



UNICAMP

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

**Efeitos da taxa de resfriamento, forma de desossa e suspensão de carcaças
nos atributos de qualidade de cortes de carne bovina**

Manuel Pinto Neto

Engenheiro Industrial Mecânico
Mestre em Engenharia de Alimentos

Prof. Dr. Nelson José Beraquet

Orientador

Tese apresentada à Faculdade de Engenharia de
Alimentos da UNICAMP, para obtenção do título
de Doutor em Tecnologia de Alimentos.

Campinas – SP
2008

FICHA CATALOGRÁFICA ELABORADA PELA
BIBLIOTECA DA FEA – UNICAMP

P658e Pinto Neto, Manuel
Efeitos da taxa de resfriamento, forma de desossa e
suspensão de carcaças nos atributos de qualidade de cortes de
carne bovina / Manuel Pinto Neto. – Campinas, SP: [s.n.], 2008.

Orientador: Nelson José Beraquet
Tese (doutorado) – Universidade Estadual de Campinas.
Faculdade de Engenharia de Alimentos.

1. Carne bovina. 2. Maciez. 3. Resfriamento. 4.
Desossa a quente. I. Beraquet, Nelson José. II. Universidade
Estadual de Campinas. Faculdade de Engenharia de Alimentos.
III. Título.

Titulo em ingles: Effects of chilling rate, boning and carcass hanging methods
on the quality attributes of beef cuts

Palavras-chave em inglês (Keywords): Beef, Tenderness, Chilling, Hot boning

Titulação: Doutor em Tecnologia de Alimentos

Banca examinadora: Nelson José Beraquet

Roberto de Oliveira Roça

Marise Aparecida Rodrigues Pollonio

Pedro Eduardo de Felício

Bento da Costa Carvalho Júnior

Helena Maria André Bolini

Programa de Pós-Graduação: Programa em Tecnologia de Alimentos

BANCA EXAMINADORA

Prof. Dr. Nelson José Beraquet
FEA/DTA - UNICAMP
Presidente

Prof. Dr. Roberto de Oliveira Roça
UNESP
Membro

Prof^a. Dra. Marise A. R. Pollonio
FEA/DTA - UNICAMP
Membro

Prof. Dr. Pedro Eduardo de Felício
FEA/DTA - UNICAMP
Membro

Prof. Dr. Bento da Costa Carvalho Júnior
FEA/DTA - UNICAMP
Membro

Prof^a. Dra. Helena Maria A. Bolini
Membro

A criação prossegue incessantemente por meio do homem, mas o homem não cria: descobre.

Antonio Gaudi

Dedico esta tese à Elisa,
minha esposa e companheira,
e aos meus filhos Thaís e Fábio,
pelo apoio, entusiasmo e amor.

AGRADECIMENTOS

Ao ITAL, Instituto de Tecnologia Alimentos da Secretaria de Agricultura do Estado de São Paulo, pela liberação para realização do doutoramento e pela viabilização do projeto de pesquisa nas instalações do Centro de Tecnologia de Carnes.

Ao Dr. Nelson José Beraquet pela orientação, incentivo ao trabalho científico e convivência que muito tem contribuído para minha formação profissional e pessoal.

À Dra. Susana Cardoso, da Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Faculdade de Veterinária, Departamento de Medicina Veterinária Preventiva, pelo incentivo, colaboração, dedicação e companheirismo na condução de todas as etapas deste projeto.

Aos Pesquisadores do Centro de Tecnologia de Carnes do ITAL: Kátia M.V.A. Cipolli pela condução da análise sensorial; Márcia Mayumi Harada Haguiwara responsável pela coordenação dos trabalhos na Planta Piloto do CTC, Luciana Miyagusku pelo auxílio nas análises físico-químicas; Ana Lúcia da Silva Corrêa Lemos pelo incentivo, troca de informações e leitura dos originais, Hana Kiyoko Arima, Expedito Tadeu Facco Silveira e José Ricardo Gonçalves, pela cooperação.

Aos funcionários da Planta Piloto do CTC do ITAL: Orlando Lino Messias, José Rivaldo Evangelista da Silva e Juliano José Fiori pelo auxílio e dedicação no decorrer dos abates.

A todos os funcionários do Centro de Tecnologia de Carnes do ITAL que de uma forma ou de outra colaboraram em todo o período do doutoramento.

Ao Dr. William Robin Shorthose, Pesquisador do CSIRO – Austrália, pelas sugestões no desenho experimental, no projeto de pesquisa e apreciação dos resultados obtidos.

À Universidade Estadual de Campinas, Departamento de Tecnologia de Alimentos, pela oportunidade desta qualificação acadêmica.

Aos Professores da Banca Examinadora, pelo tempo dedicado na avaliação deste trabalho e pelas valiosas sugestões, que enriqueceram o mesmo e que contribuíram imensamente para o meu aperfeiçoamento técnico.

À Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de São Paulo pela concessão de Auxílio à Pesquisa, indispensável para a realização deste projeto.

Ao Instituto de Zootecnia de Nova Odessa, da Secretaria de Agricultura do Estado de São Paulo, por possibilitar o alojamento dos animais experimentais, bem como pela colaboração permitindo a participação dos funcionários “Muzambinho” e “Zé Rubem” para auxiliar nos abates.

À Dra. Nilda Montes Villanueva pelo apoio na elaboração do delineamento experimental e nas análises estatísticas.

À JARVIS do Brasil, na pessoa do Sr. Miguel W. Gwyther e toda a sua equipe, pelo empréstimo do estimulador elétrico e demais equipamentos utilizados, bem como pela participação e auxílio inestimável do funcionário “Tico”, em todos os abates experimentais.

Aos Julgadores do Painel Sensorial Treinado, Angela, Fabiana, Hana, Ivonete, Josiane, Juliano Canali, Juliano Fiori, Kátia, Marco Antônio, Marcinha, Márcia, Maristela, Ricardo e Vera pela inestimável colaboração, precisão na realização das análises, paciência e dedicação.

Aos Bolsistas de Iniciação Científica e de Treinamento Técnico, Danilo, Juliano, Beth, Vanessa, Flávia e Mariana pela presteza na condução das análises realizadas, pela convivência e amizade.

Aos meus pais pelo empenho em minha formação e presença constante em minha vida.

Em especial à minha esposa Elisa e aos meus filhos Thaís e Fábio pelo carinho e compreensão nos momentos que deixaram de ter a minha atenção durante o desenvolvimento deste trabalho.

E a Deus, por ter permitido que tudo isto acontecesse.

RESUMO

Estudaram-se parâmetros de qualidade de músculos de 40 bovinos Nelore desossados a quente resfriados ultra rapidamente e também em músculos desossados de carcaças resfriadas por 24 horas em câmara fria a 0 °C, penduradas pela pelve durante tempos diferentes e pelo tendão do músculo gastrocnêmio (tendão de Aquiles). Todas as carcaças foram estimuladas eletricamente. Da metade esquerda de 16 carcaças foram desossados a quente, após 45 min da sangria, os músculos *Longissimus dorsi* (CF) e o *Psoas major* (FM). Parte dos músculos foram resfriados em um túnel de congelamento (EQRR) e parte foi resfriada em câmara fria a 0 °C (EQ0). De outras 24 metades esquerdas de carcaças resfriadas, foram desossados os músculos CF, FM e o *Semitendinosus* (ST). Oito dessas meias-carcaças foram suspensas pelo tendão de Aquiles (tratamento controle EF), oito permaneceram 20 horas penduradas pela pelve e 4 horas pelo tendão de Aquiles (EFP20) e as outras oito penduradas 10 horas pelo osso pélvico e 14 horas pelo tendão de Aquiles (EFP10). Todos os músculos foram subdivididos em três porções, embalados em sacos plásticos a vácuo e maturados em câmara fria a 0 °C durante 14 dias. O comprimento do sarcômero (CS) foi medido logo após a desossa, e após 14 dias de maturação. Após 2, 7 e 14 dias foram medidas a perda por exsudação e capacidade de retenção de água (CRA). Das porções foram feitas fatias com 2,54 cm de espessura para o cozimento. As fatias de CF e FM foram cozidas em grelha elétrica a 150 °C até que a temperatura interna da fatia atingisse 74 °C. As fatias do músculo ST foram cozidas dentro de sacos plásticos, em água a 80 °C durante 60 min. Foram medidas as perdas por cocção e as forças de cisalhamento Warner-Bratzler (WBSF). Os atributos de maciez, suculência e sabor de carne maturada foram avaliados sensorialmente por uma equipe de 10 a 15 provadores treinados. As amostras, em cubos de 1,5 cm, eram servidas uma por vez. A análise de variância incluiu o bloco, replicação, tratamento, maturação e suas interações. Foi usado o teste de Duncan para determinar diferenças entre as médias com uma probabilidade de 5%.

Os resultados mostraram que a perda por cocção e a suculência dos músculos não foram afetados pela taxa de resfriamento, pendura e maturação. O CS do músculo ST não foi afetado pelos tratamentos e pela maturação. O músculo FM desossado a quente EQ0 teve exsudação significativamente maior que os desossados a frio. As perdas por exsudação dos músculos CF desossados a quente EQ0 não se diferenciaram daquelas dos músculos desossados a frio. O tratamento EQRR diminuiu o CS para o músculo CF e para o FM. Os músculos desossados a quente e resfriados rapidamente EQRR tiveram a maior perda de peso por exsudação e a menor maciez. Não houve diferenças significativas dos valores de WBSF entre os tratamentos para o músculo ST, mas a WBSF diminuiu com o período de maturação, à exceção do tratamento EF. A maciez do músculo ST aumentou com a maturação somente no tratamento com pendura pélvica EFP20. A WBSF do músculo ST e FM não apresentaram correlação significativa com a maciez. A WBSF do músculo FM não foi afetada pela maturação em todos os tratamentos. A maciez do músculo FM desossado a quente (EQ0) e também do desossado a frio (EF) aumentaram com a maturação. Os músculos desossados a quente (EQ0), após os 14 dias de maturação, não foram significativamente diferentes dos desossados a frio. O tratamento EQRR afetou o “sabor de carne maturada” do músculo FM que apresentou, após 14 dias de maturação, o menor valor para o atributo. A pendura pélvica por 20 horas não apresentou vantagens em relação à pendura por 10 horas *post mortem*. A pendura pela pelve não diminuiu significativamente a força de cisalhamento nem aumentou a maciez dos músculos LD E ST. Por outro lado a pendura pélvica também não aumentou significativamente a força de cisalhamento nem diminuiu a maciez do músculo *Psoas major*.

Palavras-chave: Carne bovina, Maciez, Resfriamento, Desossa a quente.

ABSTRACT

The objectives of this work were to examine the effects of pre-rigor excision and rapid chilling versus conventional carcass chilling with two forms of carcass suspension on quality attributes of three muscles during the *postmortem* storage. The *Longissimus dorsi* (CF), *Semitendinosus* (ST) and *Psoas major* (FM) muscles were removed 45 min after exsanguination from the left side of 16 electrically stimulated beef carcasses and vacuum packed. Part of CF and FM muscles were chilled in a freezing tunnel to induce cold shortening (hot boned, rapidly chilled EQRR) and part were chilled in cooling room at 0 °C (EQ0). At 24 hours postmortem, the corresponding muscles plus ST muscle were removed from the left side of 24 electrically stimulated beef carcasses conventionally chilled in a cooling room. Eight of these carcasses were hanged by the Achilles tendon (EF - control treatment) and 16 were hanged by the aitch bone. Eight carcasses were left 20 hours suspended by the aitch bone and 4 hours by the Achilles tendon (EFP20), the other eight were left 10 hours suspended by the aitch bone and 14 hours by the Achilles tendon (EFP10). Sarcomere length (CS) was measured after boning and after ageing. All muscles were cut into three portions, vacuum packed and assigned to ageing in a cooling room at 0 °C during 14 days. After 2, 7 and 14 days, the portions were unpacked to measure drip losses and water holding capacity, then all portions were cut into 2,54 cm-thick steaks and assigned to cooking treatments. CF and FM steaks were cooked at approximately 150 °C in an electric grill to an internal temperature of 74 °C. ST steaks, in plastic bags, were cooked in water bath at 80 °C during 60 min. Cooking losses and Warner-Bratzler shear forces (WBSF) were measured on cooked steaks. From the same cooked steaks were taken 1,5 cm cubes, wrapped in foil and held at 45 °C in a preheated oven as samples for the sensory-panel with 10 to 15 trained panelists that evaluated one cube/steak each time of all muscles from the five treatments. The scores for tenderness, juiciness and aged flavor were evaluated with a 10 cm line scale. Analysis of variance procedure included block, replication, treatment, ageing and their interactions. Means were separated by Duncan test with 5% of significance. The results showed that there was no significant difference related to

cooking loss and juiciness of all muscles from the five treatments and ageing periods. The hot excised and very fast chilled muscles CF and FM had the CS reduced. The CS of muscle ST was not affected by the treatments and ageing. Hot boned and chilled at 0 °C muscles FM had significantly more drip loss than cold boned ones. Hot boned CF muscles, chilled at 0 °C, had no different drip losses from cold boned meats treatments. Hot boned and very fast chilled muscles had the highest drip losses and the lowest tenderness. Drip losses of the muscles *Psoas major* from carcasses hanged by pelvic bone during 10 hours, were higher than the muscles from carcasses hanged by the Achilles tendon but were not significantly different from hot boned EQ0 treatment. Tenderness of the muscles FM and ST didn't have a significant correlation with WBSF. The tenderness of the muscle ST increased with aging for the pelvic hanging treatment (EFP20). There were no significant differences among treatments related to the WBSF of the muscles ST but it decreased with ageing, with the exception of the muscle hanged from the Achilles tendon. WBSF of the muscle FM was not affected by ageing in all treatments. Aged flavor of the muscle *Psoas major* from treatment EQRR was affected and had the lowest scores after 14 days ageing. There was no advantage of using the pelvic hanging of the carcass by the pelvis during 20 hours over the period of 10 hours. The hot boned and chilled at 0 °C muscles, after 14 days ageing, were not significantly different from cold boned treatments. The tenderness of the muscle *Psoas major* from hot boned treatment (EQ0) and from Achilles tendon hanged carcass (EF) increased with aging. The pelvic hanging treatments didn't increased significantly the tenderness or reduced WBSF of the muscles CF and ST. On the other side, pelvic hanging treatments didn't decreased significantly tenderness of the muscle FM.

