

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

**Avaliação de Diferentes Tecnologias para o Amaciamento
da Carne Bovina *In Natura***
Tese de mestrado

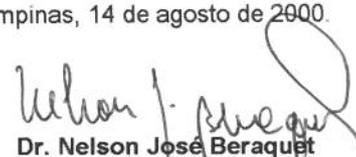
PARECER

Este exemplar corresponde à redação final da tese defendida por José Roberto Fernandes, aprovada pela Comissão Julgadora em 14 de agosto de 2000.

Campinas, 14 de agosto de 2000.

José Roberto Fernandes
Médico Veterinário

Prof. Dr. Néelson J. Beraquet
Orientador


Dr. Nelson José Beraquet
Presidente da Banca

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

Campinas – SP
2000

UNICAMP
BIBLIOTECA CENTRAL
SEÇÃO CIRCULANTE



866510008

UNIDADE	Be
N.º CHAMADA:	T/UNICAMP
	F391a
V.	Ex.
TOMBO BC/	42796
PROC.	16-278100
C	<input type="checkbox"/>
D	<input checked="" type="checkbox"/>
PREC.º	R\$ 11,00
DATA	19/10/00
N.º CPD	

CM-00149616-4

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

F391a	<p>Fernandes, José Roberto</p> <p>Avaliação de diferentes tecnologias para o amaciamento da carne bovina in natura /José Roberto Fernandes. – Campinas, SP: [s.n.], 2000.</p> <p>Orientador: Nélon José Beraquet</p> <p>Dissertação (mestrado) – Universidade Estadual de Campinas. Faculdade de Engenharia de Alimentos.</p> <p>1.Carne. 2.Estímulos elétricos. 3.Cloreto de cálcio.</p> <p>I.Beraquet, Nélon José. II.Universidade Estadual de Campinas. Faculdade de Engenharia de Alimentos.</p> <p>III.Título.</p>
-------	---

À minha esposa Geórgia, pelo amor e compreensão
Sem você a realização deste trabalho seria impossível

UNICAMP
BIBLIOTECA CENTRAL
SEÇÃO CIRCULANTE

AGRADECIMENTOS

À Deus

À minha mãe, Maria Magdalena Gonçalves Fernandes, por ter moldado na minha pessoa o caráter de um homem honesto. Seus ensinamentos estarão guardados em minha alma para o resto de minha vida.

À memória do meu Pai, Alonso Fernandes. O seu amor vive no meu coração.

Aos meus irmãos Alonso, Luiz Humberto, Marcelo e suas respectivas famílias. Que a união, a felicidade e o sucesso possam estar sempre presentes em nas suas vidas.

Ao Sr. Wander e a Sra. Conceição pela fé e certeza na realização deste trabalho.

Ao Dr. Néelson J. Beraquet, pela orientação e compreensão durante a realização do trabalho da tese. Que a nossa amizade permaneça.

Ao Professor Pedro E. de Felício pela minha particular admiração.

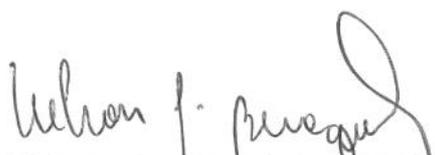
Ao Departamento de Tecnologia e Inspeção de Produtos de Origem Animal da Faculdade de Veterinária da UFMG, em especial ao Professor Teófilo José Pimentel da Silva, pelo impulso inicial.

Ao CNPq, pela concessão da bolsa de estudo

À toda a equipe do Centro de Tecnologia de Carnes do ITAL pela colaboração incessante e pela crença infinita na pesquisa. Vocês são indispensáveis.

Á todos os colegas de trabalho de ontem, hoje e sempre, muito obrigado.

BANCA EXAMINADORA



Prof. Dr. Nelson J. Beraquet
(orientador)



Prof. Dr. Pedro E. de Felício
(membro)



Prof. Dr. Expedito Tadeu Facco Silveira
(membro)

Prof. Dr. Arnaldo Y. Kuaye
(membro)

UNICAMP
BIBLIOTECA CENTRAL
SEÇÃO CIRCULANTE

Campinas, de agosto de 2000.

ÍNDICE

	Pag.
Índice de tabelas	iv
Índice de figuras	x
Resumo	xii
Summary	xiv
1. INTRODUÇÃO	1
2. OBJETIVOS	4
3. REVISÃO DE LITERATURA	5
3.1. Considerações gerais	5
3.2. A tecnologia da maturação	6
3.3. A estimulação elétrica	16
3.4. A bioquímica da maturação	19
3.5. A ação das proteases no processo de maturação	26
3.6. Fatores que influenciam o processo de maturação	30
3.7. A utilização do cloreto de cálcio	45
4. MATERIAL E MÉTODOS	49
4.1. Material	49
4.2. Tratamentos	50
4.2.1. Estimulação elétrica	50
4.2.2. Maturação	51
4.2.3. Injeção do cloreto de cálcio (CaCl ₂)	52
4.2.4. Controle	52
4.2.5. Delineamento experimental	53

4.3. Análises	54
4.3.1. pH	54
4.3.1.1 Curva de queda de pH <i>postmortem</i>	54
4.3.1.2. pH durante a maturação	54
4.3.2. Avaliação instrumental da cor	54
4.3.3. Avaliação instrumental da maciez	55
4.3.3.1. Preparo das amostras	55
4.3.3.2. Análise de maciez	55
4.3.4. Perda de peso (PP)	56
4.3.5. Análises Microbiológicas	56
4.3.6. Análise sensorial	57
4.3.7. Análise estatística	59
5. RESULTADOS E DISCUSSÃO	60
5.1. Curvas de queda do pH <i>postmortem</i>	60
5.2. Tratamentos de maturação	63
5.2.1. pH	63
5.2.2. Avaliação instrumental da cor	65
5.2.2.1. Valor L* de Hunter	65
5.2.2.2. Valor a* de Hunter	69
5.2.2.3. Valor b* de Hunter	71
5.2.3. Avaliação instrumental da maciez	72
5.2.4. Perda de peso	76
5.2.4.1. Perda de peso na maturação (PPMat)	76
5.2.4.2. Perda de peso no degelo (PPDeg)	78
5.2.4.3. Perda de peso no cozimento (PPCoz)	81
5.2.5. Análise sensorial	83
5.2.5.1. Maciez	83

5.2.5.2. Suculência	87
5.2.5.3. Sabor característico de maturada	91
5.2.5.4. Qualidade global	95
5.2.6. Análises microbiológicas	97
5.2.6.1. Caracterização geral	97
5.2.6.2. Psicotróficos	98
5.2.6.3. Bactérias lácticas	100
5.3. Tratamento com cloreto de cálcio	102
5.3.1. Análises instrumentais	102
5.3.2. Análise sensorial	106
6. CONCLUSÕES	109
7. ANEXO	110
8. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	129

ÍNDICE DE TABELAS

	Pag.
QUADRO 1 – Peso e rendimento das meias carcaças quentes utilizadas para os tratamentos	50
TABELA 1 – Valores de média e desvio padrão do pH nas amostras oriundas de carcaças estimuladas eletricamente após os tratamentos de maturação	110
TABELA 2 – Valores de média e desvio padrão do pH nas amostras oriundas de carcaças não estimuladas eletricamente após os tratamentos de maturação	110
TABELA 3 – Valores de média e desvio padrão do valor L* de Hunter nas amostras oriundas de carcaças estimuladas eletricamente após os tratamentos de maturação	111
TABELA 4 – Valores de média e desvio padrão do valor L* de Hunter nas amostras oriundas de carcaças não estimuladas eletricamente após os tratamentos de maturação	111

TABELA 5 – Valores de média e desvio padrão do valor a* de Hunter nas amostras oriundas de carcaças estimuladas eletricamente após os tratamentos de maturação	112
TABELA 6 – Valores de média e desvio padrão do valor a* de Hunter nas amostras oriundas de carcaças não estimuladas eletricamente após os tratamentos de maturação	112
TABELA 7 – Valores de média e desvio padrão do valor b* de Hunter nas amostras oriundas de carcaças estimuladas eletricamente após os tratamentos de maturação	113
TABELA 8 – Valores de média e desvio padrão do valor b* de Hunter nas amostras oriundas de carcaças não estimuladas eletricamente após os tratamentos de maturação	113
TABELA 9 – Valores de média e desvio padrão do pico da força de cisalhamento (Kg) nas amostras oriundas de carcaças estimuladas eletricamente após os tratamentos de maturação	114
TABELA 10 – Valores de média e desvio padrão do pico da força de cisalhamento (Kg) nas amostras oriundas de carcaças não estimuladas eletricamente após os tratamentos de maturação	114

TABELA 11 – Valores de média e desvio padrão da PPMat nas amostras oriundas de carcaças estimuladas eletricamente após os tratamentos de maturação	115
TABELA 12 – Valores de média e desvio padrão da PPMat nas amostras oriundas de carcaças não estimuladas eletricamente após os tratamentos de maturação	115
TABELA 13 – Valores de média e desvio padrão da PPDeg nas amostras oriundas de carcaças estimuladas eletricamente após os tratamentos de maturação	116
TABELA 14 – Valores de média e desvio padrão da PPDeg nas amostras oriundas de carcaças não estimuladas eletricamente após os tratamentos de maturação	116
TABELA 15 – Valores de média e desvio padrão da PPCoz nas amostras oriundas de carcaças estimuladas eletricamente após os tratamentos de maturação	117

TABELA 16 – Valores de média e desvio padrão da PPCoz nas amostras oriundas de carcaças não estimuladas eletricamente após os tratamentos de maturação	117
TABELA 17 – Valores de média e desvio padrão da maciez avaliada sensorialmente nas amostras oriundas de carcaças estimuladas eletricamente após os tratamentos de maturação	118
TABELA 18 – Valores de média e desvio padrão da maciez avaliada sensorialmente nas amostras oriundas de carcaças não estimuladas eletricamente após os tratamentos de maturação	118
TABELA 19 – Valores de média e desvio padrão da suculência avaliada sensorialmente nas amostras oriundas de carcaças estimuladas eletricamente após os tratamentos de maturação	119
TABELA 20 – Valores de média e desvio padrão da suculência avaliada sensorialmente nas amostras oriundas de carcaças não estimuladas eletricamente após os tratamentos de maturação	119
TABELA 21 – Valores de média e desvio padrão do sabor característico avaliado sensorialmente nas amostras oriundas de carcaças estimuladas eletricamente após os tratamentos de maturação	120

TABELA 22 – Valores de média e desvio padrão do sabor característico avaliado sensorialmente nas amostras oriundas de carcaças não estimuladas eletricamente após os tratamentos de maturação	120
TABELA 23 – Valores de média e desvio padrão da qualidade global avaliada sensorialmente nas amostras oriundas de carcaças estimuladas eletricamente após os tratamentos de maturação	121
TABELA 24 – Valores de média e desvio padrão da qualidade global avaliada sensorialmente nas amostras oriundas de carcaças não estimuladas eletricamente após os tratamentos de maturação	121
TABELA 25 – Caracterização microbiológica das das amostras submetidas aos tratamentos de maturação (T_0)	122
TABELA 26 – Contagem de microrganismos psicotróficos durante a maturação (UFC/g)	122
TABELA 27 – Contagem de bactérias lácticas durante a maturação (UFC/g)	123

TABELA 28 – Valores de média e desvio padrão dos parâmetros de análise instrumental nas amostras tratadas com CaCl_2	123
TABELA 29 – Valores de média e desvio padrão dos parâmetros de análise sensorial nas amostras tratadas com CaCl_2	124
TABELA 30 – Resumo da análise de variância (ANOVA) realizada para a avaliação dos tratamentos de maturação nas amostras oriundas de carcaças estimuladas eletricamente	125
TABELA 31 – Resumo da análise de variância (ANOVA) realizada para a avaliação dos tratamentos de maturação nas amostras oriundas de carcaças não estimuladas eletricamente	126
TABELA 32 – Resumo da análise de variância (ANOVA) realizada para a avaliação do tratamento estimulação elétrica sobre as amostras maturadas	127
TABELA 33 – Resumo da análise de variância (ANOVA) realizada para a avaliação da injeção do cloreto de cálcio (CaCl_2) sobre as amostras	128

ÍNDICE DE FIGURAS

FIGURA 1 – Curva de queda de pH do coxão mole (<i>Semimembranosus</i>)	60
FIGURA 2 – Curva de queda de pH da paleta (<i>Triceps brachii</i>)	61
FIGURA 3 – Curva de queda de pH do contrafilé (<i>Longissimus dorsi</i>)	61
FIGURA 4 – pH durante a maturação (<i>L. dorsi</i>)	66
FIGURA 5 – Valor L* de Hunter durante a maturação (<i>L. dorsi</i>)	68
FIGURA 6 – Valor a* de Hunter durante a maturação (<i>L. dorsi</i>)	70
FIGURA 7 – Valor b* de Hunter durante a maturação (<i>L. dorsi</i>)	73
FIGURA 8 – Força de cisalhamento durante a maturação (<i>L. dorsi</i>)	77
FIGURA 9 – PPMat durante a maturação (<i>L. dorsi</i>)	80
FIGURA 10 – PPDeg durante a maturação (<i>L. dorsi</i>)	82
FIGURA 11 – PPCoz durante a maturação (<i>L. dorsi</i>)	84

FIGURA 12 – Maciez sensorial durante a maturação (<i>L. dorsi</i>)	88
FIGURA 13 – Suculência sensorial durante a maturação (<i>L. dorsi</i>)	92
FIGURA 14 – Sabor característico sensorial durante a maturação (<i>L. dorsi</i>)	94
FIGURA 15 – Qualidade global sensorial durante a maturação (<i>L. dorsi</i>)	96
FIGURA 16 – Contagem de psicotróficos durante a maturação (<i>L. dorsi</i>)	101
FIGURA 17 – Contagem de bactérias lácticas durante a maturação (<i>L. dorsi</i>)	104

RESUMO

Diversos levantamentos realizados ao redor do mundo apontam a maciez como o principal atributo desejável pelo consumidor quando da aquisição de carne bovina in natura. Entretanto, no Brasil, diversos fatores inerentes à obtenção deste tipo de matéria-prima tem influência direta em seus atributos de textura: raça dos animais, idade de abate, condição sexual e manejo das carcaças no *postmortem*.

Neste trabalho foram pesquisados os efeitos da utilização de diferentes técnicas visando primariamente o amaciamento da carne bovina. Assim, a partir do abate de onze fêmeas *Bos indicus* (cinco Nelore e seis Guzerá) foram avaliadas a maturação em contrafilés (*Longissimus dorsi*) utilizando-se diferentes tempos (7, 14, 21 e 28 dias) em duas faixas de temperaturas (0-2°C e 6-8°C) combinada ou não à estimulação elétrica das carcaças (220V e 0,5A/1 minuto). Foi testado também o uso do cloreto de cálcio como agente acelerador do processo de maturação submetendo amostras injetadas 24 horas *postmortem* à comparação com as amostras controle considerando a mínima diferença significativa ao nível de 5% pelo método ANOVA.

As amostras obtidas foram submetidas às análises de pH, perda de peso durante a maturação, cozimento e degelo, cor (L^* , a^* , b^* de Hunter), força de cisalhamento além da análise sensorial da maciez, suculência, sabor característico e qualidade global. O acompanhamento microbiológico foi feito por meio de contagem de bactérias lácticas e psicrotóxicos.

As amostras estimuladas eletricamente tiveram um desenvolvimento mais rápido de maciez (4,12 Kg após 7 dias de maturação) do que as amostras não estimuladas (4,12 Kg após 21 dias de maturação). As diferentes temperaturas utilizadas não influenciaram significativamente o desenvolvimento da maciez durante a maturação dos cortes ($p > 0,05$).

Na avaliação dos provadores as amostras maturadas por 28 dias sob temperaturas de 6-8°C tiveram a menor pontuação na escala não estruturada para o atributo sabor característico (3,16), sendo invariavelmente rejeitadas apesar de terem recebido a maior pontuação conferida para o atributo maciez (8,35).

As amostras tratadas com o cloreto de cálcio não apresentaram diferenças significativas quanto à maciez avaliada instrumentalmente em relação às amostras controle (respectivamente 4,57 Kg e 5,60 Kg com $p>0,05$). As amostras tratadas com o cloreto de cálcio foram também rejeitadas pelos provadores, recebendo uma pontuação de 2,34 para o atributo sabor na análise sensorial.

A partir dos resultados obtidos é possível afirmar que a estimulação elétrica potencializou notavelmente o processo de maturação e que as duas faixas de temperatura utilizadas não influenciaram significativamente o desenvolvimento da maciez nos cortes.

Além disto o uso do cloreto de cálcio mostrou-se inadequado, por não influenciar significativamente o desenvolvimento da maciez e, ainda, desenvolver sabor desagradável nas amostras injetadas. O sabor também foi rejeitado pelos provadores nas amostras maturadas por 28 dias na faixa de 6-8°C.

SUMMARY

All over the world studies describe tenderness as the most important attribute for the consumers which buy beef retail cuts. However there are many factors of brazilian beef cattle breeding which have direct influence in meat texture as animals breed type, slaughter age, sexual condition and wrong carcass handling at the *postmortem*.

In this study the effects of the utilization of different methods to improve tenderness in beef were studied. By this way, starting from the slaughter of 11 *Bos indicus* females (5 from nelore breed and 6 from guzerá breed), the *Longissimus dorsi* muscle was deboned and aged using different times (7, 14, 21 and 28 days) and temperatures (0-2°C and 6-8°C) for instrumental and sensorial evaluations. Before the aging process the samples were chosen for electrical stimulation treatment or were not. The calcium chloride using to improve the aging process was also tested.

The samples were evaluated considering of pH, aging weight loss, cooking loss, thawing loss, colour (L^* , a^* and b^* using Hunter system), shear force and sensorial analysis (the panel assessed tenderness, juiciness, typical aged meat flavor and overall quality). To analyse bacterial plate counting for psycotrophes and acid lactic bacteria the samples were collected by the end of each aging period.

The electrical stimulated samples have developed tenderness faster (4.12 Kg after 7 days storage) than the non estimated samples (4.12 Kg after 21 days storage). The different temperatures used did not have a significant ($p>0.05$) influence on tenderness development during beef aging.

In the sensorial assessment the samples aged for 28 days at 6-8°C temperature were always rejected and had the lowest flavor score (3.16), in spite of the same samples had the best tenderness score in the panel evaluation (8.35).

There were no significant differences ($p>0.05$) for shear force or sensorial tenderness comparing the calcium chloride injected samples with the control samples. These samples were also rejected by the panel assessment with a flavor score of 2.34.

The experimental results have shown that the electrical stimulation of carcasses improved the aging process, reducing considerably the tenderness developing time in relation to the non estimated counterparts. The temperatures have did not shown any significant influence in the beef tenderness development but the samples stored for 28 days at 6-8°C became inadequate for consumption.

The calcium chloride injection was inefficient. This treatment did not have any significant effect ($P>0,05$) in tenderness development and produced undesirable taste.

1. INTRODUÇÃO

O panorama no qual se encontra o mercado da carne bovina *in natura* brasileiro, principalmente no que se refere à sua qualidade, não apresenta um quadro animador. De fato, FELÍCIO (1995) em pesquisa realizada no Brasil junto a gerentes de estabelecimentos que comercializam carne bovina mostrou que somente 40,8% dos consumidores estão sempre satisfeitos com a qualidade do produto que adquiriram. BÁNKUTTI et al. (1999) também comentam a falta de critérios de padronização, a falta de informação e exigência do consumidor além de uma insuficiência de ações governamentais que visem definir normas sobre os atributos de qualidade desejáveis pelo consumidor de carne bovina no Brasil.

As raças zebuínas, puras ou em cruzamentos, são as mais utilizadas para a produção de carne no Brasil, fato este que contribui comprovadamente para uma perda de maciez nos cortes obtidos destes animais (KOOHMARAIE et al., 1990; WHEELER et al., 1990,1991, DRANSFIELD, 1992). Além disso, a idade avançada de abate dos animais tem influência marcante neste sentido; segundo BLISKA (1996) o ciclo de produção da carne bovina no Brasil é de 4-5 anos, a ausência de um sistema adequado de tipificação de carcaças que possibilite a diferenciação das carnes quanto à raça, sexo e idade dos animais produzidos, aliados ao manejo da matéria-prima *postmortem* nos matadouros frigoríficos, tornam a maior parte da carne *in natura* obtida no Brasil um produto sem características de qualidade bem definidas, principalmente no que concerne à sua maciez. De um modo geral, o único critério que vem sendo utilizado para diferenciar a carne bovina é o pagamento diferenciado pelo abate de boi e de vaca (BLISKA, 1996). Se por um lado o consumidor brasileiro em geral não apresenta grandes exigências neste aspecto, severas restrições

podem ser impostas pelo mercado internacional ou por clientes mais especializados, como por exemplo a rede de hotelaria.

Embora a qualidade intrínseca da carne (maciez) não possa ser totalmente corrigida ela pode ser melhorada pelo uso de algumas tecnologias. A maturação ou a estimulação elétrica de carcaças ou ainda uma combinação de ambas as tecnologias parecem ser boas formas de se obter uma qualidade mais uniforme dos cortes produzidos (BOAKYE & MITTAL, 1993; WHEELER *et al.*, 1990; BÁNKUTI *et al.*, 1999).

No entanto a alternativa de se maturar, estimular eletricamente as carcaças ou não usufruir de quaisquer destas tecnologias depende, em primeira instância, do retorno econômico que tais práticas poderão proporcionar aos produtores, indústria e comerciantes de carne no Brasil. Em decorrência parece interessante desenvolver um trabalho visando estabelecer para o processo de maturação uma combinação tempo/temperatura que diminua ao máximo os custos e seja também adequada e segura para o desenvolvimento pleno das reações enzimáticas inerentes ao processo de maturação de carne, bem como avaliar o uso da estimulação elétrica como tecnologia para potencializar o desenvolvimento das características de maciez desejadas.

No entanto, ao mesmo tempo que esses processos possam melhorar as características de qualidade do produto, devem também assegurar a sua qualidade microbiológica. O grupo mais importante de bactérias presente na carne fresca é o dos mesófilos que possuem uma faixa ótima para o seu desenvolvimento entre 15-45°C; entretanto os psicrotóxicos, que podem se multiplicar à temperaturas de refrigeração, são capazes de produzir uma série de sub-produtos indesejáveis para a qualidade da carne (FUNG, 1996). Por isto o controle da temperatura durante o processo de maturação da carne é imprescindível, sendo as faixas mais baixas sempre desejáveis.

A utilização do cloreto de cálcio como agente acelerador do processo de maturação também pode ser uma boa alternativa para a resolução dos problemas de desuniformidade em maciez observados em geral na carne bovina (KOOHMARAIE et al, 1988; KOOHMARAIE et al, 1990; MORGAN et al, 1991; WHEELER et al, 1991). Como são escassas as citações bibliográficas de estudos conduzidos neste sentido em no País, surge a necessidade de se verificar a possível utilização do cloreto de cálcio em carne bovina *in natura*, avaliando os seus efeitos sobre as características sensoriais deste produto.

2. OBJETIVOS

- a) Estabelecer um binômio de mínimo tempo e máxima temperatura para a maturação de carne bovina *in natura* embalada à vácuo oriunda ou não de carcaças estimuladas eletricamente que garanta um desenvolvimento pleno das reações enzimáticas desejadas para o aparecimento de maciez, sabor/aroma uniformes e que, ao mesmo tempo, seja comprovadamente seguro do ponto de vista microbiológico;

- b) Avaliar o uso do cloreto de cálcio (CaCl_2) como agente acelerador do processo de maturação em carne bovina *in natura* e observar os efeitos advindos desta adição, principalmente no que se refere ao desenvolvimento de maciez no produto.

3. REVISÃO DE LITERATURA

3.1. Considerações Gerais

Diversos levantamentos, realizados nos mais diferentes mercados ao redor do mundo, apontam a maciez como o principal atributo desejável pelo consumidor, quando da aquisição de carne bovina *in natura*; tal fato pode ser observado através do seu reflexo direto no preço dos diferentes cortes cárneos secundários: cortes mais macios possuem preço mais elevado (JOSEPH, 1971; SMITH *et al.*, 1978; KOOHMARAIE *et al.*, 1990; MORGAN, *et al.*, 1991; DRANSFIELD, 1992; BOLEMAN, 1995). No Brasil FELÍCIO (1995) coordenou uma pesquisa realizada junto a gerentes de estabelecimentos comerciais de diversos níveis e constatou que 64,4% dos consumidores valorizam a maciez como principal atributo da carne *grelhada*.

O processo de maturação da carne bovina é conhecido por séculos, e tem por objetivo a melhoria nas características de maciez, sabor e aroma por meio da manutenção da carne por um certo tempo em condições controladas de umidade relativa e temperatura (BOAKYE & MITTAL, 1993). Acredita-se que as transformações que ocorrem são efeito de uma desintegração natural dos componentes da carne propiciando a obtenção de um produto final mais macio; estas alterações não seriam resultado da ação de microorganismos ou quaisquer outros agentes exógenos, mas do próprio sistema enzimático naturalmente presente na carne (LANARI *et al.*, 1987; KOOHMARAIE, 1988; DRANSFIELD, 1992). Apesar do largo conhecimento dos efeitos decorrentes da maturação sobre a qualidade final da carne bovina, o mecanismo exato pelo qual estas transformações ocorrem é ainda um tanto confuso e controverso (KOOHMARAIE, 1994). No entanto parece evidente que a conversão de músculos dos mais diferentes

tipos de animal em carne de consumo com maciez uniforme, previamente garantida, seja de grande interesse econômico para a indústria (JOSEPH, 1971).

3.2. A Tecnologia Da Maturação

Como anteriormente mencionado, BOAKYE & MITTAL (1993) definem o processo de maturação como a manutenção da carne por um certo tempo sob condições controladas de umidade relativa e temperatura, cujo principal objetivo é a melhoria nas suas características de maciez, sabor e aroma. Neste sentido a maturação da carne se apresenta como um método eficiente que pode ser empregado com a finalidade de minimizar as diferenças qualitativas frequentemente observadas na carne bovina. Até meados da década de 70 o método tradicional utilizado para assegurar a maciez da carne *in natura* empregava a simples manutenção das carcaças, quartos ou cortes em um ambiente refrigerado, com umidade relativa do ar controlada, livre de insetos e poeira (PARRISH *et al.*, 1969; JOSEPH, 1971; SMITH *et al.*, 1978). Neste tipo de processo a carne não possuía qualquer tipo de proteção externa ou embalagem, estando, por isto mesmo, sujeita a grandes perdas por gotejamento, evaporação e mesmo por putrefação das peças; os problemas de perdas de peso por gotejamento e evaporação podiam ser controlados com o uso de filmes permeáveis a gás, como o polietileno, na superfície das carcaças; no entanto o aumento da umidade superficial aumentava muito os riscos de crescimento microbiano (JOSEPH, 1971).

SMITH *et al.* (1978) sugeriram a maturação de carcaças inteiras a uma temperatura de $1\pm 1^{\circ}\text{C}$, por 11 dias (umidade relativa de $87\pm 7\%$) com a finalidade de melhorar as características de maciez, sabor, aroma e palatabilidade geral nos diversos cortes secundários obtidos. Nestas

condições e considerando uma escala de 1 (extremamente dura) a 8 (extremamente macia), a avaliação sensorial conferiu um escore de 5,5 após 5 dias que evoluiu para 6,8 após 28 dias de maturação. A suculência evoluiu de 5,7 (5 dias) para 6,3 (28 dias) considerando-se a escala de 1(extremamente seca) a 8 (extremamente succulenta). No caso da medida da força de cisalhamento (Warner-Bratzler) houve um decréscimo de 6,0 (5dias) para 5,1 (28 dias) na escala utilizada para a medida.

No caso de cortes PIERSON *et al.* (1970) citado por ORESKOVICH *et al.*(1988) citam que carnes embaladas em filmes altamente permeáveis ao oxigênio se tornam inaceitáveis (cor, sabor e odor) após 7 dias de estocagem, devido à uma grande elevação nas contagens microbianas. ORESKOVICH *et al.*(1988) entretanto não observaram diferenças significativas no desenvolvimento de sabores indesejáveis entre cortes embalados à vácuo ou em embalagem tipo PVC após 7 dias de maturação a 2°C.

BARRA (1980) em trabalho realizado no mercado brasileiro analisou microbiologicamente amostras de carnes resfriadas com osso na indústria e depois em estabelecimentos comerciais. Tais amostras não apresentavam embalagem especial e o estudo constatou que a grande maioria das amostras de açougue não satisfazia a legislação vigente ao passo que quase todas aquelas coletadas na indústria estavam dentro do citado padrão (3×10^6 UFC/g).Na época o autor sugeriu a adoção de um sistema de produção de carne bovina congelada desossada para garantir a segurança do consumidor.

O desenvolvimento das embalagens à vácuo, por sua vez, representou um grande salto para que houvesse uma utilização mais eficiente do processo de maturação da carne bovina *in natura*; a partir de então os cortes, após a desossa, poderiam ser embalados em filmes plásticos do tipo *cryovac* ou *swiss-vac* (baixa permeabilidade a gases) que, submetidas ao

processo de vácuo industrial, trariam vantagens diversas no que se refere ao processo de maturação; JOSEPH (1971) e GUTOWSKY et al. (1979) mencionam estas vantagens:

- Redução nos custos de transporte e armazenamento e uso mais racional do espaço, uma vez que não é necessário o manuseio do conteúdo ósseo das carcaças;
- Eliminação dos riscos de contaminação pós-embalagem e limitação no crescimento de microorganismos (condição de anaerobiose);
- Ausência da necessidade do controle da umidade relativa do ar no ambiente de maturação;
- Redução nas quebras por perda de peso em água;
- Proteção mecânica contra agentes físicos diretos;
- Aumento da vida de prateleira da carne;
- Desenvolvimento de características sensoriais similares àquelas desenvolvidas no processo tradicional de maturação.

MINKS & STRINGER (1972) realizaram um experimento comparando a eficiência da maturação de peças de contrafilé (*L. dorsi*) embaladas à vácuo e peças não embaladas e concluíram que, apesar da embalagem não influenciar diretamente os atributos de maciez, suculência e sabor da carne, impede significantes perdas de peso. Neste caso, após 15 dias de maturação á uma temperatura média de 2°C houve uma de perda de peso de 0,64% no caso das amostras maturadas embaladas à vacuo contra uma perda de 5,76% nas peças não embaladas.

Adicionalmente, ORESKOVICH et al. (1988) e NEWSOME et al.(1985) demonstraram experimentalmente que cortes embalados em filmes de PVC, ou mesmo não embalados, apresentam uma perda significativamente maior de líquido quando comparados a cortes embalados à vácuo. ORESKOVICH et al. (1988) concluíram, ainda, que o método utilizado para maturar a carne

(vácuo ou não) e o tipo de corte maturado (peça inteira ou bifés) não exercem influência sobre a palatabilidade e as características químicas da carne fresca. Houve, entretanto, uma diferença no percentual de perdas de peso nos cortes embalados em filme tipo PVC de 2,93% para 1,65% nos cortes embalados à vácuo, considerando-se a maturação dos cortes por 7 dias a 2°C.

DAVIS *et al.* (1977) destacam a importância da embalagem à vácuo para a manutenção de uma boa aparência da carne exposta ao consumidor em comparação com o aspecto geral adquirido por peças embaladas em filme de polietileno.

HEINZE & BRUGGEMANN (1994), entretanto, concluíram de seus experimentos que a carne maturada suspensa na nória por 14 dias a 0°C, ou seja, a maturação na própria carcaça resulta numa carne mais saborosa, macia e suculenta do que a carne desossada e maturada em embalagem à vácuo sob as mesmas condições. Os mesmos autores sugerem que a maturação das carcaças inteiras poderia elevar a maiores níveis a osmolaridade no músculo do que a maturação de cortes embalados à vácuo; esta maior osmolaridade aumentaria a solubilidade das proteínas miofibrilares o que conseqüentemente aumentaria a susceptibilidade destas moléculas à ação enzimática resultando num processo de maturação mais eficiente (OUALI, 1990; OUALI, 1991 citado por HEINZE & BRUGGEMANN, 1994).

COPPOCK & MACLEOD (1977), entretanto, realizaram um experimento com maturação de carne bovina embalada à vácuo (contrafilé) por até 4 semanas na faixa de temperatura compreendida entre 0,6-3,3°C a fim de detectar alterações nas propriedades químicas e sensoriais de aroma na carne cozida. A pesquisa demonstrou que os voláteis orgânicos totais aumentaram com o passar do tempo de estocagem, sendo que a taxa de elevação destes compostos se acelerou proporcionalmente ao tempo de

maturação; o painel de análise sensorial também notou diferença no aroma da carne que passou de fraco, brando e pouco atraente a forte, saboroso e apetitoso após 4 semanas de maturação, coincidindo com o aumento nas concentrações de diversos compostos químicos analisados por cromatografia de fase gasosa. As diferenças encontradas sensorialmente não foram, entretanto, significantes ao nível de 5%.

BOAKYE & MITTAL (1992), por sua vez, não encontraram diferenças nas propriedades viscoelásticas de carnes maturadas na carcaça ou embaladas à vácuo (*L. dorsi*) e sugeriram o uso das embalagens como forma de reduzir perdas por gotejamento e, mesmo, como forma de economia de espaço nas câmaras frias.

NEWSOME *et al.* (1985) não encontraram diferença significativa na cor de contrafilés maturados convencionalmente quando comparados a cortes maturados em embalagem à vácuo, ambos tratados a uma temperatura de 4°C por vários períodos. Nos cortes embalados à vácuo houve uma diferença entre 7 e 21 dias de maturação de 7,1 para 8,6 (valor de reflectância da luz ou RD), de 18,2 para 22,5 (valor a* de Hunter) e de 6,7 para 7,1 (valor b* de Hunter). No caso dos cortes maturados convencionalmente as diferenças foram de 7,5 para 8,2 (L de Hunter), de 18,5 para 18,2 (valor b* de Hunter) e de 6,3 para 6,0 (b* de Hunter).

Em outro trabalho de pesquisa, entretanto, a mesma equipe de pesquisadores encontrou diferenças significativas na composição da microflora entre contrafilés maturados embalados à vácuo (1, 3 e 5 semanas) e maturados convencionalmente (1, 2 e 3 semanas), ambos os tratamentos realizados a 4°C de temperatura. As peças embaladas à vácuo tiveram percentagens menores de *Pseudomonas* após 1 e 3 semanas de maturação, enquanto que as contagens de lactobacilos, coliformes, anaeróbios e estreptococos foram mais baixas nas peças maturadas convencionalmente após 3 semanas. Após uma semana de maturação as

contagens observadas em ambos os métodos foram similares. Os autores concluíram adicionalmente, que as enterobactérias tendem ser predominantes nos cortes embalados à vácuo por longos períodos, constituindo cerca de 34% da microbiota destas peças após 5 semanas de maturação (NEWSOME *et al.*, 1984a; NEWSOME *et al.*, 1984b).

NORTJÉ & SHAW (1989) pesquisaram a armazenagem de carnes previamente maturadas na nória por 1 semana/1°C ou embaladas à vácuo por 1 e 3 semanas/1°C ou sob atmosfera modificada, 25% de CO₂ e 75% de O₂, nas temperaturas de 1 e 6°C. Os autores demonstraram que a carne (*L. dorsi*) previamente maturada durante 3 semanas apresentou descoloração e desenvolvimento de odores indesejáveis, nas temperaturas de 1 e 6°C, mais rapidamente do que a carne que havia sido maturada por somente 1 semana. A rancidez mostrou-se somente nas amostras previamente maturadas por 3 semanas e armazenadas sob atmosfera modificada a 6°C. Comparando os diferentes tipos de maturação com o binômio 1 semana à temperatura de 6°C os autores observaram que, nos casos de maturação na nória, a principal espécie isolada nas contagens de aeróbios e anaeróbios foi a *Brochotrix thermosphacta* (50% de incidência). Nos casos da maturação em embalagem à vácuo a principal espécie isolada nas contagens aeróbias foi também a *Brochotrix thermosphacta* (50% de incidência) e nas contagens anaeróbias a espécie predominante foi a *Leuconostoc spp.* (90% de incidência).

Apesar das vantagens mencionadas, alguns problemas podem advir do uso das embalagens à vácuo para a maturação de carnes; devido à ausência de oxigênio no interior da embalagem não é possível a formação do pigmento vermelho-cereja oximioglobina desejado pelos consumidores quando da aquisição de carne bovina *in natura*, o que pode se tornar um entrave para a comercialização da carne maturada. Este problema pode ser

resolvido pela simples exposição ao ar durante um período de tempo previamente determinado das peças antes da sua apresentação para o consumidor, prática que permite a recuperação da cor desejável no produto.

BOAKYE & MITTAL (1993a) demonstraram que o tempo de maturação da carne (*L. dorsi*), à temperatura de 2°C, influencia significativamente o seu pH bem como a perda de peso no cozimento. Os valores de pH variaram de 5,40 (2 dias de maturação) para 5,44 (8 dias de maturação) elevando-se para 5,53 após 16 dias de maturação. A perda de peso no cozimento da amostra controle foi de 26,5%, elevando-se para 28,9% após 16 dias de maturação. No mesmo trabalho os pesquisadores observaram que a umidade, obtida através do exercício da pressão física sobre a amostra de carne, possui uma correlação positiva com o pH e a perda de peso no cozimento (houve uma elevação neste valor de 54,7%, mensurado na amostra controle, para 56,3% na amostra maturada por 16 dias). Por outro lado não foi observada diferença significativa na perda de peso no cozimento de amostras maturadas sem embalagem ou embaladas à vácuo (27,5% e 27,6%, respectivamente).

