15,34417974	0,85245443		
Total	19	19,17282559			

Anexo 27 – Resumo da análise de variância com interação de fatores para o comprimento de sarcômero (μm).

Fator de variação	GL	SQ	QM	F	F crítico
Estimulação	1	0,035370437	0,03537044	6,534598	4,49
Resfriamento sem estimulação	1	0,211807757	0,21180776	39,13094	4,49
Resfriamento com estimulação	1	0,017926827	0,01792683	3,311935	4,49
Resíduo	16	0,086604719	0,00541279		
Total	19	0,35170974			

Anexo 28 – Resumo da análise de variância com interação de fatores para o comprimento de sarcômero (μm).

Fator de variação	GL	SQ	QM	F	F crítico
Resfriamento	1	0,176487426	0,17648743	0,01103	4,49
Estimulação com resfriamento Rápido	1	0,087706668	0,08770667	16,20358	4,49
Estimulação com resfriamento Lento	1	0,000910926	0,00091093	0,168291	4,49
Resíduo	16	0,086604719	0,00541279		
Total	19	0,35170974			

Anexo 29 – Resumo da análise de variância para o comprimento de sarcômero (μm) comparando apenas os tratamentos de resfriamento.

Fator de variação	GL	SQ	QM	F	F crítico
Tratamentos	1	0,396290322	0,39629032	95,50165	4,413873
Resíduo	18	0,07469217	0,00414957		
Total	19	0,470982492			

Anexo 30 – Resumo da análise de variância para o comprimento de sarcômero (μm) comparando apenas os tratamentos de estimulação elétrica.

Fator de variação	GL	SQ	QM	F	F crítico
Tratamentos	1	0,035370437	0,03537044	5,012611	4,413873
Resíduo	18	0,316339303	0,02757441		
Total	19	0,35170974			

Anexo 31 – Resumo da análise de variância para o espaço de cores L*.

Fator de variação	GL	SQ	QM	F	F crítico
Tratamentos	3	21,37855722	7,12618574	3,021137	3,238872
Resíduo	16	37,74041778	2,35877611		
Total	19	59,118975			

Anexo 32 – Resumo da análise de variância com interação de fatores para o espaço de cores L*.

Fator de variação	GL	SQ	QM	F	F crítico
Resfriamento	1	18,36166722	18,3616672	1,147604	4,49
Estimulação	1	0,226845	0,226845	0,096171	4,49
Resfriamento X Estimulação	1	2,790045	2,790045	1,182836	4,49
Resíduo	16	37,74041778	2,35877611		
Total	19	59,118975			

Anexo 33 – Resumo da análise de variância para o espaço de cores a*.

Fator de variação	GL	SQ	QM	F	F crítico
Tratamentos	3	10,02891278	3,34297093	2,725817	3,238872
Resíduo	16	19,62257333	1,22641083		
Total	19	29,65148611			

Anexo 34 – Resumo da análise de variância com interação de fatores para o espaço de cores a*.

Fator de variação	GL	SQ	QM	F	F crítico
Resfriamento	1	6,693245	6,693245	0,418328	4,49
Estimulação	1	0,138333889	0,13833389	0,112796	4,49
Resfriamento X Estimulação	1	3,197333889	3,19733389	2,607066	4,49
Resíduo	16	19,62257333	1,22641083		
Total	19	29,65148611			

Anexo 35 – Resumo da análise de variância para o espaço de cores b*.

Fator de variação	GL	SQ	QM	F	F crítico
Tratamentos	3	12,15545819	4,0518194	1,442244	3,238872
Resíduo	16	44,95016111	2,80938507		
Total	19	57,10561931			

Anexo 36 – Resumo da análise de variância com interação de fatores para o espaço de cores b*.

Fator de variação	GL	SQ	QM	F	F crítico
Resfriamento	1	12,05128125	12,0512813	0,753205	4,49
Estimulação	1	0,076673472	0,07667347	0,027292	4,49
Resfriamento X Estimulação	1	0,027503472	0,02750347	0,00979	4,49
Resíduo	16	44,95016111	2,80938507		
Total	19	57,10561931			