Key words: Beef, Chilling, Tenderness, Hot boning.

Sumário

AGRADECIMENTOS	vi
RESUMO	viii
ABSTRACT	x
LISTA DE FIGURAS	xvi
LISTA DE TABELAS	xix
LISTA DE ABREVIATURAS	xxi
1. INTRODUÇÃO	1
2. OBJETIVOS	6
3. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA	7
3.1 Maciez da carne bovina: considerações gerais	7
3.2 Encurtamento muscular pelo frio (<i>cold shortening</i>)	8
3.2.1 Prevenção do encurtamento muscular pelo frio	9
3.3 Desossa a quente	10
3.4 Tecnologias pós-abate para melhorar a maciez da carne	11
3.4.1 Estimulação elétrica	11
3.4.2 Estiramento do músculo	13
3.5 Resfriamento das carcaças e cortes	23
3.5.1 Velocidade de Resfriamento	23
3.5.2 Resfriamento ultra-rápido	24
3.6 Maturação	25
4. MATERIAL E MÉTODOS	26
4.1 Animais.....	26

4.1.1 Transporte, alojamento e descanso regulamentar dos animais....	26
4.2. Delineamento Experimental	27
4.2.1 Tratamentos	27
4.2.2 Unidades experimentais	29
4.2.3 Delineamento estatístico	29
4.3. Abates	30
4.3.1 Insensibilização dos animais	30
4.3.2 Estimulação elétrica das carcaças	31
4.3.3 Suspensão das meias carcaças	31
4.3.4 Desossa	32
4.3.5 Embalagem das amostras de carne	33
4.3.6 Resfriamento das carcaças	34
4.3.7 Resfriamento dos cortes	35
4.3.8 Maturação	36
4.4. Cozimento	37
4.5. pH	38
4.6. Valor R	39
4.7. Análise sensorial	40
4.8. Determinação da força de cisalhamento	43
4.9. Capacidade de retenção de água	44
4.10. Perda de peso por exsudação	44
4.11. Perda de peso por cocção	45
4.12. Comprimento do sarcômero	45
4.13 Análise estatística.....	48

5. RESULTADOS E DISCUSSÃO	50
5.1 Resfriamento das carcaças e dos cortes na desossa fria.....	50
5.2 Resfriamento dos cortes na desossa quente	52
5.3. pH e Valor R das 24h <i>post mortem</i>	55
5.3.1. Músculo <i>Longissimus dorsi</i>	55
5.3.2. Músculo <i>Semitendinosus</i>	62
5.3.3. Músculo <i>Psoas major</i>	65
5.4. pH e Valor R no 1º, 7º e 14º dia de maturação	69
5.4.1 Músculo <i>Longissimus dorsi</i>	69
5.4.2. Músculo <i>Semitendinosus</i>	71
5.4.3. Músculo <i>Psoas major</i>	73
5.5 Perda de peso por exsudação e por cocção	74
5.5.1. Músculo <i>Longissimus dorsi</i>	75
5.5.2. Músculo <i>Semitendinosus</i>	78
5.5.3. Músculo <i>Psoas major</i>	80
5.6 Capacidade de retenção de água	83
5.6.1. Músculo <i>Longissimus dorsi</i>	83
5.6.2. Músculo <i>Semitendinosus</i>	85
5.6.3. Músculo <i>Psoas major</i>	86
5.7 Análise sensorial e força de cisalhamento	88
5.7.1 Músculo <i>Longissimus dorsi</i>	88
5.7.2. Músculo <i>Semitendinosus</i>	97
5.7.3. Músculo <i>Psoas major</i>	101

5.8 Comprimento do sarcômero (CS)	105
5.8.1. Músculo <i>Longissimus dorsi</i>	106
5.8.2. Músculo <i>Semitendinosus</i>	109
5.8.3. Músculo <i>Psoas major</i>	111
6. CONCLUSÕES.....	125
7. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	126

Lista de Figuras

Figura 1 - Desenho esquemático da pendura pela abertura do osso pélvico (a) e pelo tendão de Aquiles (b).....	15
Figura 2 - Desenho esquemático do sistema de <i>Tendercut</i> com um corte na região da 12 ^a /13 ^a vértebras de meias carcaças.	21
Figura 3 - Esquema experimental dos tratamentos.....	28
Figura 4 - Ilustração da localização anatômica do músculo <i>Longissimus dorsi</i> , <i>Semitendinosus</i> e do músculo <i>Psoas major</i>	29
Figura 5 - Pendura da meia carcaça pelo osso pélvico utilizando carretilha com haste prolongada e talha elétrica	32
Figura 6 - Ilustração da localização dos cortes das porções experimentais dos músculos <i>Psoas major</i> , <i>Longissimus dorsi</i> e <i>Semitendinosus</i>	33
Figura 7 - Caixa de papelão onde eram armazenados as porções dos músculos experimentais <i>Longissimus dorsi</i> , <i>Semitendinosus</i> e <i>Psoas major</i>	34
Figura 8 - Vista das carcaças dos tratamentos EFP10 (esquerda) e EF (direita) na câmara de resfriamento com os sensores nos músculos CF, ST e FM	35
Figura 9 - Vista das bandejas do túnel de congelamento com os cortes dos músculos CF e FM embalados à vácuo e com os termopares inseridos na parte central e superfície	36
Figura 10 - Câmara de maturação monitorada por registrador de temperatura contendo as caixas de papelão com as amostras das carnes	37
Figura 11 - Congelamento e embalagem das amostras de carne em nitrogênio líquido para análise de pH e Valor R.....	39
Figura 12 - Modelo de ficha para avaliação da maciez, suculência e sabor de carne maturada por equipe sensorial treinada	42
Figura 13 - Forma de obtenção com o vazador adaptado a furadeira, os cilindros de carne e sua análise no texturômetro.....	43

Figura 14 - Desenho esquemático do corte transversal do músculo com a indicação do ponto de coleta de fragmentos para análise do comprimento de sarcômero	46
Figura 15 - Coleta de fragmentos do músculo para a análise de comprimento do sarcômero	46
Figura 16 - Formas de papel alumínio para congelamento dos fragmentos do músculo utilizados na medição do comprimento do sarcômero	47
Figura 17 - Declínio da temperatura (em °C) na meia carcaça bovina nos tratamentos EFP10, EFP20 e EF medida no centro dos músculos Semitendinosus, Psoas major e L.dorsi	50
Figura 18 - Declínio da temperatura medida no músculo <i>Longissimus dorsi</i> (em °C) no tratamento EQ0, corte desossado a quente, embalado a vácuo e resfriado em câmara fria a 0 °C	52
Figura 19 - Declínio da temperatura medida na superfície (-▲-) e no centro (-■-) do músculo <i>Psoas major</i> do tratamento EQRR durante resfriamento ultra-rápido em túnel de congelamento com ar a temperatura de -18°C (-●-)	54
Figura 20 - Declínio da temperatura medida na superfície (▲) e no centro (■) do músculo <i>Longissimus dorsi</i> do tratamento EQRR durante resfriamento ultra-rápido em túnel de congelamento com ar a temperatura de -18°C (-●-).....	55
Figura 21 - Correlação entre pH e Valor R para o músculo <i>Longissimus dorsi</i> submetido aos vários tratamentos durante as primeiras 24 horas <i>post mortem</i>	62
Figura 22 - Correlação entre pH e Valor R para o músculo <i>Semitendinosus</i> submetido aos vários tratamentos durante as primeiras 24 horas <i>post mortem</i>	65
Figura 23 - Correlação entre pH e Valor R para o músculo <i>Psoas major</i> submetido aos vários tratamentos durante as primeiras 24 horas <i>post mortem</i>	68
Figura 24 - Correlação entre maciez e textura (força de cisalhamento) para o músculo <i>Longissimus dorsi</i> submetido aos vários tratamentos e maturação	95

Figura 25 - Correlação entre comprimento do sarcômero e a maciez para o músculo <i>Longissimus dorsi</i> submetido aos vários tratamentos e maturação	108
Figura 26 - Correlação entre comprimento do sarcômero e a perda por exsudação para o músculo <i>Longissimus dorsi</i> submetido aos vários tratamentos e maturação.....	109
Figura 27 - Correlação entre comprimento do sarcômero e a perda por cocção para o músculo <i>Semitendinosus</i> submetido aos vários tratamentos e maturação	111
Figura 28 - Correlação entre comprimento do sarcômero e a força de cisalhamento para o músculo <i>Psoas major</i> submetido aos vários tratamentos e maturação	113

Lista de Tabelas

Tabela 1 - Valores médios e erro padrão do pH e Valor R do músculo <i>L. dorsi</i> de diferentes tratamentos a 1, 2, 4, 6, 8 e 24 horas <i>post mortem</i>	56
Tabela 2 – Valores médios e erro padrão de pH e Valor R do músculo <i>Semitendinosus</i> de diferentes tratamentos a 1, 2, 4, 6, 8 e 24 horas <i>post mortem</i>	63
Tabela 3 – Valores médios e erro padrão de pH e Valor R do músculo <i>Psoas major</i> de diferentes tratamentos a 1, 2, 4, 6, 8 e 24 horas <i>post mortem</i>	66
Tabela 4 - Valores médios de pH e Valor R e erro padrão do músculo <i>L. dorsi</i> de diferentes tratamentos em 24 horas, 7 e 14 dias <i>post mortem</i>	70
Tabela 5 - Valores médios de pH e Valor R e erro padrão do músculo <i>Semitendinosus</i> de diferentes tratamentos em 24 horas, 7 e 14 dias PM.....	72
Tabela 6 - Valores médios de pH e Valor R e erro padrão do músculo <i>Psoas major</i> de diferentes tratamentos a 24 horas, 7 e 14 dias <i>post mortem</i>	74
Tabela 7- Valores médios percentuais e erro padrão da perda por exsudação e perda por cocção do músculo <i>L. dorsi</i> em diferentes tratamentos a 2, 7 e 14 dias <i>post mortem</i>	75
Tabela 8 - Valores médios percentuais e erro padrão das perdas por exsudação e perdas por cocção do músculo <i>Semitendinosus</i> em diferentes tratamentos a 2, 7 e 14 dias <i>post mortem</i>	78
Tabela 9 - Valores médios percentuais e erro padrão das perdas por exsudação e das perdas por cocção do músculo <i>Psoas major</i> , submetido aos diferentes tratamentos a 2, 7 e 14 dias <i>post mortem</i>	80
Tabela 10 - Valores médios e erro padrão da capacidade de retenção de água no músculo <i>L.dorsi</i> , submetido aos diferentes tratamentos <i>post mortem</i>	83
Tabela 11 - Valores médios e erro padrão da capacidade de retenção de água do músculo <i>L. dorsi</i> , submetido aos diferentes tratamentos de desossa a quente	84

Tabela 12 - Valores médios e erro padrão da capacidade de retenção de água do músculo <i>L.dorsi</i> , submetido aos diferentes tratamentos com suspensão da carcaça e desossa fria	84
Tabela 13 - Valores médios e erros padrão da capacidade de retenção de água do músculo <i>Semitendinosus</i> , submetido aos diferentes tratamentos <i>post mortem</i>	86
Tabela 14 - Valores médios e erros padrão da capacidade de retenção de água do músculo <i>Psoas major</i> , submetido aos diferentes tratamentos <i>post mortem</i>	87
Tabela 15 - Valores médios e erros padrão da capacidade de retenção de água do músculo <i>Psoas major</i> , submetido aos diferentes tratamentos de desossa a quente	87
Tabela 16 - Valores médios e erros padrão da capacidade de retenção de água do músculo <i>Psoas major</i> , submetido aos diferentes tratamentos de pendura e desossa fria	87
Tabela 17 - Valores médios da força de cisalhamento e atributos sensoriais do músculo <i>L. dorsi</i> submetido a diferentes tratamentos <i>post mortem</i>	89
Tabela 18 - Valores médios de força de cisalhamento e atributos sensoriais do músculo <i>Semitendinosus</i> submetido a diferentes tratamentos <i>post mortem</i>	98
Tabela 19 - Valores médios da força de cisalhamento e atributos sensoriais do músculo <i>Psoas major</i> submetido a diferentes tratamentos <i>post mortem</i>	102
Tabela 20 - Valores médios e erro padrão do comprimento do sarcômero (CS) em μm no momento da desossa e 14 dias <i>post mortem</i> do músculo <i>L. dorsi</i> de diferentes tratamentos.....	106
Tabela 21 - Média e erro padrão do comprimento do sarcômero (CS) em μm no momento da desossa e 14 dias <i>post mortem</i> do músculo <i>Semitendinosus</i> em diferentes tratamentos	110
Tabela 22 - Média e erro padrão do comprimento do sarcômero (CS) em μm no momento da desossa e 14 dias <i>post mortem</i> do músculo <i>Psoas major</i> em diferentes tratamentos	112

Lista de Abreviaturas

ATP - Adenosina trifosfato

DQ - Desossa a quente

CF - *Longissimus dorsi*

CRA - Capacidade de retenção de água

FM - *Psoas major*

ST - *Semitendinosus*

EQRR - Desossa quente e resfriamento ultra-rápido

CS - Comprimento do sarcômero

EQ0 - Desossa quente e resfriamento a 0 °C

EE - Estimulação elétrica

EF - Desossa fria e pendura pelo tendão de Aquiles

EFP10 - Desossa fria e pendura pela pelve por 10 horas

EFP20 - Desossa fria e pendura pela pelve por 20 horas

WBSF – Força de cisalhamento Warner-Bratzler

PM - *post mortem*

1. INTRODUÇÃO

A pecuária bovina de corte brasileira vem crescendo, se modernizando e expandindo mercados em um ritmo bastante acelerado, apesar dos eventos sanitários que vem abalando o mercado mundial de carnes nos últimos anos. Com uma produção de carne bovina em 2006, estimada em 7,463 milhões de toneladas em equivalente carcaça, o setor cresce a taxas superiores à produção mundial. A produtividade do setor também vem avançando, com redução da idade de abate e aumento da taxa de desfrute do rebanho.