Apesar do uso difundido da maturação de carne bovina em embalagens à vácuo, uma grande variedade de combinações tempo/temperatura vem sendo utilizada neste processo; BOAKYE & MITTAL (1993b) citam alguns destes valores encontrados na literatura:

- 7-9 dias à 0°C de temperatura;
- 3-6 dias à 4 °C de temperatura;
- 14 dias à 2-4°C de temperatura;
- 7 dias à 1°C de temperatura;
- 4-5 dias à 2°C de temperatura;

MINKS & STRINGER (1972) estudaram a maturação de carnes (contrafilé e costela) embaladas à vácuo sob as temperaturas de 0°C e

4,5°C durante os tempos de 7 e 15 dias; o experimento mostrou que à temperatura de 4,5°C houve uma melhoria significativa na maciez medida instrumental e sensorialmente e um aumento nas contagens bacterianas quando feita a comparação com a temperatura de 0°C. A força de cisalhamento, em libras, baixou de 6,36 nas amostras maturadas à 0°C para 5,96 nas amostras maturadas a 4,5°C; sensorialmente o painel conferiu 4,64 pontos para as amostras maturadas à 0°C e 5,00 para as amostras maturadas a 4,5°C em uma escala de 1 (extremamente indesejável) a 6 (extremamente macia). Não houve diferenças na suculência e no sabor/aroma da carne entre as duas temperaturas.

No que se refere ao tempo, a maturação por 15 dias melhorou significativamente a maciez medida instrumental e sensorialmente em comparação com o tratamento realizado por 7 dias. Os valores de força de cisalhamento (libras) e a pontuação do painel de análise sensorial foram, respectivamente, de 6,65 e 4,56 para as amostras maturadas por 7 dias e de 5,66 e 5,08 para as amostras maturadas por 15 dias. Apesar da suculência e do sabor da carne não terem sido afetados pelo tempo de maturação, houve um aumento significativo das contagens microbianas em valor logarítmico (de 7,7299 para 8,9395) e da perda de peso (de 1,76% para 3,20%) nas amostras de 7 para 15 dias de armazenagem (MINKS & STRINGER, 1972).

PIERSON & FOX (1976) pesquisaram a maturação de costelas bovinas sob as temperaturas de 3°C e 20°C durante diversos períodos; os autores demonstraram que a carne maturada a 20°C por 3 ou 5 dias se apresentou mais macia do que aquela maturada durante os mesmos períodos à temperatura de 3°C. Os autores concluíram adicionalmente que não houve diferenças na maciez quando comparados os tratamentos de maturação por 7 dias a 20°C e 21 dias a 3°C de temperatura. Evidentemente o uso de

temperaturas como a de 20°C, utilizada no trabalho supracitado é indesejável por ser de alto risco para o desenvolvimento dos microorganismos patogênicos que são predominantemente mesófilos.

PUGA (1998) realizou a maturação de amostras do músculo Triceps brachii por 14 e 21 dias, em uma faixa de temperatura de 0-2°C, e encontrou para a força de cisalhamento os valores de 3,00 Kgf/g e 3,43 Kgf/g, respectivamente, sendo a força de cisalhamento da amostra controle de 5,62Kgf/g.

JENNINGS *et al.*(1978) compararam a maturação de cortes embalados à vácuo (*L. dorsi*) a uma temperatura de 2°C por 10 e 20 dias. Os resultados mostraram uma maior maciez na carne após 20 dias de maturação. A força de cisalhamento em Kg diminuiu de 2,8 (10 dias de maturação) para 2,5 (20 dias de maturação) e a maciez avaliada sensorialmente em uma escala de 8 pontos subiu de 5,6 para 5,8; a suculência avaliada sensorialmente também utilizando uma escala de 8 pontos decresceu de 5,3 (10 dias) para 5,1 (20 dias). A maturação das amostras por 20 dias, entretanto, esteve sempre associada a um maior índice de odores indesejáveis, extensa descoloração da gordura de cobertura e aumento nas contagens microbianas quando comparada às amostras maturadas por 10 dias.

POWELL *et al.* (1996) demonstraram através de avaliação instrumental da coloração que carnes pré-maturadas e depois expostas ao consumidor sofriam uma modificação mais rápida na sua coloração se maturadas por 33 dias a 0°C do que se maturadas por 5 dias a 0°C.

LANARI *et al.*(1987) também citam uma série de diferentes combinações utilizadas por diversos pesquisadores, sendo que, em seu estudo, encontraram como binômios ideais para a maturação da carne bovina (*M. semitendinosus*) em baixas temperaturas os períodos de 7 a 9 dias/0°C ou 3 a 6 dias/4°C, tomando como referência para tanto não somente o

desenvolvimento da maciez mas também a manutenção das contagens totais de microrganismos em valores em torno de 10^5 UFC/cm². Estes resultados estão de acordo com aqueles reportados por KATSARAS *et al.* (1984).

MITCHELL *et al.* (1991) julgam desnecessária uma elevação no tempo de maturação da carne para além de 10 dias, quando esta permanece armazenada a uma temperatura de 0-1°C. Neste experimento o pico de força de cisalhamento (Kg) de amostras do músculo *Longissimus dorsi* diminuiu de 4,4 (3 dias de maturação) para 3,2 após 10 dias de maturação permanecendo inalterado até 21 dias de estocagem. Da mesma forma a maciez avaliada sensorialmente em uma escala de 1 (extremamente dura) a 8 (extremamente macia) mostrou uma evolução de 5,1 (3dias) para 6,1 (10dias) e aumentou somente para 6,4 após 21 dias de armazenamento. Não houve influência significativa do tempo de maturação sobre a suculência ou sobre o sabor avaliados sensorialmente assim como sobre a perda de peso no cozimento ou ainda sobre o valor L* de Hunter. A perda de peso no degelo foi de 1,5% com 3 dias de maturação sendo observado um pico de 2,6% após 10 dias de maturação e retornando a níveis mais baixos (0,8%) após 21 dias de armazenagem. Os valores a* e b* de Hunter também sofreram picos de leitura no dia 10 de maturação das amostras do *L. dorsi* (19,7; 21,7; 21,2 e 8,4; 9,9; 9,6, respectivamente).

JONES *et al.* (1991), entretanto, mencionam que a frequência de rejeição sensorial (maciez e sabor) baixa de 38,8% após 4 dias de maturação para 24% após 11 dias de maturação a 0-1°C.

Apesar do uso de temperaturas mais altas interessar de certa forma a indústria e o comércio, uma vez que esta condição acelera as taxas de reação enzimática e conseqüentemente a maturação, o desenvolvimento de microorganismos e a deterioração da carne se apresentam como fatores limitantes. PASSOS (1991) realizou um amplo trabalho pesquisando a

microbiota patogênica e deterioradora de carnes embaladas à vácuo e armazenadas por até 60 dias sob uma temperatura de 0-2°C. A pesquisadora concluiu que apesar das populações microbionas deterioradoras não terem atingido níveis maiores ou iguais a 7 log UFC/cm² e terem apresentado um bom perfil microbiano a vida de prateleira do produto foi limitada pela alteração de odor, percebida a partir dos 44 dias de armazenamento.

3.3. A Estimulação Elétrica

WHEELER *et al.* (1990) sugerem o uso de estimulação elétrica como uma forma de potencializar o processo de maturação a baixas temperaturas. De fato, POWELL (1991), estudando a influência da estimulação elétrica e da maturação sobre a qualidade da carne bovina demonstrou que a força cisalhamento observada 24 horas *postmortem* em músculos (*L. dorsi*) estimulados eletricamente teve pico de força de cisalhamento de 6,9 Kg e maciez avaliada sensorialmente de 13,19 equivalente àquela obtida com músculos não estimulados somente após três semanas de maturação que apresentaram pico de força de cisalhamento de 7,8 Kg e maciez avaliada sensorialmente de 12,43. Nesse experimento a maturação dos cortes oriundos de carcaças estimuladas resultou numa pequena, mas significativa, melhoria na maciez da carne com pico de força de cisalhamento passando de 6,9 Kg para 4,9 Kg. Estes dados estão de acordo com aqueles reportados por SHORTHORSE (1996) que observou que amostras de contrafilé oriundas de carcaças estimuladas eletricamente e não maturadas possuíam pico de força de cisalhamento de 4,6 Kg, valor equivalente ao obtido com amostras oriundas de carcaças não estimuladas e maturadas por 21 dias a 1°C (4,5 Kg).

PETROVIC *et al.* (1995) estudaram os músculos *Semimembranosus*, *Longissimus dorsi* e *Biceps femoris* e concluíram que carnes cujas carcaças foram submetidas a estimulação elétrica atingiram as suas melhores características de qualidade entre 8 e 21 dias de maturação enquanto que carcaças não estimuladas atingiram características equivalentes somente após 42 dias de armazenagem. Evidentemente tempos tão extensos como 42 dias são inviáveis para a aplicação industrial do processo de maturação.

GARIEPY *et al.* (1992) em experimento utilizando amostras do músculo *Longissimus dorsi* demonstraram que a combinação da estimulação elétrica com uma maturação por somente 48 horas resultou em um produto final com características similares de maciez e sabor àquele que não foi estimulado e maturado por um período de 6 dias. PUGA (1998), realizando um experimento com amostras de *Triceps brachii*, concluiu que os efeitos na melhoria da qualidade da textura da carne estimulada foram semelhantes ao da carne maturada por 14 dias, baseando-se em dados obtidos em análise sensorial e de força de cisalhamento.

BIDNER *et al.* (1985) também observaram uma melhoria significativa na maciez avaliada sensorialmente de 5,3 para 5,9 (em uma escala de 8 pontos) e instrumentalmente (de 4,3 para 3,5 Kg) de cortes de contrafilé embalados à vácuo e maturados por 21 dias a uma temperatura que girou em torno de 1-2°C. A maciez, entretanto, foi potencializada quando houve a combinação da maturação com estimulação elétrica (500V, 60 Hz, 2 min.).

DAE GOM KIM *et al.* (1998) encontraram resultados similares utilizando a maturação em conjunto com a aplicação de estimulação elétrica (500 V, 90 seg.) e resfriamento lento em carcaças resultando em uma queda mais rápida do pH da carne (5,54 após 2 horas).

Outros pesquisadores reportam também o caráter aditivo e potencializador da estimulação elétrica em relação à maturação para a melhoria da maciez na carne bovina *in natura*, citando ainda vantagens

adicionais no uso da estimulação como a melhoria na cor do produto e diminuição na incidência do anel de calor (SAVELL *et al.*, 1978; MARTIN *et al.*, 1983).

PIKE *et al.* (1993) realizaram um estudo utilizando estimulação elétrica de baixa voltagem em diferentes etapas da operação do abate (75 V/1min após a divisão das meias-carcaças; 75V/1min durante ou logo após a sangria; 20-40V/1min durante a sangria). Todos os diferentes métodos potencializaram o desenvolvimento da maciez na carne (*M. longissimus thoracis et lumborum*) sendo o mais eficiente a utilização de 75 V/1min após a divisão das meias-carcaças que resultou num pico de força de cisalhamento de 3,73 Kg contra 5,04 Kg da amostra controle considerando 2 dias de maturação a 2°C. Após 16 dias de maturação a 2°C a amostra controle não estimulada apresentou um pico de força de cisalhamento de 3,05 Kg enquanto que a utilização combinada da estimulação elétrica logo após a divisão das meias-carcaças reduziu este valor para 2,61 Kg.

TAYLOR & CORNELL (1985) conduziram um experimento amplo utilizando amostras do músculo *Longissimus dorsi* de animais de raças, idades e condições corporais das mais diversas, e compararam a utilização da estimulação elétrica, da maturação por 28 dias a 1°C e da combinação de ambos os métodos com relação ao amaciamento da carne. Os autores concluíram que os três métodos foram eficazes no desenvolvimento da maciez da carne quando comparados a amostras controle que não sofreram tratamento algum e possuíam um valor de força de cisalhamento de 7,94 e uma pontuação conferida por um painel de análise sensorial em uma escala de 0 (extremamente dura) a 10 (extremamente macia) de 3,85. Adicionalmente o estudo demonstrou que a combinação da maturação com a estimulação elétrica (força de cisalhamento de 4,03 e pontuação sensorial de 6,19) resulta em um produto final significativamente mais macio do que aquele obtido da carcaça que foi somente estimulada (força de

cisalhamento de 5,80 e pontuação sensorial de 5,13), não havendo entretanto diferença significativa entre o método combinado e a maturação pura e simples (força de cisalhamento de 5,38 e pontuação sensorial de 6,02).

BABIKER & LAWRIE (1982) pesquisaram o efeito da estimulação elétrica seguida de desossa a quente em músculos *Longissimus dorsi* maturados por 5, 7 e 10 horas em temperaturas de 30 e 40°C; observou-se um incremento significativo na maciez destes cortes quando comparados a amostras não estimuladas e submetidas a desossa convencional. As altas temperaturas de maturação, entretanto, foram significativamente associadas ao aparecimento de cor adversa, perda na capacidade de retenção de água e elevação nas contagens de microorganismos dos cortes. JEREMIAH *et al.* (1997) entretanto concluíram que a estimulação elétrica e a desossa a quente podem ser utilizadas como técnicas para aumentar a eficiência do processo de amaciamento da carne (*Longissimus thoracis* e *Semimembranosus*) sem que hajam efeitos negativos em relação às contagens microbianas e vida-de-prateleira do produto. POWELL *et al.* (1996) e LAACK & SMULDERS (1990) concluíram que a estimulação elétrica possui pouca influência sobre a aceitação da carne bovina pelo consumidor durante a sua exposição para venda, principalmente no que diz respeito à estabilidade de cor do produto.

3.4. A Bioquímica da Maturação

Diversos pesquisadores atribuem as alterações que ocorrem no processo de maturação da carne basicamente ao resultado da ação de enzimas existentes no próprio tecido muscular, havendo, portanto, pouca ou nenhuma influência de outros fatores (PARRISH JR, 1977; LANARI *et al.*, 1987; KOOHMARAIE, 1988; DRANSFIELD, 1992). Alguns autores

entretanto discordam deste ponto de vista atribuindo o desenvolvimento da maciez, além da proteólise endógena, a fatores como a proteólise bacteriana, queda de pH pré e pós rigor-mortis, mudança no perfil iônico do tecido muscular, redistribuição de cargas nas moléculas protéicas (alterando, assim, a hidratação das mesmas) e alteração do potencial redox do meio (DAVEY & GILBERT, 1968; ASHGAR & YEATES 1978). O próprio KOOHMARAIE (1988) comenta que HATTORI & TAKAHASHI (1979,1982) e TAKAHASHI (1987) documentaram o caráter não enzimático das alterações bioquímicas *postmortem* inerentes ao processo de maturação e considera uma provável importância (embora pequena) deste tipo de reação como contribuinte no desenvolvimento das características de maciez da carne na estocagem *postmortem*.

No passado, muita atenção foi dispendida em direção ao constituinte protéico do tecido conjuntivo presente na carne. Acreditava-se que o processo de amaciamento estava intimamente correlacionado com a quebra do colágeno (ASHGAR & YEATES, 1978). Entretanto estudos baseados em microscopia eletrônica, focalizando uma maior atenção à estrutura miofibrilar da carne, demonstraram que é neste ponto que se processam as principais alterações observadas durante o processo de maturação (FIFTY YEARS ..., 1981). DAVEY & GILBERT (1968; 1969), já na década de 60, afirmaram que mudanças bioquímicas significativas e consistentes foram observadas somente nos componentes miofibrilares da carne, o que era um sinal de que o processo de maturação estava correlacionado a alterações básicas nestas estruturas. PIERSON & FOX (1976) e LOCKER *et al.* (1977) também realizaram trabalhos que reafirmam a importância do componente miofibrilar, em detrimento do tecido conjuntivo, no desenvolvimento da maciez durante a maturação

LOCKER (1982) traça um bom paralelo entre a importância dos constituintes conectivo e miofibrilar da musculatura como agentes

responsáveis pelo grau de maciez ou dureza de um corte cárneo, mencionando o papel da maturação sobre estes dois constituintes. O autor comenta que num corte proveniente de um músculo muito exigido durante a vida do animal (em geral, carne de dianteiro) ou originado de um animal mais velho é o tecido conjuntivo o principal responsável pela dureza da carne. Essa contribuição é pouco afetada pela maturação por longos períodos podendo entretanto ser excluída através do cozimento da carne. Por outro lado a dureza como consequência do constituinte miofibrilar pode estar presente mesmo na carne de cortes em geral mais macios, como aqueles do traseiro, se esta for submetida a um manejo inadequado; este problema, entretanto, pode ser minimizado evitando-se o encurtamento miofibrilar excessivo e virtualmente eliminado através da maturação do corte, sendo o cozimento ineficaz neste caso. DAVEY (1983) fornece informações semelhantes em seu trabalho de revisão.

Diversos autores mencionam, há algumas décadas, as mudanças estruturais observadas no plano miofibrilar da carne durante o processo de maturação, principalmente na área referente ao disco Z (PARRISH JR., 1969; BOUTON & HARRIS, 1972; KOOHMARAIE, 1988). DAVEY & GILBERT (1968) estudaram os efeitos da maturação da carne sobre a estrutura miofibrilar da carne e observaram um aumento na extração da actina e de uma proteína “extra” que não havia sido identificada até o momento, concluindo que o processo de maturação pode ser descrito como uma perda de tensão do componente miofibrilar da célula muscular que ocorre por uma desintegração do disco Z. Em outro trabalho os mesmos autores constataram que as alterações mais notáveis observadas durante o processo de maturação eram o desaparecimento dos discos Z e um enfraquecimento nas ligações laterais intermiofibrilares (DAVEY & GILBERT, 1969). Tais observações estão de acordo com aquelas reportadas por diversos autores (PARRISH JR., 1977; ASHGAR & YEATES,

1978; KATSARAS *et al.*, 1984). YOUNG *et al.* (1980) conduziram um trabalho que teve por objetivo avaliar, em primeira instância, as transformações ocorridas nas proteínas citoesqueléticas (e outras proteínas musculares) durante a maturação e a relação disto com as modificações estruturais observadas. A desmina, dada a sua estreita associação com o disco Z, foi o principal alvo deste estudo. Os autores concluíram que a perda da desmina durante o processo de maturação, associada à sua localização (uma rede de colares proteináceos ao redor dos discos Z), são indícios que sugerem a desintegração das fibras musculares em miofibrilas individualizadas quando submetidas à homogeneização. Entretanto os autores foram cautelosos ao sugerir uma provável relação entre a perda de desmina e a tendência que as miofibrilas oriundas de carne maturada tem de se fragmentar na junção Z-I. De fato, ROBSON & HUIATT (1983) revisando o papel das proteínas citoesqueléticas do músculo, atribuem à desmina um importante papel estrutural na conexão das miofibrilas, mantendo a integridade e a organização da célula muscular esquelética como um todo. Destacam a localização dessa proteína em torno dos discos Z e que a sua degradação no *postmortem* pode ser responsável por uma perda na integridade da célula, especialmente no plano transversal (ligações cruzadas), resultando em uma melhoria na maciez e na qualidade da carne. DAVEY (1983) em seu trabalho de revisão atesta a importância da desmina na manutenção da estrutura miofibrilar e a sua relação com o disco Z, bem como evidências que sugerem a sua degradação (ou enfraquecimento) durante o processo de maturação da carne bovina.

Além das mudanças observadas no disco Z, a maturação da carne se caracteriza por uma série de outras modificações observadas no plano microestrutural. KOOHMARAIE (1994) comenta as principais alterações ocorridas no músculo esquelético que resultam numa perda de integridade

estrutural deste tecido e conseqüentemente numa melhora na maciez da carne; estas mudanças incluem:

- Enfraquecimento e/ou degradação do disco Z;
- Degradação da desmina;
- Degradação da titina;
- Degradação da nebulina;
- Desaparecimento da troponina T e aparecimento simultâneo de polipeptídeos com peso molecular entre 28-32 kDa;
- Aparecimento de um polipeptídeo com 95 kDa de peso molecular;
- As proteínas contráteis mais abundantes do tecido muscular, ou seja a actina e a miosina não são afetadas durante o processo de maturação da carne.

O mesmo autor especula que sejam o enfraquecimento e/ou degradação do disco Z, a degradação da desmina e provavelmente a degradação da titina os principais fatores responsáveis pelo aumento na fragilidade das miofibrilas durante a estocagem *postmortem*. Apesar dos demais fatores serem bons indicadores da extensão do grau de proteólise desenvolvido durante a maturação da carne, pouco se sabe a respeito do efeito real que estas mudanças exercem sobre as características de maciez deste produto.

HEINZE & BRUGGEMANN (1994) concluíram em seu estudo que, de fato, a degradação da troponina T e o aparecimento de uma banda de 30 kDa na eletroforese em gel de poliácridamida estão diretamente relacionados com o processo de estocagem da carne no *postmortem*; entretanto os autores não encontraram uma relação direta entre este fenômeno e o desenvolvimento de maciez no produto final. Outros pesquisadores encontraram resultados similares em seus experimentos (PARRISH JR. *et al.*, 1969; FIELD *et al.*, 1971).

ROBSON & HUIATT (1983) revisaram o papel das proteínas citoesqueléticas titina e nebulina no músculo.

A titina (também chamada de conectina) aparece como a proteína de maior insolubilidade e maior peso molecular presente na musculatura cardíaca e esquelética de vertebrados e invertebrados, contribuindo com cerca de 10% do total de proteínas miofibrilares sendo de extrema importância para a manutenção estrutural das miofibrilas e das células musculares.

O modelo proposto por LOCKER *et al.* (1977) para os filamentos G ou “gap filaments”, descartado por certos pesquisadores e ainda questionado, criou um novo interesse na comunidade científica com a descoberta da titina; este modelo propõe que os referidos filamentos surgiriam da região central da banda A (formada pelos filamentos grossos) emergindo na direção de uma das porções terminais desta banda, passando entre os filamentos finos da banda I e, através do disco Z, penetrando entre os filamentos finos do sarcômero adjacente terminando finalmente na região central dos filamentos grossos deste novo sarcômero. Em resumo, os “gap filaments” ligariam a metade dos filamentos grossos presentes em uma banda A aos filamentos grossos presentes no sarcômero localizado em um de seus lados, sendo que a outra metade se ligaria ao sarcômero do outro lado. Tanto a titina quanto os “gap filaments” são degradados no *postmortem*. O papel da titina como agente mantenedor da estrutura das miofibrilas leva a crer que a sua degradação está diretamente relacionada com uma perda de integridade da célula muscular e conseqüentemente com um aumento na maciez e na qualidade da carne (LOCKER *et al.*, 1977; LOCKER, 1982; ROBSON & HUIATT, 1983; BEEKMAN, 1990). LOCKER (1982) afirma, adicionalmente, que os “gap-filaments” são estáveis mesmo após tratamentos térmicos prolongados (100°C/4horas) determinando a dureza de cortes nos quais até as fibras de colágeno se desestruturaram.

DAVEY (1983) em trabalho de revisão comenta sobre a importância da conectina na formação dos filamentos G.

A nebulina é também uma proteína de elevado peso molecular e altamente insolúvel, encontrada nas musculaturas cardíaca e esquelética de vertebrados e invertebrados. Apesar da função exata da nebulina ser ainda um mistério, a localização destes filamentos sugere que eles estejam presentes na linha N₂, funcionando como agentes de manutenção da geometria dos filamentos finos, ou ainda, interagindo com os supostos “gap filaments”, constituídos de titina (ROBSON & HUIATT, 1983).

YOUNG *et al.* (1980), utilizando eletroforese em gel de poliacrilamida SDS, encontraram modificações em diversas bandas protéicas com peso molecular inferior a 43 kDa, destacando a complexidade que envolve o processo de maturação. HEINZE & BRUGGEMANN (1994), documentando as mudanças microestruturais decorrentes do processo de maturação da carne, comentam o desaparecimento da troponina I (com a concomitante elevação em uma banda protéica na faixa dos 22 kDa), a degradação da troponina T e o aparecimento de produtos na faixa compreendida entre 27-33. kDa. MACBRIDE & PARRISH JR. (1977) compararam carnes previamente classificadas como macias ou duras e analisaram diversos aspectos bioquímicos nestas amostras. Os autores somente encontraram como diferencial a presença de um componente de 30 Kda e associaram a este a maciez da carne e uma maior fragmentação das miofibrilas. PARRISH JR. (1977) comenta adicionalmente alguns aspectos relativos ao componente de 30 KDa e a sua relação com o desenvolvimento da maciez no processo de maturação da carne bovina *in natura*. DAVEY (1983) e CHIUNG YING HO *et al.* (1997) também chegaram a resultados similares em seus experimentos.

Com referência às modificações microestruturais observadas no processo de estimulação elétrica, CHIUNG YING HO *et al.* (1997) concluíram que

este tratamento não possui influência detectável sobre a degradação da titina, nebulina, desmina ou troponina T mas acelera o aparecimento e aumenta a frequência de três tipos de fratura na banda I. Por outro lado, SOARES & AREAS (1995) em pesquisa realizada com búfalos no Brasil, observaram a degradação da troponina T após 6 dias de maturação da carne oriunda de carcaças não estimuladas eletricamente, efeito este observado após 3 dias no caso das carcaças estimuladas, o que reafirma o efeito potencializador da estimulação elétrica sobre a maturação da carne *in natura*. UYTTERHAEGEN *et al.*(1992) e MIKAMI *et al.* (1990) também concluíram que a estimulação elétrica de carcaças aumenta o grau de degradação da troponina T e a consequente taxa de formação de peptídeos com peso molecular entre 30-43 kDa. REDDY *et al.*(1991) entretanto afirmam que o efeito da estimulação elétrica está provavelmente relacionado a uma segmentação do tecido conjuntivo, ou seja, o tratamento induziria alterações nas propriedades termo-estruturais do colágeno o que poderia resultar em uma redução no número e/ou força das ligações cruzadas entre estas moléculas.

3.5. A Ação das Proteases no Processo de Maturação

A ação das proteases sobre as proteínas miofibrilares da carne deve estar primariamente vinculada a três fatores: (1) Estas enzimas devem estar localizadas no interior da célula muscular esquelética; (2) Deve existir acesso das enzimas a seus substratos protéicos (miofibrilas); (3) As proteases devem degradar as mesmas proteínas que são degradadas durante o processo de maturação da carne. Os principais sistemas proteolíticos que possuem potencial para induzir as mudanças observadas no *postmortem* incluem as catepsinas lisossômicas, o complexo de

proteases multicatalíticas (MCP) e as calpaínas (KOOHMARAIE, 1988; KOOHMARAIE, 1994).

As catepsinas incluem uma série de enzimas que podem ser encontradas em todos os tipos de células de mamíferos, à exceção das hemácias. e pelo menos 7 parecem estar presentes nas células musculares esqueléticas (KOOHMARAIE, 1988). Estas enzimas possuem o pH ácido como o ótimo para a sua ação (CALKINS & SEIDEMAN, 1988; KOOHMARAIE, 1988). ASGHAR & YEATES (1978) revisaram o papel das catepsinas no processo de maturação da carne e encontraram resultados conflitantes entre diversos pesquisadores sobre qual seria a importância deste complexo enzimático na degradação microestrutural da musculatura esquelética. MARSH *et al.* (1988), apesar de questionar o papel das catepsinas no processo de amaciamento da carne, não descartaram a possibilidade da ação destas enzimas em longos períodos de estocagem. CALKINS & SEIDEMAN (1988), entretanto, destacam a importância das catepsinas em relação ao desenvolvimento de maciez em carnes maturadas. KOOHMARAIE (1994), porém, comenta diversas evidências sugerindo que o papel das catepsinas e do MCP nas transformações observadas durante a proteólise miofibrilar é limitado. Dentre elas podem-se citar:

a) a estocagem *postmortem* não exerce efeito direto sobre a actina e a miosina; no entanto são estas proteínas miofibrilares o substrato primário de ação das catepsinas;

b) não existem evidências científicas que comprovem que as catepsinas são liberadas do interior dos lisossomas durante a maturação da carne; este passo seria indispensável para ação destas enzimas sobre o seu substrato protéico;

c) experimentos conduzidos em laboratório indicam que as miofibrilas constituem um substrato muito pobre para a ação do MCP e que este complexo degrada somente frações da molécula de miosina, além da troponina C;

Adicionalmente, MARSH et al (1987) põem em questão o papel das enzimas lisossomais no amaciamento induzido pela estimulação elétrica.

Em contraste, diversos experimentos sugerem que são as calpaínas as principais responsáveis pela proteólise *postmortem* que resulta no amaciamento da carne. As calpaínas são proteases cálcio-dependentes presentes no citosol de todas as células e tecidos de mamíferos aonde foi pesquisada e são classificadas de acordo com a sequência de eluição em coluna de DEAE-celulose em CDP-I e CDP-II, sendo que, fundamentalmente, a CDP-I requer uma concentração bem menor de cálcio para a sua ativação do que a CDP-II (KOOHMARAIE, 1988).

DAVEY & GILBERT (1969), em seu trabalho pioneiro, demonstraram que a utilização de EDTA (um agente quelante de íons divalentes) em miofibrilas submetidas ao processo de maturação impedia que as principais mudanças observáveis no plano microestrutural ocorressem (enfraquecimento das ligações intermiofibrilares e desaparecimento dos discos Z). Os pesquisadores atribuíram ao Ca^{2+} liberado pelo retículo sarcoplasmático no *postmortem* uma possível responsabilidade pelas transformações observadas durante o processo de maturação da carne.

JOSEPH (1971) também cita a liberação do cálcio como um provável mecanismo de “gatilho” para o início das reações de degradação miofibrilar. LOCKER et al. (1977) utilizando meios com a presença de Ca^{2+} e EDTA demonstraram a ação destrutiva das calpaínas sobre os discos Z e os “gap filaments”, degradação esta que se torna mais evidente após o cozimento da carne. PARRISH JR. (1977) comenta a importância fundamental de um

fator cálcio-ativado como protease endógena no processo natural de ruptura da microestrutura muscular.

ROBSON & HUIATT (1983) chamam a atenção para o fato de que as principais proteínas citoesqueléticas (desmina, titina e nebulina) são susceptíveis ao ataque de proteases, inclusive as calpaínas, e que as três são destruídas no *postmortem*.

KATSARAS *et al.* (1984) e CALKINS & SEIDEMAN (1988) não descartam a importância das calpaínas, mas atribuem a estas um papel parcial no processo de maturação; a ação destas enzimas simplesmente antecederia a ação das catepsinas, as quais seriam liberadas dos lisossomos quando o pH da carne atingisse valores inferiores a 5,5.

KOOHMARAIE (1988) concluiu, através da observação e realização de diversos experimentos, que as enzimas lisossômicas representam um papel muito pequeno no processo de amaciamento da carne maturada sob refrigeração. Por outro lado atribui estas transformações a agentes cuja ação é mediada pela presença do cálcio, dentre os quais os únicos até então conhecidos são as calpaínas.

MARSH (1983) descarta a possibilidade do processo de maturação da carne se iniciar somente após o estabelecimento do rigor mortis, a baixos valores de pH. Tomando como base diversas evidências científicas, o autor comenta a existência de importantes mecanismos proteolíticos tomando parte logo após a morte dos animais de abate, dentre eles a presença das calpaínas.

DRANSFIELD (1992) destaca que a fase inicial de ação das calpaínas (cerca de 24 horas *postmortem*) é a principal responsável pelo desenvolvimento das características de maciez da carne (50% do amaciamento, sendo o restante do processo de maturação responsável pelos outros 50%). O trabalho de UYTTERHAEGEN *et al.*(1992) está de acordo com estas observações.

KOOHMARAIE (1994) confirma ainda a existência de outras evidências que descartam a participação das catepsinas e do complexo MCP no processo de maturação da carne, sugerindo que, dentre as proteases provavelmente envolvidas neste processo as calpaínas se apresentam como o sistema enzimático mais propenso a realizar as alterações que se desenvolvem e resultam no amaciamento deste produto. O mesmo autor comenta a maior importância da atividade calpaínica sobre os demais sistemas enzimáticos citados:

→ As calpaínas possuem um requerimento absoluto por cálcio, estando este mineral intimamente ligado à atividade destas enzimas;

→ O cálcio não exerce efeito sobre a atividade do MCP;

→ O cálcio não age como um estimulante da atividade das catepsinas; pelo contrário, a concentrações equivalentes a 10mM, inibe a atividade da catepsina C em cerca de 39%;

→ Dentre os três sistemas enzimáticos citados, somente as calpaínas reproduzem perfeitamente *in vitro* as mudanças observadas durante a estocagem *postmortem* da carne;

→ Dentre os três sistemas enzimáticos citados as calpaínas e o MCP estão localizados no citosol, mas as catepsinas se encontram nos lisossomas; enquanto que a localização precisa do MCP em relação às miofibrilas ainda permanece uma incógnita, sabe-se que as calpaínas estão primariamente localizadas no disco Z, o qual parece ser um dos principais sítios de clivagem durante o processo de maturação da carne bovina *in natura*;

3.6. Fatores que Influenciam o Processo de Maturação

Diversos fatores podem afetar as características de maciez dos cortes cárneos e, conseqüentemente, a maturação dos mesmos.

O uso de raças zebuínas (*Bos indicus*) como animais produtores de carne é largamente difundido nos países de clima tropical e semi-tropical; além disto, tais espécies começam a ganhar uma importância considerável ao redor do mundo, no que se refere aos cruzamentos industriais com as raças européias (*Bos taurus*) (KOOHMARAIE et al, 1990). No entanto, segundo diversos autores, quanto maior o grau de sangue zebu em um animal menor será o grau de maciez da carne dele originada e/ou maior será a variabilidade nesta maciez (KOOHMARAIE et al., 1990; WHEELER et al., 1990,1991, DRANSFIELD, 1992).

WHEELER et al. (1990) conduzindo um experimento com animais Brahman (*Bos indicus* puros), Hereford (*Bos taurus* puros) e produtos do cruzamentos entre ambos concluíram que nem mesmo a combinação de estimulação elétrica com um processo convencional de maturação para amostras de contrafilés foi suficiente para assegurar a obtenção de uma carne com maciez desejável no caso dos zebuínos. Neste caso, após 14 dias de maturação, 90% das amostras oriundas de carcaças de Hereford estimuladas eletricamente possuíam uma força de cisalhamento inferior a 3,5 Kg, enquanto que 0% das amostras originados das carcaças de Brahman estimuladas se encontravam nesta faixa.

Em outro experimento, WULF et al. (1997) concluíram em análise de amostras do músculo *Longissimus dorsi* que o gado *B. taurus* possui uma carne mais macia que o *B. indicus* tanto em painéis de análise sensorial quanto em medidas de força de cisalhamento. WHIPPLE et al. (1990) citado por HEINZE & BRUGGEMANN (1994) atribuem esta diferença à presença nas raças zebuínas de genótipos que expressam níveis mais altos de inibição da atividade calpaínica do que os genótipos das raças taurinas; esta idéia fornece mais um grande suporte à idéia de que as calpaínas são enzimas fundamentais no processo de maturação da carne bovina.

JOHNSON *et al.* (1990) obtiveram dados compatíveis com esta teoria; em seu experimento foi demonstrado que a força de cisalhamento na célula de Warner-Bratzler aumenta e a maciez sensorial diminui com o aumento da porcentagem de sangue zebuino nos animais de corte: animais *Bos taurus* puros da raça Angus apresentaram uma força de cisalhamento média de 4,1 Kg enquanto que animais $\frac{1}{4}$ Angus e $\frac{3}{4}$ Brahman (*Bos indicus*) tiveram o valor médio de força de cisalhamento elevado para 5,2 Kg; resultados similares foram obtidos em painel de análise sensorial com escala de 8 pontos (6,1 para os animais Angus e 5,5 para os animais $\frac{1}{4}$ Angus e $\frac{3}{4}$ Brahman). Os autores afirmam que esta diferença em maciez não pode ser atribuída a efeitos de encurtamento pelo frio ou integridade do tecido conjuntivo; como a maturação por 10 dias a 0-2°C não diminui o diferencial entre as raças, os pesquisadores sugerem uma provável distinção natural na quantidade ou atividade do sistema proteolítico existente no tecido muscular.

DRANSFIELD (1992), entretanto, acredita que a maior tolerância ao calor, comum das raças zebuínas, seja o fator governante para uma atividade mais baixa das calpaínas nestas espécies.

A idade ao abate dos animais também exerce uma influência marcante sobre a maciez da carne bovina de consumo; assim, sabe-se que animais mais velhos possuem carne menos macia do que animais jovens, evidentemente se tal comparação for realizada em condições padronizadas (mesmo músculo, mesmo período *postmortem*, etc.). No entanto, animais extremamente novos (± 10 meses) possuem carne menos macia do que animais que atingiram a sua maturidade (± 22 meses) (JOSEPH, 1971; MORGAN *et al.*, 1991; HUFF & PARRISH, 1993). HUFF & PARRISH (1993) encontraram valores médios de força de cisalhamento (compressão) de 3,3 Kg/cm² para vacas (44 a 108 meses de idade) e de 2,5 Kg/cm² para novilhas (14 meses de idade).