Por outro lado, o rebanho bovino brasileiro tem apresentado uma ligeira diminuição desde 2004, tendo atingido 164,9 milhões de cabeças em 2006 e deverá atingir 159,3 milhões de cabeças em 2007 (ANUALPEC FNP, 2007). O abate total em 2006 situou-se em 47,14 milhões de cabeças bovinas, indicando uma taxa de abate de 28,6%.

No mercado internacional, o Brasil vem ano a ano conquistando novos mercados e expandindo suas vendas para mercados já tradicionais, com isso vem aumentando sua participação nas exportações mundiais, passando de 14% em 2002 para 31% em 2006.

As exportações vêm crescendo em relação ao total da produção, indicando que o mercado externo vem impulsionando o crescimento da produção brasileira. Em 1998 o país exportava cerca de 6% de sua produção, chegando a 26,6% em 2006 (VERÍSSIMO, 2007).

No Brasil, a utilização de raças zebuínas (*Bos taurus indicus*), com predominância da raça Nelore em cruzamentos industriais, está em crescente expansão e o processo parece ser irreversível, tendo-se em vista as inegáveis vantagens da heterose e da adaptação desses animais às condições de manejo e nutrição existentes no país.

Considerando que 65% do rebanho bovino brasileiro seja da raça Nelore, segundo esclarecimento técnico apresentado na página da ABCZ (2007), significa que existem cerca de 90 milhões de cabeças dessa raça, o que a torna o alicerce da cadeia produtiva pecuária.

Entretanto, a palatabilidade da carne produzida por esse tipo de bovino, deve ser considerada como um ponto importante neste sistema de produção, principalmente no que diz respeito à maciez, que é considerado o principal atributo de qualidade no consumo da carne. Muitos autores, citados por NEWSOME, T., *et al.*, 1999 e THOMPSON, 2002, relatam que a carne de bovinos de raças zebuínas seria menos macia que a proveniente de raças taurinas.

Independente da raça, outros fatores influenciam a maciez da carne, tais como a idade e o sexo, o ambiente, o manejo efetuado pré-abate (alimentação, estresse, transporte, etc.) e os procedimentos pós-abate (desenvolvimento do *rigor mortis*, maneira de pendurar a carcaça, processo de resfriamento, maturação). Além destes, outros fatores podem prejudicar a maciez, tais como o transporte dos cortes, conservação e forma de preparo, porém estes fatores estão fora de controle do produtor e do frigorífico.

O controle dos fatores que modificam as condições de pré e principalmente de pós-abate tem merecido pouca atenção no Brasil, o que tem resultado em uma falta de consistência ou uniformidade da maciez e de outras características sensoriais dos cortes bovinos oferecidos ao mercado.

Os mecanismos que controlam a maciez nos músculos são extremamente complexos e ainda não elucidados completamente. O principal fundamento científico-tecnológico estabelecido é que carnes obtidas de carcaças resfriadas rapidamente pré-rigor tornam-se mais duras (BENDALL, 1973b).

Atualmente os abatedouros frigoríficos brasileiros utilizam a maturação sanitária como uma forma de controlar o vírus da febre aftosa. Após o abate, a carcaça deve ser submetida, antes da desossa, a temperatura de +2 °C durante 24 horas, e pH final não ultrapassando 6,0. A desossa só poderá ser realizada se a temperatura, na parte muscular mais densa, estiver entre 4 °C e 5 °C e desde que, no final do processo de desossa, pré-embalagem, embalagem, paletização e entrada nas câmaras, os cortes se mantenham à temperatura abaixo de 7 °C.

A Portaria Ministerial 304 (BRASIL, 1996) regulamenta a desossa e embalagem da carne no local de abate, garantindo sua origem.

Na prática, as carcaças são desossadas aproximadamente 24 horas após o abate. A desossa é feita em sala climatizada, limpa e higienizada, atendendo aos princípios de boas práticas de manipulação e os cortes são embalados a vácuo e mantidos resfriados para maturação. Esse procedimento não traz problemas com relação à vida útil e apresenta uma melhora no aspecto sensorial da carne.

Os frigoríficos poderiam tornar-se ainda mais competitivos, se conseguissem produzir cortes cárneos com maior consistência na sua maciez e em outros parâmetros de qualidade e também encurtando ou acelerando alguns estágios de produção.

Uma das possibilidades de encurtar o período de produção seria a desossa a quente (DQ) na qual a carne é removida da carcaça e a embalagem dos cortes é realizada imediatamente após a esfola e evisceração, antes de qualquer resfriamento. Uma vez que a carcaça é reduzida a pequenas peças, a troca de calor ocorre mais rapidamente, mas é importante ter o cuidado que a qualidade final da carne não seja alterada por um endurecimento causado pelo encolhimento pelo frio (TAYLOR, 1987).

Segundo Lawrie (1984), a desossa a quente possibilita uma diminuição no custo operacional do abatedouro. Conhecida há bastante tempo, essa técnica permite uma racionalização maior de toda a cadeia de comercialização (no rendimento, no gasto de energia, no volume frigorificado, no resfriamento, no congelamento, na estocagem, no transporte e na mão-de-obra); obtenção de farinha de carne e ossos e do sebo com uma melhor qualidade e a diminuição de problemas higiênicos sanitários causados pelo acúmulo de ossos e resíduos nos locais de venda e varejo (CIA *et al.*, 1981/1982).

O interesse em encurtar o período pós-abate, além do aspecto econômico e dentre outros mais, está na possibilidade de obter uma carne utilizável precocemente, reduzindo a perda de peso por evaporação durante o resfriamento das carcaças e alcançando uma maciez desejável na carne o mais rápido possível (TAYLOR, 1987).

Para proceder a desossa a quente (DQ) deve ser utilizada a estimulação elétrica (EE) dinamizando a obtenção dos cortes, embalagem e resfriamento,

evitando assim o encurtamento pelo frio. Existem evidências de que a EE promove amaciamento mesmo em músculos que não teriam problemas de encurtamento pelo frio (McKEITH *et al.*, 1981).

Outra possibilidade de acelerar o processo de obtenção dos cortes seria o uso de câmaras ou túneis com capacidade de refrigeração suficientemente grande que permita resfriar muito rapidamente cortes desossados a quente ou as próprias carcaças recém-evisceradas. Essa técnica é conhecida como resfriamento ultra-rápido e embora seja contraditório o seu uso, pelo fato de poder provocar o endurecimento, a mesma tem merecido recentemente a atenção de muitos pesquisadores. Alguns autores realizaram trabalhos cujos resultados demonstraram que carnes de carcaças submetidas a um resfriamento ultra-rápido eram mais tenras que as carnes de carcaças resfriadas convencionalmente.

Dentre esses autores, Bowling *et al.* (1987) resfriaram carcaças bovinas 30 minutos *post mortem* a -70°C durante 5 horas, e em seguida as mantiveram a 16°C por 4 horas e finalmente foram mantidas a 1°C por 15 horas. Os resultados indicaram que os músculos apresentavam comprimento normal de sarcômero e maior maciez que os músculos provenientes das carcaças resfriadas convencionalmente a -7°C por 24 horas.

Várias tentativas foram feitas no sentido de verificar os efeitos do resfriamento ultra-rápido na qualidade de carnes bovinas, suínas e ovinas. Ao contrário do esperado, nem sempre a carne ficava dura após este tratamento, e sim seria até mais macia do que aquela obtida com o resfriamento convencional.

Os resultados obtidos com o resfriamento ultra-rápido de carne bovina até o presente são conflitantes. De fato muitos autores apresentam evidências de que a melhora na maciez seria devido ao aumento da proteólise provocada pelo resfriamento ultra-rápido (JAIME *et al.*, 1992; RONCALÉS & BELTRÁN, 1998b; STEEN *et al.*, 1998), enquanto outros autores apresentam resultados claramente negativos (ZAMORA & DRANSFIELD, 1998). Um outro questionamento se aplica aos aspectos tecnológicos, uma vez que em apenas alguns trabalhos (ARCHER *et al.*, 1998; CUTHBERTSON *et al.*, 1998) é possível encontrar métodos adequados para alcançar as condições de resfriamento ultra-rápido em cortes cárneos.

Além da necessidade de acelerar o processo produtivo é preciso tornar mais consistente os parâmetros de qualidade da carne. Neste aspecto a aplicação de técnicas de amaciamento, tais como a suspensão pélvica, combinadas com a estimulação elétrica, mostram-se vantajosas podendo evitar a contração indesejável de alguns músculos durante o estabelecimento do *rigor mortis*.

A maioria dos frigoríficos brasileiros exportadores fazem uso da estimulação elétrica, pendura da carcaça pelo tendão de Aquiles e a desossa fria (24 horas após o abate). Não há evidências de que, a estimulação elétrica na forma como é empregada, previna o encurtamento causado pelo frio, e conseqüente o endurecimento da carne.

A forma de pendurar a carcaça após o abate reconhecidamente influencia a maciez de certos cortes (HOSTETLER *et al.*, 1972; CIA & NORMAN, 1977 e BARNIER & SMULDERS, 1994). A carcaça bovina suspensa pelo tendão de Aquiles resulta em uma maior tensão no músculo *Psoas major* (filé mignon), tornando-o ainda mais tenro, porém promove a compressão de muitos outros músculos do lombo e da perna traseira.

A alternativa seria utilizar a suspensão pélvica (*tenderstretching*) que consiste em suspender a carcaça pelo orifício do osso pélvico (*forame obturator*), aumentando a tensão em diversos músculos do lombo e da perna traseira, tornando-os mais macios que os das carcaças suspensas pela forma convencional. Essa melhora na maciez tem sido relacionada com um aumento no comprimento do sarcômero (FORREST *et al.*, 1979; CIA & NORMAN, 1977).

Apesar de todos esses argumentos favoráveis à implantação da desossa a quente e da suspensão pélvica e de evidências que essas tecnologias sejam viáveis, uma vez que já existem empresas utilizando-as em escala comercial no Reino Unido (principalmente na Irlanda), Suécia, Noruega, Nova Zelândia, Austrália e em outros países, as mesmas não são utilizadas no Brasil.

Uma possível razão para esta situação é a carência de informações a respeito da aplicação dessas tecnologias em carcaças e cortes de carne bovina da raça Nelore, motivo pelo qual este trabalho foi desenvolvido.

2. OBJETIVOS

- Avaliar os efeitos associados à forma e ao tempo de pendura de carcaças bovinas estimuladas eletricamente nas características físicas, sensoriais e histológicas de cortes maturados;
- Avaliar os efeitos da taxa de resfriamento nas características físicas, sensoriais e histológicas de cortes de carne bovina desossados a quente obtidos de carcaças estimuladas eletricamente;
- Avaliar os efeitos da maturação nas características físicas, sensoriais e histológicas de cortes de carne bovina provenientes de carcaças estimuladas eletricamente e obtidos por desossa a quente ou após resfriamento convencional.

3. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

A carne é o resultado da transformação bioquímica e física do músculo, logo após o abate, que é o principal componente da estrutura do animal vivo. Na carcaça do animal existem mais de 600 músculos, que por sua vez são formados por vários tipos de tecido (conjuntivo, epitelial e nervoso) e em quantidades variáveis que vão depender de sua função e posicionamento no corpo do animal vivo. A carne apresenta uma composição muito complexa e a sua qualidade como alimento é determinada por diversos fatores, tais como a espécie, idade e dieta do animal.

3.1 Maciez da carne bovina: considerações gerais

A variação que ocorre na maciez da carne é devido a diferenças genéticas, biológicas e fisiológicas, mudanças durante o abate, diferenças criadas durante a armazenagem *post mortem* ou uma combinação destes fatores (KOOHMARAIE, 1996).

A porcentagem de proteína, gordura, umidade e a composição do colágeno da carne também afetam sua maciez (CROSS *et al.*, 1973).

A maciez também é afetada pela maturação, tipo de rigor, comprimento do sarcômero, atividade proteolítica e a fixação do músculo ao esqueleto (PEARSON, 1987).

Em geral a maciez da carne é afetada por uma variedade de fatores que ocorrem devido a alterações durante e após o *rigor mortis* (TORNBERG, 1996).

A carne pré-rigor é macia, mas vai se tornando progressivamente mais dura à medida que ligações cruzadas permanentes se formam entre a miosina e a actina na ausência de adenosina trifosfato (PEARSON, 1987).

A temperatura, pH, taxa de resfriamento, genética e forma de atordoamento afeta o desenvolvimento do rigor (MARSH & LEET, 1966; HILDRUM *et al.*, 1999; PEARSON, 1987; e OLSSON *et al.* 1994; HONIKEL *et al.*, 1983). Koohmaraie

(1996) relatou que a prevenção do encurtamento do sarcômero pode prevenir o endurecimento da carne. Marsh & Leet (1966) demonstraram uma relação entre o comprimento do sarcômero e a maciez tal que o máximo da dureza ocorria a 40% de encolhimento de músculos desossados. Encolhimentos da ordem de 40 a 60% foram definidos como zona de “ruptura progressiva”, na qual o dano celular decorre de um encolhimento excessivo do músculo (MARSH & LEET, 1966). Koohmaraie (1996) relatou um endurecimento durante as primeiras 24 horas *post mortem* devido ao encurtamento do sarcômero induzido pelo rigor. Os autores também sugeriram que a maior parte da variação do comprimento do sarcômero ocorre de animal para animal.

3.2 Encurtamento muscular pelo frio (*cold shortening*)

Logo após o abate e antes do rigor pode ocorrer o encurtamento provocado pelo resfriamento do corte ou carcaça, independentemente do encurtamento desenvolvido naturalmente pelo rigor.

Um dos efeitos mais significativos da temperatura de armazenamento, com ação direta na temperatura da carcaça, é o fenômeno do encurtamento pelo frio (*cold shortening*), que consiste na aceleração do metabolismo muscular na fase de pré-rigidez, provocado pela redução brusca da temperatura até valores entre 0 e 10 °C. Este fenômeno ocorre nos músculos bovinos, suínos e ovinos, sendo mais marcante em animais mais velhos e em músculos vermelhos pelo fato de os mesmos possuírem menos glicogênio e devido a isso a queda do pH ser menos abrupta (ROÇA, 2007).

O encurtamento pelo frio tem sido estudado desde os anos 60 (LOCKER & HAGYARD, 1963). A ação conjunta da temperatura e do pH no momento do estabelecimento do rigor pode ser considerada o fator decisivo do grau de encurtamento pelo frio (HANNULA & PUOLANNE, 2004).

Quando a temperatura do músculo é reduzida a 0 -15 °C antes do rigor, o retículo sarcoplasmático não funciona adequadamente e perde a capacidade de reter o cálcio, o que deixa o sarcoplasma com cálcio em abundância. Pelo fato de

haver ATP no músculo, o mesmo se contrai ao máximo, fazendo com que um filamento deslize sobre o outro eliminando a banda I do sarcômero. Nas temperaturas de 1 – 2 °C, o retículo sarcoplasmático tem sua funcionalidade reduzida ao máximo (ABERLE *et al.*, 2001).

A relação entre o encurtamento pelo frio, o comprimento do sarcômero e a dureza da carne foi demonstrada inicialmente por Herring *et al.* (1965), que mostraram uma relação direta do comprimento do sarcômero com o diâmetro da fibra e a dureza da carne. De acordo com seus resultados, quanto mais contraído o sarcômero, maior o seu diâmetro e após o cozimento essas carnes, com fibras mais grossas, apresentavam-se duras.

A combinação de tempo, temperatura e pH diferem entre os músculos, em cada músculo e também entre as espécies (HANNULA & PUOLANNE, 2004). Isto indica que os músculos não são afetados pelo encurtamento pelo frio da mesma maneira.

3.2.1 Prevenção do encurtamento muscular pelo frio

Embora não haja forma de prevenir o rigor e o encolhimento dos sarcômeros completamente, existem maneiras para reduzir a extensão e os efeitos de endurecimento deste processo, antes, durante e após o abate.

O binômio tempo-temperatura durante o resfriamento da carcaça influencia diretamente a maciez miofibrilar. Devine *et al.* (1999) estudaram o efeito da temperatura do rigor no encurtamento e maciez do músculo *Longissimus lumborum* e *thoracicus* e concluíram que ocorrendo o rigor a 15 °C havia menor tensão e encolhimento e as carnes eram mais macias que aquelas com o rigor ocorrendo acima dessa temperatura.

Em 1963, Locker & Hagyard conseguiram mostrar que existia uma faixa de temperatura em que o encurtamento era mínimo. Pode-se dizer, portanto, que existe o encurtamento em temperaturas mais baixas e também em temperaturas maiores que a faixa ótima. Foi realizado um estudo com os músculos *Longissimus dorsi* (CF) e *Semimembranosus* (SM) em que as carnes foram submetidas a

diferentes temperaturas durante o rigor e em seguida a 14 dias de maturação a +4 °C. Para o SM, os autores notaram que existia uma alta correlação entre porcentagem de encurtamento e a maciez final para todas as faixas de temperatura estudadas. Já para o CF notaram que a correlação era alta para a faixa de temperatura de 1 a 10 °C, mas de 15 a 35 °C a correlação inexistia.

Observaram também que na faixa de temperatura de 7-15 °C, os escores da maciez do CF eram maiores que do SM. Esse resultado sugere que outros mecanismos (além do encurtamento) agem sobre o CF e, segundo os autores, uma possível explicação é que o CF é enzimaticamente mais ativo que o SM, e que, portanto, a proteólise parece influenciar de modo mais ativo sua maciez.

A quantidade de ATP presente na fibra muscular, temperatura do músculo e pH são indicadores do potencial de encurtamento pelo rigor e também pelo frio. A forma mais sensível e rápida de verificar a velocidade de consumo de ATP é pela medida da taxa de queda do pH. O controle dessas características musculares permite obter uma condição para que não ocorra o encolhimento causado pelo frio.

3.3 Desossa a quente

A desossa a quente ainda tem como sinônimos: corte e processamento a quente, processamento acelerado, processamento a alta temperatura e processamento anterior ao *rigor mortis*.

A maciez, o mais importante atributo para a aceitação da carne pelo consumidor, é afetada negativamente pela desossa a quente. Observa-se que as fibras musculares, quando não estão mecanicamente estendidas ou fixadas aos ossos, podem sofrer um encurtamento quando, no estado de pré-rigor, forem submetidas às temperaturas de resfriamento (*cold shortening*), sendo necessários processos coadjuvantes ou adicionais para minimizar estes efeitos. Como processos coadjuvantes da desossa a quente sugere-se o condicionamento dos cortes, previamente embalados ou não, sob temperaturas elevadas e também a maturação convencional dos cortes embalados à vácuo.

Outros processos, como a estimulação elétrica e o amaciamento mecânico ou enzimático também podem ser empregados (KASTNER & FELÍCIO, 1980).

Recentemente foi desenvolvido um outro processo de embalagem sem vácuo de cortes desossados a quente com filme de alta capacidade de encolhimento e barreira que evita os principais problemas de encurtamento encontrados na desossa a quente (STIEBING & KARNITZSCHKY, 1997).

A DQ foi desenvolvida em resposta ao desejo comercial de reduzir tanto o consumo de energia, como o espaço requerido para o resfriamento de carcaças CUTHBERTSON (1984) e KASTNER (1983). Embora esse processo ofereça substancial vantagem econômica, a carne obtida desta forma requer cuidados em seu processo de produção no que diz respeito à segurança microbiológica.

A DQ expõe uma maior área superficial da carne, que por estar quente, úmida e rica em nutrientes favorece a contaminação e proliferação de microrganismos deteriorantes e patogênicos. Todas as etapas do processamento da carne desossada a quente, devem ser monitoradas, a fim de se assegurar as Boas Práticas de Fabricação, para a obtenção de um produto final isento de perigos microbiológicos.

3.4 Tecnologias pós-abate para melhorar a maciez da carne

3.4.1 Estimulação elétrica

O estímulo elétrico da musculatura das carcaças de animais submetidos ao abate tem despertado interesse de muitos pesquisadores que desde o início do século XX vêm estudando sua influência sobre a degradação do glicogênio, a formação do ácido lático e no amaciamento da carne, decorrentes das contrações musculares provocadas pela estimulação.

Essa prática, adotada comercialmente na Nova Zelândia, Austrália e Estados Unidos é ainda pouco utilizada pelos frigoríficos brasileiros. É um procedimento prático que oferece vários benefícios para produtores, processadores e consumidores. Suas vantagens são:

- Promover ativação das reações bioquímicas fazendo com que a energia muscular seja usada a uma velocidade maior que a normal resultando no declínio rápido do pH do músculo estimulado;
- Acelerar o estabelecimento e resolução do *rigor mortis*;
- Poder reduzir a temperatura do músculo com uma taxa de resfriamento maior, sem que ocorra o encurtamento pelo frio;
- Acelerar o processo de amaciamento (ou maturação natural).

Os valores de pico para a voltagem utilizada na EE variam de 30 a 3000 Volts. As baixas voltagens causam a contração muscular pela combinação da estimulação e propagação do estímulo elétrico através do sistema nervoso. As altas voltagens promovem uma estimulação direta e uniforme nos músculos de toda a carcaça (ABERLE *et al.*, 2001).

Como desvantagem, a EE pode possibilitar a contaminação cruzada entre as carcaças pelo ponto de inserção do eletrodo, quando não for realizada a correta limpeza e desinfecção do eletrodo antes de sua reutilização em outra carcaça.

O amaciamento da carne devido à EE tem sido atribuído principalmente a três fatores: prevenção do encolhimento pelo frio (por promover uma aceleração na glicólise e na resolução do *rigor mortis* antes que a temperatura do músculo seja reduzida a valores críticos); aceleração da atividade proteolítica (mediada pela ação do cálcio) e ocorrência de rupturas físicas na estrutura da fibra muscular (em decorrência às contrações musculares extremas). George *et al.* (1980) verificaram, no entanto, que a estimulação elétrica de alta voltagem aumentava a velocidade de amaciamento da carne somente quando a mesma era resfriada lentamente.

A técnica de estimulação elétrica e os mecanismos de segurança necessários para seu emprego são muito importantes. As carcaças bovinas podem ser estimuladas antes ou imediatamente após terem sido divididas em metades e, preferencialmente, nos 40 minutos que sucedem a etapa de sangria,

uma vez que o estímulo perde sua eficácia a partir desse momento (BENDALL, 1984).

A maior velocidade de resfriamento da carcaça, em função do uso da EE, possibilita um maior controle sobre o crescimento de microrganismos. Embora não haja estudos conclusivos da real influência da EE sobre os microrganismos presentes na carne, considera-se que a EE possa promover alterações nas estruturas celulares dos microrganismos, provocadas pela queda de pH, liberação de enzimas proteolíticas, alteração no potencial de óxido redução e pela presença de radicais livres (HENRICKSON & ASGHAR, 1985).

3.4.2 Estiramento do músculo

Newbold (1972) (apud BOUTON *et al.*, 1978) afirma que a causa principal do endurecimento da carne é o encolhimento *post mortem* do músculo. Esse encolhimento pode ser minimizado com a utilização da estimulação elétrica, condicionamento em temperaturas mais altas (entre 10 a 20 °C) e pelo estiramento muscular que pode ser obtido, dentre outros, com a suspensão da carcaça pelo *foramen obturator*.

Os primeiros trabalhos com estiramento muscular em bovinos foram realizados por volta de 1970, dentre os quais Hostetler *et al.* (1972) que realizaram uma série de trabalhos com a técnica de suspensão ou pendura da carcaça pela pelve e também com outras derivações da mesma. Apesar do tempo transcorrido desde então, muitos trabalhos sobre esse assunto têm sido desenvolvidos nos últimos anos, tais como os de LUNDESJÖ, M. *et al.*, (2002); WAHLGREN, N.M. *et al.*, (2002)a; WAHLGREN, N.M. *et al.*, (2002)b; HWANG *et al.*, (2002), NEWSOME, T., *et al.*, (1999); SØRHEIM *et al.*, (2000) e (2001); EIKELENBOOM, G. *et al.*, (1998); MOONEY, M.T. *et al.*, (1999).

3.4.2.1 Pendura da carcaça pela pelve

A pendura da carcaça bovina é feita tradicionalmente pelo tendão de Aquiles (Figura 1b), o que proporciona a compressão de alguns músculos, principalmente da região da coxa. Por outro lado, a maciez do músculo bovino está aparentemente relacionada com o grau de contração assim determinado pelo comprimento do sarcômero (LOCKER, 1960).