SHORTHOSE & HARRIS (1990) citado por POWELL (1991) conduziram um estudo detalhado que analisou um grande número de animais quanto à idade, tipo de músculo e maciez da carne. Esta pesquisa mostrou que a idade dos animais exerce uma influência maior sobre alguns músculos do que sobre outros, o que está diretamente relacionado com o teor de colágeno que varia muito de um músculo para outro.

DAVEY & NIEDERER (1977) demonstraram que é na faixa de cozimento compreendida entre 70-100°C de temperatura que se processa primordialmente a quebra do colágeno muscular; os mesmos autores comentam ainda que numa temperatura em torno de 80°C são necessárias 4 horas para que seja obtido o amaciamento máximo do músculo *sternomandibularis* oriundo de um bovino jovem. No caso de um touro velho este tempo se eleva, passando para 15 horas.

BOUTON & HARRIS (1981) observaram que a força necessária para cisalhar um determinado músculo diminui quando este é aquecido a temperaturas entre 50-60°C. Uma vez que mesmo após uma longa maturação (7 semanas a 5-6°C) constata-se a persistência deste efeito, pronunciado no cozimento da carne de animais mais velhos, os pesquisadores concluíram que é muito improvável neste caso um aumento da atividade proteolítica endógena o que sugeriria uma maturação acelerada. O amaciamento observado entre 50-60°C estaria provavelmente associado a alterações no componente conjuntivo do músculo, cuja estado químico está diretamente relacionado com a idade dos animais de abate. De fato, com o avanço da idade do animal aumenta o número de enlaces intra e intermoleculares do tecido conjuntivo, razão pela qual a dureza da carne não depende apenas do seu conteúdo em colágeno, como também da idade do tecido (PARDI *et al.* 1995; SHORTHOSE, 1996). Uma vez que a maturação age fundamentalmente sobre o constituinte miofibrilar da carne, este processo tem pouco efeito sobre músculos com alto teor de

colágeno, o que é o caso em animais mais velhos ou em músculos extensivamente exigidos. Isto significa dizer que uma carne que é dura 1 dia *postmortem*, devido essencialmente a uma contribuição do tecido conjuntivo, não irá sofrer um amaciamento considerável após a sua maturação (LOCKER, 1982; SHORTHOSE, 1996).

FELÍCIO (1997) aponta como uma das desvantagens para a obtenção da carne de touros jovens os problemas de desenvolvimento da maciez durante a maturação e destaca a hipótese de uma influência marcante do componente miofibrilar da musculatura neste sentido. Os touros jovens teriam uma taxa de degradação da titina mais lenta do que a conversão observada em animais castrados. O mesmo autor menciona que os machos jovens inteiros são mais propensos ao desenvolvimento do fenômeno do encurtamento pelo frio por não possuírem um bom acabamento de carcaça (gordura de cobertura).

O músculo a ser maturado é também um fator importante a ser levado em consideração. HEINZE & BRUGGEMANN (1994) conduziram um estudo usando três espécies distintas de músculo: *M. psoas major* (filé mignon), *M. gluteus medius* (alcatra) e *Mm. longissimus thoracis et lumborum* (contrafilé). Os autores concluíram que o filé mignon possui um baixo potencial para a maturação se comparado ao contrafilé ou à alcatra: o índice de fragmentação miofibrilar (MFI) variou de cerca de 120 para 170 na alcatra e somente de aproximadamente 80 para 85 no filé mignon.

FIELD *et al.* (1971) demonstraram que a maturação exerce um efeito muito mais notável no *M. Longissimus dorsi* do que no *M. Biceps femoris*, e associaram tal efeito diferenciado a um maior teor de colágeno presente neste músculo quando comparado com aquele. Neste experimento a força de cisalhamento diminuiu de 11,31 Kg (2 dias de maturação) para 7,13 Kg (21 dias de maturação) no caso do *L. dorsi*; já no caso do *B. femoris* esta redução foi somente de 10,05 Kg (2 dias) para 9,03 Kg (21 dias).

ORMENESE (1995) realizou a maturação de diversos músculos maturados por 1, 14, 21 e 28 dias sob uma faixa de temperatura de -1°C a 2°C comparando o método convencional (vácuo) e o Tender Tainer[®] (maturação sob pressão). O autor concluiu que ambos os métodos de maturação melhoraram continuamente a maciez medida pela força de cisalhamento dos músculos *Longissimus dorsi*, *Gluteus medius* e *Semimembranosus*. A redução no valor desta força foi pequena para o *M. Semitendinosus* e não significativa para o *M. Vastus lateralis*..

O tipo do músculo também exerce influência direta sobre a maciez da carne; os níveis de CDP-I em carne bovina tendem a diminuir e os níveis de CDP-II a aumentar quanto menor for a velocidade de contração de um músculo. Assim, em músculos com a predominância de fibras vermelhas (contração lenta) é necessário um maior tempo para que as reações desejáveis na maturação aconteçam, o que não acontece em músculos com a predominância de fibras brancas (contração rápida). HERTZMAN *et al.* (1993) demonstraram em seu experimento que os músculos *M. semimembranosus* e *M. semiteninosus* são muito mais susceptíveis ao encurtamento sofrido no rigor mortis do que o músculo *M. biceps femoris*, o que pode, certamente, afetar o amaciamento destes diferentes músculos durante o processo de maturação dos mesmos.

Até mesmo a região do músculo pode afetar o processo de maturação da carne. MARTIN *et al.* (1971) realizaram um experimento coletando amostras de duas regiões distintas do músculo *longissimus dorsi*: região torácica(entre a 4^a e 11^a vértebras torácicas) e região lombar (entre a 13^a vértebra torácica e a 5^a vértebra lombar); os pesquisadores observaram que houve uma redução de 12% na força de cisalhamento das amostras obtidas da porção torácica nos primeiros 3 dias de maturação, o que não ocorreu com as amostras obtidas da porção lombar que só sofreram uma queda significativa na força de cisalhamento entre o terceiro e o sexto dia de

maturação (14%). SEIDEMAN *et al.* (1989) também mostram, em seu experimento, haver uma resposta distinta para a maturação realizada em diferentes músculos.

O sexo dos bovinos para o abate parece não influenciar marcadamente a maciez da carne. No entanto machos inteiros (não castrados) usados para fins reprodutivos e vacas leiteiras somente são abatidos no momento em que seus índices de produção já não mais interessam para a rentabilidade geral do rebanho. Estes animais portanto possuem, em geral, idade avançada e por isto mesmo produzem carne pouco macia.

HOPKINSON *et al.* (1985), entretanto, estudando a influência da condição sexual de machos bovinos (castrados ou inteiros) demonstraram que a maciez da carne melhorou com a castração dos animais com a maturação das peças por 14 dias a 2°C e ainda com a estimulação elétrica das carcaças (75V - AC). Adicionalmente, os autores concluíram que a relação fator sexual/maciez da carne foi mais evidente nas amostras não maturadas (10,37 Kg para inteiros e 7,73 Kg para castrados) e que somente após estimulação elétrica as amostras maturadas (14 dias a 2°C) oriundas de animais inteiros se compararam em maciez às amostras maturadas provenientes de animais castrados (6,17 Kg para animais inteiros e 5,40 Kg para animais castrados). MARTIN *et al.* (1971) não encontraram diferenças significativas no padrão de amaciamento após a maturação de peças oriundas de animais de diferentes condições sexuais.

Diversos estudos demonstram que os efeitos do manejo nutricional do rebanho sobre a maciez da carne produzida são extremamente variáveis; no entanto animais tratados em regime de pasto produzem carne com maior propensão a desenvolver ranço oxidativo (GUTOWSKY *et al.*, 1979). BIDNER *et al.* (1985) não observaram qualquer efeito do manejo nutricional sobre características de maciez instrumental ou sensorial na carne bovina *in natura*.

LEE & ASHMORE (1985), entretanto, pesquisaram o desenvolvimento do rigor mortis em carcaças de animais submetidos a diferentes regimes alimentares e concluíram que independentemente da temperatura utilizada no *postmortem* (0°C ou 35°C) a carne proveniente de animais alimentados a pasto foi mais dura do que a carne de animais confinados cujas carcaças foram resfriadas a 0°C no *postmortem*: após 7 dias de maturação a força de cisalhamento média da carne oriunda de animais alimentados a pasto foi de 8,35 Kg enquanto que este valor foi de 6,88 Kg para a carne de animais alimentados sob regime de confinamento.

A utilização de agonistas β -adrenérgicos como promotores de crescimento, com a finalidade de melhorar a eficiência e a qualidade da carne, afeta diretamente os níveis de calpaínas e de seu inibidor específico, a calpastatina, no músculo. Diversas pesquisas demonstram que a utilização dos agonistas β -adrenérgicos em animais de abate resulta na produção de cortes cárneos mais duros e com menor potencial para a maturação (DRANSFIELD, 1992).

LEE *et al.* (1990) pesquisaram o efeito do uso de resfriamento com spray ("spray-chilling") e da cobertura de carcaças com uma espécie de tecido de algodão e não encontraram qualquer relação entre estes métodos e o desenvolvimento de maciez no processo de maturação subsequente. GREER *et al.* (1990), entretanto, citam vantagens no uso da técnica do resfriamento com spray para a subsequente maturação da carne. Os pesquisadores demonstraram uma menor perda de peso tanto na maturação em carcaças por 7 dias a 1°C quanto na maturação em embalagens à vácuo por 70 dias a 1°C com o uso do "spray-chilling", sem que houvesse, entretanto, comprometimento da carne no aspecto microbiológico ou de vida-de-prateleira.

É importante salientar que a glicólise e a desfosforilação dos compostos de alta energia do músculo (como o ATP por exemplo), logo antes ou durante o abate dos animais, de uma forma muito rápida como consequência do stress ou utilização de técnicas inadequadas de insensibilização afetam diretamente o grau de maciez da carne; KHAN & LENTZ (1973) demonstraram em seu experimento que a carne proveniente de carcaças que possuíam um valor de pH pós-abate mais alto (6,7-7,1) foi considerada em geral mais macia, necessitando de um período de maturação mais curto para atingir o seu máximo em maciez. Ao contrário, carnes oriundas de carcaças possuindo valores mais baixos de pH pós-abate (5,8-6,2) foram consideradas menos macias, requerendo um tempo de maturação mais longo para que atingissem a sua maciez final.

Com relação à curva de queda de pH, MARSH (1983) fornece uma série de evidências, baseando-se em pesquisas científicas anteriormente realizadas, que comprovam que a permanência do pH da musculatura *postmortem* em valores elevados durante períodos mais prolongados de tempo traz resultados benéficos em relação à maciez final da carne. Evidentemente este efeito é potencializado com a manutenção das carcaças sob temperaturas mais altas no *postmortem*, ou seja, não é válido para condições onde haja risco de um apreciável encurtamento pelo frio.

A manipulação das carcaças no *postmortem* também pode influenciar diretamente as características de maciez e o processo de maturação da carne. É largamente conhecido o efeito negativo decorrente da manutenção de carcaças ou cortes cárneos a temperaturas entre 0° e 15°C durante o período pre-rigor mortis. Essa alteração é denominada "cold-shortening" e é um reflexo direto do encurtamento do comprimento dos sarcômeros mediado pela ação do cálcio. O "cold shortening" torna a carne mais rija e, dependendo do grau de encurtamento dos sarcômeros, não permite o amaciamento de carnes maturadas, não importando o tempo que estas

forem estocadas. Esse fenômeno é resultado de uma modificação na microestrutura miofibrilar que previne a proteólise enzimática por um mecanismo ainda obscuro.

Estudando o efeito do encurtamento pelo frio, OLSSON *et al.* (1994) mostraram que amostras que entraram em rigor mortis com uma temperatura de 1°C não sofreram um amaciamento significativo mesmo após 15 dias de estocagem, o que não aconteceu com amostras que sofreram o processo a temperaturas mais altas (4, 7 e 10°C).

A estimulação elétrica, por acelerar a instalação do rigor mortis quando a carcaça se encontra ainda em temperaturas mais altas, previne a ocorrência do “cold shortening” e reduz substancialmente o tempo necessário para que a carne atinja o seu potencial de amaciamento no processo de maturação (MARSH, 1983; DRANSFIELD, 1992; SHORTHORSE, 1996). OLSSON *et al.* (1994) mostraram em seu trabalho um aumento significativo da maciez em amostras de *Longissimus dorsi* oriundas de carcaças estimuladas que entraram em rigor mortis sob temperaturas baixas (1°C e 4°C); os autores entretanto não associam a melhoria na maciez com uma diminuição no grau de encurtamento dos sarcômeros, o que sugere que a estimulação elétrica tem um poder maior de amaciar a carne propriamente dita do que de prevenir o “cold shortening”. Outros fatores que poderiam explicar o amaciamento propiciado pela estimulação elétrica incluem a própria ruptura mecânica miofibrilar e uma rápida queda de pH quando as carcaças se encontram em temperaturas altas. Tal fenômeno promoveria um rompimento de membranas e a liberação de enzimas lisossômicas ou ainda a liberação de Ca²⁺ do interior dos retículos sarcoplasmáticos, o que propiciaria a ativação dos fatores cálcio ativados, ou seja, das calpaínas, acelerando o processo de maturação da carne (PARRISH JR., 1977; MARSH, 1983).

MARSH et al (1987,1988), entretanto, demonstraram que uma taxa de glicólise muito elevada, que combina longos períodos de estimulação elétrica e baixas taxas de resfriamento, não resulta na carne mais macia possível, como era de se esperar. Os autores afirmam que a maciez da carne pode ser otimizada atingindo-se uma taxa intermediária de glicólise *postmortem*, independentemente dos processos que são utilizados para que este objetivo seja atingido (estimulação elétrica ou baixas taxas de resfriamento). Os mesmos autores concluem ainda que o efeito da estimulação elétrica sobre a maciez dos cortes é extremamente dependente da taxa de resfriamento que será posteriormente utilizada. MARTIN *et al.* (1983) relacionaram positivamente as taxas de glicólise *postmortem*, em carcaças estimuladas ou não, com o grau de maciez da carne produzida e negativamente as taxas de resfriamento com o mesmo parâmetro de maciez. PIKE et al (1993) controlaram a taxa de glicólise *postmortem* em um grupo de animais aplicando estímulos elétricos de baixa voltagem em suas carcaças em diferentes estágios da linha de abate; os resultados deste estudo indicam que a utilização da estimulação elétrica para a obtenção de taxas intermediárias de glicólise *postmortem* (pH 6,0 a 3 horas *postmortem*) resultam em cortes com maciez ótima. Estas observações estão de acordo com BEEKMAN *et al.*(1990). MARSH et al (1987) realizaram um experimento similar utilizando altas voltagens (500 V) e chegaram a conclusão semelhante quanto à taxa de glicólise intermediária. SHACKELFORD *et al.* (1994), entretanto, questionam a medida do pH 3 horas *postmortem* como um critério confiável para a predição da maciez na carne bovina *in natura*.

Por outro lado, o uso de altas temperaturas durante o estabelecimento do rigor mortis pode também trazer efeitos negativos quanto a maciez de cortes cárneos. HERTZMAN et al (1993) utilizaram temperaturas de 15°C e 37°C durante o estabelecimento do rigor mortis em seu experimento,

aliando estes tratamentos à estimulação elétrica de baixa voltagem (85 V, 14 Hz, 32 s) e à maturação das amostras por 15 dias a 4°C. Os autores concluíram que o encurtamento das amostras foi significativamente maior na temperatura de 37°C e que a maciez foi altamente afetada por esta temperatura mas não pela estimulação elétrica. Concluíram ainda que mesmo após 15 dias de maturação (força de cisalhamento de 11,2 Kg) o encurtamento durante o rigor parece ser mais importante para o enrijecimento da carne a 37°C do que qualquer efeito proteolítico que poderia ser supostamente exacerbado nesta faixa de temperatura. LEE & ASHMORE (1985) pesquisaram o mesmo efeito e chegaram a conclusões similares.

O grau de encurtamento dos sarcômeros é de extrema importância e afeta diretamente o processo de maturação da carne. Sabe-se que músculos que encurtaram até 20% em relação ao seu comprimento normal podem ser plenamente amaciados através da maturação, enquanto que músculos que sofreram um encurtamento de 40% não poderão ser amaciados independentemente do tempo de maturação a que forem submetidos. Encurtamentos excessivos (60%) causam uma ruptura na estrutura da miofibrila levando, por consequência, não ao endurecimento, mas sim ao amaciamento da carne, sendo portanto pouco afetados pela maturação (DAVEY, 1983).

SHORTHOSE (1996) menciona, adicionalmente, que o nível de maciez que a carne pode atingir durante o processo de maturação depende diretamente do grau de encurtamento que ela sofreu.

O uso da desossa a quente também influencia diretamente o desenvolvimento da maciez durante a maturação. ORMENESE (1995) concluiu que a associação da desossa a quente ao método Tender Tainer® de maturação sob pressão apresentou vantagens em relação ao método convencional de desossa , especialmente nos músculos *L. dorsi* e

Semitenidosus maturados por 7, 14, 21 e 28 dias (-1°C a 2°C). Nos músculos *Gluteus medius* e *Vastus lateralis* não foram observadas diferenças significativas entre as amostras desossadas a quente e convencionalmente.

DAVIS *et al.*(1975) sugere uma tecnologia alternativa para o amaciamento da carne baseada na pressão mecânica sobre as peças; os autores concluem que apesar de oferecer uma melhoria na qualidade do produto, o amaciamento mecânico não oferece vantagens adicionais a carnes que já atingiram o seu potencial máximo de amaciamento via maturação e pode ocasionar ainda uma perda maior de suco durante o cozimento. São referidas como vantagens um melhor “apelo” visual além de uma maior uniformização das peças. ORMENESE (1995) utilizando o método Tender Tainer® de maturação sob pressão não encontrou diferenças significativas ($p>0,05$) em relação à maturação convencional (vácuo) baseando-se na avaliação sensorial e na análise de força de cisalhamento de amostras de diversos músculos.

O amaciamento com lâminas (“blade tenderization”), entretanto, parece melhorar a maciez da carne mesmo após a sua maturação, apesar de não afetar as características de palatabilidade do produto. Esse tratamento deve ser realizado após, e não anteriormente à maturação, a fim de evitar perdas excessivas de peso durante a estocagem das peças (DAVIS *et al.*, 1977). PARRISH JR. (1977) comenta as vantagens do uso de processos mecânicos para auxiliar o desenvolvimento de características de maciez na carne bovina e que, muito provavelmente, os efeitos observados estão relacionados à modificações tanto no componente miofibrilar, quanto no componente conjuntivo da musculatura.

BOUTON *et al.* (1973) compararam a eficiência da maturação (21 dias/0-1°C) e da suspensão das carcaças através do forame do obturador (“tenderstretching”) como formas de se atingir a maciez desejada na carne.

Os autores mostraram que a suspensão alternativa das carcaças resulta em cortes 2-3 dias pós-abate (5,13 Kg) com um amaciamento da carne equivalente àquele obtido somente após 21 dias de maturação a 0-1°C em carnes oriundas de carcaças suspensas convencionalmente (5,49 Kg). A adesão entre as fibras foi significativamente afetada pela suspensão alternativa, mas não pela maturação. Concluem, entretanto, que o efeito da suspensão pelo forame do obturador sobre o tecido conjuntivo não foi grande o suficiente para assegurar a maciez final da carne.

MITCHELL *et al.* (1991) mostraram uma maior aceitabilidade sensorial de carnes tratadas com uma associação de maturação e suspensão pelo forame obturador em relação a um tratamento que associava a maturação à estimulação elétrica. SHORTHOSE (1996) afirma que o “tenderstretching” pode ser tão eficiente quanto a estimulação elétrica na prevenção do encurtamento pelo frio.

A utilização de tratamentos térmicos em geral influencia diretamente o processo de maturação da carne. Sabe-se que, numa temperatura constante, na faixa que vai de 0°C a 40°C, a taxa de maturação aumenta 2,5 vezes para cada elevação de 10°C na temperatura, o que significa dizer que se um corte demora 10 dias para maturar a 0°C, o mesmo corte levaria somente 1,5 dias para maturar a 20°C de temperatura. É importante frisar que o efeito de diferentes temperaturas é aditivo e que, portanto, a maturação da carne é resultado da soma do amaciamento obtido em cada uma das diferentes combinações tempo/temperatura a que ela foi submetida. O congelamento da carne, por sua vez, cessa a atividade das calpaínas, que pode, no entanto, ser retomada após o seu descongelamento. Taxas muito rápidas de congelamento (1 hora) podem acelerar o processo de maturação no pós-degelo, estando esta melhoria provavelmente relacionada com danos ocorridos na estrutura das células

musculares. Acima de 40°C a taxa de maturação é gradativamente reduzida até que cessa quando a carne atinge os 60°C. Acima desta temperatura a atividade enzimática não pode mais ser recuperada e o processo de maturação termina (DRANSFIELD, 1992).

COHEN (1984) pesquisou a maturação de peças que foram armazenadas sob temperatura de congelamento durante algum tempo. O autor comentou que o Índice de Fragmentação Miofibrilar (medida utilizada para a medida da maciez) e as perdas no cozimento parecem ser os principais parâmetros afetados pelo congelamento pré-maturação. Concluiu, ainda, que o cozimento da carne logo após o degelo resulta em um produto pouco macio e recomenda a maturação da carne descongelada em refrigerador ou câmara fria (5-6°C), embalada em filme de polietileno, por no mínimo 1 dia, mas preferencialmente durante 4 afim de assegurar o desenvolvimento das características de maciez desejáveis.

CROUSE & KOOHMARAIE (1990) pesquisaram o efeito do congelamento da carne (27 dias a -30°C) sobre o processo de maturação e concluíram que a carne maturada após o congelamento apresenta uma força de cisalhamento significativamente menor do que a carne maturada antes do congelamento. Comentam adicionalmente que, apesar de haver um aumento na perda de peso no cozimento da carne congelada e depois maturada, este procedimento realça o processo de maturação melhorando os valores de maciez medidos através de análise instrumental. MITCHELL *et al.*(1991) entretanto afirmam que a carne não congelada é preferível do que a carne congelada e degelada no que diz respeito à sua suculência, sabor e maciez; afirmam adicionalmente que, apesar disto, a forma utilizada para descongelar as peças tem pouco efeito sobre a aceitabilidade final do produto.

3.7. A UTILIZAÇÃO DO CLORETO DE CÁLCIO

Baseado nas observações realizadas anteriormente, se torna evidente que a elevação na concentração de cálcio no músculo *postmortem* é a principal causa do amaciamento que se desenvolve na carne durante o processo de maturação, uma vez que este mineral é um agente indispensável à ação das calpaínas. Com o objetivo de determinar se havia alguma possibilidade de criar tal condição *in situ*, alguns autores testaram a adição de uma solução de cloreto de cálcio, em diversas situações, visando aumentar a concentração intracelular de cálcio no tecido muscular (KOOHMARAIE et al, 1988; KOOHMARAIE et al, 1990; MORGAN et al, 1991; WHEELER et al, 1991). Os resultados destes trabalhos demonstram que a proteólise *postmortem* e o amaciamento dos cortes cárneos aceleraram-se consideravelmente quando da injeção do cloreto de cálcio. A estocagem destes cortes por 24 horas seria suficiente para o desenvolvimento das características de maciez obtidas durante vários dias, pelas formas convencionais de maturação.

BEEKMAN (1995) fornece bases bioquímicas para esta teoria tendo observado que o tratamento com o cloreto de cálcio resultou em uma degradação mais rápida da titina concomitantemente com o aparecimento do anteriormente comentado polipeptídeo de 30 kDa.

Como a adição do cloreto de cálcio favorece a incidência da oxidação lipídica e a ocorrência do "warmed over flavor", ST. ANGELO *et al.*(1991) recomendam a adição de 1% de ascorbato de sódio ou 0,25% de maltol junto ao CaCl_2 para evitar esses problemas. A análise de TBA (medida em mg de malonaldeído-MDA/Kg de amostra) que foi de 19,15 mg MDA/Kg para amostras injetadas e maturadas por 2 dias diminuiu para 5,08 mg MDA/kg para amostras injetadas e com adição de maltol e para 1,56 mg MDA/Kg para amostras injetadas e com adição de ascorbato de sódio.

Evidentemente as amostras tratadas com os agentes antioxidantes tiveram uma menor incidência de sabores indesejáveis com uma manutenção dos sabores agradáveis segundo a avaliação de um painel devidamente treinado.

KOOHMARAIE *et al.* (1989) realizaram um experimento visando encontrar a concentração ideal de CaCl_2 para a infusão de carcaças ovinas e ainda comprovar que o amaciamento atingido era resultado da ativação das calpainas e não devido a um aumento na força iônica do meio. A concentração mais efetiva utilizada foi a de 0,3M e, através da comparação com carcaças que receberam infusão de NaCl, concluiu-se que, provavelmente, o amaciamento obtido foi uma consequência da ação das proteases cálcio-dependentes e não da alteração na força iônica do meio. Diversos autores utilizaram em seus experimentos a concentração de 0,3 M de CaCl_2 para uma infusão de 10% do peso do corte a ser tratado e obtiveram resultados satisfatórios (KOOHMARAIE *et al.*, 1989; KOOHMARAIE *et al.*, 1990; KOOHMARAIE & SHACKELFORD, 1991; MORGAN *et al.*, 1991; ST ANGELO, 1991; WHEELER *et al.*, 1991; THOMSOM & DOBBIE, 1997). WHIPPLE & KOOHMARAIE (1992) combinando congelamento e marinação com o CaCl_2 utilizaram um tratamento que empregou uma solução a 150 mM que agiu durante 48 horas sobre as peças. Os autores concluíram que a maciez da carne aumentou com a marinação e que um congelamento prévio das peças intensificou este efeito (média de força de cisalhamento de 4,80 Kg para as amostras controle e de 3,94 Kg para as amostras marinadas).

Por outro lado, experimentos demonstraram que, apesar do tratamento com o CaCl_2 propiciar uma melhoria na maciez e ser indiferente quanto a alterações no odor na carne, a sua adição nos cortes resulta no aparecimento de um sabor/aroma amargo que poderia ter inclusive um

efeito adverso sobre os outros atributos sensoriais do produto (LOURDES PEREZ *et al.*, 1998; BEEKMAN, 1995). MORRIS *et al.* (1997) testaram a incorporação de um flavorizante industrial à salmoura de injeção de cloreto de cálcio que conseguiu minimizar os efeitos indesejáveis anteriormente descritos, apesar dos cortes não apresentarem o mesmo perfil sensorial das amostras controle. Por outro lado, trabalhos envolvendo a apresentação de amostras tratadas com cloreto de cálcio a consumidores (restaurante e supermercado) demonstraram que esta é uma forma aceitável de melhorar as características de maciez da carne bovina *in natura*; nestes casos foi utilizada uma concentração de 200 mM e um nível de injeção de 5% sobre o peso dos cortes (HOOVER *et al.*, 1995; MILLER *et al.*, 1995). Em outros experimentos se utilizou esta mesma concentração/nível de injeção e concluiu-se que houve uma melhoria na maciez dos cortes sem que houvesse um efeito negativo sobre a palatabilidade e/ou vide de prateleira dos cortes (LANSDELL *et al.*, 1995; DILES *et al.*, 1994; WHEELER *et al.*, 1993). KERTH *et al.* (1995) por sua vez concluíram, após a injeção de CaCl_2 nas concentrações de 200 mM e 250 mM ao nível de 5% (p/p), que estes tratamentos melhoravam a maciez de carnes maturadas sem afetar significativamente outros atributos da carne como sabor e cor, por exemplo.

THOMSOM & DOBBIE (1997) realizaram um experimento injetando cortes dos músculos *Longissimus dorsi* e *Gluteus medius* antes e depois do estabelecimento do rigor mortis no tecido e concluíram que o tratamento com o CaCl_2 pré-rigor aumentou a força de cisalhamento das amostras analisadas enquanto que o tratamento pós-rigor teve o efeito inverso. Estes resultados estão de acordo com aqueles reportados por GOT *et al.* (1996) e BENITO DELGADO *et al.* (1994). MENDIRATTA *et al.* (1997) entretanto realizaram um experimento com carne desossada pré rigor e concluíram que usando as concentrações de 200 mM para marinação (24 horas de imersão) ou 250 mM para injeção (10% do peso do corte) houve uma

melhoria na maciez e aceitação geral dos cortes sem que fossem afetadas outras propriedades da carne. BOLEMAN *et al.* (1995), por sua vez, realizaram um experimento injetando cortes do músculo semimembranosus 1, 12 e 24 horas *postmortem* e concluíram que a injeção 1 hora *postmortem* foi a mais efetiva no que se referiu à redução de força de cisalhamento com prevenção de uma perda excessiva de suco.

Pesquisando o efeito da adição do CaCl_2 com o objetivo de superar os problemas de maciez anteriormente mencionados com animais que recebem os promotores de crescimento β -adrenérgicos, KOOHMARAIE & SHACKELFORD (1991) obtiveram resultados interessantes. Os autores concluíram que, embora a suplementação com os promotores de crescimento aumente a força de cisalhamento do músculo *Longissimus dorsi* de carneiros, a infusão com o CaCl_2 se mostrou efetiva na resolução dos problemas de maciez causados pela utilização dos β -adrenérgicos.

Segundo KOOHMARAIE *et al.* (1990) a adição de CaCl_2 ao tecido muscular não causaria um endurecimento de carnes mantidas em carcaças, em consequência do mecanismo de encurtamento mediado pela ação do cálcio (WHEELER *et al.*, 1991). Mais tarde foi confirmado que o uso de desossa a quente também não exerce qualquer tipo de influência sobre as características de maciez dos cortes injetados (WHEELER *et al.*, 1991). KOOHMARAIE *et al.* (1990) atribuem a perda de atividade das enzimas calpaínicas como resultado de um processo autolítico, que é acelerado pela adição do cloreto de cálcio á carne. Apesar da adição de CaCl_2 aos cortes cárneos objetivar uma ativação das calpaínas não se conhece o mecanismo preciso pela qual esta infusão acelera a proteólise *postmortem* e o processo de amaciamento (KOOHMARAIE, 1994).

4. MATERIAL E MÉTODOS

4.1. Material

Foram utilizados como matéria-prima onze fêmeas *Bos indicus*, cinco da raça Nelore e seis da raça Guzerá, doadas pelo Instituto de Zootecnia (IZ) de Nova Odessa. Os animais tinham de 3 a 4 anos quando foram abatidos.

Dois abates foram realizados, com um intervalo de uma semana entre os mesmos. Na primeira semana cinco animais (3 Nelore e 2 Guzerá) foram abatidos e na segunda semana os seis animais restantes (2 Nelore e 4 Guzerá). Os animais foram escolhidos ao acaso para a distribuição nos dois abates. As operações de matança foram realizadas nas instalações da planta piloto do CTC-ITAL.

No QUADRO 1 são apresentados raça, peso vivo, peso das meias-carcaças quentes e rendimento das carcaças dos animais abatidos, distribuídos segundo a ordem da matança. O alto rendimento das carcaças para as fêmeas em questão pode ser explicada pelo longo tempo de jejum a que foram submetidas (cerca de 20 horas).

Após o abate as meias-carcaças, estimuladas eletricamente ou não, foram devidamente identificadas e armazenadas por 24 horas em câmara fria a 5°C, com U.R. de 75% procedendo-se, então, a desossa para obtenção das unidades experimentais. A desossa (24 horas *postmortem*) foi considerada o ponto inicial do trabalho (T_0).

O corte utilizado como matéria-prima do experimento foi o músculo *Longissimus dorsi* (contrafilé) na porção que se inicia entre a décima e a décima primeira vértebras torácicas. Após a desossa, cada um dos contrafilés foi seccionado ao meio dando origem à duas peças que resultaram em um total de 44 unidades experimentais, as quais foram distribuídas aleatoriamente nos tratamentos realizados. A média e o desvio

padrão dos pesos destas unidades experimentais foi de 2,160 Kg \pm 0,346 Kg.

QUADRO 1

Peso e rendimento das meias-carcaças quentes utilizadas para os tratamentos

Animal	Raça	Peso Vivo (kg)	Meia-carcaça Direita (kg)	Meia-carcaça Esquerda (kg)	Rendimento de Carcaça (%)
1	Nelore	378,0	112,6	102,9	57,02
2	Nelore	412,0	131,0	116,0	59,95
3	Guzerá	385,0	111,0	107,0	56,62
4	Guzerá	374,0	109,0	105,0	57,21
5	Nelore	354,0	109,0	103,0	59,88
6	Nelore	404,0	120,0	119,0	59,15
7	Guzerá	480,0	149,0	138,0	59,79
8	Guzerá	359,0	103,0	101,0	56,82
9	Nelore	420,0	132,0	125,0	61,19
10	Guzerá	407,0	125,0	119,0	59,95
11	Guzerá	392,0	109,0	108,0	55,35

4.2. Tratamentos

4.2.1. Estimulação Elétrica

As meias-carcaças submetidas à estimulação elétrica foram escolhidas com o auxílio de uma tabela de aleatorização.

A estimulação foi realizada em média 45 minutos *postmortem* com uma voltagem de 220V e 0,5A por 1e1/2 minuto em cada uma das meias-carcaças escolhidas para este tratamento. Para assegurar a condução da corrente elétrica por todo o corpo do animal os dois eletrodos foram devidamente fixados em cada uma das extremidades das meias-carcaças já esfoladas (músculos do pescoço e do garrão).

4.2.2. Maturação

A maturação das unidades experimentais foi realizada em câmaras frias nas faixas de temperatura de 0-2°C e 6-8°C, respeitando os seguintes tempos de armazenagem:

- a) Não estimuladas eletricamente: **7, 14, 21 e 28 dias;**
- b) Estimuladas eletricamente: **7, 14 e 21 dias.**

Após a desossa, cada uma das unidades experimentais destinadas aos tratamentos de maturação foi embalada à vácuo em sacos Perflex® da companhia Viskase, com o auxílio de uma seladora automática Selovac® (Vácuo=18,5 e Solda=0,78). O termoencolhimento das embalagens foi realizado com a imersão das mesmas em água à temperatura de 90°C±1°C por 1-2 segundos.

Ao final de cada tratamento as unidades experimentais foram congeladas em armário criogênico (White Martins®) a -40°C por cerca de 1 hora e então transferidas para uma câmara de estocagem com temperatura de -18°C por duas semanas quando as amostras eram degeladas para as análises de perda de peso, força de cisalhamento e sensorial.

4.2.3. Injeção do Cloreto de Cálcio (CaCl₂)

A injeção do cloreto de cálcio nas unidades experimentais separadas para este tratamento foi realizada no T₀. O procedimento foi feito com o auxílio de uma seringa manual com a qual se administrou a solução em pontos diversos e escolhidos aleatoriamente em cada uma das unidades experimentais.

A concentração utilizada para a solução foi de 0,3M e o nível de injeção de 10% do peso inicial da amostra (KOOHMARAIE et al, 1989; KOOHMARAIE et al, 1990; KOOHMARAIE & SHACKELFORD, 1991; MORGAN et al, 1991; ST ANGELO, 1991; WHEELER et al, 1991).

Após a injeção as unidades experimentais foram embaladas à vácuo seguindo procedimento idêntico ao descrito para as carnes destinadas à maturação. Uma vez embaladas as peças permaneceram por cerca de 24 horas em câmara de resfriamento com temperatura de 0-2°C.

Logo após as unidades experimentais foram congeladas em armário criogênico (White Martins[®]) a -40°C por cerca de 1 hora e então transferidas para uma câmara de estocagem com temperatura de -18°C por duas semanas quando as amostras eram degeladas para as análises de perda de peso, força de cisalhamento e sensorial.

4.2.4. Controle

As unidades experimentais designadas como controle do experimento foram obtidas, embaladas e congeladas no T₀.

4.2.5. Delineamento Experimental

As 44 unidades experimentais (UP) obtidas (11 animais x 2 contrafilés x 2 peças/contrafilé) foram distribuídas nos tratamentos conforme o delineamento que segue:

a) Amostras Estimuladas Eletricamente

	T1 (0-2°C)	T2(6-8°C)
7dias	2 UP	2 UP
14 dias	3 UP	3 UP
21dias	3 UP	3 UP

b) Amostras Não Estimuladas Eletricamente

	T1 (0-2°C)	T2(6-8°C)
7dias	2 UP	2 UP
14 dias	3 UP	3 UP
21dias	3 UP	3 UP
28 dias	3 UP	3 UP

c) Amostras Controle: 3 UP

d) Amostras Injetadas com CaCl₂: 3 UP

4.3. Análises

4.3.1. pH

4.3.1.1. Curva de queda de pH postmortem

Após o abate o pH da paleta, contrafilé e coxão foi medido de hora em hora, nas 6 primeiras horas *postmortem*, a fim de se obter a curva de queda de pH das meias-carcaças estimuladas e não-estimuladas. Pesou-se 2,50 g de carne que foi homogeneizada com 25 ml de solução contendo 1,04g de iodoacetato de sódio e 11,18g de KCl num misturador SORVALL por 2 minutos; a leitura foi realizada em potenciômetro MICRONAL devidamente calibrado (BENDALL , 1973).

4.3.1.2. pH durante a maturação

No T_0 e ao final de cada tratamento (antes do congelamento e armazenagem das unidades experimentais) o pH foi medido em cada uma das peças com o auxílio de um pHmetro de punção (Ingold®) devidamente calibrado.

4.3.2. Avaliação Instrumental da Cor

A cor instrumental foi medida através dos valores de L^* , a^* e b^* de Hunter com o auxílio do Colorímetro CR 200 da Minolta®, após a exposição da superfície interna fatiada de cada uma das unidades experimentais, ao ar ambiente, por cerca de 30 minutos (12-15°C). As medições instrumentais de cor foram realizadas nas amostras maturadas, injetadas e controle antes que as mesmas fossem congeladas e estocadas.

4.3.3. Avaliação Instrumental da Maciez

4.3.3.1. Preparo das Amostras

As amostras foram preparadas de acordo com uma metodologia utilizada por SHACKELFORD et al. (1991) e adaptada para as condições deste experimento.

Para a análise da maciez instrumental foram retirados dois bifes de 2 cm de largura de cada unidade experimental congelada, com o auxílio de uma serra-fita; os bifes foram, então, degelados por 24 horas a uma temperatura de 2°C.

Para o devido preparo, os bifes descongelados foram embalados em papel alumínio e colocados em uma chapa previamente aquecida a cerca de 200°C. Os bifes foram virados quando a temperatura no centro dos mesmos atingiu $40\pm 2^\circ\text{C}$ e retirados quando esta temperatura chegou aos $70\pm 2^\circ\text{C}$.

Após o equilíbrio da temperatura dos bifes com a temperatura ambiente foram retirados, de cada um deles, em torno de 12 cilindros de 0,5 polegada de diâmetro com o auxílio de uma sonda acoplada a uma furadeira doméstica comum. Nestes cilindros tomou-se o devido cuidado para que o sentido das fibras musculares fosse longitudinal ao eixo do cilindro.

4.3.3.2. Análise de maciez

Os cilindros obtidos foram submetidos à análise de maciez através de uma célula de Warner-Bratzler, acoplada ao Instron Universal testing machine, utilizando-se o fundo de escala 10.

O valor final de maciez para cada amostra foi obtida através de uma média aritmética simples entre valores representados pelo pico da força de cisalhamento observado em todos os cilindros retirados de cada bife.

4.3.4. Perda de Peso (PP)

Os valores para perda de peso (PP) foram obtidos através de diferença simples entre os pesos antes e após cada tratamento; assim:

a) PP na maturação = Peso pré-maturação - Peso pós-maturação (Unidade Experimental);

b) PP no degelo = Peso congelado - Peso degelado (Bife);

c) PP no cozimento = Peso pré-cozimento - Peso pós-cozimento (bife);

No caso especial do tratamento com o CaCl_2 o peso das unidades experimentais foi medido antes da injeção, após a injeção e após as 24 horas de estocagem a que foram submetidas, além da PP no degelo e PP no cozimento.

Os valores de perda de peso (PP) foram compilados como percentagem de perda de peso:

$$PP = (\text{peso inicial} - \text{peso final}) \times 100 / \text{peso inicial}$$

4.3.5. Análises microbiológicas

Antes dos tratamentos as amostras foram caracterizadas bacteriologicamente quanto a presença de:

a) Bactérias lácticas: incubação por 72 horas a 20°C em meio MRS sob condição de anaerobiose ou microaerofilia (overlay), seguida de contagem das colônias (SHARPE *et al.*, 1966);

b) Mesófilos: incubação por 48 horas a 35°C em meio PCA, seguida de contagem das colônias (SPECK, 1984);

c) Psicrotróficos: incubação por 10 dias a 7°C em meio PCA, seguida de contagem das colônias (SPECK, 1984.);

d) Coliformes totais/fecais: teste presuntivo em caldo lauril sulfato triptose(LST) suplementado com MUG incubado por 48 horas a 35°C, seguido de teste confirmativo para coliformes totais, nos tubos positivos, em caldo bile verde brilhante (VB) incubado por 48 horas a 35°C, procedendo-se posteriormente a identificação bioquímica dos microorganismos (SPECK, 1984);

e) Staphylococcus aureus: incubação por 48 horas a 37°C em ágar Baird-Parker para isolamento das colônias; identificação das colônias para teste de coagulase e coloração de Gram (SPECK, 1984);

Ao final de cada tratamento foram colhidas amostras para identificação de psicrotróficos e lactobacilos segundo os procedimento previamente descritos.

4.3.6. Análise sensorial

A análise sensorial foi conduzida por um painel de 10 provadores previamente treinados para a distinção dos atributos de maciez, suculência, sabor característico de carne maturada e ainda qualidade global da carne cozida.

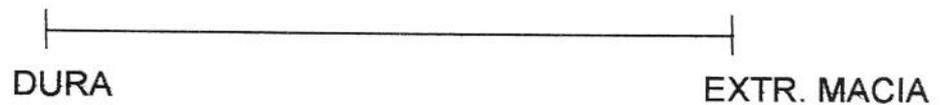
O delineamento utilizado para a apresentação das amostras aos provadores foi o de blocos incompletos balanceados detalhado em COCHRAN & COX (1957).

Devido ao grande número de tratamentos as análises foram divididas em três sessões. Na primeira sessão o painel avaliou a carne maturada oriunda das carcaças estimuladas eletricamente e no segunda avaliou a carne maturada oriunda das carcaças não estimuladas. Nestes dois painéis uma amostra controle foi oferecida a cada provador antes da realização da

análise, como forma de se estabelecer um referencial para os mesmos (teste de comparação múltipla). No terceiro e último painel foi avaliada a carne injetada com o cloreto de cálcio em um teste comparação pareado com a amostra controle (MORAES, 1993).

Com o auxílio do sistema informatizado Compusense, versão 4.2 para a coleta e análise dos dados, foram utilizadas as seguintes escalas não estruturadas:

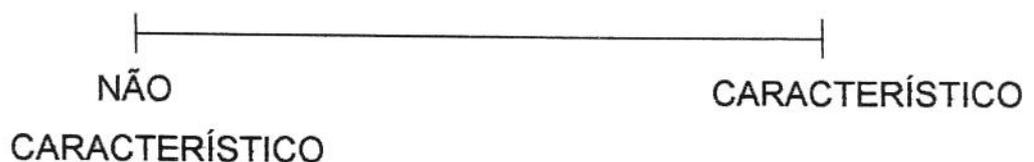
A) MACIEZ



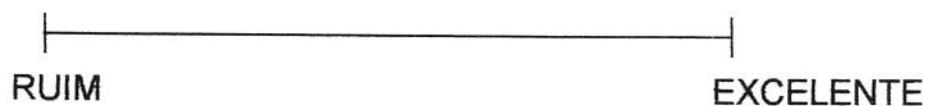
B) SUCULÊNCIA



C) SABOR CARACTERÍSTICO DE MATURADA



D) QUALIDADE GLOBAL



4.3.7. Análises Estatísticas

Os resultados foram inicialmente analisados através do método de análise de variância ANOVA considerando como fontes de variação o tempo de maturação, a temperatura de maturação e, separadamente, a estimulação elétrica e também a injeção do cloreto de cálcio. As TABELAS 30 a 33 trazem um resumo dos resultados obtidos a partir da análise de variância dos dados.

Subsequentemente a comparação entre as médias obtidas foi calculada pelo teste LSD considerando-se a mínima diferença significativa ao nível de 5%.

Todas as análises foram realizadas com o auxílio do programa "STATISTICA for windows" versão 5.0.

5. RESULTADOS E DISCUSSÃO

5.1. Curvas de Queda do pH *postmortem*

As curvas de queda de pH nas primeiras horas *postmortem* das carcaças estimuladas e não estimuladas estão demonstradas nas FIGURAS 1, 2 e 3, respectivamente para amostras retiradas do coxão mole (*Semimenbranosus*), paleta (*Triceps brachi*) e contrafilé (*Longissimus dorsi*).

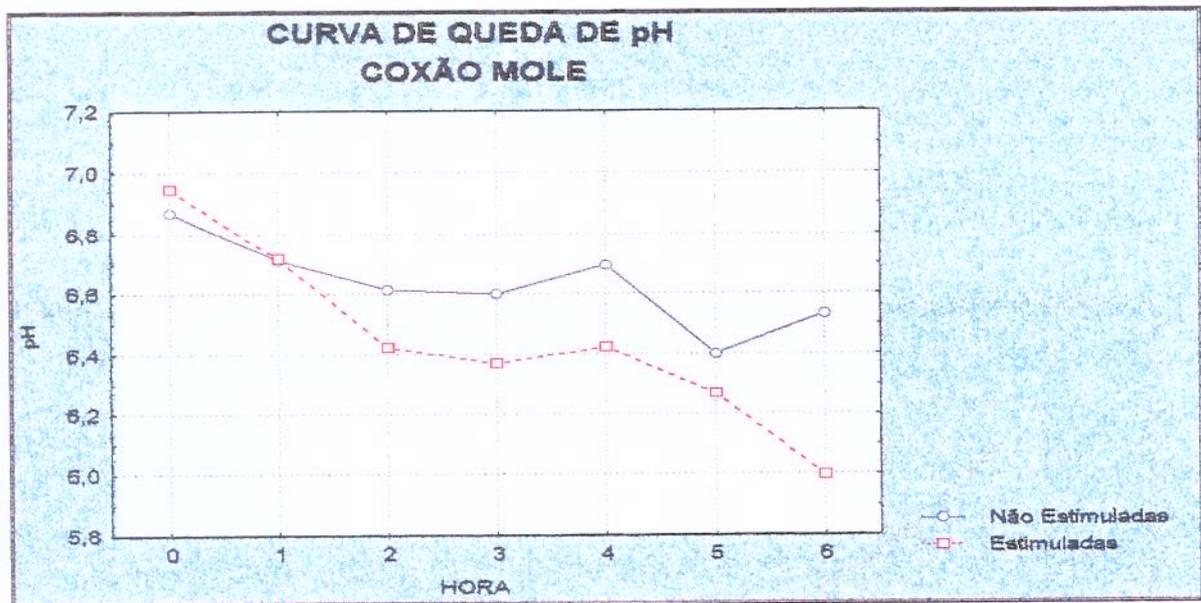


FIGURA 1 - Curva de queda de pH do coxão mole (*Semimenbranosus*)

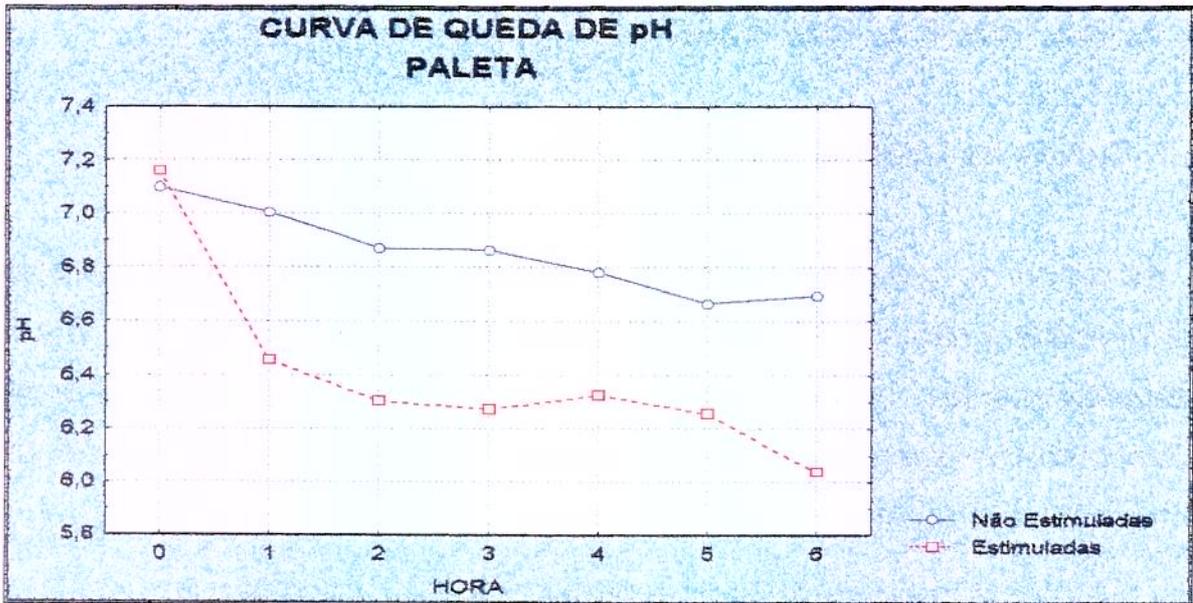


FIGURA 2 - Curva de queda de pH da paleta (*Triceps brachi*)

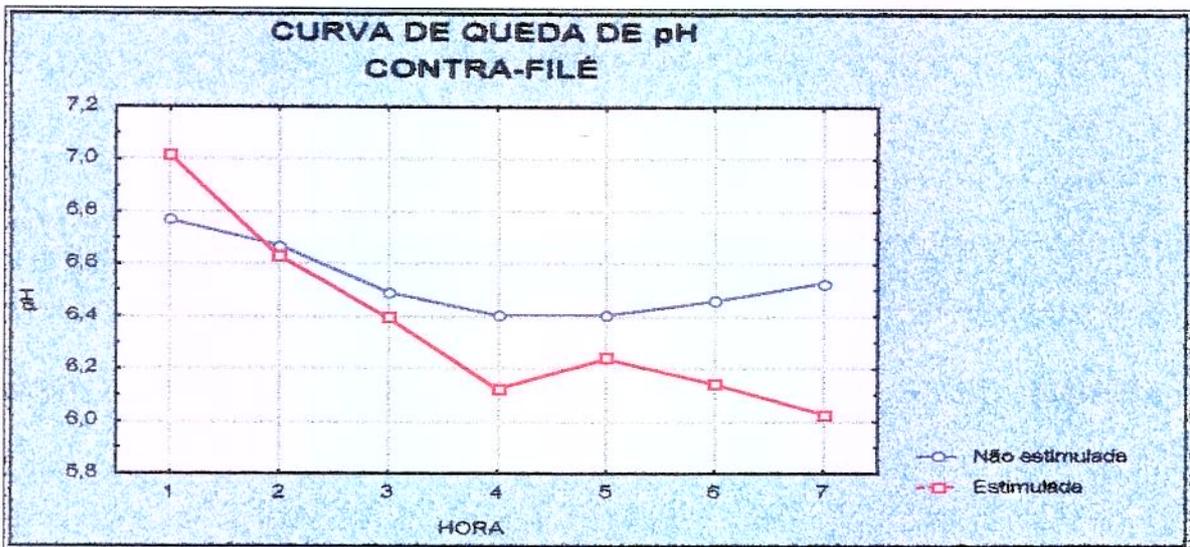


FIGURA 3 - Curva de queda de pH do contrafilé (*Longissimus dorsi*)

Com os três tipos de cortes utilizados houve uma diferença significativa nos valores de pH observados entre as carcaças estimuladas e as carcaças não estimuladas ($p < 0,05$). É importante salientar que somente a curva de queda de pH do contrafilé foi mensurada até 7 horas *postmortem*, enquanto que as curvas da paleta e do coxão foram medidas até 6 horas *postmortem*. Apesar das medições do pH nas primeiras horas *postmortem* terem sido realizadas nos três tipos de músculo somente o contrafilé (*L. dorsi*) foi designado para os demais tratamentos do experimento.

É possível visualizar através das figuras que houve uma queda mais brusca nos valores de pH obtidos da carne oriunda das carcaças estimuladas. Nas carcaças não estimuladas o pH da carne ficou entre 6,5 e 6,8 em torno de 6 horas *postmortem* e entre 6,0 e 6,2 no caso das carcaças estimuladas eletricamente (temperatura de cerca de 30°C). Esses dados estão de acordo com os dados apresentados em trabalhos de diversos autores (PUGA, 1998; DAE GON KIM *et al.*, 1998; PETROVIC *et al.*, 1995; SOARES & AREAS, 1995; AALHUS *et al.*, 1992; PALEARI *et al.*, 1991; TAYLOR & CORNELL, 1985; BABIKER & LAWRIE, 1983). Isto indica que o processo de estimulação elétrica utilizado foi eficiente no propósito de acelerar o consumo do ATP, e conseqüentemente o estabelecimento do rigor mortis antes do resfriamento das carcaças, evitando os possíveis problemas decorrentes do encurtamento pelo frio (PETROVIC *et al.*, 1995; DRANSFIELD, 1992). ORMENESE (1995) entretanto, encontrou valores mais baixos para o pH do músculo *L. dorsi* desossado 2 horas após a sangria dos animais, neste caso por volta de 6,43.

MARTIN *et al.* (1983) mencionam como fatores importantes para uma maximização da resposta da estimulação elétrica altos valores de pH inicial e a velocidade da aplicação da estimulação elétrica no *postmortem*. No presente experimento a aplicação da estimulação ocorreu ao final da operação de abate dos animais, cerca de 1 hora *postmortem*.

Diversos trabalhos conduzidos pela equipe de Bruce Marsh (MARSH, 1983; MARSH *et al.*, 1987; MARSH *et al.* 1988) sugerem a utilização do pH 3 horas post mortem (pH₃) como parâmetro para predizer as características de maciez da carne bovina *in natura*. Adicionalmente sugerem o valor ótimo de pH 6,0-6,1; PIKE *et al.* (1993) também constataram que a carne com pH 6,0 medido 3 horas *postmortem* era indicativo de um bom desenvolvimento da maciez durante a maturação de cortes cárneos. As curvas de queda de pH do coxão, paleta e contrafilé apresentadas nas figuras 1, 2 e 3 mostram que as carcaças estimuladas originaram cortes com valores de pH₃ mais próximos do ótimo, entre 6,2 e 6,4, do que os valores obtidos nos cortes obtidos das carcaças que não foram estimuladas que ficaram situados entre 6,5 e 6,9. Como será constatado mais adiante os cortes estimulados que tiveram uma maior queda de pH nas primeiras horas postmortem desenvolveram mais rapidamente a maciez com o passar do tempo de maturação se comparados aos cortes não estimulados.

5.2. Tratamentos de Maturação

5.2.1. pH

A FIGURA 4 mostra o comportamento do pH para os tratamentos de maturação realizados nas amostras oriundas das carcaças estimuladas e não estimuladas eletricamente. As TABELAS 1 e 2 apresentadas no ANEXO apresentam os valores de média e desvio padrão dos valores de pH obtidos no experimento. A opção de maturar a carne oriunda da carcaças estimuladas eletricamente somente até 21 dias, não estendendo este prazo até 28 dias foi feita com base no conhecido efeito potencializador que a estimulação elétrica tem sobre o desenvolvimento de maciez durante o processo de maturação. Não haveria, em princípio, a necessidade de se

estender tanto a maturação da carne das carcaças estimuladas quanto a das carcaças não estimuladas.

Houve uma influência altamente significativa ($p < 0,05$; $F = 9,89$) nas amostras estimuladas eletricamente entre os valores de pH observados nos diferentes tempos de maturação mas o mesmo não foi observado em relação às as temperaturas ($p > 0,05$; $F = 0,06$). Observa-se na figura 4 valores máximos de pH, ao redor de 5,50, para ambas as temperaturas por volta dos dias 7 e 14 de maturação.

Para os cortes retirados das carcaças não estimuladas tanto o tempo ($p < 0,05$; $F = 15,32$) quanto a temperatura ($p < 0,05$; $F = 7,69$) de maturação utilizados influenciaram significativamente a variação nos valores do pH da carne. Neste caso os valores máximos de pH foram observados somente por volta do vigésimo primeiro dia de maturação, para ambas as temperaturas ao redor de 5,50 e 5,60. PUGA (1998) encontrou resultados similares em seu experimento com amostras do musculo *Triceps brachii* que apresentaram valores de pH entre 5,59 e 5,70 depois de maturadas por 21 dias na faixa de temperatura de 0-2°C.

Os valores de pH dos cortes retirados das carcaças estimuladas eletricamente durante a maturação foram significativamente menores ($p < 0,05$; $F = 6,35$) que os observados para os cortes das carcaças não estimuladas. Entretanto, apesar de significativa, a diferença destas médias foi pequena (de 5,50 nas amostras não estimuladas para 5,47 nas amostras estimuladas) não podendo, portanto, ser considerada.

Segundo THORNTON citado por PARDI (1995) a carne dos animais recentemente abatidos apresenta um pH médio variando de 6,5 a 6,8 que cai rapidamente até alcançar valores de 5,6 a 5,8 ao fim de 48 horas pós-abate elevando-se depois lentamente devido à autólise e crescimento bacteriano. De fato o que se observa na FIGURA 4, para ambas as faixas de temperatura utilizadas para a maturação da carne é a elevação

progressiva do pH até os valores máximos por volta do dia 7 para amostras estimuladas e do dia 21 para as a não estimuladas, como foi anteriormente comentado. PUGA (1998), entretanto, encontrou picos bem mais altos de pH passados 14 dias de maturação sob as temperaturas de 0-2°C (5,74 a 5,76).

BOAKYE & MITTAL (1993a) realizaram a medida do pH em amostras não estimuladas eletricamente durante diversos tempos de maturação e também constataram um aumento progressivo nos valores obtidos que variaram de 5,38 no dia de 0 de maturação até 5,53 após 16 dias de armazenamento.

5.2.2. Avaliação Instrumental da Cor

5.2.2.1 Valor L* de Hunter

A FIGURA 5 mostra o comportamento do valor L* de Hunter para os tratamentos de maturação realizados nas amostras oriundas das carcaças estimuladas e não estimuladas eletricamente.

As TABELAS 3 e 4 apresentadas no ANEXO apresentam os valores de média e desvio padrão dos valores L de Hunter obtidos no experimento. Não houve diferença significativa nos valores L de Hunter medidos nos tempos ($p>0,05$; $F=0,51$) e temperaturas ($p>0,05$; $F=0,21$) utilizados para maturar a carne oriunda das carcaças que foram estimuladas eletricamente.

pH durante a Maturação

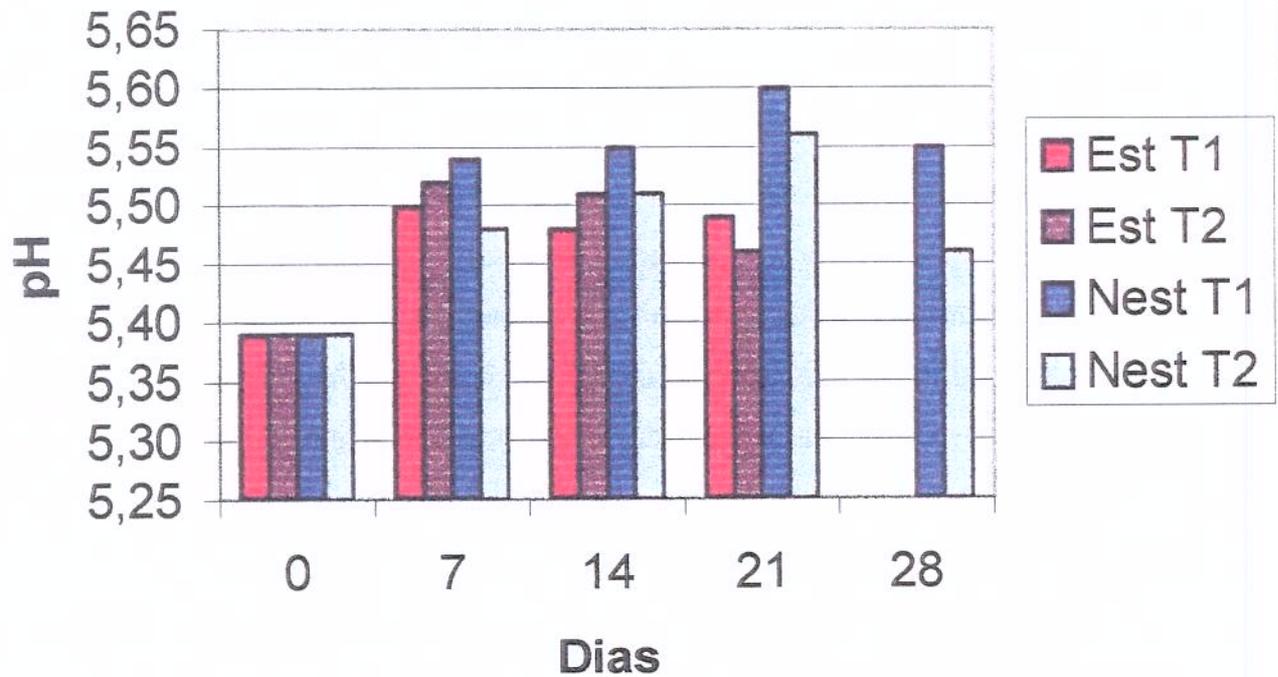


FIGURA 4 - pH durante a maturação (*L. dorsì*)

Est T1: Amostras oriundas de carcaças estimuladas eletricamente e maturadas a 0-2°C

Est T2: Amostras oriundas de carcaças estimuladas eletricamente e maturadas a 6-8°C

NEst T1: Amostras oriundas de carcaças não estimuladas eletricamente e maturadas a 0-2°C

NEst T2: Amostras oriundas de carcaças não estimuladas eletricamente e maturadas a 6-8°C

MITCHELL *et al.* (1991) encontraram um valor médio para o valor L* da carne oriunda de carcaças estimuladas de 38,5, bem maior do que os valores deste experimento que variaram de 33,42 a 36,51. LEE *et al.* (1990) também encontraram valores L* bem mais altos ao avaliar amostras de carne de *Bos taurus* maturadas por 3, 10, 24 e 38 dias ($1\pm 1^{\circ}\text{C}$), respectivamente, 49,9; 49,4; 49,6 e 47,7. Talvez estes valores possam ser explicados devido ao tipo de animal usado em cada experimento uma vez que o valor L* está relacionado ao grau de marmorização (branco) da carne e as raças européias possuem a gordura entremeada bem mais evidente do que as raças zebuínas Nelore e Guzerá. De fato, PUGA (1998) realizando um experimento com a maturação de amostras de *Triceps brachii* oriundas de animais *Bos indicus* chegaram a valores L* mais próximos daqueles apresentados nas TABELAS 3 e 4, variando de 34,17 a 37,66.

No caso das amostras oriundas das carcaças não estimuladas somente o tempo de maturação influenciou significativamente o valor L* ($p < 0,05$; $F = 4,5171$). MITCHELL *et al.* (1991) não encontraram diferenças significativas entre os valores L* medidos após 3, 10 e 21 dias de maturação a $0-1^{\circ}\text{C}$ (36,7; 39,5; e 38,6 respectivamente).

Houve, entretanto, nos resultados aqui apresentados, uma diferença significativa entre as amostras estimuladas e as amostras não estimuladas ($p < 0,05$; $F = 4,88$). A grande variação nos resultados, entretanto, não permite a realização de qualquer abordagem conclusiva no caso dos valores L* de Hunter obtidos durante todos os tratamentos de maturação. POWELL (1991), entretanto, não observou em seus resultados uma diferença significativa entre o valor L* medido em amostras estimuladas (32,2) ou não estimuladas eletricamente (30,7).

Valor L* de Hunter durante a Maturação

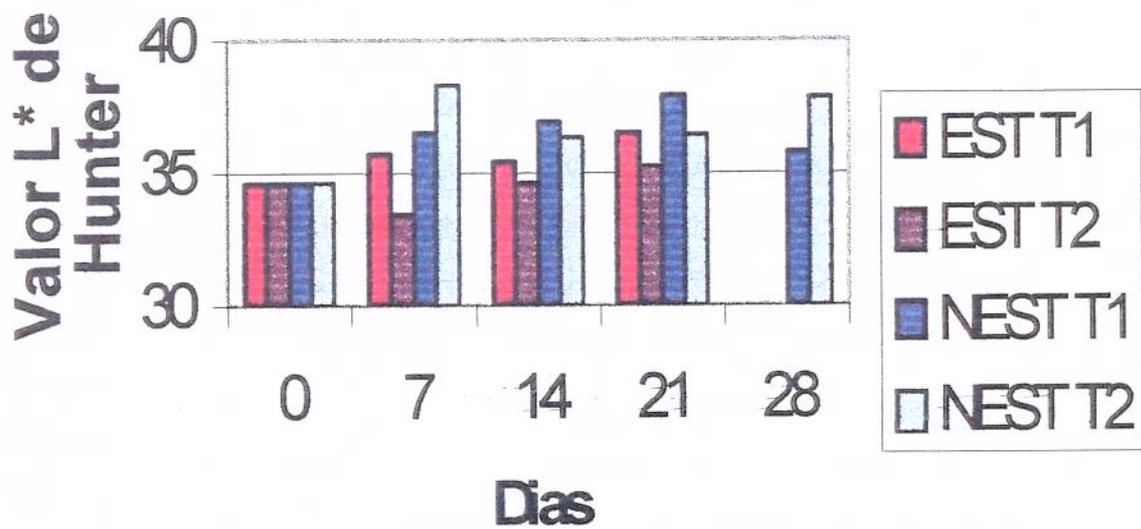


FIGURA 5 – Valor L* de Hunter durante a maturação (*L. dorsii*)

Est T1: Amostras oriundas de carcaças estimuladas eletricamente e maturadas a 0-2°C

Est T2: Amostras oriundas de carcaças estimuladas eletricamente e maturadas a 6-8°C

NEst T1: Amostras oriundas de carcaças não estimuladas eletricamente e maturadas a 0-2°C

NEst T2: Amostras oriundas de carcaças não estimuladas eletricamente e maturadas a 6-8°C

5.2.2.2. Valor a^* de Hunter

A FIGURA 6 mostra o comportamento do valor a^* de Hunter para os tratamentos de maturação realizados nas amostras oriundas das carcaças estimuladas e não estimuladas eletricamente. As TABELAS 5 e 6 apresentadas no ANEXO apresentam os valores de média e desvio padrão dos valores a^* de Hunter obtidos no experimento.

Não houve diferenças significativas entre as medidas do valor a^* realizadas nas amostras oriundas de carcaças estimuladas e não estimuladas eletricamente após os diferentes tempos e temperaturas de maturação ($p > 0,05$). MITCHELL *et al.* (1991) encontraram no seu trabalho leituras bem mais altas para o valor a^* em amostras estimuladas ou maturadas (19,70 a 21,70) do que os valores apresentados nas tabelas 5 e 6 que variaram de 15,61 a 17,30 para tratamentos de maturação realizados em amostras estimuladas ou não. Da mesma forma a variação racial pode ser a explicação para as diferenças observadas entre os experimentos, uma vez que PUGA (1998) em seu trabalho com a maturação da carne de animais *Bos indicus* encontrou valores a^* girando entre 14,88 a 17,71 que se aproximam bem mais daqueles apresentados nas tabelas 5 e 6. Em contrapartida, LEE *et al.* (1990) ao analisar amostras não estimuladas e maturadas por 3, 10, 24 e 38 ($1 \pm 1^\circ\text{C}$) encontraram valores mais baixos, variando de 7,4 a 7,9.

A estimulação elétrica também não influenciou significativamente ao nível de 5% as medidas do valor a^* ($p > 0,05$; $F = 1,64$). Esta observação está de acordo com as conclusões de POWELL (1991) que não encontrou diferenças significativas no valor a^* medido em amostras estimuladas (24,3) ou não estimuladas eletricamente (24,8).

Valor a* de Hunter durante a maturação

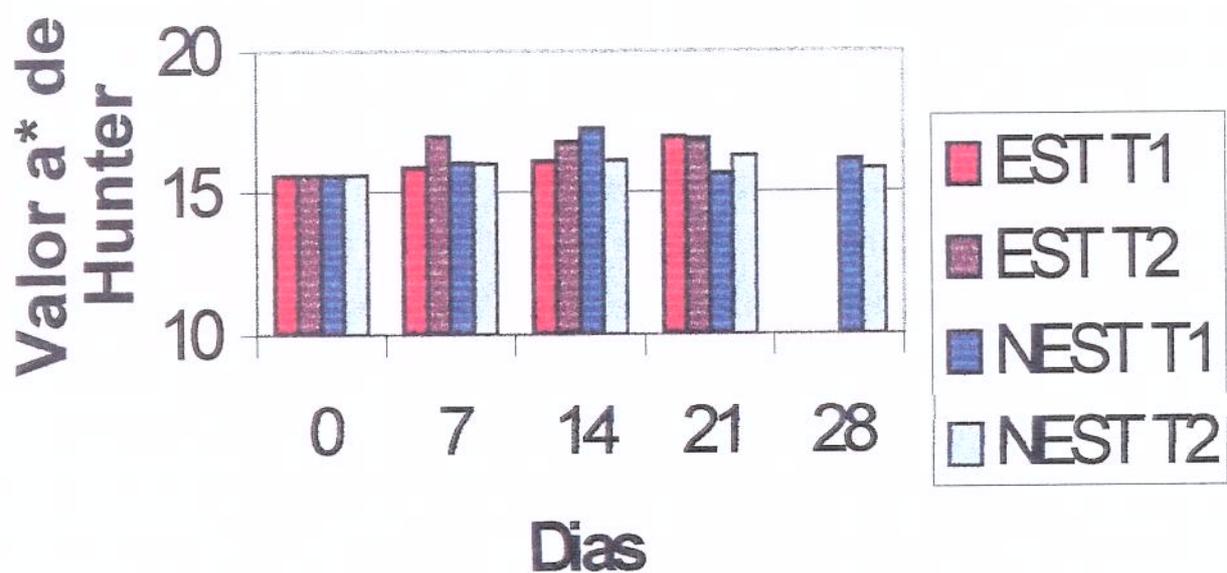


FIGURA 6 – Valor a* de Hunter durante a maturação (*L. dorsi*)

Est T1: Amostras oriundas de carcaças estimuladas eletricamente e maturadas a 0-2°C

Est T2: Amostras oriundas de carcaças estimuladas eletricamente e maturadas a 6-8°C

NEst T1: Amostras oriundas de carcaças não estimuladas eletricamente e maturadas a 0-2°C

NEst T2: Amostras oriundas de carcaças não estimuladas eletricamente e maturadas a 6-8°C

5.2.2.3. Valor b^* de Hunter

A FIGURA 7 mostra o comportamento do valor b^* de Hunter para os tratamentos de maturação realizados nas amostras oriundas das carcaças estimuladas e não estimuladas eletricamente.

As TABELAS 7 e 8 apresentadas no ANEXO apresentam os valores de média e desvio padrão dos valores b^* de Hunter obtidos no experimento.

O tempo de maturação exerceu uma influência altamente significativa sobre as leituras dos valores b^* tanto nas amostras oriundas de carcaças estimuladas ($p < 0,05$; $F = 26,77$) quanto de não estimuladas ($p < 0,05$; $F = 15,17$).

Em ambos os casos houve um comportamento similar de aumento acentuado do valor b^* medido entre os dias 0 e 7 de maturação para ambas as temperaturas. Durante o restante do período de maturação o valor b^* oscilou em torno dos extremos 5,70 e 7,23, não havendo diferença significativa entre os valores obtidos a partir da leitura de amostras estimuladas ou não estimuladas eletricamente ($p > 0,05$; $F = 0,9615$). POWELL também não encontrou diferenças significativas quanto ao valor b^* mensurado em amostras estimuladas (10,3) e não estimuladas eletricamente (9,7).

Em relação aos resultados apresentados nas tabelas 7 e 8 os valores obtidos por MITCHELL *et al.* (1991) para o valor b^* foram em geral mais altos nas leituras de amostras maturadas ou estimuladas eletricamente variando de 8,4 a 9,9. LEE *et al.* (1990) observaram uma variação de 11,7 a 12,0, para o valor b^* em amostras não estimuladas e maturadas por diversos períodos ($1 \pm 1^\circ\text{C}$). Assim como nos valores L^* e a^* as diferenças no valor b^* em relação aos experimentos citados devem estar relacionadas às diferenças de raça dos animais uma vez que PUGA (1998) trabalhando com a maturação do músculo *Triceps brachii* de animais *Bos indicus* chegou a

valores médios bem mais próximos àqueles apresentados nas tabelas 7 a 8 ($b^*=5,46$ após 14 dias de maturação a $0-2^\circ\text{C}$).

5.2.3. Avaliação Instrumental da Maciez

A FIGURA 8 mostra o comportamento do pico da força de cisalhamento (Kg) para os tratamentos de maturação realizados nos cortes oriundos das carcaças estimuladas e não estimuladas eletricamente. As TABELAS 9 e 10 apresentadas no ANEXO apresentam os valores de média e desvio padrão de força de cisalhamento obtidos no experimento.

O tempo de maturação influenciou significativamente as medidas obtidas do pico da força de cisalhamento em Kg tanto nas amostras estimuladas eletricamente ($p<0,05$; $F=12,74$) quanto nas amostras não estimuladas ($p<0,05$; $F=9,17$). Em ambos os casos o que se observa em geral é um decréscimo nos valores obtidos com o passar do tempo. Nas amostras estimuladas eletricamente os valores caíram até o dia 14 de maturação com uma tendência à estabilidade até o dia 21. Estas observações estão de acordo com aquelas reportadas por ORMENESE (1995) que observou uma influência significativa do tempo de maturação ($p<0,05$) sobre as medidas de força de cisalhamento Warner-Bratzler, sendo que para o *Longissimus dorsi* houve um decréscimo praticamente linear destes valores durante 28 dias de maturação a $0\pm 1^\circ\text{C}$.

Apesar das temperaturas utilizadas não terem exercido uma influência significativa sobre a maciez avaliada instrumentalmente nos casos das amostras estimuladas ($p>0,05$; $F=0,14$) e não estimuladas ($p>0,05$; $F=4,06$), os valores obtidos nos tratamentos sob as temperaturas de $6-8^\circ\text{C}$ foram em geral mais baixos (carne mais macia).