A suspensão pela pelve ou pelo *forame obturator* (Figura 1a) é um método utilizado para aumentar o comprimento do sarcômero dos principais músculos evitando uma contração indesejável durante o estabelecimento do *rigor mortis* e melhorando a maciez da carne ainda não maturada (BOUTON & HARRIS, 1972).

Na Austrália estão sendo estudados novos indicadores para carcaças de bovinos jovens e aplicados na prática comercial e industrial, tais como o tipo de pendura que a carcaça ficou durante o resfriamento ou nas dez primeiras horas de resfriamento, que quando feita pela pelve, diminui a necessidade de maturação (FOOD SCIENCE AUSTRALIA, 2004 e FELÍCIO, 2005).

Locker (1960) retirou diversos músculos de carcaças de tourinhos e avaliando-os sensorialmente no dia seguinte, após o resfriamento, concluiu que os músculos relaxados ou submetidos à distensão eram mais macios que os parcialmente contraídos (retirados da carcaça antes do resfriamento).

Músculos que são mantidos relaxados ou em posições próximas da sua forma original, fazem com que o encurtamento durante o estabelecimento do *rigor mortis* seja minimizado. Esses músculos também são mais tenros que os músculos que sofrem contração e encurtamento, como ocorre na pendura tradicional. Essa foi a conclusão que chegaram Herring *et al.* (1965) ao analisarem objetivamente a maciez de 12 músculos provenientes de quatro animais semelhantes.

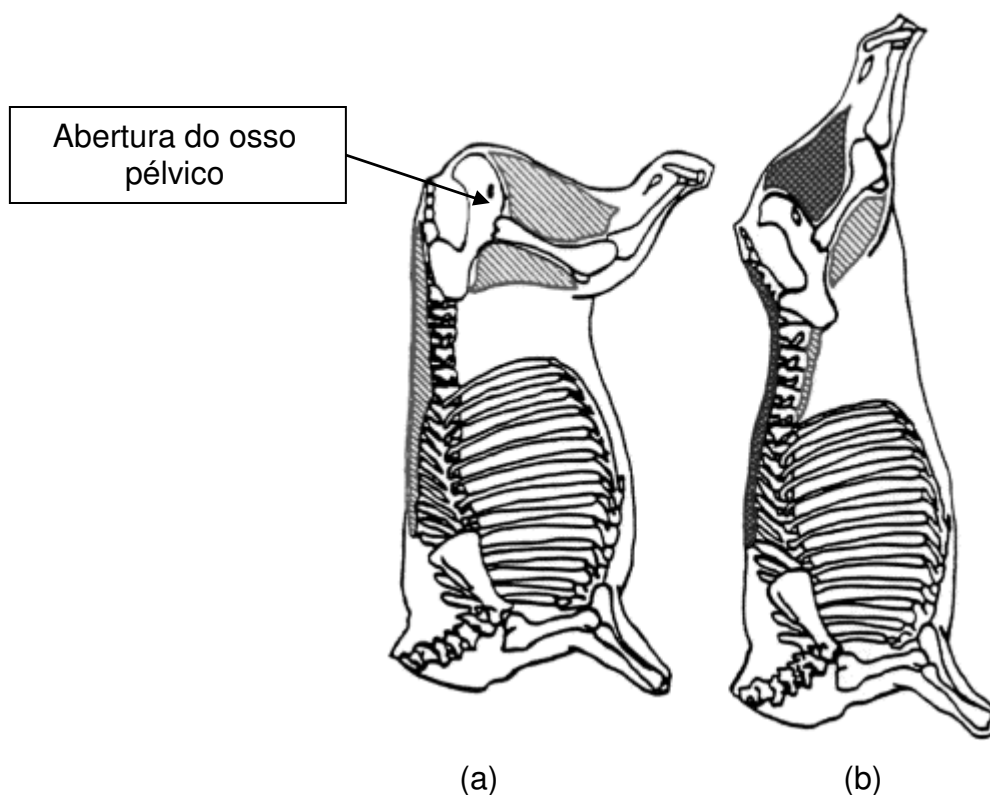


Figura 1 - Desenho esquemático da pendura pela abertura do osso pélvico (a) e pelo tendão de Aquiles (b). SØRHEIM (2002).

Hostetler *et al.* (1972) avaliaram diversos métodos de pendura de carcaça e concluíram que o método de suspensão pélvica foi o que apresentou os melhores resultados no sentido de aumentar o comprimento do sarcômero e consequentemente a maciez dos principais músculos. Em particular, a melhora da maciez foi obtida de forma massiva nos músculos do lombo e do coxão, que são os mais consumidos na forma de filés.

Pfeiffer *et al.* (1972) estudaram o efeito do alongamento do músculo e da maturação nas propriedades do colágeno e concluíram que ocorria uma mudança no nível molecular do colágeno intramuscular devido à maturação e ao estiramento e que essa mudança estava correlacionada ao aumento da maciez.

Cia & Norman (1977) avaliaram a influência dos dois métodos, o tradicional pelo tendão de Aquiles e o de suspensão pélvica, em animais azebuados com 4 a 5 anos de idade, sendo que as carcaças não sofreram estimulação elétrica. Os

músculos analisados foram: o *Psoas major*, *Longissimus dorsi*, *Gluteus medius*, *Semimembranosus*, *Semitendinosus*, *Quadriceps femoris* e *Bíceps femoris*. Os autores verificaram que a suspensão pélvica melhorava a maciez e aumentava o comprimento do sarcômero de todos os músculos com exceção do *Psoas major*.

Bouton *et al.* (1973) (*apud* Cia & Norman, 1977) compararam a maciez da carne proveniente de carcaças bovinas suspensas pela pelve e pelo tendão de Aquiles, um dia após o abate e resfriadas à temperatura de 0 a 1 °C, com o aumento da maciez provocado pela maturação durante 21 dias à mesma temperatura. Os autores verificaram que a maciez das carnes tratadas com a pendura pelo osso pélvico, medida um dia após o abate, era equivalente à obtida pelas carnes da pendura pelo tendão de Aquiles após 21 dias de maturação.

Joseph & Connolly (1977) avaliaram o efeito do método de suspensão, velocidades de resfriamento e da maturação em diversos cortes bovinos. Os autores verificaram que a pendura pela pelve provocava o aumento do comprimento do sarcômero e da maciez em diversos graus de intensidade nos músculos *Longissimus dorsi*, *Bíceps femoris*, *Semitendinosus*, *Semimembranosus* e *Gluteus medius*. Já para o músculo *Psoas major* havia uma ligeira redução da maciez e do comprimento do sarcômero.

Joseph & Connolly (1977) verificaram que o resfriamento rápido (ar a 0 °C por 48 horas) apresentou um efeito pronunciado no músculo *Longissimus dorsi*, que em conjunto com a pendura pela pelve, deixou a carne mais macia logo após o abate, não apresentando muita diferença com a maturação. O músculo que teve o maior aumento na maciez com a pendura pela pelve foi o *Gluteus medius*, o qual apresentou também o maior efeito de amaciamento com o desenvolvimento da maturação.

Hostetler *et al.* (1976) avaliaram o efeito da temperatura interna final de cozimento na força de cisalhamento e maciez em músculos de carcaças suspensas pela pelve. Os músculos impedidos de encolher são menos susceptíveis ao endurecimento quando cozidos até a condição de “bem passados”.

Em um estudo de Barnier & Smulders (1994) foi investigado o efeito da suspensão pélvica na força de cisalhamento de cinco diferentes músculos bovinos após cozimento a 75 °C. Embora o tratamento aumentasse o comprimento do sarcômero de todos os músculos, o efeito na força de cisalhamento não foi o mesmo em todos os músculos, tendo sido encontrados efeitos positivos, insignificantes ou mesmo adversos. Os autores sugerem que os efeitos adversos podem ser atribuídos a um relacionamento não linear entre o comprimento do sarcômero e os valores da força de cisalhamento, especialmente em comprimentos de sarcômero maiores do que o comprimento do mesmo em repouso.

Eikelenboom *et al.* (1998) realizaram um estudo considerando carcaças de touros jovens, estimuladas eletricamente e suspensas pela pelve e pelo tendão de Aquiles uma hora após o abate. Após um período de 14 dias de condicionamento a 3 °C, foram conduzidos testes de força de cisalhamento e compressão com os músculos *Longissimus lumborum* e *thoracis* e o *Semimembranosus* na forma crua e após cozimento durante uma hora nas temperaturas de 55, 60, 65, 70 e 80 °C. Os autores verificaram que para toda a faixa de temperatura de cozimento, a suspensão pelo tendão de Aquiles resultava, para os dois músculos, nos menores valores da força de cisalhamento nas temperaturas de 60 e 65 °C. No caso da suspensão pélvica, as forças de cisalhamento eram relativamente maiores, tanto para a carne crua bem como após o cozimento a 55 e 60 °C, no entanto após o cozimento a 80 °C as carnes das carcaças suspensas pela pelve apresentavam forças de cisalhamento menores. Esses resultados sugerem que, embora a suspensão pélvica possa aumentar o comprimento do sarcômero, efeitos negativos, positivos ou neutros podem ocorrer em relação à força de cisalhamento, dependendo do músculo e da temperatura de cozimento. Os testes de tração e compressão indicaram que a tensão aumentava com o aumento da temperatura. No teste de compressão a 80% foram observados, para a suspensão pélvica, valores maiores para a carne crua e para a cozida a 55 °C. Esses resultados levaram os autores a sugerir que músculos provenientes de carcaças bovinas estimuladas eletricamente e que

sofreram um processo de condicionamento térmico, apresentam efeitos opostos na contribuição do tecido miofibrilar e conectivo para a avaliação da maciez por meio de testes que utilizam grandezas mecânicas. A resistência do colágeno aumenta e a resistência miofibrilar diminui como resultado destes tratamentos.

3.4.2.2 Disposição horizontal, suspensão pelo pescoço e suspensão pélvica com os membros amarrados

Teoricamente, a carcaça em uma posição que opusesse os músculos flexores e extensores, faria com que os mesmos tivessem comprimento de sarcômero similares. Esta condição existe, provavelmente, ou é muito próxima, nos músculos do animal vivo e em estação (em pé). Sob estas circunstâncias, a maioria dos músculos se encontra no estado de relaxamento e somente poucos músculos estão encurtados.

Norman & Cia (1980) demonstraram que na suspensão da carcaça pelo método tradicional (tendão de Aquiles), a média de comprimento de sarcômero dos músculos variou de 1,8 a 3,2 micra, ou seja, um intervalo de 1,4 micra. Nos músculos das carcaças suspensas pela pele, a média de comprimento do sarcômero variou de 2,4 a 3,1 micra, com um intervalo de 0,7 μm , o correspondente a uma diminuição de 46% em relação ao valor anterior. Isto ocorre na segunda situação porque a composição de forças mantém os músculos da carcaça em uma posição semelhante à assumida no animal em estação, quando os membros conservam seu aprumo normal.

Hostetler *et al.* (1972) realizaram experimentos buscando simular a posição do animal quando vivo ou utilizando o efeito da gravidade para aumentar o estiramento da carcaça em certas áreas, incluindo, além da suspensão pélvica, o posicionamento horizontal da carcaça disposta sobre uma mesa e a suspensão pelas vértebras cervicais. Nesses tratamentos os membros anteriores foram amarrados aos membros posteriores de modo a mantê-los na posição perpendicular às vértebras.

Nesses tratamentos, o comprimento do sarcômero do músculo *Longissimus* apresentou um aumento no comprimento enquanto que no músculo oposto, o *Psoas major*, houve um encurtamento do sarcômero quando comparado à suspensão pelo tendão de Aquiles.

Nos tratamentos em que os membros torácicos foram amarrados aos membros pélvicos houve um alongamento do comprimento do sarcômero de alguns músculos do membro pélvico, porém o *Triceps brachii* sofreu um encurtamento dos sarcômeros.

As mudanças no comprimento do sarcômero foram acompanhadas pelas mudanças correspondentes na maciez objetiva medida pela força de cisalhamento. Todos os tratamentos tiveram efeito similar sobre o músculo *Longissimus dorsi*. Ao trazer os membros pélvicos à frente, o aumento do comprimento do sarcômero foi de 0,4 a 0,6 μm e a redução da força de cisalhamento um pouco superior a 1 kg. Na suspensão pelo tendão de Aquiles, o *Longissimus* encurtava devido à compressão da porção dorsal das vértebras.

Apesar do sarcômero relativamente longo, a maciez do músculo *Semitendinosus* foi uma das menores e o aumento do comprimento dos sarcômeros, além de 2,4 micra não resultou em aumento da maciez. Segundo os autores, a razão pode ser devido a uma fibra muscular mais firme ou ao alto teor de colágeno que o deixou mais duro, independente do comprimento do sarcômero.

O *Triceps brachii* foi o único músculo do membro torácico incluído no estudo. A suspensão pélvica, a suspensão pelas vértebras cervicais e a disposição horizontal da carcaça com os membros amarrados, moveram os membros anteriores para trás fazendo com que houvesse o encurtamento do músculo. Esses tratamentos diminuíram a maciez em relação à obtida com a suspensão pelo tendão de Aquiles e a suspensão pela pele sem amarrar os membros, as quais permitiram o movimento dos membros torácicos para frente.