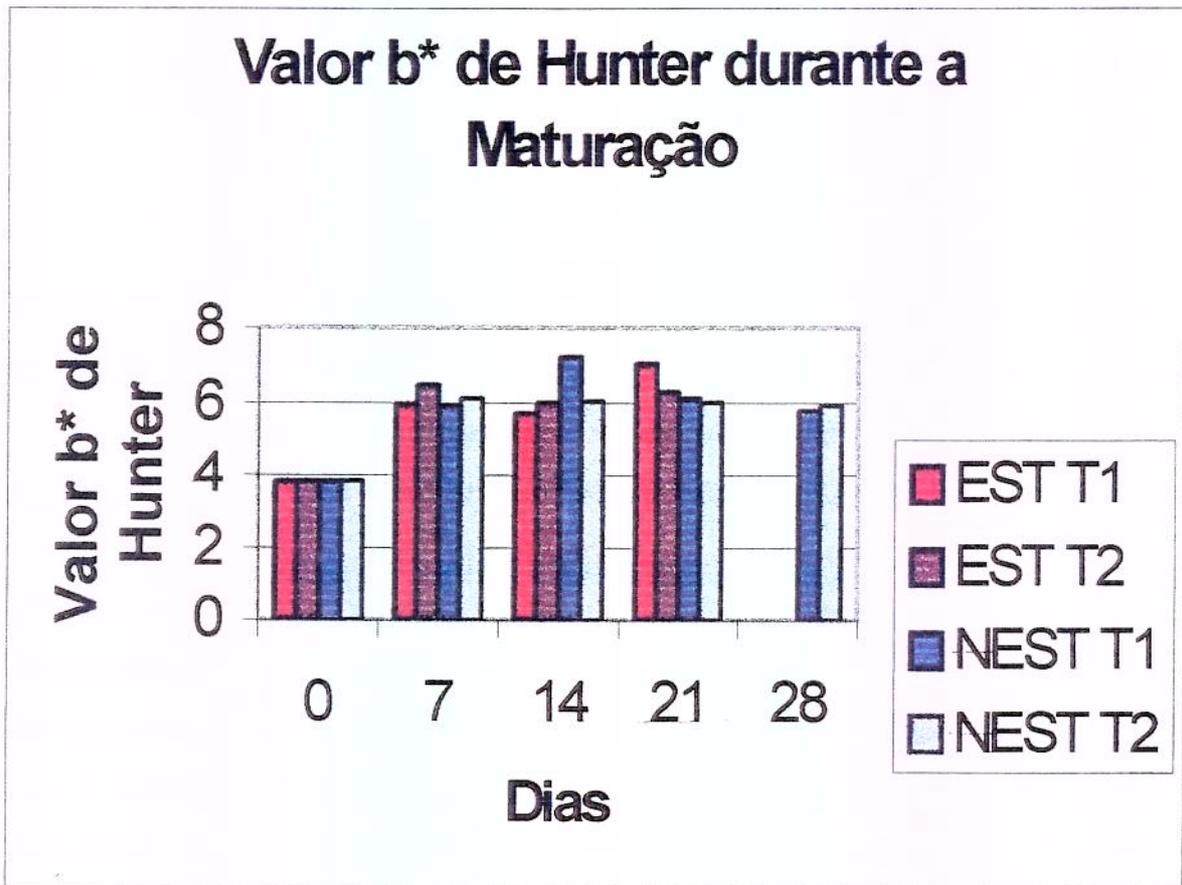


FIGURA 7 – Valor b* de Hunter durante a maturação (*L. dorsí*)

Est T1: Amostras oriundas de carcaças estimuladas eletricamente e maturadas a 0-2°C

Est T2: Amostras oriundas de carcaças estimuladas eletricamente e maturadas a 6-8°C

NEst T1: Amostras oriundas de carcaças não estimuladas eletricamente e maturadas a 0-2°C

NEst T2: Amostras oriundas de carcaças não estimuladas eletricamente e maturadas a 6-8°C

MINKS & STRINGER (1972), por outro lado, encontraram diferenças significativas ($p < 0,05$) entre os valores obtidos para a maciez avaliada pela força de cisalhamento para carnes maturadas a 0°C e $4,5^{\circ}\text{C}$ (respectivamente 6,36 lbs e 5,96 lbs). OLSSON *et al.* (1994) realizaram a maturação de cortes não estimulados a diversos tempos sob diversas temperaturas e também observaram um efeito mais pronunciado do desenvolvimento da maciez sob temperaturas mais altas de armazenamento, o que não ocorreu no experimento realizado.

MITCHELL *et al.* (1991) analisaram amostras estimuladas eletricamente mas não maturadas e obtiveram um valor médio para o pico de força de cisalhamento de 3,6 Kg; no mesmo trabalho foi observado um decréscimo na leitura do pico de força de cisalhamento de 4,4 Kg (3 dias de maturação a $0-1^{\circ}\text{C}$) para 3,2 Kg (10 dias de maturação a $0-1^{\circ}\text{C}$) em amostras não estimuladas eletricamente. Apesar de apresentar valores menores, estes resultados estão de acordo com aqueles apresentados na figura 8. De forma similar, BIDNER *et al.* (1985) encontraram uma redução no pico de força de cisalhamento de 4,3 Kg em amostras não maturadas/estimuladas para 3,5 Kg em amostras não estimuladas e maturadas por 21 dias a $1-2^{\circ}\text{C}$. Estes resultados estão de acordo com aqueles reportados por BOUTON *et al.* (1973) que encontraram uma redução de 11,2 Kg para 6,04 Kg após um tratamento de maturação de 21 dias a 2°C (amostras não estimuladas eletricamente). Sob as mesmas condições FIELD *et al.* (1971) mencionam uma redução na leitura do pico de força de cisalhamento de 11,31 Kg (2 dias de maturação) para 7,13 Kg (21 dias de maturação). Outros autores reportam a queda nas leituras da maciez avaliada instrumentalmente com o passar do tempo de armazenagem da carne (MINKS & STRINGER, 1972; HOPKINSON *et al.*, 1985; LANARI *et al.*, 1987; JOHNSON *et al.*, 1990; LEE *et al.*, 1990; HUFF & PARRISH JR, 1993)

No presente trabalho é interessante notar que as amostras oriundas de carcaças estimuladas eletricamente tiveram um desenvolvimento muito mais rápido na maciez (em média 4,12 Kg após 7 dias de maturação) do que as amostras oriundas de carcaças não estimuladas (em média 4,12 Kg após 21 dias de maturação); houve uma diferença significativa entre os valores obtidos das carcaças estimuladas e das carcaças não estimuladas ($p < 0,05$; $F = 10,24$). HOPKINSON *et al.* (1985) pesquisaram a combinação da maturação (14 dias a 2°C) com a estimulação elétrica e também constataram a eficiência deste tratamento conjugado (controle= 10,37Kg ; estimulação= 8,41Kg; estimulação + maturação= 6,17 Kg). KOOHMARAIE *et al.* (1989) chegaram a conclusões similares constatando em seu experimento uma redução, em carcaças estimuladas, de 8,62 Kg (1 dia de maturação a 1-2°C) para 5,45 Kg (6 dias de maturação a 1-2°C) contra uma redução em amostras não estimuladas de 10,32 Kg para 8,64 Kg, no mesmo período. Outros trabalhos reafirmam o potencial de aceleração no processo de desenvolvimento da maciez proporcionado pelo uso da estimulação elétrica constatado pelos resultados apresentados na figura 8 (MARTIN *et al.*, 1983; KOOHMARAIE *et al.*, 1990; POWELL, 1991; SAVELL *et al.*, 1978). HERTZMAN *et al.* (1993) e OLSSON *et al.* (1994), entretanto, não encontraram diferenças significativas ($p > 0,05$) na força de cisalhamento mensurada em amostras estimuladas e não estimuladas eletricamente.

Apesar do desenvolvimento mais rápido da maciez, após 21 dias de maturação tanto as amostras estimuladas quanto as não estimuladas possuíram picos de força de cisalhamento similares para ambas as temperaturas utilizadas (em torno de 4 Kg). BIDNER *et al.* (1985) encontraram resultados similares: amostras estimuladas eletricamente e maturadas por 21 dias a 1-2°C tiveram uma medida de maciez de 3,6 Kg

contra 3,8 Kg de amostras não estimuladas e maturadas sob as mesmas condições.

BABIKER & LAWRIE (1983) atribuem o desenvolvimento acelerado da maciez em cortes estimulados eletricamente a uma queda mais pronunciada no pH *postmortem*, o que propiciaria as alterações observadas durante o processo de maturação da carne bovina. Esta observação está de acordo com os resultados obtidos no presente trabalho uma vez que houve uma queda mais brusca nos valores de pH para as amostras estimuladas eletricamente (figuras 1, 2 e 3) e estas amostras também desenvolveram mais rapidamente a maciez como pode ser constatado na figura 8.

Baseado nos dados obtidos e nas informações de diversos autores é possível afirmar que a estimulação elétrica possui, sem dúvida, um efeito potencializador sinérgico no processo de maturação acelerando o desenvolvimento da maciez desejada em cerca de duas semanas, mesmo nas condições normalmente utilizadas para a obtenção da carne bovina no Brasil.

5.2.4. Perda de Peso

5.2.4.1. Perda de Peso na Maturação (PPMat)

A FIGURA 9 mostra o percentual de perda de peso durante a estocagem observado nos cortes para os tratamentos de maturação realizados nas amostras oriundas das carcaças estimuladas e não estimuladas eletricamente. As TABELAS 11 e 12 apresentadas no ANEXO apresentam os valores de média e desvio padrão da PPMat (%) obtidos no experimento

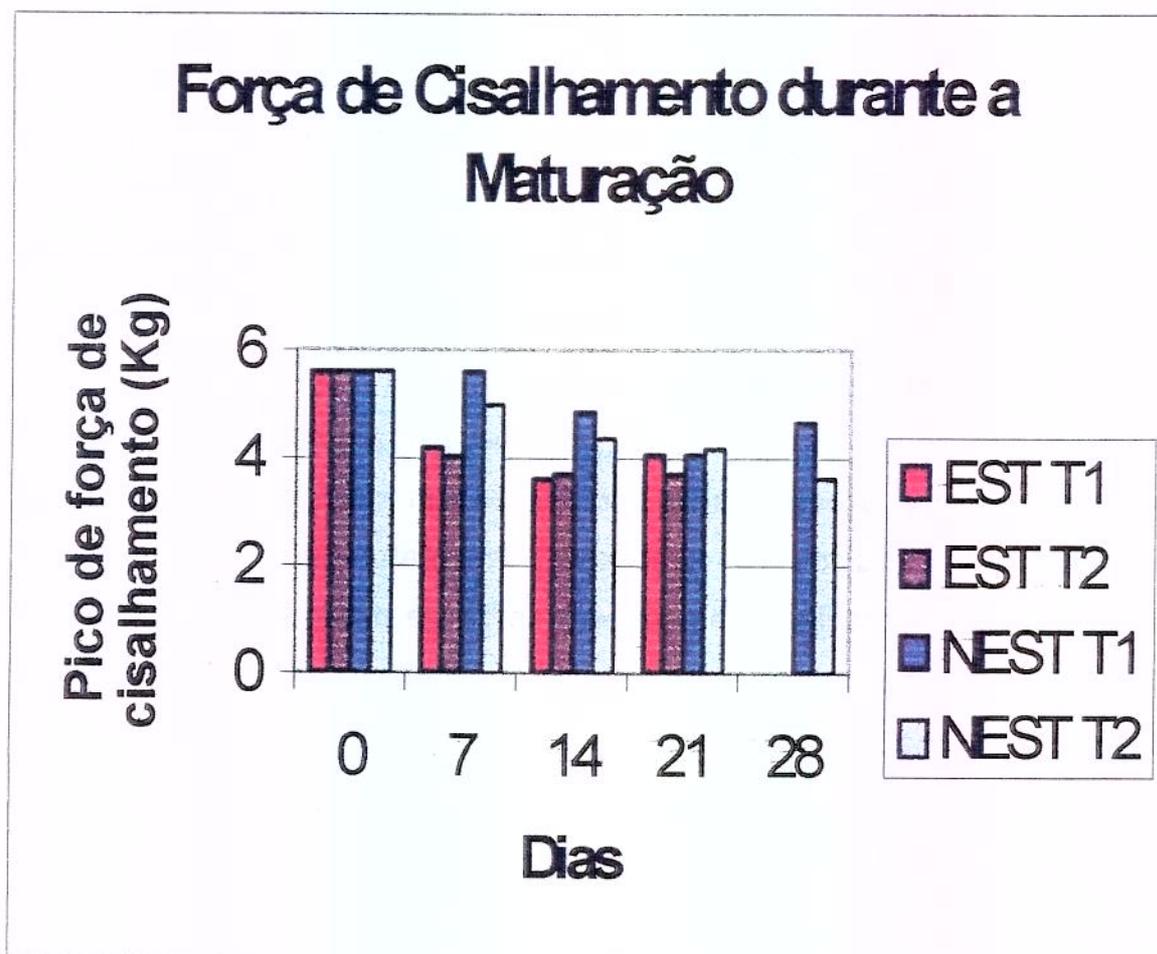


FIGURA 8 – Força de Cisalhamento durante a maturação (*L. dorsì*)

Est T1: Amostras oriundas de carcaças estimuladas eletricamente e maturadas a 0-2°C

Est T2: Amostras oriundas de carcaças estimuladas eletricamente e maturadas a 6-8°C

NEst T1: Amostras oriundas de carcaças não estimuladas eletricamente e maturadas a 0-2°C

NEst T2: Amostras oriundas de carcaças não estimuladas eletricamente e maturadas a 6-8°C

Os diferentes tempos de maturação apresentaram percentuais de perda significativamente diferentes nas amostras estimuladas ($p < 0,05$; $F = 18,47$). e não estimuladas eletricamente ($p < 0,05$; $F = 90,54$) Houve, entretanto, uma elevação mais brusca no percentual de perda entre os dias 0 e 7 de maturação para as amostras oriundas de carcaças estimuladas eletricamente do que para as amostras oriundas de carcaças não estimuladas que observaram uma elevação similar somente após 14 dias de maturação. PASSOS (1991) também observou um aumento progressivo da perda de peso em amostras de *Longissimus dorsi* embaladas a vácuo e armazenadas por até 60 dias em uma faixa de temperatura de 0-2°C. MINKS & STRINGER (1972) concluíram que tanto o tempo quanto a temperatura de maturação possuem influência significativa ($p < 0,05$) sobre as perdas observadas durante a maturação. Para os resultados apresentados nas tabelas 11 e 12, entretanto as diferentes temperaturas de maturação não resultaram em diferenças significativas ($p > 0,05$).

O tratamento de estimulação elétrica não criou diferenças significativas ($p > 0,05$; $F = 0,87$) entre os percentuais de perda na maturação obtidos.

GUTOWSKI *et al.* (1979) encontraram valores de perda de peso na maturação maiores do que aqueles apresentados nas tabelas 11 e 12; os autores encontraram variação de perda no armazenamento de 6,3% a 8,3%, após a maturação de amostras não estimuladas por diversos tempos.

5.2.4.2. Perda de Peso no Degelo (PPDeg)

A FIGURA 10 mostra o comportamento do percentual de perda de peso no degelo (PPDeg) observado nos cortes para os tratamentos de maturação realizados nas amostras oriundas das carcaças estimuladas e não estimuladas eletricamente. As TABELAS 13 e 14 apresentadas no ANEXO

apresentam os valores de média e desvio padrão da PPDeg (%) obtidos no experimento.

Somente o efeito tempo de maturação resultou em diferenças significativas para os valores de PPDeg obtidos nas amostras estimuladas ($p < 0,05$; $F = 11,91$) e não estimuladas eletricamente ($p < 0,05$; $F = 3,61$).

Foi constatado um pico de perda no dia 14 de maturação para as carcaças estimuladas e no dia 21 de maturação para as carcaças não estimuladas eletricamente. É interessante notar que os picos de perda no degelo (acima de 2%) só vieram ocorrer após as amostras atingirem um certo nível de perda no armazenamento (por volta de 4%) para todos os tratamentos de maturação realizados. MITCHELL *et al.* (1991) maturando amostras não estimuladas eletricamente a 0-1°C durante 3, 10 e 21 também encontraram um pico perda de peso no degelo (PPDeg); neste caso os valores encontrados foram, respectivamente, 1,5%, 2,6% e 0,8%. Como será discutido adiante, muito provavelmente estes picos de PPDeg estão relacionados à uma perda de suculência na avaliação de provadores treinados.

As amostras oriundas de carcaças estimuladas eletricamente não apresentaram medidas de PPDeg significativamente diferentes das amostras oriundas de carcaças não estimuladas ($p > 0,05$; $F = 1,90$). Esta observação está de acordo com os resultados descritos por SAVELL (1978) que, entretanto, encontrou uma diferença significativa na PPdeg mensurada em amostras estimuladas eletricamente e maturadas por 7 (4,1%) e 21 dias (2,6%).

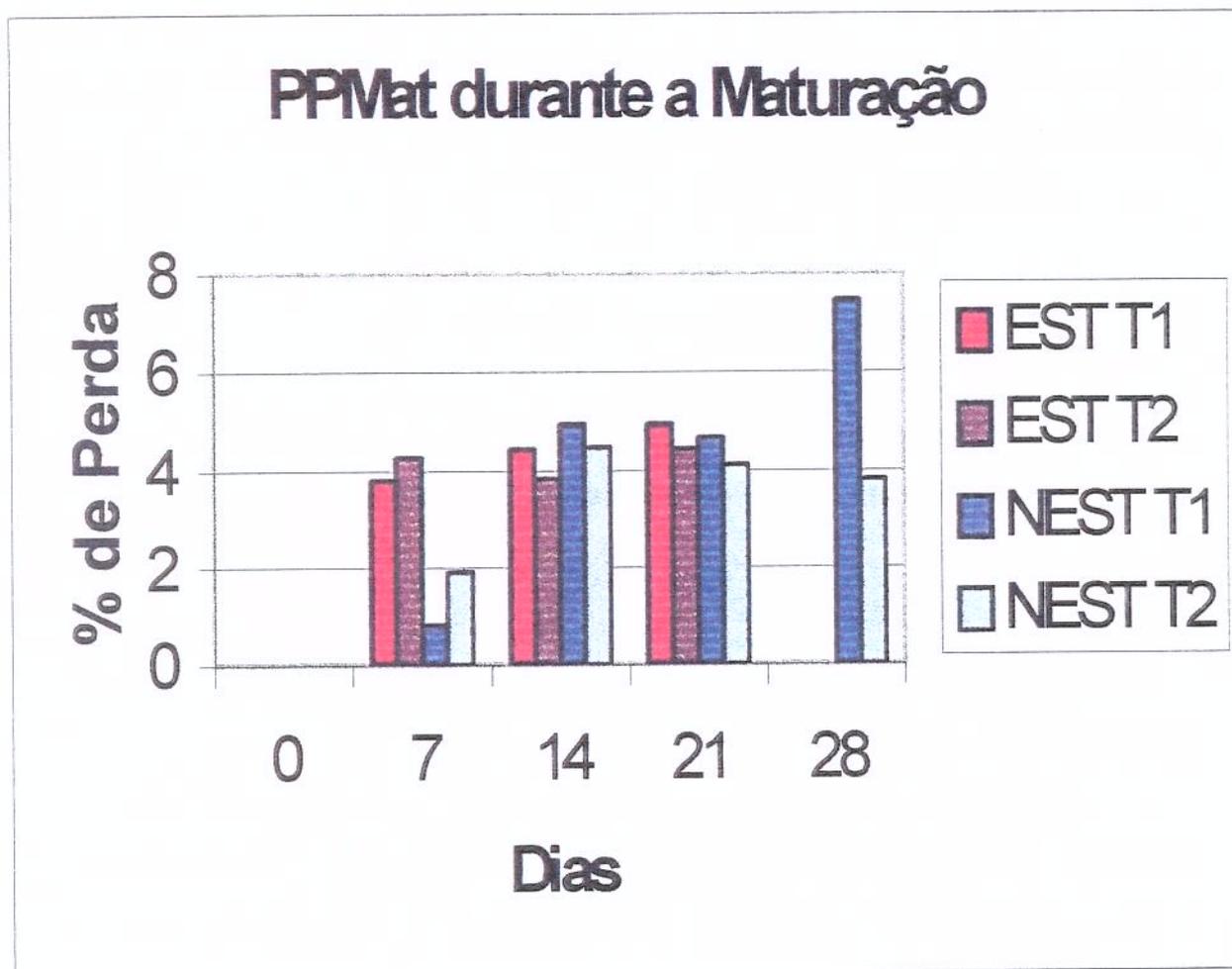


FIGURA 9 – PPMat durante a maturação (*L. dorsi*)

Est T1: Amostras oriundas de carcaças estimuladas eletricamente e maturadas a 0-2°C

Est T2: Amostras oriundas de carcaças estimuladas eletricamente e maturadas a 6-8°C

NEst T1: Amostras oriundas de carcaças não estimuladas eletricamente e maturadas a 0-2°C

NEst T2: Amostras oriundas de carcaças não estimuladas eletricamente e maturadas a 6-8°C

SEIDEMAN *et al.* (1978), por sua vez, encontraram uma elevação significativa no percentual de PPDeg observado 24 horas *postmortem* (0,89%) e após 7 dias de maturação (2,38%) em amostras não estimuladas e armazenadas a 2°C.

5.2.4.3. Perda de Peso no Cozimento (PPCoz)

O FIGURA 11 mostra o comportamento do percentual de perda de peso no cozimento (PPCoz) observado nos cortes para os tratamentos de maturação realizados nas amostras oriundas das carcaças estimuladas e não estimuladas eletricamente.

As TABELAS 15 e 16 apresentadas no ANEXO apresentam os valores de média e desvio padrão da PPCoz (%) obtidos no experimento.

Os tratamentos utilizando diferentes tempos e temperaturas de maturação não afetaram significativamente as medidas da PPCoz tanto nas amostras oriundas de carcaças estimuladas eletricamente quanto nas oriundas de carcaças não estimuladas ($p>0,05$).

Não houveram, ainda, diferenças significativas ($p>0,05$; $F=1,19$) entre as amostras estimuladas e não estimuladas no que se refere ao percentual de perda durante o cozimento.

Os resultados estão de acordo com aqueles reportados por MITCHELL *et al.* (1991) que não encontraram diferenças significativas nos percentuais de PPCoz entre amostras não estimuladas e maturadas por 3, 10 e 21 dias; neste caso os valores de perda foram, respectivamente, 32,5%, 31,8% e 30,5%.

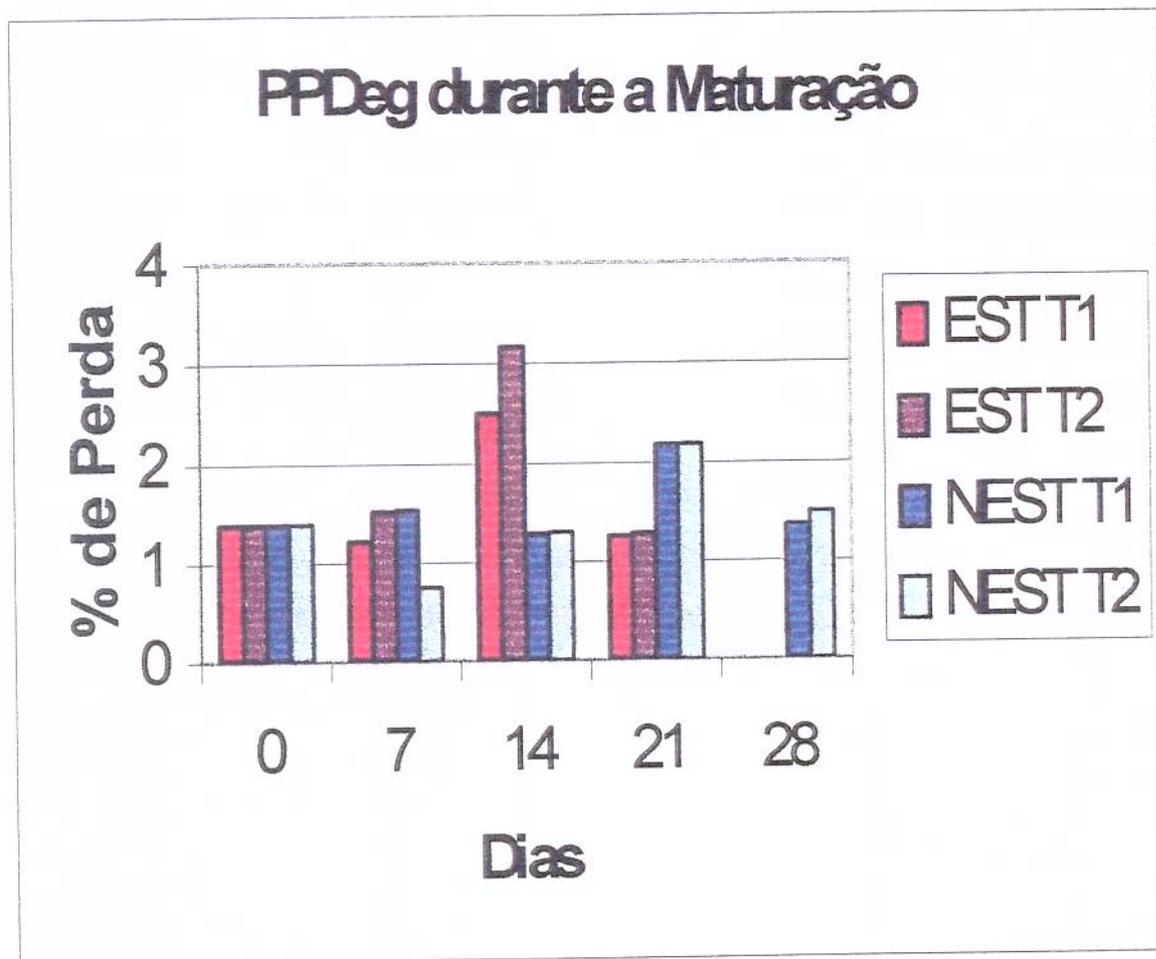


FIGURA 10 – PPDeg durante a maturação (*L.dorsi*)

Est T1: Amostras oriundas de carcaças estimuladas eletricamente e maturadas a 0-2°C
 Est T2: Amostras oriundas de carcaças estimuladas eletricamente e maturadas a 6-8°C
 NEst T1: Amostras oriundas de carcaças não estimuladas eletricamente e maturadas a 0-2°C
 NEst T2: Amostras oriundas de carcaças não estimuladas eletricamente e maturadas a 6-8°C

BOAKYE & MITTAL (1993a) encontraram uma variação no percentual de PPCoz obtido na análise de amostras não estimuladas eletricamente de 26,5% (não maturada) a 28,9% (16 dias de maturação a 2°C). GUTOWSKI *et al.* (1979) encontraram perdas no cozimento variando de 22,5% a 24,7% em amostras não estimuladas eletricamente e maturadas por 21 dias na faixa de 0-1°C. HOPKINSON *et al.* (1985) constataram uma redução na PPCoz de 24,53% (amostras não maturadas) para 20,56% (amostras maturadas por 14 dias a 2°C). SAVELL *et al.* (1978) encontraram diferenças significativas ($p < 0,05$) nas medidas de PPCoz de amostras estimuladas eletricamente e maturadas por 7 (29,5%) e 21 dias (26,1%) a 2°C.

5.2.5. Análise Sensorial

5.2.5.1. Maciez

A FIGURA 12 mostra os resultados da maciez avaliada sensorialmente observada nos cortes para os tratamentos de maturação realizados nas amostras oriundas das carcaças estimuladas e não estimuladas eletricamente. As TABELAS 17 e 18 apresentadas no ANEXO apresentam os valores de média e desvio padrão da maciez avaliada sensorialmente obtidos no experimento.

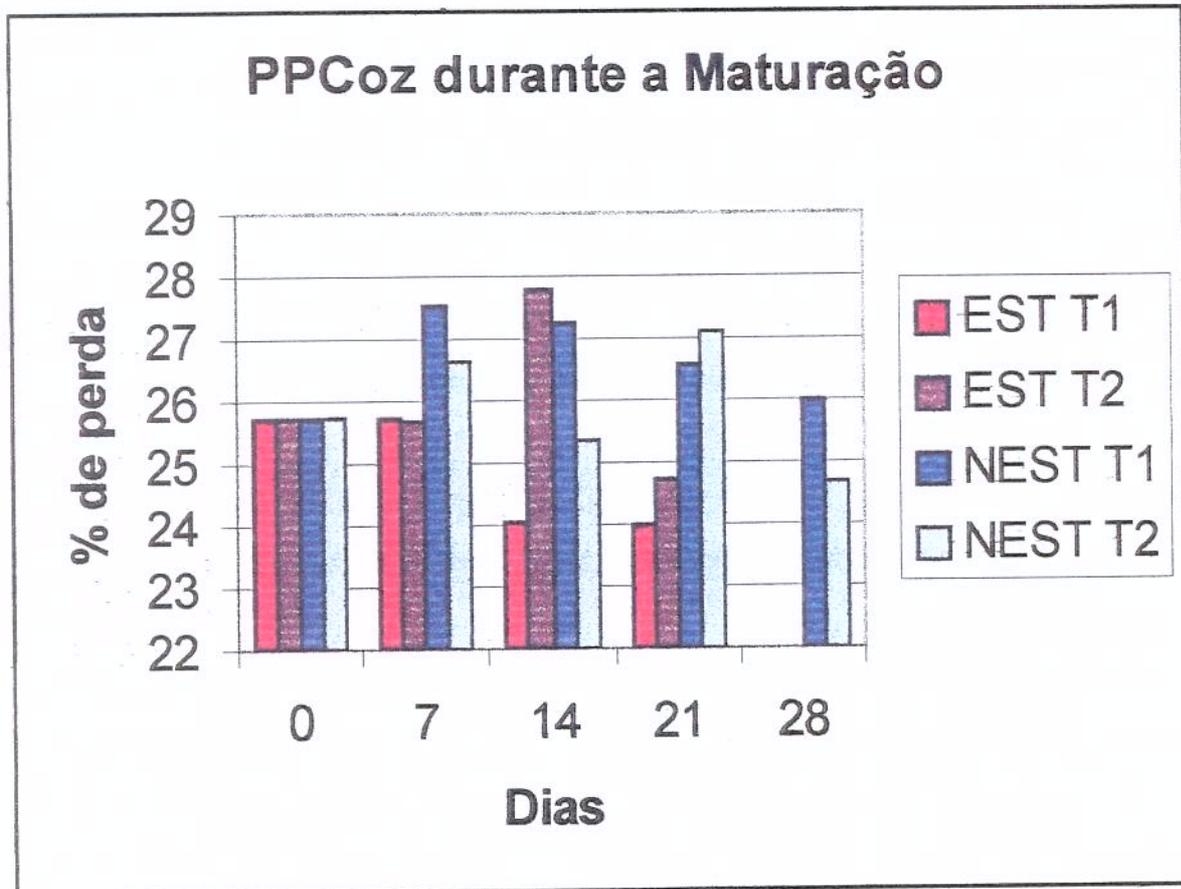


FIGURA 11 – PPCoz durante a maturação (*L. dorsi*)

Est T1: Amostras oriundas de carcaças estimuladas eletricamente e maturadas a 0-2°C
 Est T2: Amostras oriundas de carcaças estimuladas eletricamente e maturadas a 6-8°C
 NEst T1: Amostras oriundas de carcaças não estimuladas eletricamente e maturadas a 0-2°C
 NEst T2: Amostras oriundas de carcaças não estimuladas eletricamente e maturadas a 6-8°C

Nas amostras oriundas das carcaças que foram estimuladas eletricamente somente o tempo de maturação influenciou significativamente ($p < 0,05$; $F = 3,57$) a maciez avaliada sensorialmente. Neste caso o que se observa é uma pequena queda na pontuação conferida para as amostras em ambas as temperaturas no dia 14 ($T_1 = 6,24$ e $T_2 = 6,08$) de maturação, quando o esperado seria uma elevação progressiva nesta mesma pontuação com o passar do tempo. Talvez possa haver uma relação entre esta observação e o pico de PPDeg aos 14 dias analisado para as amostras oriundas das carcaças estimuladas eletricamente anteriormente comentado ($T_1 = 2,51\%$ e $T_2 = 3,18$). O pico de PPDeg teria causado uma perda na suculência causando uma interferência junto aos provadores na avaliação do atributo maciez.

Nas amostras oriundas de carcaças não estimuladas eletricamente tanto o tempo de maturação ($p < 0,05$; $F = 4,79$) quanto a temperatura ($p < 0,05$; $F = 15,81$) afetaram significativamente o grau de maciez avaliado pelos provadores. O que se observa, em geral é uma evolução progressiva da maciez com o passar do tempo além de um desenvolvimento mais pronunciado nas amostras maturadas sob temperaturas mais altas ($6-8^\circ\text{C}$). ORMENESE (1995), entretanto, não encontrou influência significativas do processo de maturação de amostras de *Longissimus dorsi* no que se refere à análise sensorial dos atributos maciez e mastigabilidade, atribuindo esta ocorrência, entretanto, a circunstâncias particulares de amostragem no experimento.

É interessante notar que, enquanto na análise instrumental da maciez (Tabelas 9 e 10) as amostras estimuladas em ambas as temperaturas foram consideradas em geral mais macias (menor pico de força de cisalhamento), os provadores atribuíram às amostras não estimuladas e maturadas sob temperaturas mais elevadas ($6-8^\circ\text{C}$) os maiores índices do painel de análise

sensorial, conforme se observa nas Tabelas 17 e 18 (28 dias/ $T_2 = 8,35$). Por outro lado, PUGA (1998) observou que amostras de *Triceps brachii* estimuladas eletricamente, mesmo não maturadas, desenvolveram um padrão de maciez mais acentuado que amostras maturadas por 14 dias a $0-2^\circ\text{C}$, na opinião de provadores treinados.

MITCHELL *et al.* (1991) também observaram um desenvolvimento progressivo da maciez com o passar do tempo em amostras não estimuladas eletricamente e maturadas por 3 (pontuação de 5,1), 10 (pontuação de 6,1) e 21 dias (pontuação de 6,4). BIDNER *et al.* (1985) constataram, através de análise sensorial, uma elevação no grau de pontuação conferido ao atributo maciez de 5,3 (amostra não maturada) para 5,9 após 21 dias de maturação a $1-2^\circ\text{C}$. Estes resultados estão de acordo com aqueles descritos por BOUTON *et al.* (1973). FIELD *et al.* (1971) também reportam uma melhora significativa ($p < 0,05$) na maciez avaliada sensorialmente com uma elevação na pontuação conferida pelo painel de 5,12 (2 dias de maturação) para 6,54 (21 dias de maturação). LEE *et al.* (1990) constataram uma elevação progressiva na pontuação conferida ao atributo maciez até 38 dias de maturação a $1 \pm 1^\circ\text{C}$ na análise de amostras oriundas de carcaças não estimuladas eletricamente. SEIDEMAN *et al.* (1988), entretanto, encontraram valores idênticos para a pontuação conferida ao atributo maciez em amostras maturadas por 1 e 7 dias a temperatura de 2°C .

MINKS & STRINGER (1972) constataram a influência significativa ($p < 0,05$) do tempo (7 e 15 dias) e temperatura (0°C e $4,5^\circ\text{C}$) de maturação sobre o desenvolvimento da maciez avaliada sensorialmente em cortes cárneos. OLSSON *et al.* (1994) realizaram a maturação de amostras não estimuladas por 15 dias sob as temperaturas de 1, 4, 7 e 10°C e verificaram maiores escores de maciez na avaliação sensorial de acordo com a

elevação da temperatura utilizada no armazenamento (2,7; 4,2; 4,9 e 5,2, respectivamente).

BIDNER *et al.* (1985) não encontraram diferenças significativas ($p>0,05$) na análise sensorial de maciez realizada com amostras estimuladas e não estimuladas eletricamente, ambas maturadas por 21 dias a 1-2°C. Estes resultados estão de acordo com aqueles reportados por HERTZMAN *et al.* (1993) que atribuíram uma pontuação de 3,8 para amostras não estimuladas eletricamente e maturadas por 14 dias contra uma pontuação de 3,7 para amostras estimuladas e maturadas pelo mesmo período. MARTIN *et al.* (1983), por outro lado, descrevem um efeito benéfico notável no uso da estimulação elétrica combinada à maturação quando da avaliação sensorial da maciez; neste caso houve um aumento no escore nas amostras estimuladas de 3,93 (24 horas *postmortem*) para 4,50 (6 dias *postmortem*) em contrapartida às amostras controle que observaram uma elevação no mesmo período de 2,60 para 3,56. SAVELL *et al.* (1978) e POWELL (1991) também atribuíram à estimulação elétrica um efeito notável no desenvolvimento da maciez avaliada sensorialmente em cortes cárneos.

5.2.5.2. Suculência

A FIGURA 13 mostra o comportamento da suculência avaliada sensorialmente observada nos cortes para os tratamentos de maturação realizados nas amostras oriundas das carcaças estimuladas e não estimuladas eletricamente. As TABELAS 19 e 20 apresentadas no ANEXO apresentam os valores de média e desvio padrão da suculência avaliada sensorialmente obtidos no experimento.

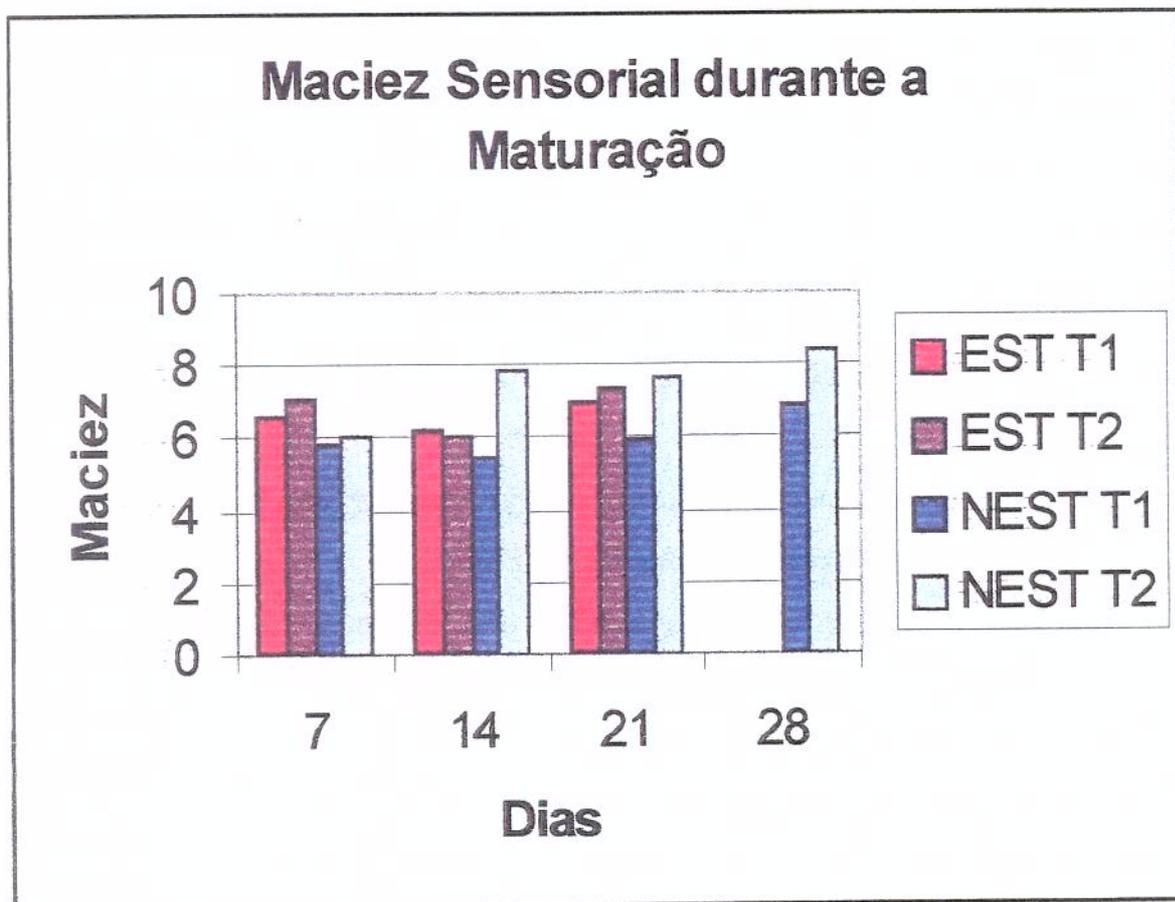


FIGURA 12 – Maciez Sensorial durante a maturação (*L. dorsi*)

Est T1: Amostras oriundas de carcaças estimuladas eletricamente e maturadas a 0-2°C
 Est T2: Amostras oriundas de carcaças estimuladas eletricamente e maturadas a 6-8°C
 NEst T1: Amostras oriundas de carcaças não estimuladas eletricamente e maturadas a 0-2°C
 NEst T2: Amostras oriundas de carcaças não estimuladas eletricamente e maturadas a 6-8°C
 Na escala 0 corresponde a DURA e 10 a EXTREMAMENTE MACIA

Segundo os provadores não houve influência significativa dos tratamentos em diferentes tempos ($p>0,05$; $F=0,42$) e temperaturas ($p>0,05$; $F=2,70$) de maturação para o atributo suculência nas amostras oriundas de carcaças estimuladas eletricamente. Neste caso, em ambas as faixas de temperatura se observa um decréscimo na pontuação do atributo suculência sensorial no dia 14 de maturação. Tal fato reforça a hipótese que uma perda de suco, provavelmente caracterizada pelos picos de PPDeg apresentados na figura 10, tenha exercido uma influência direta sobre os provadores na análise de maciez da carne, como já foi oportunamente discutido.

Outra observação interessante é que as pontuações, no caso das amostras estimuladas, foram invariavelmente maiores para as amostras maturadas sob temperaturas mais baixas (0-2°C).

No caso das amostras não estimuladas eletricamente também não foi observada nenhuma influência significativa do tempo ($p>0,05$; $F=1,94$) ou temperatura ($p>0,05$ $F=0,01$) de maturação sobre a avaliação do atributo suculência por parte dos provadores. Estes resultados estão de acordo com aqueles observados por PUGA (1998) em experimento realizado com amostras de *Triceps brachii* provenientes do abate de animais *Bos indicus*.

Da mesma forma que ocorreu com as amostras oriundas de carcaças estimuladas eletricamente houve um aqui um decréscimo na pontuação atribuída à suculência pelos provadores, agora no dia 21 de maturação. Esta observação reforça a hipótese que uma perda de suco ocorrida no degelo (pico de PPDeg aos 21 dias para amostras não estimuladas) tenha exercido uma influência direta sobre a avaliação sensorial da suculência realizada pelo painel. MITCHELL *et al.*(1991) encontraram resultados similares em seus experimentos onde maturaram amostras de carne maturada não estimulada apresentou maior PPDeg no décimo dia de maturação (2,6%) que correspondeu a uma queda na pontuação conferida para suculência avaliada sensorialmente (4,2) na mesma época. SAVELL *et*

al. (1978) também encontraram uma notável relação entre a PPDeg e a pontuação conferida à avaliação sensorial da suculência nas amostras estimuladas eletricamente e tratadas com maturação por 7 e 21 dias a 2°C.

Os resultados apresentados nas tabelas 19 e 20 estão de acordo com aqueles reportados por BIDNER *et al.* (1985) que em seu painel de análise obtiveram uma pontuação para o atributo suculência de 5,3 para amostras não estimuladas e não maturadas e de 5,2 para amostras não estimuladas e maturadas por 21 dias a 1-2°C. De maneira similar, HERTZMAN *et al.* (1993) encontraram pontuações idênticas para o atributo suculência em amostras estimuladas ou não estimuladas eletricamente, ambas maturadas por 14 dias a 4°C. SEIDEMAN *et al.* (1988) encontraram uma variação no escore de suculência de 5,4 (1 dia de maturação a 2°C) para 5,2 (7 dias de maturação a 2°C). POWELL (1991) encontrou uma pequena, mas significativa diferença ($p < 0,05$) entre amostras estimuladas (escore de 13,79) e não estimuladas eletricamente (escore de 11,43). SAVELL *et al.* (1978), avaliando sensorialmente a suculência em cortes estimulados e não estimulados eletricamente, encontraram uma pontuação de 4,4 para amostras estimuladas e maturadas por 21 dias a 2°C contra 4,7 para amostras não estimuladas e maturadas sob as mesmas condições.

Segundo LEE *et al.* (1990) a maturação de amostras por 3, 10, 24 ou 38 dias ($1 \pm 1^\circ\text{C}$) não exerceu influência sobre a avaliação da suculência por parte do painel de análise sensorial designado. Estes resultados estão de acordo com os reportados por MINKS & STRINGER (1972), que, além do tempo de maturação, constataram que também a temperatura não exerceu qualquer influência sobre a avaliação dos provadores em relação ao atributo suculência (escore de 4,99 para amostras maturadas a 0°C e de 5,05 para amostras maturadas a 4,5°C). Para amostras não estimuladas e maturadas por 15 dias sob as temperaturas de 1, 4, 7 e 10°C, OLSSON *et al.* (1994)

observaram os escores respectivos de 3,9; 3,2; 3,6 e 4,0 para o atributo suculência avaliado sensorialmente.

5.2.5.3. Sabor Característico de Maturada

O FIGURA 14 mostra o comportamento do sabor característico de carne maturada avaliado sensorialmente nos cortes para os tratamentos de maturação realizados nas amostras oriundas das carcaças estimuladas e não estimuladas eletricamente. As TABELAS 21 e 22 apresentadas no ANEXO apresentam os valores de média e desvio padrão do sabor característico avaliado sensorialmente obtidos no experimento.

No caso das amostras estimuladas eletricamente não houve influência significativa do tempo ($p>0,05$; $F=0,05$) ou temperatura ($p>0,05$; $F=0,78$) de maturação sobre a avaliação sensorial do atributo sabor característico de maturada por parte dos provadores. HERTZMAN *et al.* (1993) também não encontraram diferenças significativas ($p>0,05$) entre amostras maturadas e não maturadas quanto à avaliação do atributo sabor.

Já no caso das amostras não estimuladas o tempo de maturação exerceu uma influência altamente significativa sobre a avaliação do atributo sabor característico de maturada ($p<0,05$; $F=3,56$). A temperatura não exerceu uma influência significativa sobre o atributo sabor ($p>0,05$; $F=3,00$). No caso das amostras maturadas à temperatura de 0-2°C houve um aumento progressivo da pontuação com o passar do tempo, sendo que a pontuação conferida aos 28 dias (7,95) foi a maior de todo o painel (inclusive em relação às amostras estimuladas eletricamente). Por outro lado nas amostras maturadas à temperatura de 6-8°C o que se observou foi um aumento na pontuação somente até 14 dias de maturação, seguido de uma pequena queda no dia 21 e de uma queda brusca aos 28 dias de maturação.

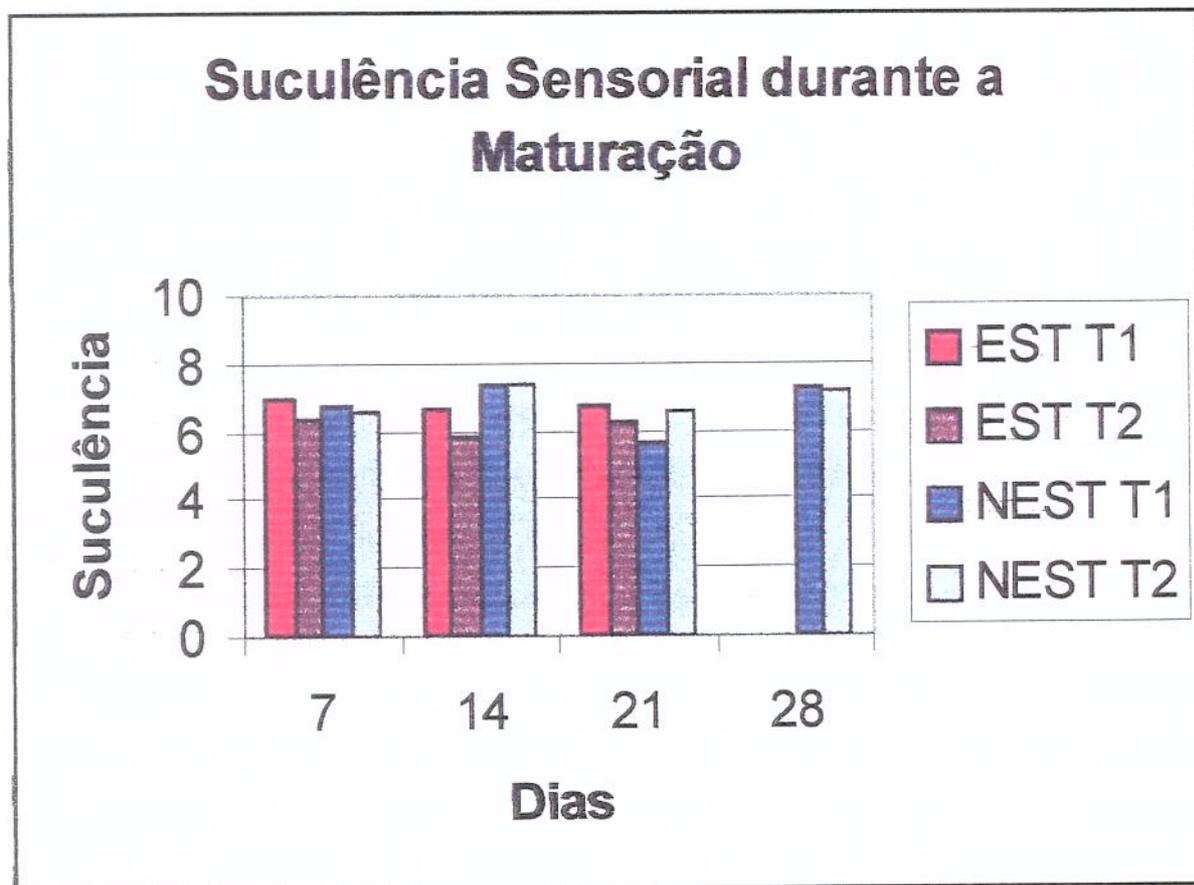


FIGURA 13 – Suculência Sensorial durante a maturação (*L. dorsi*)

Est T1: Amostras oriundas de carcaças estimuladas eletricamente e maturadas a 0-2°C
 Est T2: Amostras oriundas de carcaças estimuladas eletricamente e maturadas a 6-8°C
 NEst T1: Amostras oriundas de carcaças não estimuladas eletricamente e maturadas a 0-2°C
 NEst T2: Amostras oriundas de carcaças não estimuladas eletricamente e maturadas a 6-8°C
 Na escala 0 corresponde a SECA e 10 a SUCULENTA

De fato a pontuação conferida após 28 dias de armazenagem das amostras não estimuladas e maturadas à temperaturas de 6-8°C foi a menor de todo o painel de análise sensorial (3,16). Esta carne foi considerada imprópria para o consumo pela totalidade dos provadores, que segundo sua avaliação foi descrita como “rançosa”, “insuportável”, “deteriorada”, “velha” e “horível”. Conclue-se, portanto, que apesar deste tratamento ter resultado no maior índice de maciez na avaliação dos próprios provadores (8,35) e também o menor valor para o pico de força de cisalhamento, a rejeição às amostras obtidas aparece como fator limitante para a extensão do processo de maturação a períodos tão longos e sob temperaturas tão altas. LEE *et al.* (1990), entretanto, não encontraram diferenças significativas ($p>0,05$) na pontuação conferida ao atributo sabor após a maturação de amostras por 3, 10, 24 e 38 dias ($1\pm 1^\circ\text{C}$).

COPPOCK & MACLEOD (1977) realizaram a maturação de amostras não estimuladas eletricamente por 0,2, 3 e 4 semanas à 0,6-3,3°C e concluíram que a concentração de voláteis orgânicos aumenta com o passar do tempo de armazenagem, explicando as alterações de sabor e odor que ocorrem durante a maturação da carne bovina. FIELD *et al.* (1971), entretanto, não encontraram diferenças significativas ($p>0,05$) para as pontuações conferidas ao atributo sabor avaliado em amostras maturadas por 2 e 21 dias a uma temperatura de 2°C (pontuações respectivas de 6,08 e 5,95). MINKS & STRINGER (1972) também não encontraram diferenças significativas ($p>0,05$) no sabor avaliado sensorialmente de amostras não estimuladas e maturadas. SAVELL *et al.* (1978), realizando diversos tratamentos com estimulação elétrica combinada à maturação não encontraram qualquer influência significativa destes tratamentos sobre a avaliação sensorial do atributo sabor.

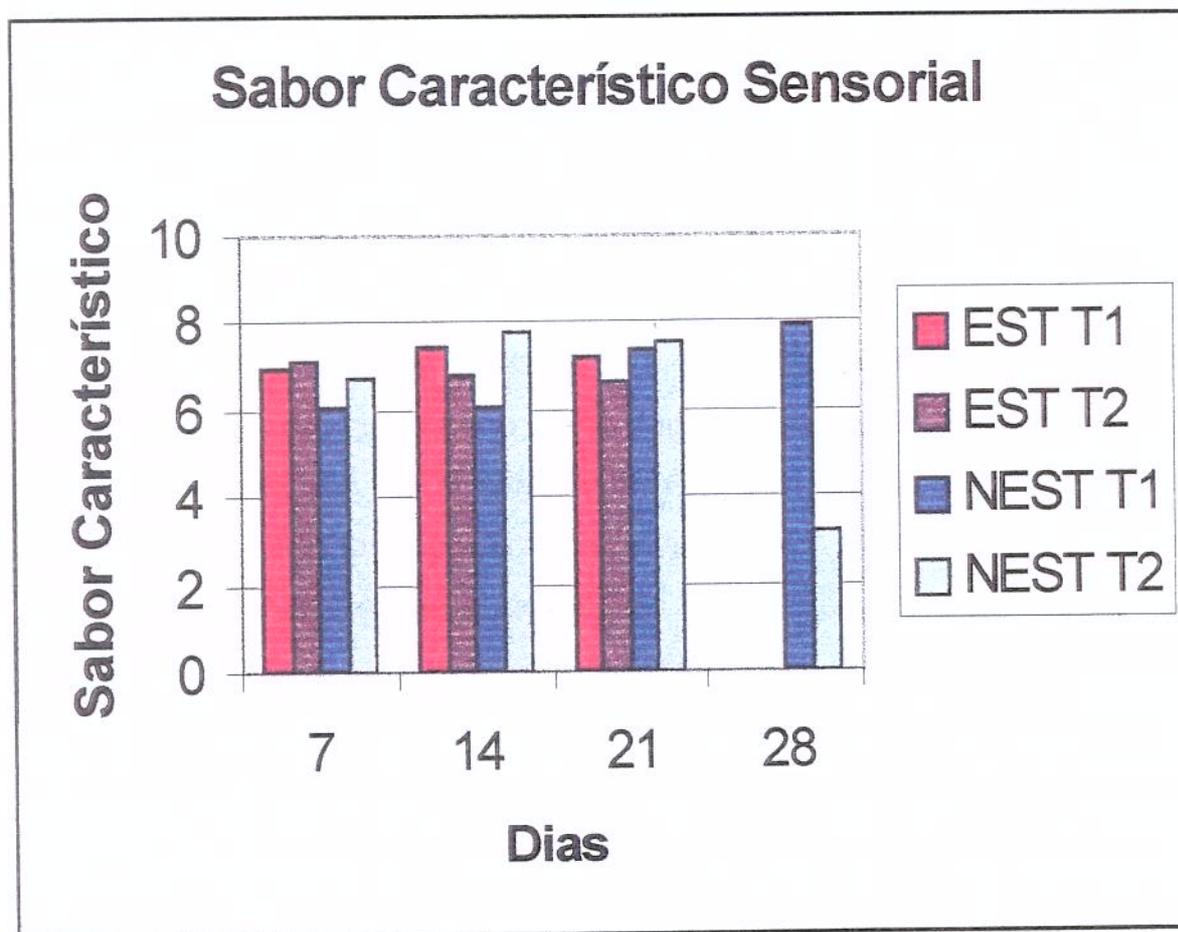


FIGURA 14 – Sabor Característico Sensorial durante a maturação (*L. dorsi*)

Est T1: Amostras oriundas de carcaças estimuladas eletricamente e maturadas a 0-2°C
 Est T2: Amostras oriundas de carcaças estimuladas eletricamente e maturadas a 6-8°C
 NEst T1: Amostras oriundas de carcaças não estimuladas eletricamente e maturadas a 0-2°C
 NEst T2: Amostras oriundas de carcaças não estimuladas eletricamente e maturadas a 6-8°C
 Na escala 0 corresponde a NÃO CARACTERÍSTICO e 10 a CARACTERÍSTICO

5.2.5.4. Qualidade Global

A FIGURA 15 mostra o comportamento da qualidade global avaliada sensorialmente nos cortes para os tratamentos de maturação realizados nas amostras oriundas das carcaças estimuladas e não estimuladas eletricamente. As TABELAS 23 e 24 apresentadas no ANEXO apresentam os valores de média e desvio padrão do sabor característico avaliado sensorialmente obtidos no experimento.

No caso das amostras oriundas das carcaças estimuladas eletricamente houve uma diferença altamente significativa entre os valores obtidos para o atributo qualidade global nos diferentes tempos de maturação utilizados ($p < 0,05$; $F = 6,40$). Neste caso houve uma influência direta do decréscimo nos valores atribuídos pelo painel aos atributos suculência e maciez, uma vez que a qualidade global também teve uma queda na avaliação no dia 14 de maturação das amostras. Como já foi comentado este efeito está provavelmente ligado ao pico de perda de peso no degelo (PPDeg) também observado nestas amostras após 14 dias de maturação.

Em relação às amostras oriundas das carcaças não estimuladas a temperatura de maturação exerceu uma influência significativa sobre a avaliação do atributo maciez ($p < 0,05$; $F = 4,68$). Tal fato se deve em grande parte à queda na pontuação observada na avaliação das amostras após 28 dias de maturação a 6-8°C, que apresentaram um sabor extremamente desagradável como já foi comentado.

Em geral não houve diferenças na avaliação do atributo qualidade global entre as amostras estimuladas e não estimuladas eletricamente. SAVELL *et al.* (1978) não encontraram qualquer influência dos efeitos estimulação elétrica e/ou maturação sobre a avaliação sensorial daquilo que os pesquisadores designaram como palatabilidade global.

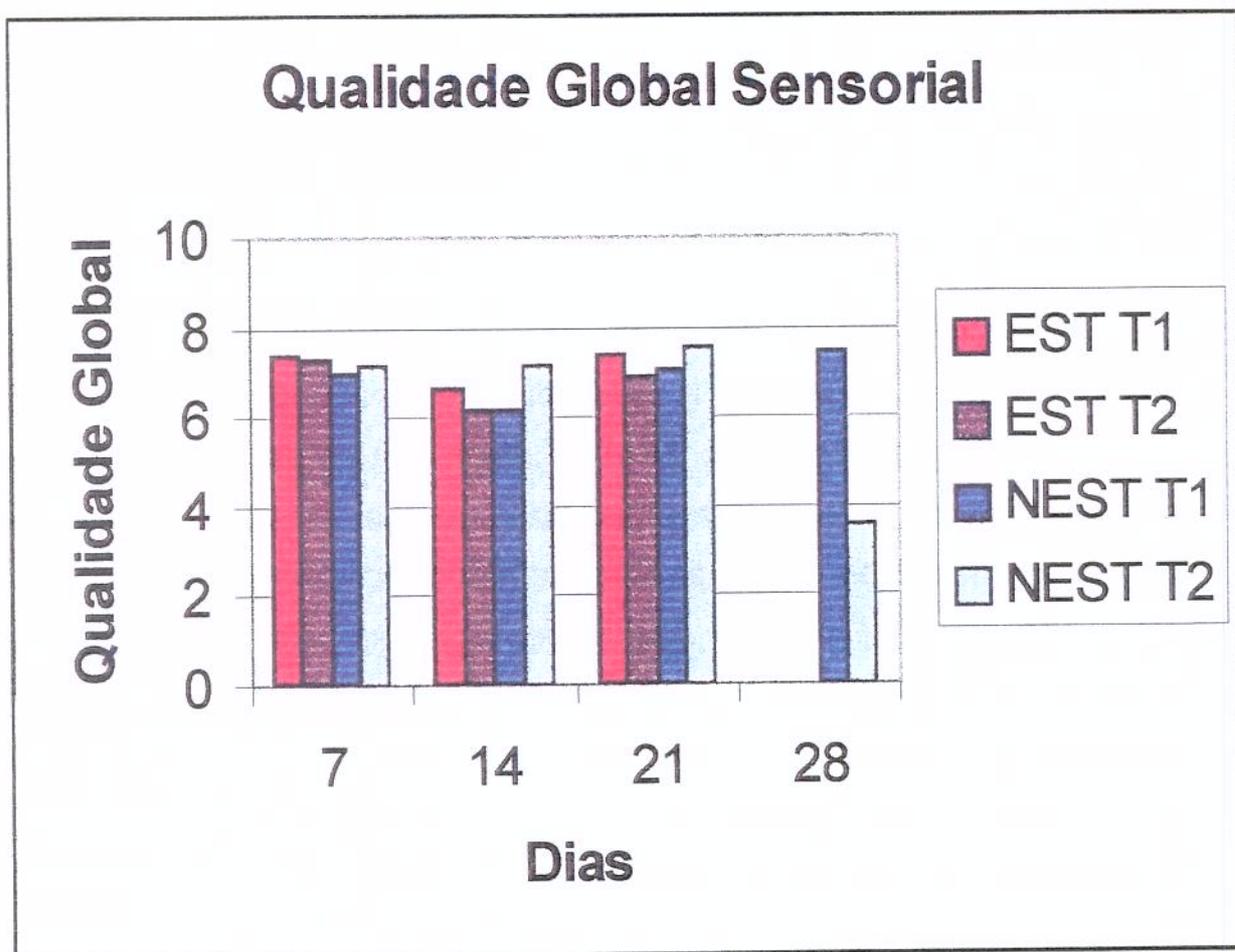


FIGURA 15 – Qualidade Global Sensorial durante a maturação (*L. dorsi*)

Est T1: Amostras oriundas de carcaças estimuladas eletricamente e maturadas a 0-2°C
 Est T2: Amostras oriundas de carcaças estimuladas eletricamente e maturadas a 6-8°C
 NEst T1: Amostras oriundas de carcaças não estimuladas eletricamente e maturadas a 0-2°C
 NEst T2: Amostras oriundas de carcaças não estimuladas eletricamente e maturadas a 6-8°C
 Na escala 0 corresponde a RUIM e 10 a EXCELENTE

5.2.6. Análises Microbiológicas

5.2.6.1 Caracterização Geral

A TABELA 25 apresentada no ANEXO é um quadro geral que apresenta os valores obtidos em Unidades Formadoras de Colônia por grama de amostra (UFC/g) para as contagens de microrganismos no dia zero de maturação das amostras (T_0), independentemente da estimulação elétrica das carcaças. A caracterização geral foi obtida através das contagens dos seguintes grupos de microrganismos: psicrotróficos, mesófilos, coliformes totais, coliformes fecais, bactérias lácticas e *Staphylococcus aureus*.

Segundo o ICMSF (1980), após a remoção da pele, sob condições higiênicas, a contaminação superficial das carcaças varia entre 10^3 e 10^5 bactérias/cm², menos de 10^2 psicrotróficos/cm² e de 10 a 10^2 coliformes/cm². Isto indica que as amostras aqui caracterizadas apresentaram um bom perfil microbiológico, mesmo porque a coleta para as análises foi realizada somente 24 horas *postmortem* e não no momento do abate dos animais. NEWSOME *et al.* (1984), entretanto, encontraram contagens iniciais de coliformes fecais de 0,91 Log₁₀UFC/g e de coliformes totais de 0,89 Log₁₀UFC/g, sendo que as contagens apresentadas na TABELA 25 são maiores, sendo para os dois grupos de microrganismos de 1,52 Log₁₀UFC/g.

FUNG (1996) classificaria a matéria-prima aqui obtida em um nível entre baixa contagem (10^0 a 10^2 UFC/g) e contagem intermediária (10^3 a 10^4 UFC/g) de microrganismos, mencionando adicionalmente que a maioria da carne processada encontrada em supermercados possui contagens de cerca de 10^6 UFC/g e se deteriora em uma semana sob temperatura de refrigeração. PASSOS (1991), por outro lado, realizou um experimento com amostras de *Longissimus dorsi* armazenadas por até 60 dias (0-2°C) e

observou que apesar do contrafilé ter apresentado um bom perfil microbiano (deterioradores abaixo de 7 log UFC/cm²) a vida de prateleira foi limitada pela alteração de odor da carne percebida a partir dos 44 dias de armazenamento.

PARDI *et al.* (1995) mencionam que a formação de concentrações de toxinas perigosas ao homem por parte do *Staphylococcus aureus* só ocorre quando a multiplicação microbiana alcança níveis de 10⁶ UFC/g, contagem bem superior àquela aqui descrita (<1,0 x 10²), o que reafirma as boas condições higienico-sanitárias da matéria-prima utilizada no experimento aqui discutido.

5.2.6.2. Psicotróficos

O FIGURA 16 mostra a evolução nas contagens de micorganismos psicotróficos (UFC/g) com o passar do tempo observada nos cortes para os tratamentos de maturação realizados nas amostras oriundas das carcaças estimuladas e não estimuladas eletricamente. A TABELA 26 apresentada no ANEXO apresenta os valores obtidos para estas contagens durante experimento.

O que se observa, em geral, é um aumento significativo ($p < 0,05$) das contagens com o passar do tempo para todos os tratamentos com uma tendência à estabilidade e/ou queda após o dia 14 de maturação. Como era de se esperar as contagens obtidas de amostras maturadas sob a faixa de temperatura entre 6-8°C foram invariavelmente significativamente maiores do que as contagens obtidas nas amostras maturadas a 0-2°C tanto nas estimuladas ($p < 0,05$; $F = 24,75$) quanto nas não estimuladas eletricamente ($p < 0,05$; $F = 307,48$). As contagens obtidas das amostras oriundas de carcaças estimuladas e não estimuladas eletricamente foram significativamente diferentes entre si ($p < 0,05$; $F = 8,87$).

PARDI *et al.* (1995) classificam como microrganismos psicotróficos aqueles que estão aptos ao crescimento sob temperaturas de refrigeração, em torno de 5°C. Os mesmos autores atribuem a este grupo de microrganismos o desenvolvimento de um odor desagradável característico e limosidade sob as carnes refrigeradas, assim como uma degradação putrefativa clássica. No experimento aqui apresentado, entretanto, o tratamento com o mais alto grau de rejeição na avaliação dos provadores (28 d/T2/NEST) não foi o mesmo que apresentou as mais altas contagens de microrganismos psicotróficos ($3,00 \times 10^7$ UFC/g). Outros tratamentos como 21d/T2/NEST ou 21d/T2/EST apresentaram contagens mais elevadas ($1,20 \times 10^8$ UFC/g e $2,40 \times 10^8$ UFC/g, respectivamente) e tiveram uma melhor aceitação por parte dos provadores. NORTJÉ & SHAW (1989) também constataram a importância dos microrganismos psicotróficos no desenvolvimento de sabor e odor indesejável quando do armazenamento da carne bovina por 3 semanas.

JENNINGS *et al.* (1978) encontraram contagens em seu experimento que variaram de 5,6 Log₁₀UFC/g (10 dias de maturação a 2°C) até 7,9 Log₁₀UFC/g (20 dias de maturação a 2°C). Os resultados apresentados na TABELA 27 referentes à maturação a 0-2°C em carcaças não estimuladas foram mais baixos e variaram de 2,27 Log₁₀UFC/g (7 dias) para 5,11 Log₁₀UFC/g (21 dias)..

FRAZIER citado por PARDI (1995) menciona as contagens de microrganismos necessárias para o desenvolvimento de odor indesejável e limosidade em carne bovina; as faixas de variação seriam, respectivamente, de 1,2 a 100×10^6 e de 3,0 a 300×10^6 . No experimento aqui apresentado foram obtidas contagens mais altas de microrganismos psicotróficos sem que se fossem observadas estas alterações.

5.2.6.3. Bactérias Lácticas

O FIGURA 17 mostra a evolução nas contagens de bactérias lácticas (UFC/g) com o passar do tempo observada nos cortes para os tratamentos de maturação realizados nas amostras oriundas das carcaças estimuladas e não estimuladas eletricamente. A TABELA 27 apresentada no ANEXO apresentam os valores obtidos para estas contagens durante experimento. O comportamento geral das contagens de bactérias lácticas foi similar ao observado para os microrganismos psicrotóxicos, com um aumento significativo com o passar do tempo de maturação (a parte de pequenas variações) e contagens significativamente mais elevadas para as amostras maturadas sob as temperaturas de 6-8°C para a carne estimulada ($p < 0,05$; $F = 17,75$) e não estimulada eletricamente ($p < 0,05$; $F = 18,21$). Não houveram diferenças significativas entre as amostras estimuladas e não estimuladas eletricamente. ($p > 0,05$; $F = 1,82$).

O fato do metabolismo das bactérias lácticas propiciar um aumento da acidez no meio em virtude da produção do ácido láctico pode explicar a queda no pH observada para as amostras estimuladas, sobretudo após 14 dias de maturação e para as amostras não estimuladas após 21 dias de maturação, períodos estes associados a altas contagens de bactéria lácticas em UFC/g. De fato NEWSOME *et al.* (1984a) constataram que a utilização da maturação sob baixas tensões de oxigênio (embalagem à vácuo) é propícia ao desenvolvimento das bactérias lácticas uma vez que a produção do dióxido de carbono pode estimular o crescimento deste tipo de microrganismos além de haver uma inibição dos deteriorantes aeróbicos, diminuindo assim a competitividade no meio.

Contagem de Psicrotróficos durante a Maturação

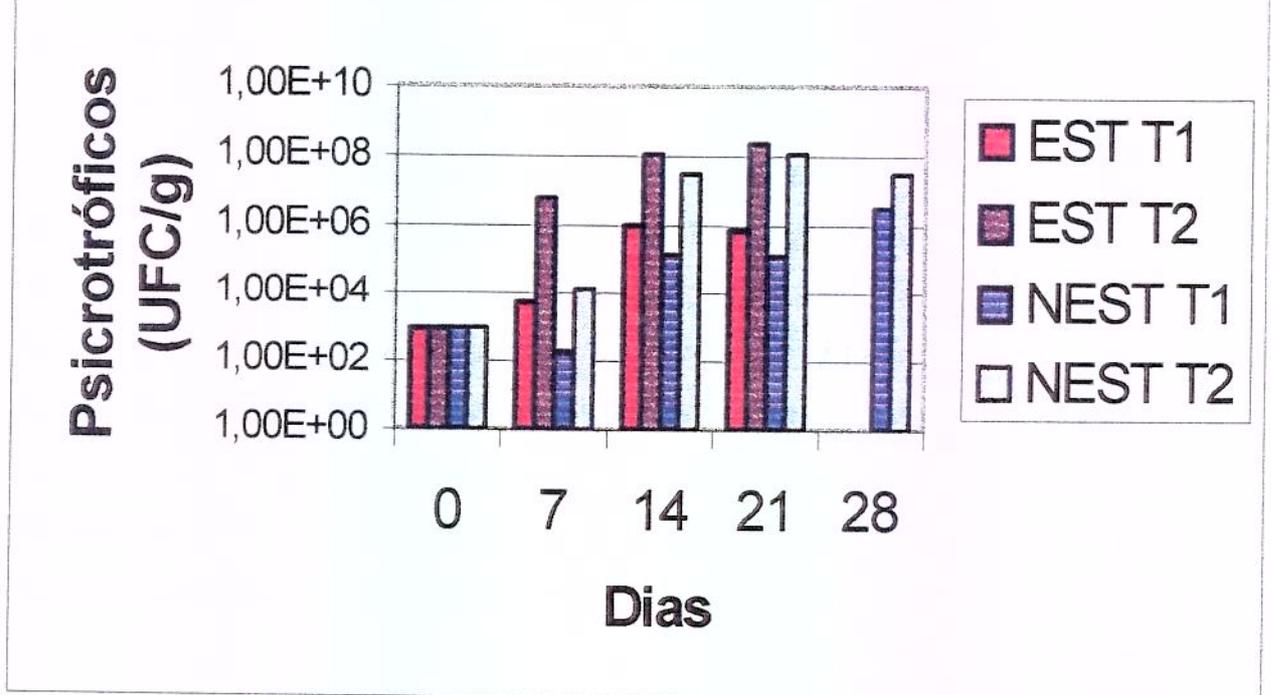


FIGURA 16 – Contagem de psicrotróficos durante a maturação (*L. dorsì*)

Est T1: Amostras oriundas de carcaças estimuladas eletricamente e maturadas a 0-2°C

Est T2: Amostras oriundas de carcaças estimuladas eletricamente e maturadas a 6-8°C

NEst T1: Amostras oriundas de carcaças não estimuladas eletricamente e maturadas a 0-2°C

NEst T2: Amostras oriundas de carcaças não estimuladas eletricamente e maturadas a 6-8°C

NEWSOME *et al.* (1984b) observaram um desenvolvimento nas contagens de *Lactobacillus* de 0,74 Log₁₀UFC/g (7 dias de maturação a 4°C) para 3,28 Log₁₀UFC/g (21 dias de maturação a 4°C). Nos resultados apresentados na TABELA 27 houve uma elevação nas contagens para as amostras não estimuladas e maturadas a 0-2° de 2,27 Log₁₀UFC/g (7 dias de maturação) para 4,33 Log₁₀UFC/g.(21 dias de maturação)

5.3. Tratamento com Cloreto de Cálcio

5.3.1. Análises Instrumentais

A TABELA 28 apresentada no ANEXO é um quadro geral que apresenta os valores de média e desvio padrão de todas as análises instrumentais realizadas no experimento referente à injeção do CaCl₂ x controle.

Nas análises de pH, perda de peso no cozimento, L* de Hunter e a* de Hunter não houveram diferenças significativas entre a amostra controle e a tratada com o cloreto de cálcio (p>0,05).