Nesse experimento, o aumento do comprimento do sarcômero em todos os tratamentos testados, principalmente na suspensão pélvica com os membros livres, sempre correspondeu a uma mudança positiva, freqüentemente

significativa, na maciez da carne, mesmo quando essa diferença no comprimento do sarcômero não era muito relevante. Isso se aplica a todos os músculos, com exceção do *Bíceps femoris*, provavelmente devido à grande quantidade de tecido conjuntivo presente neste músculo. Ao ser submetido a um alongamento das suas fibras musculares ele se torna menos macio, pois como o diâmetro das fibras é reduzido, o tecido conjuntivo, que é inelástico, aumenta sua contribuição na força de cisalhamento do músculo.

3.4.2.3. *Tendercut*

No início dos anos 90, um novo método denominado *Tendercut* foi introduzido por cientistas no Virginia Polytechnic Institute and State University (WANG *et al.*, 1994). Esse procedimento consiste em se fazer cortes nas carcaças *pré-rigor*, logo após o abate enquanto se mantém a suspensão pelo tendão de Aquiles (CLAUS, 2007). Ossos da carcaça, tecido conectivo, tecido adiposo e alguns músculos secundários são cortados em duas posições selecionadas nas meias carcaças. Um corte é feito entre a 12^a e 13^a vértebras torácicas, o mais próximo possível da posição normal para separação da carcaça em quarto dianteiro e traseiro (Figura 2). O *multifidus dorsi* é completamente separado, e o corte é estendido aproximadamente 12 cm da lateral da extremidade do músculo *Longissimus*. O outro corte é posicionado na junção entre o *Psoas major* e os músculos ao redor. Este corte separa o ísquio do osso pélvico, a junção entre a 4^a e 5^a vértebras sacrais e tecido conectivo adjacente. O *Tendercut* foi recentemente validado por pesquisas nos EUA, Canadá e Noruega.

Mooney *et al.* (1999) ao comparar três técnicas de suspensão de carcaça (*Tendercut*, suspensão pélvica e suspensão pelo tendão de Aquiles), concluíram que para os músculos *Longissimus*, *Semimembranosus* e *Gluteus medius*, a suspensão pélvica foi o método mais efetivo, assegurando melhor alongamento das fibras e maciez dos músculos.

Conforme o padrão de classificação de cortes de carnes da Austrália (*Meat Standards Australia* - MSA) (FERGUSON *et al.*, 1999), no qual são avaliados

todos os quartos traseiros e músculos lombares, o impacto do *Tendercut* na palatabilidade é menor que o da suspensão pélvica. Além disso, como os procedimentos para implementação do *Tendercut* apresentam maior dificuldade, é improvável que os abatedouros usem essa opção no modelo MSA (THOMPSON, 2002).

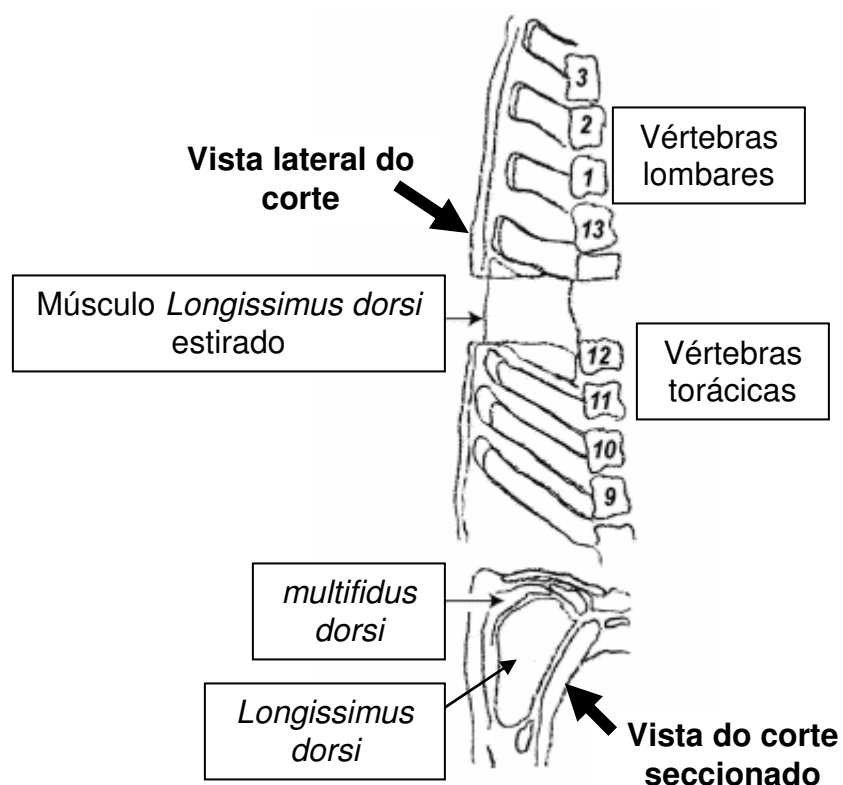


Figura 2 - Desenho esquemático do sistema de *Tendercut* com um corte na região da 12^a/13^a vértebras de meias carcaças. (CLAUS, 2007).

3.4.2.4 Adaptações necessárias para adoção de métodos alternativos de suspensão de carcaças.

Segundo Sørheim & Hildrum (2002), na suspensão pélvica a posição do membro posterior em um ângulo de 90° requer um espaço adicional para as

carcaças na câmara de resfriamento, porém, a altura dos trilhos das câmaras pode ser diminuída.

O método *Tendercut*, com os dois cortes nas meias-carcaças, requer mais trabalho que a suspensão pélvica. Entretanto, as meias-carcaças não necessitam de espaço extra nas câmaras, mas se estendem de 15 a 20 cm, o que deve ser considerado para a altura dos trilhos. O requerimento de volume adicional nas câmaras de resfriamento pela suspensão pélvica e pelo *Tendercut* pode ser compensado pela possibilidade de taxas de resfriamento mais elevadas e maior produção.

O principal obstáculo para implementação da suspensão pela pelve ou *Tendercut* é justificado pelo fato dessas técnicas alterarem o formato de cortes primários quando comparados à suspensão pelo tendão de Aquiles. Discussões sobre esse assunto, no entanto, estão se tornando menos importantes à medida que a demanda dos consumidores está se direcionando para pequenas porções de carne embalada.

Os tratamentos que provocam o estiramento dos músculos (*Tenderstretching*) proporcionam obviamente um meio muito efetivo e barato de gerenciar as características de paladar da carne bovina e está sendo adotado largamente na indústria australiana.

As desvantagens desses tratamentos em termos de aumento de mão-de-obra, (tanto para pendura pela pelve logo na entrada da câmara de resfriamento como para a rependura pelo tendão de Aquiles na saída da câmara fria para a desossa) e pela redução da capacidade da câmara fria são um preço pequeno a pagar pelo melhora significativa no paladar (THOMPSON, 2002).

Os diversos métodos alternativos de suspensão da carcaça demonstraram ser eficientes em promover uma melhora na maciez das carnes provenientes dos principais e mais valorizados cortes da carcaça bovina. A maioria dos trabalhos encontrou resultados com aumento no comprimento de sarcômeros e diminuição na força de cisalhamento que são significativos principalmente nos tratamentos de suspensão pélvica e *Tendercut*.

Sendo a suspensão pélvica de execução mais fácil que o método *Tendercut*, sua implementação, aparentemente, é viável apesar das modificações necessárias para adaptação da indústria frigorífica, já que a obtenção de uma carne mais macia está se tornando cada vez mais, um critério relevante para o atual mercado consumidor.

3.5 Resfriamento das carcaças e cortes

3.5.1 Velocidade de resfriamento

O resfriamento de carcaças bovinas tem sido utilizado por décadas, pela maioria dos abatedouros como um tratamento necessário para reduzir o crescimento microbiológico.

Por outro lado, a velocidade de resfriamento influencia várias características das carcaças, tais como a perda de peso, o odor de osso pútrido (*bone taint*), a cor da carne e da gordura superficial. O processo de resfriamento por si só, também induz à contração muscular caso a temperatura seja reduzida abaixo de 10 °C antes de ser estabelecido o *rigor mortis* (MARSH *et al.*, 1978 e BENDALL, 1973a).

Como já foi visto, a membrana do retículo sarcoplasmático é sensível à baixa temperatura e em determinada condição de temperatura deve ocorrer a liberação do cálcio. Como vimos também, a contração das miofibrilas somente ocorrerá se ambos, ATP e íons cálcio, estiverem presentes em concentrações adequadas, portanto o encurtamento pelo frio poderá ocorrer se houver a liberação de cálcio pelo retículo sarcoplasmático induzido pela redução da temperatura.

A taxa de variação da temperatura também afeta a queda do pH, visto que nos bovinos a queda de pH é quatro vezes mais rápida a 37 °C do que a 17 °C. Quanto maior o valor do pH (acima de 6,2) e a concentração de ATP (próximo da faixa fisiológica), mais intensa será a contração (WOLTERSDORF, 1989), sendo que o encurtamento mais severo ocorre a -1 °C.

Também é conhecido que a contração miofibrilar induzida pela baixa temperatura é reversível, isto é, o músculo alonga-se ao seu tamanho original se a temperatura sobe acima de valores críticos. (RONCALÉS, 1998a).

Segundo Honikel (1998), valores de redução do comprimento do sarcômero da ordem de 50% e maiores são comuns. Valores entre 20 e 40% endurecem a carne após o aquecimento e aumentam a perda por exsudação.

3.5.2 Resfriamento ultra-rápido

O aumento da capacidade de produção é importante para a rentabilidade da indústria, porém a rapidez no resfriamento tem sido causa do endurecimento das carnes e conseqüente rejeição pelo consumidor.

O resfriamento ultra-rápido de carne bovina foi motivo de uma ação combinada da Comunidade Européia que começou em 1994. Após sucessivas revisões dos trabalhos científicos realizados, ficou definido como resfriamento ultra rápido quando a temperatura da carne chega a -1 °C em até 5 horas *post mortem*. Nessa condição sub-zero são produzidos gradientes de temperatura em todos os músculos e isso provoca consideráveis variações nos parâmetros biofísicos e bioquímicos. Os íons cálcio liberados na fibra muscular pela baixa temperatura, estimulam a ação proteolítica que amacia a carne, mas também estimulam a contração que endurece a carne (JOSEPH, 1996).

O resfriamento ultra-rápido da carne foi definido por Honikel & Joseph (2003), de forma que dentro de 5 horas *post mortem* toda a extensão do músculo deveria atingir 0 °C sem congelar, exceto a camada de 2 a 3 mm abaixo da superfície. Como a carne tem uma baixa condutividade térmica, esse tipo de resfriamento poderia ser obtido somente em cortes bovinos desossados a quente ou em carcaças ovinas ou de vitelo.

Davey & Garnett (1980) mostraram que o endurecimento na carne ovina poderia ser evitado pelo congelamento em menos de 4 horas *post mortem*. A estocagem congelada a -12 °C por mais de 10 dias preveniriam o encolhimento no descongelamento e conseqüente endurecimento. Os autores propuseram que o

endurecimento da superfície ocasionado pelo congelamento funcionava como um suporte rígido evitando o encolhimento das fibras.

Jaime *et al.* (1992) estudaram a maciez da carne de carneiro resfriada ultra rapidamente por meio da determinação de parâmetros como comprimento de sarcômero, pH, degradação das proteínas miofibrilares e a concentração de cálcio livre. Os autores concluíram que o efeito combinado de uma alta concentração de cálcio livre e pH alto logo após o abate, ativavam as calpaínas e como conseqüência, a proteólise miofibrilar aumentava intensamente, fazendo com que o amaciamento proteolítico da carne, sobrepujasse o endurecimento provocado pelo encurtamento do sarcômero.

3.6 Maturação

A maturação da carne consiste em manter a carne após a resolução do *rigor mortis* sob refrigeração em temperaturas entre 0 a 4 °C durante um período que pode variar de 7 a 28 dias após o abate.

A maturação é um método bem estabelecido de amaciamento da carne que se inicia pela atividade das enzimas pertencentes ao sistema denominado calpaínas que degradam a linha Z e as proteínas desmina, titina, nebulina, tropomiosina, troponina e Proteína C. O complexo do sistema também é composto pela calpastatina que inibe a ação das calpaínas.

Outro grupo de enzimas proteolíticas que degradam a estrutura miofibrilar são as catepsinas. As catepsinas são enzimas intracelulares presentes no lisossoma. Foram descritas cinco catepsinas designadas com as letras A, B, C, D e E. As catepsinas B e D degradam a miosina e a actina já as catepsinas B e L degradam o colágeno, porém sua atividade em pH 5,5 é baixa.

A extensão dos efeitos da maturação sobre a maciez da carne também é dependente do tempo de maturação e da temperatura, dos músculos e das partes destes envolvidos na maturação, da raça, da maturidade fisiológica (quantidade de enzimas) e de sua condição sexual.

4. MATERIAL E MÉTODOS

4.1. Animais

Foram utilizadas para o presente estudo as meias carcaças esquerdas obtidas de um lote de 40 bovinos da raça Nelore (*Bos taurus indicus*), de mesma origem genética, machos castrados, entre 30 e 36 meses de idade, com peso vivo médio de $437,5 \pm 16,2$ kg, criados exclusivamente sob pastejo, submetidos ao mesmo manejo de alimentação e sanidade, originários de uma única propriedade particular, situada no município de Inúbia Paulista - SP. O peso médio das carcaças obtidas foi de $250,95 \pm 3,26$ kg.