Para a perda de peso no degelo (PPDeg) houve diferença significativa entre a amostra controle e a tratada com cloreto de cálcio (p<0,05) , sendo que no caso das amostras tratadas a perda foi substancialmente maior, mesmo quando comparada aos tratamentos de maturação por longos períodos em altas temperaturas. Isto pode ser explicado pela injeção destas amostras com a solução de cloreto de cálcio, o que incrementou em média 4,67% o peso inicial dos cortes quando mensurados 24 pós-injeção. Evidentemente o líquido incorporado foi perdido parcialmente no degelo, o que não foi constatado no caso das amostras não injetadas. Esta

observação está de acordo com aquela reportada por MILLIGAN *et al.* (1997) que, entretanto, notou uma menor perda durante o cozimento para os cortes injetados em relação aos não injetados.

A PPCoz das amostras injetadas (27,25%) sofreu uma ligeira, mas não significativa ($p > 0,05$), elevação em relação às amostras controle (25,67%). BOLEMAN *et al.* encontraram resultados similares constatando uma ligeira elevação na PPCoz de 28,52% (amostras controle) para 29,32% (amostras injetadas CaCl_2 0,3M a 10% p/p). KOOHMARAIE *et al.* (1990) concluíram que amostras injetadas com cloreto de cálcio tiveram um aumento na PPCoz 1 dia *postmortem*, mas não apresentaram diferenças após 14 dias de maturação.

Com relação à cor avaliada instrumentalmente os valores L^* e a^* não foram significativamente diferentes entre as amostras controle e injetadas. Já o valor b^* se mostrou significativamente maior nas amostras tratadas com o cloreto de cálcio ($p < 0,01$). A tendência para uma coloração com maior tendência ao amarelo pode ser explicada pela injeção da solução de cloreto de cálcio, que de aparência leitosa a translúcida quando visualizada pura (a sua presença entre as fibras musculares tornaria a coloração da mioglobina menos destacada e por isto a carne estaria mais pálida).

BENITO DELGADO *et al.* (1994) pesquisando amostras injetadas com cloreto de cálcio e posteriormente armazenadas, encontraram valores de L^* , a^* e b^* médios bem mais altos do que os apresentados na Tabela 28 (respectivamente 37,9; 20,9 e 9,9). DILES *et al.* (1994), utilizando menores concentrações (0,15 e 0,2 M) encontraram valores bem mais baixos em seu experimento ($L^*=36,7$; $a^*=14,6$; $b^*=5,7$).

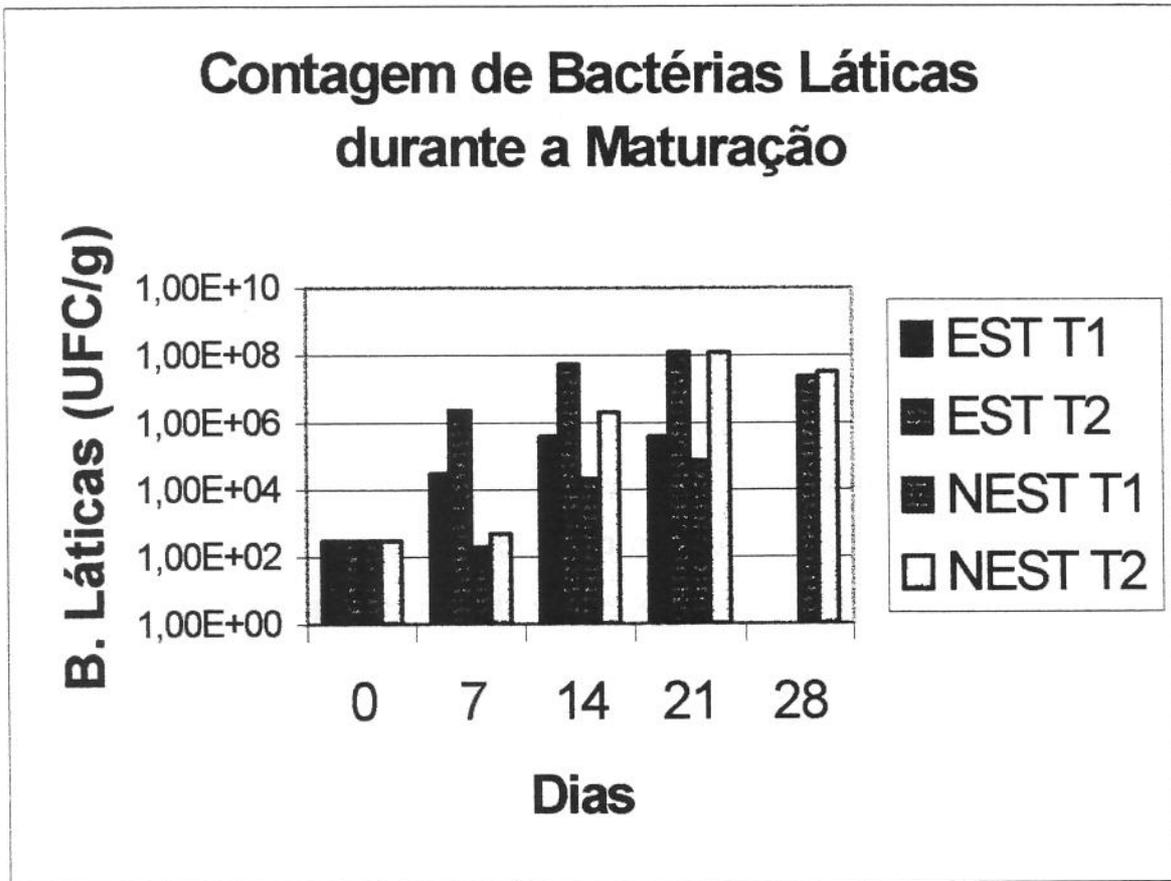


FIGURA 17 – Contagem de Bactérias. Láticas durante a maturação (*L. dorsi*)

Est T1: Amostras oriundas de carcaças estimuladas eletricamente e maturadas a 0-2°C
 Est T2: Amostras oriundas de carcaças estimuladas eletricamente e maturadas a 6-8°C
 NEst T1: Amostras oriundas de carcaças não estimuladas eletricamente e maturadas a 0-2°C
 NEst T2: Amostras oriundas de carcaças não estimuladas eletricamente e maturadas a 6-8°C

O principal objetivo da injeção do cloreto de cálcio seria o desenvolvimento de características de maciez desejáveis em um curto espaço de tempo, substituindo assim os longos processos de maturação anteriormente analisados. Entretanto, as amostras tratadas (4,57 Kg) não foram significativamente diferentes das amostras controle (5,60 Kg) na análise de maciez instrumental ($p > 0,05$).

Adicionalmente o que se pode observar é que o tratamento com o CaCl_2 não apresentou vantagens em relação aos tratamentos de maturação realizados nas amostras oriundas de carcaças estimuladas eletricamente, que em geral apresentaram melhores resultados finais. Em termos de pico de força de cisalhamento, as amostras estimuladas eletricamente possuíam após 7 dias de maturação um valor médio de 4,12 Kg contra 4,57 das amostras injetadas.

WHIPPLE & KOOHMARAIE (1993) utilizaram a marinação de cortes por 24 horas e verificaram que o pico da força de cisalhamento diminuiu de 4,79 Kg (controle) para 4,44 Kg (CaCl_2). BOLEMAN *et al.* (1995) encontraram uma redução de 7,33 Kg (amostras controle) para 6,64 Kg no pico de força de cisalhamento mensurado em amostras com nível de injeção e concentração idênticas às utilizadas no experimento aqui realizado. Da mesma forma MORGAN *et al.* (1991) observaram uma redução de 7,99 Kg (amostras controle) para 3,97 Kg em amostras injetadas com cloreto de cálcio 0,3M, nível de injeção 10% p/p. DILES *et al.* (1994) encontraram uma redução de 5,0 Kg para 4,6 Kg, utilizando uma concentração de 0,2M para a injeção dos cortes. KOOHMARAIE *et al.* (1989) realizaram um experimento combinando a injeção de cloreto de cálcio (0,3M a 10%), estimulação elétrica e maturação e constataram uma redução nas amostras injetadas de 3,45 Kg (1 dia de maturação a 1-2°C) para 2,97 Kg (6 dias de maturação a 1-2°C) contra uma redução em amostras não tratadas de 10,32 Kg para

8,64 Kg, no mesmo período. KOOHMARAIE & SHACKELFORD (1991) e KOOHMARAIE *et al.* (1990) chegaram a conclusões similares realizando infusão de cloreto de cálcio em carcaças de ovinos e bovinos.

Como já foi mencionado anteriormente, diversos autores utilizaram em seus experimentos a concentração de 0,3 M de CaCl_2 para uma infusão de 10% do peso do corte a ser tratado e obtiveram resultados satisfatórios (KOOHMARAIE *et al.*, 1989; KOOHMARAIE *et al.*, 1990; KOOHMARAIE & SHACKELFORD, 1991; MORGAN *et al.*, 1991; ST ANGELO, 1991; WHEELER *et al.*, 1991; THOMSOM & DOBBIE, 1997). Entretanto, trabalhos mais recentes utilizando a concentração de 0,2 a 0,25 M de CaCl_2 com um nível de injeção de 5-10% têm demonstrado que este tipo de infusão pode trazer resultados bastante satisfatórios sem comprometer outros atributos da carne bovina (MENDIRATTA *et al.*, 1998; HOOVER *et al.*, 1995; MILLER *et al.*, 1995; LANSDELL *et al.*, 1995; KERTH *et al.*, 1995; DILES *et al.*, 1994; WHEELER *et al.*, 1993).

5.3.2. Análise Sensorial

A TABELA 29 apresentada no ANEXO é um quadro geral que apresenta os valores de média e desvio padrão referentes ao painel de análise sensorial conduzido com a finalidade de avaliar as amostras injetadas com o cloreto de cálcio e as amostras controle.

Não houve diferença significativa entre as amostras tratadas e não tratadas com o cloreto de cálcio no que se refere aos atributos maciez e suculência ($p > 0,05$). Entretanto é interessante notar que, assim como na análise instrumental, os provadores notaram um certo grau de amaciamento nas amostras avaliadas. Apesar disto, os tratamentos de maturação combinados à estimulação elétrica se mostraram mais eficientes no propósito de amaciamento das amostras. Na análise sensorial da maciez as

amostras estimuladas tiveram uma pontuação média de 6,85 após 7 dias de maturação contra 6,49 das amostras injetadas. Em seu experimento, BENITO DELGADO (1994) encontraram perda na maciez avaliada sensorialmente e instrumentalmente para cortes provenientes de desossa a quente, injetados e armazenados em relação a amostras controle somente maturadas. DILES *et al.* (1994) encontraram uma melhoria significativa ($p < 0,05$) na avaliação conferida por provadores treinados aos atributos maciez e suculência em amostras injetadas com cloreto de cálcio a 0,2M. MORGAN *et al.* (1991) constataram um aumento no escore de maciez conferido pelos provadores de 3,27 (amostras controle) para 5,68 no caso de amostras injetadas (0,3 M CaCl_2 a 10% p/p) e não estimuladas eletricamente; neste experimento entretanto a injeção do cloreto de cálcio não afetou significativamente o atributo suculência, que variou de 5,46 nas amostras controle para 5,82 nas amostras estimuladas.

No experimento aqui realizado é interessante notar que, mais uma vez, uma perda acentuada de peso no degelo (PPDeg) influenciou negativamente a análise de suculência por parte dos provadores, havendo uma redução na pontuação de 7,16 (amostra controle) para 6,39 (amostra injetada). Em relação aos atributos sabor e qualidade global, houve diferença altamente significativa entre as amostras tratadas e as amostras controle ($p < 0,01$), sendo que as amostras tratadas foram consideradas de pior qualidade na avaliação dos provadores. Diversos comentários comprovam esta avaliação; muitos provadores consideraram as amostras injetadas com um “forte sabor químico”, “metálico”, “presença de algum sal”, “adstringente e amargo”. Evidentemente tal constatação nos leva a concluir que a aplicação do cloreto de cálcio tal como foi realizada no experimento, torna a carne imprópria para o consumo apesar de algum desenvolvimento de maciez observado. Estes resultados estão de acordo com aqueles reportados em outros trabalhos que constataram que apesar do

desenvolvimento de maciez observado, o aparecimento de sabor amargo aparece como fator limitante para o emprego da injeção do cloreto de cálcio como agente acelerador do processo de maturação da carne bovina in natura (LOURDES PEREZ *et al.*, 1998; GOT *et al.* 1995; BEEKMAN, 1995). MORRIS *et al.* (1997) sugerem a utilização de um flavorizante com a finalidade de minimizar os efeitos observados pela adição do cloreto de cálcio à carne. MORGAN *et al.* (1991) entretanto demonstraram que a utilização do cloreto de cálcio sob as condições supracitadas, ao contrário do que foi acima explanado, traz melhorias significativas aos atributos sensoriais dos cortes tratados.

Como já foi mencionado anteriormente, a utilização de concentrações entre 0,2 e 0,25 M com um nível de injeção de 5% parece uma alternativa viável para se atingir os níveis de maciez desejados sem que haja um comprometimento do sabor da carne. DILES *et al.* (1994) detectaram uma melhora significativa ($p < 0,05$) na avaliação sensorial da qualidade global em amostras injetadas com cloreto de cálcio a 0,2M. HOOVER *et al.* (1995) e MILLER *et al.* (1995) realizaram, respectivamente, trabalhos com consumidores de restaurantes e varejo utilizando carne bovina injetada com cloreto de cálcio a 0,2 M com um nível de adição de 5% sob o peso dos cortes que constataram que houve uma melhora não só da maciez das amostras como também da palatabilidade das mesmas. Trabalhos adicionais no Brasil poderiam ser direcionados para determinar qual seria a concentração e o nível de injeção ideal para a utilização do cloreto de cálcio sem que haja comprometimento das características organolépticas da carne bovina in natura.

6.CONCLUSÕES

- O uso da estimulação elétrica se mostrou o método mais eficiente para melhorar o desenvolvimento da maciez durante a maturação da carne, sendo que as amostras estimuladas atingiram um valor de pico de força de cisalhamento após 7 dias de maturação equivalente àquele atingido pelas amostras não estimuladas somente após 21 dias de maturação.
- O tempo de maturação influenciou significativamente ($p < 0,05$) o desenvolvimento da maciez durante a maturação mas as duas faixas de temperatura utilizadas não tiveram influência significativa sobre este parâmetro ($p > 0,05$).
- Apesar de terem desenvolvido o mais alto grau de maciez nas avaliações instrumental e sensorial, as amostras não estimuladas eletricamente e maturadas por 28 dias a 6-8°C foram invariavelmente rejeitadas pelos provadores. Esta condição deve ser, portanto, evitada devido ao comprometimento da vida-de-prateleira da carne.
- Em todos os tratamentos foi observada uma relação inversa entre a perda de peso no degelo e a pontuação conferida pelos provadores ao atributo suculência. Conclue-se, portanto, que altas perdas no degelo podem ter grande influência sobre a qualidade da carne bovina *in natura* prejudicando marcadamente a sua suculência.
- O tratamento com o cloreto de cálcio (CaCl_2) não influenciou significativamente a maciez avaliada sensorial e instrumentalmente dos cortes injetados. As amostras injetadas foram ainda invariavelmente rejeitadas pelos provadores no painel de análise sensorial. Conclue-se, portanto, que o uso do cloreto de cálcio a 0,3 M e com um nível de injeção de 10% p/p não foi eficiente no seu propósito de acelerar as reações enzimáticas do processo de maturação da carne bovina.

7. ANEXO

TABELA 1

Valores de média e desvio padrão do pH nas amostras oriundas de carcaças estimuladas eletricamente após os tratamentos de maturação

TEMPO (d)	T ₁ (0-2°C)		T ₂ (6-8°C)	
	Média	s	Média	s
0	5,39 ^{xa}	0,05	5,39 ^{xa}	0,05
7	5,50 ^{xb}	0,02	5,52 ^{xb}	0,02
14	5,48 ^{xb}	0,01	5,51 ^{xb}	0,05
21	5,49 ^{xb}	0,01	5,46 ^{xb}	0,06

^{x,y}: letra igual na mesma linha ($p > 0,05$)

^{a,b,c}: letra igual na mesma coluna ($p > 0,05$)

s: Desvio Padrão das médias

TABELA 2

Valores de média e desvio padrão do pH nas amostras oriundas de carcaças não estimuladas eletricamente após os tratamentos de maturação

TEMPO (d)	T ₁ (0-2°C)		T ₂ (6-8°C)	
	Média	s	Média	s
0	5,39 ^{xa}	0,05	5,39 ^{xa}	0,05
7	5,54 ^{xb}	0,02	5,48 ^{xbc}	0,00
14	5,55 ^{xb}	0,01	5,51 ^{xbc}	0,02
21	5,60 ^{xb}	0,06	5,56 ^{xb}	0,03
28	5,55 ^{xb}	0,06	5,46 ^{yac}	0,03

^{x,y}: letra igual na mesma linha ($p > 0,05$)

^{a,b,c}: letra igual na mesma coluna ($p > 0,05$)

s: Desvio Padrão das médias

TABELA 3

Valores de média e desvio padrão do valor L* de Hunter nas amostras oriundas de carcaças estimuladas eletricamente após os tratamentos de maturação

TEMPO (d)	T ₁ (0-2°C)		T ₂ (6-8°C)	
	Média	s	Média	s
0	34,62 ^{xa}	0,70	34,62 ^{xa}	0,70
7	35,73 ^{xa}	1,84	33,42 ^{xa}	0,00
14	35,44 ^{xa}	2,07	34,61 ^{xa}	2,34
21	36,51 ^{xa}	2,23	35,22 ^{xa}	1,70

^{x,y}: letra igual na mesma linha ($p > 0,05$)

^{a,b,c}: letra igual na mesma coluna ($p > 0,05$)

s: Desvio Padrão das médias

TABELA 4

Valores de média e desvio padrão do valor L* de Hunter nas amostras oriundas de carcaças não estimuladas eletricamente após os tratamentos de maturação

TEMPO (d)	T ₁ (0-2°C)		T ₂ (6-8°C)	
	Média	s	Média	s
0	34,62 ^{xa}	0,71	34,62 ^{xa}	0,71
7	36,55 ^{xab}	2,62	38,35 ^{xb}	0,21
14	36,93 ^{xbc}	1,17	36,33 ^{xab}	0,95
21	37,90 ^{xb}	1,70	36,43 ^{xab}	0,40
28	35,80 ^{zac}	1,51	37,77 ^{xb}	1,02

^{x,y}: letra igual na mesma linha ($p > 0,05$)

^{a,b,c}: letra igual na mesma coluna ($p > 0,05$)

s: Desvio Padrão das médias

TABELA 5

Valores de média e desvio padrão do valor a* de Hunter nas amostras oriundas de carcaças estimuladas eletricamente após os tratamentos de maturação

TEMPO (d)	T ₁ (0-2°C)		T ₂ (6-8°C)	
	Média	s	Média	s
0	15,61 ^{xa}	0,55	15,61 ^{xa}	0,52
7	15,92 ^{xa}	0,85	17,00 ^{xa}	0,71
14	16,13 ^{xa}	0,90	16,80 ^{xa}	0,89
21	17,00 ^{xb}	1,04	16,97 ^{xa}	0,65

^{x,y}: letra igual na mesma linha ($p>0,05$)

^{a,b,c}: letra igual na mesma coluna ($p>0,05$)

s: Desvio Padrão das médias

TABELA 6

Valores de média e desvio padrão do valor a* de Hunter nas amostras oriundas de carcaças não estimuladas eletricamente após os tratamentos de maturação

TEMPO (d)	T ₁ (0-2°C)		T ₂ (6-8°C)	
	Média	s	Média	s
0	15,61 ^{xa}	0,50	15,61 ^{xa}	0,50
7	16,05 ^{xab}	1,20	16,00 ^{xa}	1,84
14	17,30 ^{xb}	0,43	16,10 ^{xa}	0,10
21	15,65 ^{xa}	0,93	16,27 ^{xa}	0,51
28	16,16 ^{xab}	1,30	15,83 ^{xa}	0,15

^{x,y}: letra igual na mesma linha ($p>0,05$)

^{a,b,c}: letra igual na mesma coluna ($p>0,05$)

s: Desvio Padrão das médias

TABELA 7

Valores de média e desvio padrão do valor b* de Hunter nas amostras oriundas de carcaças estimuladas eletricamente após os tratamentos de maturação

TEMPO (d)	T ₁ (0-2°C)		T ₂ (6-8°C)	
	Média	s	Média	s
0	3,83 ^{xa}	0,55	3,83 ^{xa}	0,55
7	5,95 ^{xbc}	0,21	6,45 ^{xb}	1,06
14	5,70 ^{xb}	0,34	6,00 ^{xb}	0,80
21	7,03 ^{xc}	0,21	6,30 ^{xb}	0,62

^{x,y}: letra igual na mesma linha ($p > 0,05$)

^{a,b,c}: letra igual na mesma coluna ($p > 0,05$)

s: Desvio Padrão das médias

TABELA 8

Valores de média e desvio padrão do valor b* de Hunter nas amostras oriundas de carcaças não estimuladas eletricamente após os tratamentos de maturação

TEMPO (d)	T ₁ (0-2°C)		T ₂ (6-8°C)	
	Média	s	Média	s
0	3,83 ^{xa}	0,55	3,83 ^{xa}	0,55
7	5,90 ^{xb}	0,14	6,10 ^{xb}	0,85
14	7,23 ^{xc}	0,35	6,03 ^{yb}	0,29
21	6,13 ^{xbc}	0,70	5,97 ^{xb}	0,55
28	5,77 ^{xb}	1,40	5,93 ^{xb}	0,30

^{x,y}: letra igual na mesma linha ($p > 0,05$)

^{a,b,c}: letra igual na mesma coluna ($p > 0,05$)

s: Desvio Padrão das médias

TABELA 9

Valores de média e desvio padrão do pico da força de cisalhamento (Kg) nas amostras oriundas de carcaças estimuladas eletricamente após os tratamentos de maturação

TEMPO (d)	T ₁ (0-2°C)		T ₂ (6-8°C)	
	Média	s	Média	s
0	5,60 ^{xa}	0,53	5,60 ^{xa}	0,53
7	4,20 ^{xb}	0,56	4,05 ^{xb}	0,07
14	3,63 ^{xb}	0,61	3,73 ^{xb}	0,45
21	4,07 ^{xb}	0,40	3,73 ^{xb}	1,00

^{x,y}: letra igual na mesma linha (p>0,05)

^{a,b,c}: letra igual na mesma coluna (p>0,05)

s: Desvio Padrão das médias

TABELA 10

Valores de média e desvio padrão do pico da força de cisalhamento (Kg) nas amostras oriundas de carcaças não estimuladas eletricamente após os tratamentos de maturação

TEMPO (d)	T ₁ (0-2°C)		T ₂ (6-8°C)	
	Média*	s	Média*	s
0	5,60 ^{xa}	0,53	5,60 ^{xa}	0,53
7	5,60 ^{xac}	0,00	5,00 ^{xab}	0,56
14	4,87 ^{xab}	1,04	4,37 ^{xbc}	0,61
21	4,07 ^{xb}	0,38	4,17 ^{xbc}	0,38
28	4,67 ^{xbc}	0,15	3,63 ^{yc}	0,11

^{x,y}: letra igual na mesma linha (p>0,05)

^{a,b,c}: letra igual na mesma coluna (p>0,05)

s: Desvio Padrão das médias

TABELA 11

Valores de média e desvio padrão da PPMat nas amostras oriundas de carcaças estimuladas eletricamente após os tratamentos de maturação

TEMPO (d)	T ₁ (0-2°C)		T ₂ (6-8°C)	
	Média	s	Média	s
0	0,00 ^{xa}	0,00	0,00 ^{xa}	0,00
7	3,79 ^{xb}	2,40	4,27 ^{xb}	2,06
14	4,44 ^{xb}	0,55	3,83 ^{xb}	1,38
21	4,93 ^{xb}	0,27	4,43 ^{xb}	1,78

^{x,y}: letra igual na mesma linha ($p>0,05$)
^{a,b,c}: letra igual na mesma coluna ($p>0,05$)
s: Desvio Padrão das médias

TABELA 12

Valores de média e desvio padrão da PPMat nas amostras oriundas de carcaças não estimuladas eletricamente após os tratamentos de maturação

TEMPO (d)	T ₁ (0-2°C)		T ₂ (6-8°C)	
	Média	s	Média	s
0	0,00 ^{xa}	0,00	0,00 ^{xa}	0,00
7	0,81 ^{xa}	0,60	1,92 ^{xb}	0,00
14	4,94 ^{xb}	0,40	4,45 ^{xc}	1,77
21	4,67 ^{xb}	0,18	4,11 ^{yc}	1,77
28	7,46 ^{xc}	0,39	3,79 ^{yc}	0,51

^{x,y}: letra igual na mesma linha ($p>0,05$)
^{a,b,c}: letra igual na mesma coluna ($p>0,05$)
s: Desvio Padrão das médias

TABELA 13

Valores de média e desvio padrão da PPDeg nas amostras oriundas de carcaças estimuladas eletricamente após os tratamentos de maturação

TEMPO (d)	T ₁ (0-2°C)		T ₂ (6-8°C)	
	Média	s	Média	s
0	1,39 ^{xa}	0,63	1,39 ^{xa}	0,63
7	1,22 ^{xa}	0,55	1,52 ^{xa}	0,44
14	2,51 ^{xb}	0,21	3,18 ^{xb}	0,91
21	1,26 ^{xa}	0,09	1,29 ^{xa}	0,14

^{x,y}: letra igual na mesma linha ($p > 0,05$)

^{a,b,c}: letra igual na mesma coluna ($p > 0,05$)

s: Desvio Padrão das médias

TABELA 14

Valores de média e desvio padrão da PPDeg nas amostras oriundas de carcaças não estimuladas eletricamente após os tratamentos de maturação

TEMPO (d)	T ₁ (0-2°C)		T ₂ (6-8°C)	
	Média	s	Média	s
0	1,39 ^{xab}	0,63	1,39 ^{xab}	0,63
7	1,54 ^{xab}	0,87	0,75 ^{xa}	0,54
14	1,29 ^{xb}	0,17	1,30 ^{xa}	0,18
21	2,18 ^{xac}	0,15	2,18 ^{xb}	0,59
28	1,36 ^{xab}	0,44	1,50 ^{xab}	0,54

^{x,y}: letra igual na mesma linha ($p > 0,05$)

^{a,b,c}: letra igual na mesma coluna ($p > 0,05$)

s: Desvio Padrão das médias

TABELA 15

Valores de média e desvio padrão da PPCoz nas amostras oriundas de carcaças estimuladas eletricamente após os tratamentos de maturação

TEMPO (d)	T ₁ (0-2°C)		T ₂ (6-8°C)	
	Média	s	Média	s
0	25,76 ^{xa}	2,06	25,76 ^{xa}	2,06
7	25,74 ^{xa}	2,79	25,69 ^{xa}	0,89
14	24,06 ^{xa}	0,18	27,81 ^{xa}	1,35
21	23,99 ^{xa}	0,21	24,76 ^{xa}	2,52

^{x,y}: letra igual na mesma linha ($p > 0,05$)

^{a,b,c}: letra igual na mesma coluna ($p > 0,05$)

s: Desvio Padrão das médias

TABELA 16

Valores de média e desvio padrão da PPCoz nas amostras oriundas de carcaças não estimuladas eletricamente após os tratamentos de maturação

TEMPO (d)	T ₁ (0-2°C)		T ₂ (6-8°C)	
	Média	s	Média	s
0	25,76 ^{xa}	2,07	25,76 ^{xa}	2,07
7	27,52 ^{xa}	0,90	26,65 ^{xa}	0,92
14	27,27 ^{xa}	1,15	25,36 ^{xa}	1,41
21	26,57 ^{xa}	2,77	27,11 ^{xa}	2,41
28	26,02 ^{xa}	1,07	24,69 ^{xa}	0,18

^{x,y}: letra igual na mesma linha ($p > 0,05$)

^{a,b,c}: letra igual na mesma coluna ($p > 0,05$)

s: Desvio Padrão das médias

TABELA 17

Valores de média e desvio padrão da maciez avaliada sensorialmente nas amostras oriundas de carcaças estimuladas eletricamente após os tratamentos de maturação

TEMPO (d)	T ₁ (0-2°C)		T ₂ (6-8°C)	
	Média	s	Média	s
7	6,64 ^{xa}	0,89	7,07 ^{xab}	1,19
14	6,24 ^{xa}	1,19	6,08 ^{xa}	1,26
21	7,02 ^{xa}	0,68	7,33 ^{xb}	0,82

^{x,y}: letra igual na mesma linha ($p > 0,05$)

^{a,b,c}: letra igual na mesma coluna ($p > 0,05$)

s: Desvio Padrão das médias

TABELA 18

Valores de média e desvio padrão da maciez avaliada sensorialmente nas amostras oriundas de carcaças não estimuladas eletricamente após os tratamentos de maturação

TEMPO (d)	T ₁ (0-2°C)		T ₂ (6-8°C)	
	Média	s	Média	s
7	5,85 ^{xa}	0,95	6,02 ^{xa}	2,01
14	5,45 ^{xa}	1,54	7,87 ^{ybc}	0,77
21	5,94 ^{xa}	1,70	7,61 ^{yb}	0,80
28	6,90 ^{xb}	1,23	8,35 ^{yc}	0,36

^{x,y}: letra igual na mesma linha ($p > 0,05$)

^{a,b,c}: letra igual na mesma coluna ($p > 0,05$)

s: Desvio Padrão das médias

TABELA 19

Valores de média e desvio padrão da suculência avaliada sensorialmente nas amostras oriundas de carcaças estimuladas eletricamente após os tratamentos de maturação

TEMPO (d)	T ₁ (0-2°C)		T ₂ (6-8°C)	
	Média	s	Média	s
7	7,00 ^{xa}	0,61	6,40 ^{xa}	1,23
14	6,66 ^{xa}	1,27	5,87 ^{xa}	1,64
21	6,74 ^{xa}	1,03	6,24 ^{xa}	1,45

^{x,y}: letra igual na mesma linha ($p > 0,05$)

^{a,b,c}: letra igual na mesma coluna ($p > 0,05$)

s: Desvio Padrão das médias

TABELA 20

Valores de média e desvio padrão da suculência avaliada sensorialmente nas amostras oriundas de carcaças não estimuladas eletricamente após os tratamentos de maturação

TEMPO (d)	T ₁ (0-2°C)		T ₂ (6-8°C)	
	Média	s	Média	s
7	6,72 ^{xa}	0,36	6,52 ^{xa}	1,66
14	7,35 ^{xb}	0,36	7,38 ^{xb}	0,99
21	5,70 ^{xc}	1,94	6,55 ^{ya}	1,81
28	7,30 ^{xb}	0,93	7,22 ^{xb}	0,74

^{x,y}: letra igual na mesma linha ($p > 0,05$)

^{a,b,c}: letra igual na mesma coluna ($p > 0,05$)

s: Desvio Padrão das médias

TABELA 21

Valores de média e desvio padrão do sabor característico nas amostras oriundas de carcaças estimuladas eletricamente após os tratamentos de maturação

TEMPO (d)	T ₁ (0-2°C)		T ₂ (6-8°C)	
	Média	s	Média	s
7	6,98 ^{xa}	1,65	7,17 ^{xa}	1,03
14	7,43 ^{xa}	1,31	6,83 ^{xa}	1,11
21	7,24 ^{xa}	0,58	6,60 ^{xa}	1,6

^{x,y}: letra igual na mesma linha ($p > 0,05$)

^{a,b,c}: letra igual na mesma coluna ($p > 0,05$)

s: Desvio Padrão das médias

TABELA 22

Valores de média e desvio padrão do sabor característico avaliado sensorialmente nas amostras oriundas de carcaças não estimuladas eletricamente após os tratamentos de maturação

TEMPO (d)	T ₁ (0-2°C)		T ₂ (6-8°C)	
	Média	s	Média	s
7	6,07 ^{xa}	1,22	6,76 ^{xa}	1,73
14	6,10 ^{xa}	1,96	7,78 ^{yb}	0,87
21	7,34 ^{xb}	1,45	7,54 ^{xb}	1,27
28	7,95 ^{xb}	1,05	3,16 ^{yc}	2,21

^{x,y}: letra igual na mesma linha ($p > 0,05$)

^{a,b,c}: letra igual na mesma coluna ($p > 0,05$)

s: Desvio Padrão das médias

TABELA 23

Valores de média e desvio padrão da qualidade global avaliada sensorialmente nas amostras oriundas de carcaças estimuladas eletricamente após os tratamentos de maturação

TEMPO (d)	T ₁ (0-2°C)		T ₂ (6-8°C)	
	Média	s	Média	s
7	7,41 ^{xa}	0,78	7,33 ^{xa}	0,79
14	6,63 ^{xb}	0,41	6,20 ^{xb}	0,40
21	7,36 ^{xab}	0,69	6,92 ^{xab}	0,97

^{x,y}: letra igual na mesma linha ($p > 0,05$)

^{a,b,c}: letra igual na mesma coluna ($p > 0,05$)

s: Desvio Padrão das médias

TABELA 24

Valores de média e desvio padrão da qualidade global avaliada sensorialmente nas amostras oriundas de carcaças não estimuladas eletricamente após os tratamentos de maturação

TEMPO (d)	T ₁ (0-2°C)		T ₂ (6-8°C)	
	Média	s	média	s
7	7,02 ^{xa}	1,08	7,12 ^{xa}	1,03
14	6,20 ^{xb}	1,54	7,18 ^{ya}	1,50
21	7,09 ^{xa}	1,47	7,56 ^{xa}	1,26
28	7,49 ^{xa}	1,35	3,57 ^{yb}	1,83

^{x,y}: letra igual na mesma linha ($p > 0,05$)

^{a,b,c}: letra igual na mesma coluna ($p > 0,05$)

s: Desvio Padrão das médias

TABELA 25
Caracterização Microbiológica das Amostras Submetidas aos
Tratamentos de Maturação (T₀)

Análise Microbiológica	Contagens Microbianas (UFC/g)
Psicrotróficos	9,60 x 10 ²
Bactérias Lácticas	3,10 x 10 ²
Coliformes Totais	3,30 x 10 ¹
Coliformes Fecais	3,30 x 10 ¹
Mesófilos	8,95 x 10 ²
<i>S. aureus</i>	< 1,00 x 10 ²

TABELA 26
Contagem de Psicrotróficos durante a Maturação (UFC/g)

Tempo (d)	Amostras Estimuladas Eletricamente		Amostras Não Estimuladas Eletricamente	
	T ₁ (0-2°C)	T ₂ (6-8°C)	T ₁ (0-2°C)	T ₂ (6-8°C)
0	9,60 x 10 ^{2xa}	9,60 x 10 ^{2xa}	9,60 x 10 ^{2xa}	9,60 x 10 ^{2xa}
7	5,65 x 10 ^{3xa}	6,15 x 10 ^{6xa}	1,85 x 10 ^{2xa}	1,33 x 10 ^{4xa}
14	1,05 x 10 ^{6xa}	1,20 x 10 ^{8yb}	1,48 x 10 ^{5xa}	3,00 x 10 ^{7yb}
21	7,60 x 10 ^{5xa}	2,40 x 10 ^{8yc}	1,29 x 10 ^{5xa}	1,20 x 10 ^{8yc}
28	-	-	3,30 x 10 ^{6xa}	3,00 x 10 ^{7yb}

^{x,y}: letra igual na mesma linha (p>0,05)

^{a,b,c}: letra igual na mesma coluna (p>0,05)

TABELA 27
Contagem de Bactérias Lácticas durante a Maturação (UFC/g)

Tempo (d)	Amostras Estimuladas Eletricamente		Amostras Não Estimuladas Eletricamente	
	T ₁ (0-2°C)	T ₂ (6-8°C)	T ₁ (0-2°C)	T ₂ (6-8°C)
0	3,10 x 10 ^{2xa}	3,10 x 10 ^{2xa}	3,10 x 10 ^{2xa}	3,10 x 10 ^{2xa}
7	3,10 x 10 ^{4xa}	2,28 x 10 ^{6xa}	1,85 x 10 ^{2xa}	5,05 x 10 ^{2xa}
14	3,88 x 10 ^{5xa}	5,15 x 10 ^{7yb}	2,16 x 10 ^{4xa}	1,90 x 10 ^{6xac}
21	3,80 x 10 ^{5xa}	1,20 x 10 ^{8yc}	7,05 x 10 ^{4xa}	1,12 x 10 ^{8yb}
28	-	-	2,26 x 10 ^{7xa}	3,00 x 10 ^{7xc}

^{x,y}: letra igual na mesma linha (p>0,05)
^{a,b,c}: letra igual na mesma coluna (p>0,05)

TABELA 28
**Valores de média e desvio padrão dos parâmetros de análise
instrumental nas amostras tratadas com CaCl₂**

Análise	Controle		CaCl ₂	
	Média	s	Média	S
PH	5,39 ^x	0,49	5,35 ^x	0,49
PPDeg	1,39 ^x	0,63	3,93 ^y	1,16
PPCoz	25,67 ^x	2,06	27,25 ^x	2,77
L	34,70 ^x	0,70	35,13 ^x	1,06
A	15,61 ^x	0,50	16,87 ^x	1,24
B	3,83 ^x	0,55	6,17 ^y	0,57
Maciez	5,60 ^x	0,53	4,57 ^x	0,55

^{x,y}: letra igual na mesma linha (p>0,05)