4.1.1 Transporte, alojamento e descanso regulamentar dos animais

Os animais foram transportados da fazenda de origem até o Instituto de Zootecnia (IZ) de Nova Odessa - SP em dois caminhões boiadeiros com capacidade para 30 bovinos cada um e após o descarregamento foram mantidos em piquetes sob pastagem e suplementação mineral, reproduzindo as condições de alimentação utilizadas na propriedade rural de onde vieram.

Um dia antes de cada abate, os animais foram transportados, do Instituto de Zootecnia (IZ) até o matadouro da Planta Piloto Centro de Tecnologia de Carnes (CTC) do Instituto de Tecnologia de Alimentos (ITAL), em caminhão boiadeiro com capacidade para oito bovinos. A distância percorrida foi de aproximadamente 30 km em estrada asfaltada. O transporte para o matadouro foi sempre realizado no final da tarde quando a temperatura ambiente era mais amena. A condução do veículo, nas várias ocasiões, foi realizada pelo mesmo motorista, familiarizado com o manejo de bovinos. Chegando ao ITAL, os bovinos foram mantidos em currais de espera e submetidos à aspersão de água após o desembarque. O período de descanso sob dieta hídrica foi de cerca de 16 horas

antes de cada abate. Todas as operações foram planejadas e executadas visando causar o mínimo estresse possível aos animais.

4.2. Delineamento Experimental

4.2.1 Tratamentos

No presente estudo realizou-se um experimento comparativo de quatro tratamentos e um controle, de forma que cada um deles conduzia, no seu estágio final, a um processo de obtenção de carne maturada, conforme mostra o esquema experimental da Figura 3.

Cada tratamento foi replicado oito vezes.

As siglas utilizadas para os tratamentos foram:

EQ0 = Estimulação elétrica; desossa a **Q**uente; condicionado a **0** °C;

EQRR= Estimulação elétrica; desossa a **Q**uente; **R**esfriado **R**apidamente;

EFP20= Estimulação elétrica; suspenso pela **P**elve por **20** horas; **4** horas pelo tendão de Aquiles e desossado a **F**rio;

EFP10= Estimulação elétrica; suspenso pela **P**elve por **10** horas; **14** horas pelo tendão de Aquiles e desossado a **F**rio;

EF= Estimulação elétrica; suspenso 24 horas pelo tendão de Aquiles e desossado a **F**rio (**Controle**).

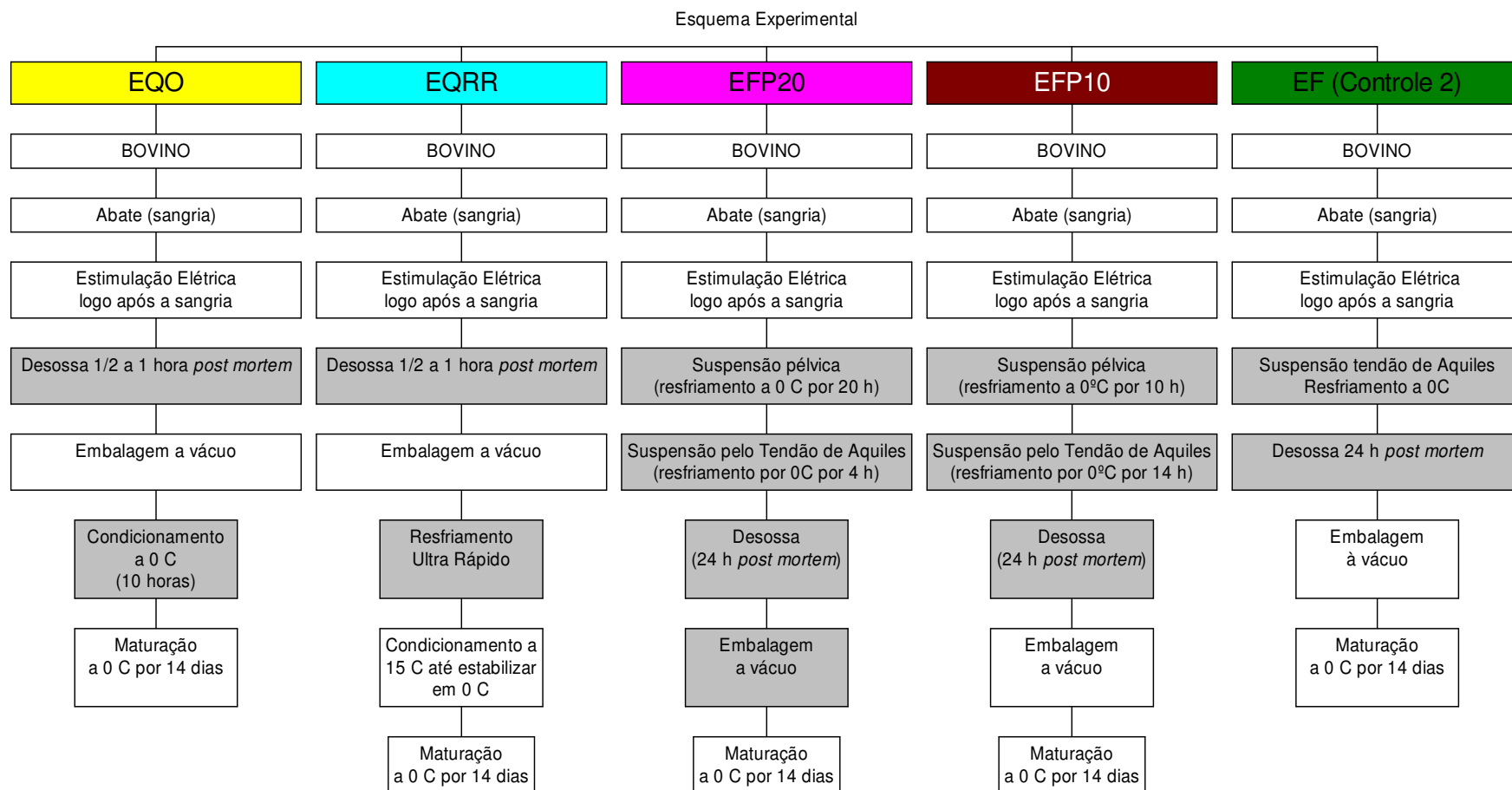


Figura 3 - Esquema experimental dos tratamentos.

4.2.2 Unidades experimentais

As unidades experimentais foram os músculos *Longissimus dorsi* (contrafilé) (CF), *Psoas major* (filé mignon) (FM) e *Semitendinosus* (lagarto) (ST) das meias carcaças bovinas submetidas aos tratamentos EFP20, EFP10 e EF. Para os tratamentos EQO e EQRR foram utilizados apenas os músculos *Longissimus dorsi* (contrafilé) e *Psoas major* (filé mignon).

A Figura 4 mostra um desenho da localização anatômica de cada músculo descrito acima.

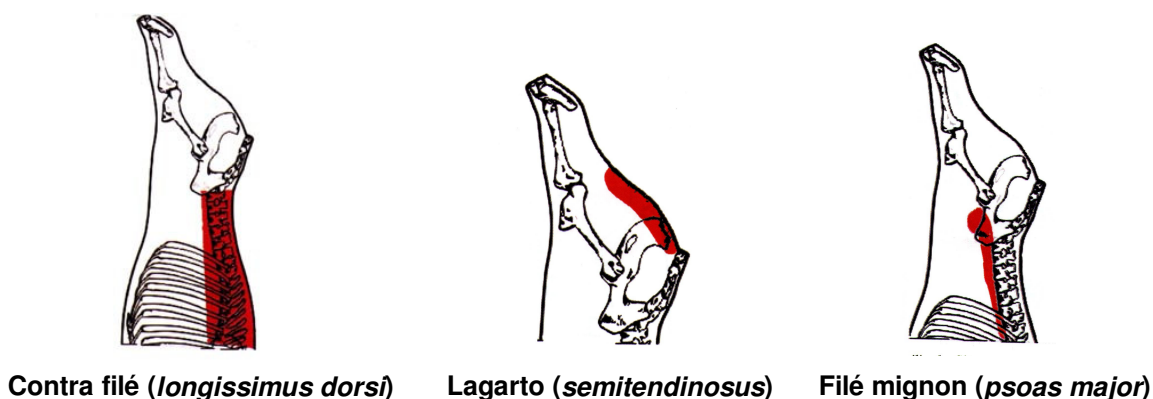


Figura 4 - Ilustração da localização anatômica do músculo *Longissimus dorsi*, *Semitendinosus* e do músculo *Psoas major* (SCVCF, 1999).

4.2.3 Delineamento estatístico

Para a distribuição dos tratamentos às unidades experimentais foi utilizado um delineamento em blocos estendidos ao acaso, considerando como fator de bloqueio o dia de abate, sendo dois abates por dia, replicando cada tratamento, cinco animais por abate (um animal por tratamento).

Estabeleceu-se previamente uma seqüência de tratamentos para cada dia de abate, tendo em vista otimizar as operações de desossa e de resfriamento das carcaças. A livre entrada de cada animal do curral de espera existente antes do box de insensibilização foi a forma usada para aleatorizar a distribuição dos

animais aos tratamentos. Para a obtenção de valores representativos das médias de cada tratamento e do erro experimental, cada tratamento foi replicado oito vezes.

4.3. Abates

Os animais experimentais foram abatidos em quatro dias distintos num período de três meses no matadouro da Planta Piloto do Centro de Tecnologia de Carnes do ITAL em Campinas/SP. Em cada dia de abate foram abatidos dez bovinos sendo dois de cada tratamento, sempre no turno da manhã.

Os abates dos bovinos foram realizados segundo as normas descritas no Regulamento da Inspeção Industrial e Sanitária de Produtos de Origem Animal (BRASIL, 1997). O início da sangria foi considerado o tempo zero de todos os tratamentos.

Os abates foram executados por pessoal treinado e experiente do quadro funcional do CTC, do IZ, da empresa JARVIS do Brasil Ltda. e também pessoal especialmente contratado junto a frigorífico comercial.

4.3.1 Insensibilização dos animais

A insensibilização dos animais antes do abate foi realizada com pistola atordoadora pneumática de dardo cativo penetrativo da marca GIL, modelo MGO-1300LH, respeitando as normas do Regulamento Técnico de Métodos de Insensibilização para o Abate Humanitário de Animais de Açougue (BRASIL, 2000).

4.3.2 Estimulação elétrica das carcaças

Os bovinos de todos os tratamentos foram submetidos à estimulação elétrica de baixa voltagem em que foi utilizado o estimulador elétrico da marca Jarvis, modelo BV80 (*Argentina*). Para fechar o circuito da corrente elétrica um eletrodo foi fixado na trilhagem aérea (pólo negativo) da planta de abate, onde o animal era mantido suspenso por uma pata traseira, e o outro eletrodo (pólo positivo) foi fixado na parte interna das narinas do bovino por uma pinça em forma de tesoura com mola.

Os parâmetros de corrente elétrica foram: Onda retangular com 21 V rms, 14 ciclos/s sendo cada ciclo 5 ms a 80 V e 0,25 A de corrente contínua e 60 ms sem corrente. A estimulação aplicada na carcaça foi em ciclos de 5 s com corrente e 1 s sem corrente, num tempo de total de estimulação para cada animal de 90 s.

A estimulação elétrica era aplicada aproximadamente um minuto após terminada a sangria, quando o sangue parava de escorrer e apenas gotejava.

4.3.3 Suspensão das meias carcaças

Neste experimento foram utilizadas somente as meias-carcaças esquerdas. No tratamento EF as meias-carcaças eram penduradas pelo tendão de Aquiles e mantidas durante 24 horas em câmara fria até a desossa.

Nos tratamentos EFP10 e EFP20, as mesmas foram suspensas pelo osso pélvico, logo após a evisceração e pesagem, e colocadas em uma câmara fria por 10 e 20 horas respectivamente, quando então era feita a rependura pelo tendão de Aquiles, até completar as 24 horas. A mudança da forma de suspensão foi realizada manualmente com a troca da carretilha na própria nória de transporte.

Utilizou-se para a pendura pélvica uma carretilha com gancho de haste prolongada. A elevação da carcaça era feita com o auxílio de uma talha elétrica (Figura 5).



Figura 5 - Pendura da meia carcaça pelo osso pélvico utilizando carretilha com haste prolongada e talha elétrica.

4.3.4 Desossa

Os músculos dos tratamentos com desossa a quente foram retirados das carcaças aproximadamente 45 min após a sangria e das carcaças desossadas a frio 24 horas após a sangria.

No caso da desossa a quente as meias carcaças eram conduzidas imediatamente, após o abate, para uma sala de desossa climatizada, mantida sob temperatura de 10 ± 2 °C, sendo as operações efetuadas por desossadores experientes do CTC e contratados junto à indústria.

A desossa a quente do contrafilé (CF), do filé mignon (FM) e do lagarto (ST) foi aérea, ou seja, realizada com a meia carcaça suspensa na trilhagem e em seguida a toalete dos cortes foi feita na mesa.