TABELA 29

Valores de média e desvio padrão dos parâmetros de análise sensorial nas amostras tratadas com CaCl₂

Análise	Controle		CaCl ₂	
	Média	s	Média	s
Maciez	5,80 ^x	1,86	6,49 ^x	1,38
Suculência	7,16 ^x	0,88	6,39 ^x	1,57
Sabor	6,76 ^x	1,87	4,53 ^y	2,34
Qualidade Global	6,68 ^x	1,79	4,96 ^y	2,31

^{x,y}: letra igual na mesma linha (p>0,05)

TABELA 30

Resumo da análise de variância (ANOVA) realizada para a avaliação dos tratamentos de maturação nas amostras oriundas de carcaças estimuladas eletricamente

	Valor F			QM _{erro}	GL _{erro}
	Tempo	Temperatura	Tempo x Temperatura		
pH	9,89*	0,06 ^{ns}	0,59 ^{ns}	0,01	14
L*	0,51 ^{ns}	0,21 ^{ns}	0,20 ^{ns}	4,02	14
a*	3,19 ^{ns}	1,66 ^{ns}	0,62 ^{ns}	0,60	14
b*	26,77*	0,00 ^{ns}	1,16 ^{ns}	0,34	14
Força de Cisalhamento	12,74*	0,14 ^{ns}	0,15 ^{ns}	0,35	14
PPMat	18,47*	0,09 ^{ns}	0,20 ^{ns}	1,49	14
PPDeg	11,91*	1,22 ^{ns}	0,52 ^{ns}	0,28	14
PPCoz	1,39 ^{ns}	0,20 ^{ns}	0,08 ^{ns}	5,85	14
Maciez (Sens.)	3,57*	0,37 ^{ns}	0,31 ^{ns}	1,04	36
Suculência (Sens.)	0,42 ^{ns}	2,70 ^{ns}	0,05 ^{ns}	1,54	36
Sabor (Sens.)	0,10 ^{ns}	0,78 ^{ns}	0,46 ^{ns}	1,64	36
Qualidade Global (Sens.)	6,40*	1,99 ^{ns}	0,27 ^{ns}	0,52	36
Psicrotróficos	9,71*	24,75*	9,57*	1,4x10 ¹⁵	8
Bact. Láticas	7,55*	17,75*	7,46*	4,2x10 ¹⁴	8

*p<0,05 e ^{ns} p>0,05

QM_{erro} - Quadrado médio do erro

GL_{erro} - Grau de liberdade do erro

TABELA 31

Resumo da análise de variância (ANOVA) realizada para a avaliação dos tratamentos de maturação nas amostras oriundas de carcaças não estimuladas eletricamente

	Valor F			QM _{erro}	GL _{erro}
	Tempo	Temperatura	Tempo x Temperatura		
pH	15,32*	7,69*	0,90 ^{ns}	0,01	18
L*	4,52*	0,54 ^{ns}	2,13 ^{ns}	1,45	18
a*	1,41 ^{ns}	0,37 ^{ns}	0,99 ^{ns}	0,67	18
b*	15,17*	0,61 ^{ns}	1,07 ^{ns}	0,45	18
Força de Cisalhamento	9,17*	4,06 ^{ns}	1,14 ^{ns}	0,28	18
PPMat	90,54*	0,76 ^{ns}	15,74*	0,43	18
PPDeg	3,61*	0,45 ^{ns}	0,61 ^{ns}	0,25	18
PPCoz	0,96 ^{ns}	1,15 ^{ns}	0,48 ^{ns}	3,03	18
Maciez (Sens.)	4,79*	15,81*	1,67 ^{ns}	1,43	46
Suculência (Sens.)	1,94 ^{ns}	0,01 ^{ns}	0,49 ^{ns}	1,81	46
Sabor (Sens.)	3,56*	3,00 ^{ns}	11,70*	2,32	46
Qualidade Global (Sens.)	2,72 ^{ns}	4,68*	9,10*	2,02	45
Psicrotróficos	119,86*	307,48*	120,35*	2,02x10 ¹³	10
Bact. Láticas	15,15*	18,21*	14,93*	1,60x10 ¹⁴	10

*p<0,05 e ^{ns} p>0,05

QM_{erro} - Quadrado médio do erro

GL_{erro} - Grau de liberdade do erro

TABELA 32

Resumo da análise de variância (ANOVA) realizada para a avaliação do tratamento estimulação elétrica sobre as amostras maturadas

	Valor F		
	Estimulação Elétrica	QM _{erro}	GL _{erro}
PH	6,35*	0,01	28
L*	4,88*	2,71	28
A*	1,64 ^{ns}	0,61	28
B*	0,96 ^{ns}	0,31	28
Força de Cisalhamento	10,24*	0,35	28
PPMat	0,87 ^{ns}	0,99	28
PPDeg	1,90 ^{ns}	0,26	28
PPCoz	1,19 ^{ns}	4,79	28
Psicrotróficos	8,87*	7,05x10 ¹⁴	16
Bact. Láticas	1,82 ^{ns}	2,52x10 ¹⁴	16

*p<0,05 e ^{ns} p>0,05

QM_{erro} - Quadrado médio do erro

GL_{erro} - Grau de liberdade do erro

TABELA 33

Resumo da análise de variância (ANOVA) realizada para a avaliação da injeção do cloreto de cálcio (CaCl₂) sobre as amostras

	Valor F		
	CaCl ₂	QM _{erro}	GL _{erro}
pH	0,99 ^{ns}	0,01	4
L*	0,34 ^{ns}	0,82	4
A*	2,63 ^{ns}	0,89	4
B*	26,06*	0,31	4
Força de Cisalhamento	5,49 ^{ns}	0,29	4
PPDeg	11,62*	0,87	4
PPCoz	0,63 ^{ns}	5,95	4
Maciez (Sens.)	1,77 ^{ns}	2,69	38
Suculência (sens.)	3,63 ^{ns}	1,61	38
Sabor (Sens.)	11,09*	4,48	38
Qualidade Global (Sens.)	6,95*	4,28	38

*p<0,05 e ^{ns} p>0,05

QM_{erro} - Quadrado médio do erro

GL_{erro} - Grau de liberdade do erro

8. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. AALHUS, J. L.; JONES, S. D. M.; TONG, A. K. W.; JEREMIAH, L. E.; ROBERTSON, W. M.; GIBSON, L. L. The combined effects of time on feed, electrical stimulation and aging on beef quality. **Canadian Journal Animal Science**, v.72, n.3, p.525-535, 1992.
2. ASGHAR, A.; YEATES, N. T. M. The mechanism for the promotion of tenderness in meat during the *postmortem* process: a review. **CRC-critical reviews in food science and nutrition**, v.10, n.2, p.115-145, 1978.
3. BABIKER, S. A.; LAWRIE, R. A. *Postmortem* electrical stimulation and high temperature ageing of hot-deboned beef. **Meat Science**, v.8, n.1, p.1-20, 1983.
4. BÁNKUTI, F. I.; FILHO, C. A. P. M.; LACAZ-RUIZ, R. O sistema agroindustrial da carne: uma questão de qualidade. **Revista Nacional da Carne**, p. 67-72, mai. 1999.
5. BARRA, A. J. **Valores de pH e número de microorganismos psicrotóxicos em carne bovina**. Niterói, 1980. [Dissertação de Mestrado] – Faculdade de Veterinária, Universidade Federal Fluminense.
6. BEEKMAN, D. D. The effects of calcium chloride, sodium chloride, and tripolyphosphate injections on tenderness, water holding capacity and microscopic structure of beef muscles. **Dissertation Abstracts International**, v. 55, n. 9, p. 156-175, 1995.

7. BEEKMAN, D. D.; RINGKOB, T. P.; KOH, Y. O. Longissimus titin characteristics and 3 hour *postmortem* pH vs. beef tenderness. In: **Proceedings American Society of Animal Science - Western Section**, v. 41, p. 203-205, 1990.
8. BENDALL, J. R. Post mortem changes in muscle. In: The structure and function of muscle. Vol. 2, New York, Academic Press, 1973.
9. BENITO DELGADO, J.; MARRIOT, N. G.; CLAUS, J. R.; WANG, H.; GRAHAM, P. P. Chuck longissimus and infraspinatus muscle characteristics as affected by rigor state, blade tenderization and calcium chloride injection. **Journal Food Science**, v. 59, n. 2, p. 295-299, 1994.
10. BIDNER, T. D.; MONTGOMERY, R. E.; BAGLEY, C. P.; MCMILLIN, K. W. Influence of electrical stimulation, blade tenderization and *postmortem* vacuum aging upon the acceptability of beef finished on forage or grain. **Journal Animal Science**, v.61, n.3, p.584-589, 1985.
11. BLISKA, F. M. M. Comercialização de carnes no brasil/mercosul: características e perspectivas. In: Seminário sobre avanços e perspectivas em tecnologia de carnes. **Centro de Tecnologia de Carnes (ITAL)**, Campinas, p. 151-179, 1996.
12. BOAKYE, K.; MITTAL, G. S. Changes in pH and water holding properties of the *longissimus dorsi* muscle during beef aging. **Meat Science**, v.34, n.3, p.335-349, 1993a.

13. BOAKYE, K.; MITTAL, G. S. Changes in textural properties of the longissimus dorsi muscle during beef aging. **Lebensmittel-wissenschaft Und Technologie**, v.26, n.2, p. 145-150, 1993b.
14. BOAKYE, K.; MITTAL, G. S. Changes in viscoelastic properties of the longissimus dorsi muscle during beef aging. **Canadian agricultural engineering**, v.34, n.2, p.195-201, 1992.
15. BOLEMAN, S. J.; BOLEMAN, S. L.; BIDNER, T. D.; McMILLIN, K. W.; MONLEZUN, C. J. Effects of *postmortem* time of calcium chloride injection on beef tenderness and drip, cooking, and total loss. **Meat Science**, v. 39, n. 1, p. 35-41, 1995.
16. BOUTON, P. E.; FISHER, A. L.; HARRIS, P. V.; BAXTER, R. I. A comparison of the effects of some post-slaughter treatments on the tenderness of beef. **Journal Food Technology**, v.8, n.1, p.39-49, 1973.
17. BOUTON, P. E.; HARRIS, P. V. Changes in the tenderness of meat cooked at 50-65°C. **Journal Food Science**, v.46, n.2, p.475-478, 1981.
18. BOUTON, P. E.; HARRIS, P. V. The effects of some post-slaughter treatments on the mechanical properties of bovine and ovine muscle. **Journal Food Science**, v.37,n.4, p. 539-543, 1972.

19. CALKINS, C. R.; SEIDMAN, S. C. Relationships among calcium-dependent protease, cathepsins B and H, meat tenderness and the response of muscle to aging. **Journal Animal Science**, v.66, n.5, p.1186-1193, 1988.
20. CHIUNG YING HO; STROMER, M. H.; ROUSE, G.; ROBSON, R. M. Effects of electrical stimulation and *postmortem* storage on changes in titin, nebulin, desmin, troponin-T, and muscle ultrastructure in *Bos indicus* crossbreed cattle. **Journal Animal Science**, v.75, n.2, p.366-376, 1997.
21. COCHRAN, W. G.; COX, G. M. **Experimental designs**. New York: John Wiley & Sons, 1957. Cap.11, p. 439-482. Balanced and partially balanced incomplete block designs.
22. COHEN, T. Aging of frozen parts of beef. **Journal Food Science**, v.49, n. 4, p.1174-1177, 1984.
23. COPPOCK, B. M.; MACLEOD, G. The effect of ageing on the sensory and chemical properties of boiled beef aroma. **Journal of the Science of Food and Agriculture**, v.28, n. 2, p. 206-214, 1977.
24. CROUSE, J. D.; KOOHMARAIE, M. Effect of freezing of beef on subsequent *postmortem* aging and shear force. **Journal Food Science**, v.55, n.2, p.573-574, 1990.

25. DAE GOM KIM; DONG HYUN AHN; SOO MIN KIM; SAM KYUNG SUNG Effect of electrical stimulation and delayed chilling on the physicochemical characteristics of hanwoo, **Journal Korean Society Food Science Nutriron**, v.27, n.2, p.207-213, 1998.
26. DAVEY, C. L. Post-mortem chemical changes in muscle-meat aging. In: **Proceedings 36th Annual Reciprocal Meat Conference**, National live stock and meat board, Fargo, p.108-115, 1983.
27. DAVEY, C. L.; GILBERT, K. V. Studies in meat tenderness. 6. the nature of myofibrillar proteins extracted from meat during aging. **Journal Food Science**, v.33, n.4, p. 343-348, 1968.
28. DAVEY, C. L.; GILBERT, K. V. Studies in meat tenderness. 7. changes in the fine structure of meat during aging. **Journal Food Science**, v.34, n.1, p.69-74, 1969.
29. DAVEY, C. L.; NIEDERER, A. F. Cooking tenderizing in beef. **Meat Science**, v.1, n.4, p.271-276, 1977.
30. DAVIS, K. A.; HUFFMAN, D. L.; CORDRAY, J. C. Effect of mechanical tenderization, aging and pressing on beef quality. **Journal Food Science**, v.40, n.6, p.1222-1224, 1975.
31. DAVIS, G.W.; SMITH, G. C.; CARPENTER, Z. L. Effect of blade tenderization on storage life retail caselife and palatability of beef. **Journal Food Science**, v.42, n.2, p.330-337, 1977.

32. DILES, J. J. B.; MILLER, M. F.; OWEN, B. L. Calcium chloride concentration, injection time, and aging period effects on tenderness, sensory, and retail color attributes of loin steaks from mature cows. **Journal Animal Science**, v. 72, n. 8, p. 2017-2021, 1994.
33. DRANSFIELD, E. Optimisation of tenderisation, ageing and tenderness. In: **Proceedings 38th International Congress of Meat Science and Technology**, v.1, Clermont-Ferrand, p.71-78, 1992.
34. FIELD, R. A.; RILEY, M. L.; CHANG, Y. Free amino acid changes in different aged bovine muscles and their relationship to shear values. **Journal Food Science**, v.36, n.4, p. 619-623, 1971.
35. FIFTY YEARS OF MEAT CONDITIONING **Food Manufacture**, v. 56, n.3, p. 37-39, 1981.
36. FELÍCIO, P. E. Carne de touro jovem. In: Seminário e workshop “preservação e acondicionamento de carne bovina in natura”. **Centro de Tecnologia de Carnes (ITAL)**, Campinas, p. 27-34, 1997.
37. FELÍCIO, P. E. Pesquisa sobre preferências dos gerentes quanto ao padrão da carne bovina para desossa. In: Seminário manah: “nelore para carne”, 5. **Fazenda Mundo Novo**, Brotas, p. Anais. 1995.

38. FUNG, D. Y. C. **Microbiology of meats**. In: **Seminário sobre avanços e perspectivas em tecnologia de carnes. Centro de Tecnologia de Carnes (ITAL)** , Campinas, p. 31-43, 1996.
39. GARIEPY, C.; AMIOT, J.; POMMIER, S. A.; FLIPOT, P. M.; GIRARD, V. **Electrical stimulation and 48 hours aging of bull and steers carcasses**. **Journal Food Science**, v. 57, n. 3, p. 541-544, 1992.
40. GOT, F.; BERGE, P.; VIGNON, X.; ROUSSET AKRIM, S.; CULIOLI, J. **Interest of calcium chloride to accelerate meat ageing and to improve tenderness of beef**. **Viandes et Produits Carnes**, v. 17, n. 3, p. 101-107,136, 1996.
41. GREER, G. G.; JONES, S. D. M.; DILTS, B. D.; ROBERTSON, W. M.; **Effect of spray-chilling on the quality, bacteriology and case life of aged carcasses and vaccum packaged beef**. **Canadian Institute Food Science and Technology**, v.23, n.1, p.82-86, 1990.
42. GUTOWSKY, G. H.; HUNT, M. C.; KASTNER, C. L.; KROPF, D. H.; ALLEN, D. M. **Vacuum aging, dispaaly and level of nutrition effects on beef quality**. **Journal Food Science**, v.44, n.1, p. 140-145, 1979.
43. HEINZE, H.; BRUGGEMANN, D. **Ageing of beef: influence of two ageing methods on sensory properties and myofibrillar proteins**. **Sciences des aliments**, v.14, n.4, p. 387-399,1994.

44. HERTOOG MEISCHKE, MJA DEN; SMULDERS, FJM; LOGTESTIJN, JG VAN; KNAPEN, F VAN The effect of electrical stimulation on the water holding capacity and protein denaturation of two bovine muscles. **Journal Animal Science**, v. 75, n. 1, p. 118-124, 1997.
45. HERTZMAN, C.; OLSSON, U.; TORNBERG, E. The influence of high temperature, type of muscle and electrical stimulation on the course of rigor, ageing and tenderness of beef muscles. **Meat Science**, v.35, n.1, p.119-141, 1993.
46. HOOVER, L. C.; COOK, K. D.; MILLER, M. F.; HUFFMAN, K. L.; WU, C. K.; LANDSELL, J. L.; RAMSEY, C. B. Restaurant consumer acceptance of beef loin strip steaks tenderized with calcium chloride. **Journal Animal Science**, v. 73, n. 12, p. 3633-3638, 1995.
47. HOPKINSON, S. F.; RINGKOB, T. P.; BAILEY, C. M. Cutability and effect of electrical stimulation and aging on tenderness of beef from young intact males and castrates. **Journal Animal Science**, v. 60, n.3, p. 675-681, 1985.
48. HUFF, E. J.; PARRISH JR., F. C. Bovine longissimus muscle tenderness as affected by *postmortem* aging time, animal age and sex. **Journal Food Science**, v.58, n.4, p.713-716, 1993.
49. ICMSF. Microbial Ecology of Foods – Vol II, Food Commodities. Academic Press. New York, USA. p. 333-997, 1980.

50. JENNINGS, T. G.; BERRY, B. W.; JOSEPH, A. L. Influence of fat thickness, marbling and length of aging on beef palatability and shelf-life characteristics. **Journal Animal Science**, v.46, n.3, p. 658-665, 1978.
51. JEREMIAH, L. E.; GREER, G. G.; DILTS, B. D. Influence of hot-processing and electrical stimulation on the bacteriology and retail case-life of vacuum packaged lamb, **Food Research International**, v.30, n.3/4,p.281-286, 1997.
52. JOHNSON, D. D.; HUFFMAN, R. D; WILLIAMS, S. E.; HARGROVE, D. D. Effects of percentage brahman and angus breeding, age-season of feeding and slaughter end point on meat palatability and muscle characteristics. **Journal Animal Science**, v. 68, n.7, p. 1980-1986, 1990.
53. JONES, S. D. M.; JEREMIAH, L. E.; TONG, A. K. W.; LUTZ, S.; ROBERTSON, W.M. The effects of marbling level, electrical stimulation, and post-mortem aging on the cooking and palatability properties of beef rib-eye steaks. **Canadian Journal Animal Science**, v. 71, n. 4, p. 1037-1043, 1991.
54. JOSEPH, R. L. Production of tender beef. **Food Manufacture**, p. 29-31, 1971.
55. KATASARAS, K.; TETZLAFF, G.; BUDRAS, K. D. Morphological changes in beef musculature during aging. **Fleischwirtschaft**, v.64, n.10, p. 1222-1225, 1984.

56. KERTH, C. R.; MILLER, M. F.; RAMSEY, C. B. Improvement of beef tenderness and quality traits with calcium chloride injection in beef loins 48 hours *postmortem*. **Journal Animal Science**, v. 73, n. 3, p. 750-756, 1995.
57. KHAN, A. W.; LENTZ, C. P. Influence of ante-mortem glycolysis and dephosphorylation of high energy phosphates on beef aging and tenderness. **Journal Food Science**, v.38, n.1, p.56-58, 1973.
58. KOOHMARAIE, M. Muscle proteinases and meat aging. **Meat Science**, v.36, n.1/2, p.93-104, 1994.
59. KOOHMARAIE, M. The role of endogenous proteases in meat tenderness. In: **Proceedings 41st Annual Reciprocal Meat Conference**, National live stock and meat board, Laramie, 89-100, 1988.
60. KOOHMARAIE, M.; BABIKER, A. S.; MERKEL, R. A.; DUTSON, T. R. Acceleration of *postmortem* tenderization in ovine carcasses through activation of Ca dependent proteases. **Journal Food Science**, v.53, n.6, p.1638-1642, 1988.
61. KOOHMARAIE, M.; CROUSE, J. D.; MERSMANN, H. J. Acceleration of *postmortem* tenderization in ovine carcasses through infusion of calcium chloride: effect of concentration and ionic strength. **Journal Animal Science**, v.67, n.4, p.934-942, 1989.

62. KOOHMARAIE, M.; SHACKELFORD, S. D. Effects of calcium chloride infusion on the tenderness of lamb fed a β -adrenergic agonist. **Journal Animal Science**, v.69, n.6, p.2463-2471, 1991.
63. KOOHMARAIE, M.; WHIPPLE, G.; CROUSE, J. D. Acceleration of *postmortem* tenderization in lamb and brahman-cross beef carcasses through infusion of calcium chloride. **Journal Animal Science**, v.68, n.5, p.1278-1283, 1990.
64. LAACK, R. L. J. M.; SMULDERS, F. J. M. Colour stability of bovine longissimus and psoas mmajor muscle as affected by electrical stimulation and hot boning. **Meat Science**, v. 28, n. 3, p. 211-221, 1990.
65. LANARI, M. C.; BEVILACQUA, A. E.; ZARITZKY, N. E. Changes in tenderness during aging of vaccum-packaged beef. **Journal Food Processing and Preservation**, v. 11, n.2, p. 95-109, 1987.
66. LANSDELL, J. L.; MILLER, M. F.; WHEELER, T. L.; KOOHMARAIE, M.; RAMSEY, C. B. *Postmortem* injection of calcium chloride effects on beef quality traits. **Journal Animal Science**. V. 73, n. 6, p. 1735-1740, 1995.
67. LEE, L. M.; HAWRYSH, Z. J.; JEREMIAH, L. E.; HARDIN, R. T. Shrouding, spray-chilling and vacuum-packaged aging effects on processing and eating quality attributes of beef. **Journal Food Science**, v.55, n.5, p.1270-1273, 1990.

68. LEE, Y. B.; ASHMORE, C. R. Effect of early *postmortem* temperature on beef tenderness. **Journal Animal Science**, v. 60. n. 6, p. 1588-1596, 1985.
69. LOCKER, R. H. A new view of meat tenderness. **Food Technology in New Zealand**, v.17, n.5, p.33-35, 1982.
70. LOCKER, R. H.; DAINES, G. J.; CARSE, W. A.; LEET, N. G. Meat tenderness and the gap filaments. **Meat Science**, v.1, p. 87-104, 1977.
71. LOURDES PEREZ, M.; ESCALONA, H.; GUERRERO, I. Effect of calcium chloride marination on calpain and quality characteristics of meat from chicken, horse, cattle and rabbit. **Meat Science**, v. 48, n.1/2, p. 125-134, 1998.
72. MACBRIDE, M. A.; PARRISH JR., F. C. The 30,000-dalton component of tender bovine longissimus muscle. **Journal Food Science**, v.42, n.6, p. 1627-1629, 1977.
73. MARSH, B. B. Effects of early-*postmortem* muscle pH and temperature on meat tenderness. In: **Proceedings 36th Annual Reciprocal Meat Conference**, National live stock and meat board, Fargo, p.131-135, 1983.
74. MARSH, B. B.; RINGKOB, T. P.; RUSSELL, R. L.; SWARTZ, D. R.; PAGEL, L. A. Effects of early-*postmortem* glycolytic rate on beef tenderness. **Meat Science**, v.21, n.4, p. 241-248, 1987.

75. MARSH, B. B.; RINGKOB, T. P.; RUSSELL, R. L.; SWARTZ, D. R.; PAGEL, L. A. Mechanisms and strategies for improving meat tenderness. In: **Proceedings 41st Annual Reciprocal Meat Conference**, National live stock and meat board, Laramie, 113-118, 1988.
76. MARTIN, A. H.; FREDEEN, H. T.; WEISS, G. M. Tenderness of beef longissimus dorsi muscle from steers, heifers and bulls as influenced by source, post-mortem aging and carcass characteristics. **Journal Food Science**, v.36, n.4, p.619-623, 1971.
77. MARTIN, A. H.; MURRAY, A. C.; JEREMIAH, L. E.; DUTSON, P. J. Electrical stimulation and carcass aging effects on beef carcasses in relation to *postmortem* glycolytic rates. **Journal Animal Science**, v.57, n. 6, p. 1456-1462, 1983.
78. MENDIRATTA, S. K.; KESAVA RAO, V.; LAKSHMANAN, V. Effect of calcium chloride injection/marination on tenderization of buffalo meat. **Indian Journal Animal Sciences**, v. 67, n. 2, p. 172-174, 1997.
79. MIKAMI, M.; KUDOH, T.; HAYASHI, A.; HIRUTA, E.; MIURA, H. Effects of electrical stimulation on the myofibrillar proteins and tenderness of beef muscle. **Agricultural Biological Chemistry**, v. 54, n. 2, p. 531-532, 1990.

80. MILLER, M. F.; HUFFMAN, K. L.; GILBERT, S. Y.; HAMMAN, L.L.; RAMSEY, C.B. Retail consumer acceptance of beef tenderized with calcium chloride. **Journal Animal Science**, v. 73, n. 8, p. 2308-2314, 1995
81. MILLIGAN, S. D.; MILLER, M. F.; OATS, C. N.; RAMSEY, C. B. Calcium chloride injection and degree of doneness effects on the sensory characteristics of beef inside round roasts. **Journal Animal Science**, v. 75, n. 3, p. 668-672, 1997.
82. MINKS, D.; STRINGER, W. C. The influence of aging beef in vacuum. **Journal Food Science**, v.37, n.5, p.736-738, 1972.
83. MITCHELL, G. E.; GILES, J. E.; ROGERS, S. A.; TAN, L. T.; NAIDOO, R. J.; FERGUSON, D. M. Tenderizing, ageing, and thawing effects on sensory, chemical, and physical properties of beef steaks. **Journal Food Science**, v. 56, n.5, p. 1125-129, 1991.
84. MORAES, M. A. C. **Métodos para avaliação sensorial dos alimentos**. Campinas: Editora da UNICAMP, 1993. 93p.
85. MORGAN, J. B.; MILLER, R. K.; MENDEZ, F. M.; HALE, D. S.; SAVELL, J. W. Using calcium chloride injection to improve tenderness of beef from mature cows. **Journal Animal Science**, v.69,n.11, p.4469-4476, 1991.

86. MORRIS, C. A.; THEIS, R. L.; MILLER, R. K.; ACUFF, G. R.; SAVELL, J. W. Improving the flavor of calcium chloride and lactic acid injected mature beef top round steaks. **Meat Science**, v. 45, n. 4, p. 531-537, 1997.
87. NEWSOME, R. L.; LANGLOIS, B. E.; MOODY, W. G.; GAY, N.; FOX, J. D. Effect of time and method of aging on the composition of the microflora of beef loins and corresponding steaks. **Journal Food Protection**, v.47, n.2, p. 114-118, 121, 1984a.
88. NEWSOME, R. L.; LANGLOIS, B. E.; MOODY, W. G.; GAY, N.; FOX, J. D. Effect of time and method of aging on the microbiological quality of beef loins and corresponding steaks. **Journal Food Protection**, v.47, n.2, p. 122-125, 1984b.
89. NEWSOME, R. L.; MOODY, W. G.; LANGLOIS, B. E.; GAY, N.; MCMILLAN, M.; FOX, J. D. Effects of cattle-finishing systems on carcass traits and aging methods on loin shrinkage and steak color. **Journal Animal Science**, v.60, n.5, p. 1208-1218, 1985.
90. NORTJÉ, G. L.; SHAW, B. G. The effect of ageing treatment on the microbiology and storage characteristics of beef in modified atmosphere packs containing 25% CO₂ plus 75% O₂. **Meat Science**, v.25, n.1, p. 43-58, 1989.
91. OLSSON, U.; HERTZMAN, C.; TORNBERG, E. The influence of low temperature, type of muscle and electrical stimulation on the course of rigor mortis, ageing and tenderness of beef muscles. **Meat Science**, v. 37, n.1, p.115-131, 1994.

92. ORESKOVICH, D. C.; MCKEITH, F. K.; CARR, T. R.; NOVAKOFSKI, J.; BECHTEL, P. J. Effects of different aging procedures on the palatability of beef. **Journal Food Quality**, v.11, n.2, p. 151-158, 1988.
93. ORMENESE, F. M. **Efeito do processo Tender Tainer® de maturação sob pressão na maciez da carne bovina**. Campinas, 1995 [Dissertação de Mestrado] – Faculdade de Engenharia de Alimentos, Universidade Estadual de Campinas.
94. PALEARI, M. A.; BERETTA, G.; PANUNZI, F.; PARINI, M.; RASI, M.; CRIVELLI, G.; BERTOLO, G. Electrostimulation. Effect of extra low voltage on the carcass quality of cows. **Fleischwirtschaft**, v. 71, n. 5, p. 553-554, 1991
95. PARDI, M. C.; SANTOS, I. F.; SOUZA, E. R.; PARDI, H. S. Ciência Higiene e Tecnologia da Carne, Vol.1, p.43-48, 1995.
96. PARRISH JR., F. C. **Skeletal muscle** tissue disruption. In: **Proceedings 30th Annual Reciprocal Meat Conference**, National live stock and meat board, Auburn, p.87-98, 1977.
97. PARRISH JR., F.C.; GOLL, D. E.; NEWCOMB II, W. J.; DE LUMEN, B. O.; CHAUDHRY, H. M.; KLINE, E. A. Molecular properties of post-mortem muscle. 7. changes in nonprotein nitrogen and free aminoacids of bovine muscle. **Journal Food Science**, v.34, n.2, p.196-202, 1969.

98. PARRISH JR., F. C.; RUST, R. E.; POPENHAGEN, G. R.; MINER, B. E. Effect of *postmortem* aging time and temperature on beef muscle attributes. **Journal Animal Science**, v.29, n.3, p. 398-403, 1969.
99. PASSOS, R. B. **Efeitos de dois tipos de embalagem a vácuo e de um monoglicerídeo acetilado (DFG) na microbiota deterioradora e patogênica da carne bovina armazenada sob refrigeração**. Campinas, 1991. [Dissertação de Mestrado] – Faculdade de Engenharia de Alimentos, Universidade Estadual de Campinas.
100. PETROVIC, L.; PETROVIC, M.; FRANCISKOVIC, D.; DUPALO, D.; TUBIC, M. Structural changes during ripening of beef produced in different way. **Tehnologija-Mesa**, v.36, n.4, p.275-282, 1995.
101. PIERSON, C. J.; FOX, J. D. Effect of *postmortem* aging time and temperature on pH, tenderness and soluble collagen fractions in bovine *longissimus* muscle. **Journal Animal Science**, v.43, n.6, p.1206-1210, 1976.
102. PIKE, M. M.; RINGKOB, T. P.; BEEKMAN, D. D.; KOH, Y. O.; GERTHOFFER, W. T. Quadratic relationship between early-post-mortem glycolytic rate and beef tenderness. **Meat Science**, v.34, n. 1, p. 13–26, 1993.
103. POWELL, V. H. Quality of beef loin steaks as influenced by animal age, electrical stimulation and ageing. **Meat Science**, v.30, n.3, p.195-205, 1991.

104. POWELL, V. H.; DICKINSON, R. F.; SHORTHOSE, W. R.; JONES, P. N. Consumer assessment of the effect of electrical stimulation on the colour and colour stability of semimembranosus muscles. **Meat Science**, v.44, n.3, p. 213-223, 1996.
105. PUGA, D. M. U. **Avaliação do amaciamento de carne bovina de dianteiro (*Triceps brachii*) pelos métodos de: maturação; estimulação elétrica; injeção de ácidos e tenderização mecânica**. Piracicaba, 1998. [Dissertação de Mestrado] – Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz", Universidade de São Paulo.
106. REDDY, P. V.; REDDY, M. S.; JAYAVARDHAN, M.; REDDY, G. R. Effect of electrical stimulation on certain biochemical and quality characteristics of mutton carcass. **Indian Journal Animal Sciences**, v. 61, n. 8, p. 906-908, 1991.
107. ROBSON, R. M.; HUIATT, T. W. Roles of the cytoskeletal proteins desmin, titin and nebulin in muscle. In: **Proceedings 36th Annual Reciprocal Meat Conference**, National live stock and meat board, Fargo, p. 116-124, 1983.
108. SAVELL, J. W.; SMITH, G. C.; CARPENTER, Z. L. Beef quality and palatability as affected by electrical stimulation and cooler aging. **Journal Food Science**, v. 43, n.6, p. 1666-1668, 1978.

109. SEIDEMAN, S. C.; CROSS, H. R.; CROUSE, J. D. Variations in the sensory properties of beef as affected by sex condition, muscle and *postmortem* aging. **Journal Food Quality**, v. 12, n.1, p.39-58, 1989.
110. SHACKELFORD, S. D.; KOOHMARAIE, M.; SAVELL, J. W. Evaluation of *longissimus dorsi* muscle pH at three hours post mortem as a predictor of beef tenderness. **Meat Science**, v.37, n.2, p.195-204, 1994.
111. SHACKELFORD, S. D.; KOOHMARAIE, M.; WHIPPLE, G.; WHEELER, T. L.; MILLER, M. F.; CROUSE, J. D.; REAGAN, J. O. Predictors of beef tenderness: development and verification. **Journal Food Science**, v.56, n.5, p.1130-1135, 1140, 1991.
112. SHARPE, M.E.; FRYER, T.F.; SMITH, D. G. Identification of lactic acid bacteria In: GIBBS, B. M.; SKINNER, F. A. Identification methods for microbiologists part A, p. 65-79, 1996.
113. SHARPE, M.E.; FRYER, T.F.; SMITH, D. G. Identification of lactic acid bacteria In: GIBBS, B. M.; SKINNER, F. A. Identification methods for microbiologists part A, p. 65-79, 1996.
114. SHORTHOSE, W. R. Factors affecting beef tenderness. In: Seminário sobre avanços e perspectivas em tecnologia de carnes. **Centro de Tecnologia de Carnes (ITAL)** , Campinas, p. 71-85, 1996.

115. SMITH, G. C.; CULP, G. R.; CARPENTER, Z. L. *Postmortem* aging of beef carcasses. **Journal Food Science**, v. 43, n. 3, p. 823-826, 1978.
116. 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**, v. 41, n. 3, p. 369-379, 1995.
117. SPECK, M. L. Compendium of methods for the microbiological examination of foods. 2 ed., APHA, Washington, DC, 1984, 914 p.
118. ST. ANGELO, A. J.; KOOHMARAIE, M.; CRIPPEN, K. L.; CROUSE, J. D. Acceleration of tenderization/inhibition of warmed-over flavor by calcium chloride-antioxidant infusion into lamb carcasses. **Journal Food Science**, v. 56, n.2, p. 359-362, 1991.
119. TAYLOR, D. G.; CORNELL, J. G. The effects of electrical stimulation and ageing on beef tenderness. **Meat Science**, v.12, n. 4, p. 243-251, 1985.
120. THOMSOM, B. C.; DOBBIE, P. M. The effect of calcium chloride treatment on shear force and weight loss in gluteus medius and longissimus muscle from pasture fed bulls. **New Zealand Journal Agricultural Research**, v. 40, n. 4, p. 507-512, 1997.

121. UYTTERHAEGEN, L.; CLAEYS, E.; DEMEYER, D. The effect of electrical stimulation on beef tenderness, protease activity and myofibrillar protein fragmentation. **Biochimie**, v.74, n.3, p.275-281, 1992.
122. WHEELER, T. L.; KOOHMARAIE, M.; CROUSE, J. D. Effects of calcium chloride injection and hot boning on the tenderness of round muscles. **Journal Animal Science**, v.69, n.12, p.4871-4875, 1991.
123. WHEELER, T. L.; KOOHMARAIE, M.; LANSDELL, J. L.; SIRAGUSA, G. R.; MILLER, M. F. Effects of *postmortem* injection time, injection level, and concentration of calcium chloride on beef quality traits. **Journal Animal Science**, v. 71, n. 11, p. 2965-2974, 1993.
124. WHEELER, T. L.; SAVELL, J. W.; CROSS, H. R.; LUNT, D. K.; SMITH, S. B. Effect of *postmortem* treatments on tenderness of meat from hereford, brahman and brahman-cross beef cattle. **Journal Animal Science**, v.68, n.11, p. 3677-3686, 1990.
125. WHIPPLE, G.; KOOHMARAIE, M. Calcium chloride marination effects on beef steak tenderness and calpain proteolytic activity. **Meat Science**, v.33, n. 2, p. 265-275, 1993.
126. WHIPPLE, G.; KOOHMARAIE, M. Freezing and calcium chloride marination effects on beef tenderness and calpastatin activity. **Journal Animal Science**, v.70, n.10, p.3081-3085, 1992.

127. WULF, D. M.; O'CONNOR, S. F.; TATUM, J. D.; SMITH, G. C. Using objective measures of muscle color to predict beef longissimus tenderness. **Journal Animal Science**, v.75, n.3, p.684-692, 1997.
128. YOUNG, O. A.; GRAAFHUIS, A. E.; DAVEY, C. L. Post-mortem changes in cytoskeletal proteins of muscle, **Meat Science**, v.5, n.1, p.41-55, 1980.

UNICAMP
BIBLIOTECA CENTRAL
SEÇÃO CIRCULANTE