De cada bovino, o músculo *Longissimus dorsi* foi cortado transversalmente ao seu comprimento entre a 12^a e 13^a costelas e a partir daí cortou-se caudalmente três porções de aproximadamente 10 cm (visando posteriormente cortar 4 bifes de 2,5 cm).

O músculo *Psoas major* foi desossado integralmente, retirado o cordão e cortado transversalmente em três porções. Neste caso o tamanho das porções eram tais que permitiam retirar também 4 bifes de 2,5 cm. Entretanto a seção transversal das porções era diferente e para compensar essa diferença as mesmas eram aleatorizadas por tratamento e por repetição.

No músculo *Semitendinosus* também foi realizado o corte das três porções descritas, desprezando-se as duas extremidades do músculo. Na Figura 6 tem-se representado um esquema de como se procedeu ao corte das porções musculares experimentais.

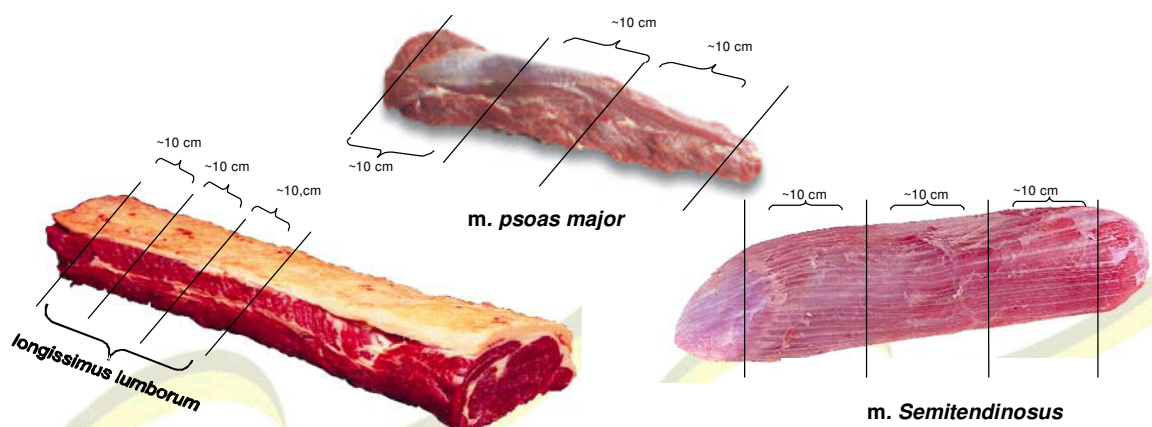


Figura 6 - Ilustração da localização dos cortes das porções experimentais dos músculos *Psoas major*, *Longissimus dorsi* e *Semitendinosus*.

4.3.5 Embalagem das amostras de carne

Logo após a sua retirada da carcaça (a quente ou 24 horas após a sangria, dependendo do tratamento), as porções de músculos CF, FM e ST, descritas no

item anterior, foram embaladas a vácuo em sacos de filme termoencolhível tipo barreira a gases (BB300 – Cryovac®).

Após a embalagem primária, as porções de músculo foram colocadas em caixas de papelão (tipo cofre exportação 15 kg) com as dimensões de 536 x 235 x 162 mm, onde permaneceram até a sua retirada para análise nos tempos previstos (Figura 7).



Figura 7 - Caixa de papelão onde eram armazenados as porções dos músculos experimentais *Longissimus dorsi*, *Semitendinosus* e *Psoas major*.

Cada porção foi utilizada nas análises de perda de peso por exsudação, sensorial e de força de cisalhamento no 2º, 7º e 14º dia *post mortem*.

4.3.6 Resfriamento das carcaças

As meias carcaças dos bovinos dos tratamentos EF, EFP20 e EFP10 foram resfriadas em câmara frigorífica com temperatura de 0 ± 4 °C. As temperaturas foram registradas a cada minuto em um registrador de temperatura NOVUS, utilizando-se sondas de penetração com sensores de termoresistências tipo Pt 100, inseridas na parte mais central dos músculos CF, FM e ST, conforme pode ser visto na Figura 8.



Figura 8 - Vista das carcaças dos tratamentos EFP10 (esquerda) e EF (direita) na câmara de resfriamento com os sensores nos músculos CF, ST e FM.

4.3.7 Resfriamento dos cortes

4.3.7.1 Resfriamento ultra-rápido

Os cortes íntegros desossados a quente do tratamento EQRR, foram embalados a vácuo e resfriados ultra rapidamente com ar frio a uma temperatura de $-20\text{ }^{\circ}\text{C}$ em um túnel de congelamento da marca Frigoscandia, até que a temperatura da superfície da amostra atingisse aproximadamente $-2\text{ }^{\circ}\text{C}$. As temperaturas do centro e superfície da amostra e também do ambiente foram medidas com termopares de CuCo (Figura 9) e registradas em um equipamento da marca GRANT modelo 1253.

Posteriormente os músculos foram divididos em três porções e reembalados à vácuo novamente e colocados em caixas de papelão e mantidos em câmara de maturação sob temperatura de $0\text{ }^{\circ}\text{C} \pm 2\text{ }^{\circ}\text{C}$.



Figura 9 - Vista das bandejas do túnel de congelamento com os cortes dos músculos CF e FM embalados à vácuo e com os termopares inseridos na parte central e superfície.

4.3.7.2 Resfriamento dos cortes desossados a quente e não submetidos ao congelamento ultra-rápido

Os cortes desossados a quente foram cortados nas porções descritas acima, identificados, embalados à vácuo e armazenadas em câmaras de temperatura de $0\text{ }^{\circ}\text{C}$ imediatamente após a desossa.

4.3.8 Maturação

As porções, colocadas nas caixas de papelão, foram mantidas em câmara de maturação sob temperatura de $0\text{ }^{\circ}\text{C} \pm 2\text{ }^{\circ}\text{C}$ onde permaneceram por um período total de 14 dias (Figura 10).



Figura 10 - Câmara de maturação monitorada por registrador de temperatura contendo as caixas de papelão com as porções dos músculos experimentais.

4.4. Cozimento

Para as análises de força de cisalhamento e sensorial as amostras foram previamente cozidas.

Foram utilizadas as recomendações da AMSA (1995) quanto à espessura dos bifes de amostra do CF e FM para cocção (2,5 cm) e inserção do sensor de temperatura nas amostras. Uma grelha elétrica da marca SIRMAN modelo PDL com aquecimento na parte inferior e superior das chapas foi usada para cocção das amostras. A temperatura do centro geométrico de cada amostra foi monitorada com sonda de penetração tipo K e termômetro portátil digital da marca NOVUS modelo 51. A temperatura final, no centro das amostras do CF e FM, foi de 74 °C e não 71 °C como recomendado pelo método AMSA, devido ao fato que durante o treinamento a equipe de provadores rejeitou as carnes cozidas a 71 °C, considerando-as "muito cruas", recusando-se a prová-las. As amostras foram

grelhadas sempre pelo mesmo operador no sentido de padronizar a forma de colocação do sensor e o momento de retirada das amostras quando a temperatura atingia 74 °C.

A metodologia utilizada para cozimento das amostras do músculo ST foi a preconizada por Chrystall *et al.* (1994), onde três bifes de 2,54 cm de cada tratamento, cortados no sentido transversal ao comprimento do músculo, foram embalados em sacos plásticos de filme resistente ao calor (Perflex 11 Film - Viskase®) e cozidas em banho-maria por imersão em água aquecida a 80 °C por 60 minutos em um tacho encamisado de 100 L com aquecimento a vapor.

Os sacos contendo as amostras eram fixados em ganchos metálicos presos em hastes de alumínio e todo o conjunto de sacos era colocado e retirado da água de cocção ao mesmo tempo, visando à padronização do cozimento. A água de cozimento das amostras foi constantemente agitada e a temperatura da mesma monitorada com um termômetro portátil digital NOVUS, modelo 51.

4.5. pH

A curva de declínio de pH, dos músculos CF, FM e ST em todos os tratamentos, foi determinada com medidas feitas na 1^a, 2^a, 4^a, 6^a, 8^a, e 24^a hora (KASTNER *et al.*, 1993) e no 7^o e 14^o dia após a sangria.

Foram coletadas amostras com aproximadamente 25 g, acondicionadas em sacos de polipropileno com 7 x 12 x 0,05 mm, selados à vácuo e congelados em nitrogênio líquido por 3 min (Figura 11); em seguida essas amostras foram reembaladas em sacos plásticos de polietileno de 8 x 13 x 0,10 mm identificados e mantidos em um biofreezer da marca REVCO a -80 °C até a realização das análises.



Figura 11 - Congelamento e embalagem das amostras de carne em nitrogênio líquido para análise de pH e Valor R.

A metodologia utilizada para a determinação do pH foi a descrita por Bendall (1973b), onde alíquotas de 2,5 g de músculo eram homogeneizadas em 25 ml de uma solução contendo 1,04 g de iodoacetato de sódio e 11,18 g de KCl num misturador SORVALL por 2 min. A leitura foi realizada em um pHmetro digital da marca INGOLD, modelo WTW pH 91, devidamente calibrado, acoplado a um eletrodo de penetração de vidro METLER-TOLEDO INLAB 427. Todas as determinações foram feitas em triplicata.

4.6. Valor R

O Valor R das amostras foi determinado segundo a metodologia proposta por Honikel & Fischer (1977).

As análises foram realizadas em triplicata e conduzidas ao mesmo tempo das análises de pH, usando-se frações de músculo, descritas no item anterior.

4.7. Análise sensorial

A análise sensorial das amostras foi executada com equipe treinada em ambiente laboratorial, nas dependências do Laboratório de Análise Sensorial do CTC/ITAL, que dispõe de cabines computadorizadas individuais para teste, controle de iluminação e de temperatura, bem como as demais recomendações citadas por Meilgaard *et al.* (1999). A luz verde foi utilizada na iluminação das cabines para que a aparência das amostras não interferisse na avaliação dos atributos em estudo. Os julgadores foram recrutados, selecionados e treinados de acordo com as descrições de Stone & Sidel (1993) e em função de disponibilidade para participar de um trabalho de longa duração.

A metodologia de análise utilizada foi a de Análise Descritiva Quantitativa (ADQ) e os atributos **maciez**, **suculência** e **sabor de carne maturada**, foram avaliados por uma equipe de dez a quinze julgadores treinados, composta por 10 mulheres e 5 homens, com idades entre 20 e 52 anos. A equipe recrutada já executava esse tipo de avaliação no CTC/ITAL, portanto, experiente neste tipo de avaliação.

O período total de análise das amostras pelos julgadores foi de dois meses e meio, e normalmente as sessões eram realizadas nas segundas, quartas e sextas-feiras, para existir um intervalo entre os dias de análise. Em cada dia de análise (30 no total) foram realizadas duas sessões de avaliação: contrafilé e filé mignon pela manhã e outra para o lagarto à tarde. Em cada sessão as amostras foram servidas de forma monádica, aleatorizadas e balanceadas para evitar o efeito persistente de uma resposta anterior (*carry over*).

As amostras de carne foram cortadas, após a cocção, em cubos de 1,5 cm desprezando-se as porções laterais do bife e eventuais aponevroses presentes no mesmo. Os cubos foram acondicionados em potes de porcelana refratária, cobertos com um pires também de porcelana para não perder a umidade. O conjunto de amostras foi mantido em estufa de marca Metalúrgica Borges,

modelo de quatro divisórias, com umidificação, e ajustada para manter a temperatura das amostras em aproximadamente 45 °C.

Os julgadores recebiam um cubo de carne de cada tratamento dentro de um recipiente descartável de PVC de 50 mL, codificado com três números aleatórios, de acordo com as recomendações de Meilgaard *et al.* (1999). Para avaliar a maciez, os julgadores da equipe foram treinados para morder o cubo de carne recebido com os dentes molares e no sentido perpendicular às fibras musculares.

Antes do recebimento das amostras, cada julgador foi servido com uma fatia de pão de forma sem casca e um copo com água para enxágüe bucal, bem como palitos de madeira para apreensão das amostras.

Para avaliar a intensidade de cada atributo nas amostras, foi utilizada escala linear estruturada de 10 cm, ancorada no extremo esquerdo, na posição central e no extremo direito com os seguintes termos: nenhuma maciez / macia / muito macia, nenhuma suculência / suculenta / muito suculenta e sabor de carne nada maturada / maturada / extremamente maturada, conforme ficha apresentada na Figura 12.

4.8. Determinação da força de cisalhamento

A determinação da força de cisalhamento foi realizada com o texturômetro, da marca TA-XT 2i (*Texture Technologies Corp./ Stable Micro Systems, UK*), equipado com conjunto de lâmina Warner-Bratzler com 3,05 mm de espessura (TA-7USDA). O equipamento foi calibrado com um peso de 5 kg com padrão rastreável. A velocidade de subida e descida da lâmina foi de 200 mm/min (AMSA, 1995) e a distância da mesma à plataforma de 25,0 mm.

As amostras dos músculos *L.dorsi*, *Psoas major* e de *Semitendinosus* utilizados nesta determinação foram preparados ao mesmo tempo que as amostras para a avaliação sensorial, conforme descrito no item 4.4. Depois de cozidas e resfriadas à temperatura ambiente, estas amostras foram embaladas em sacos plásticos impermeáveis ao vapor d'água e resfriadas à temperatura de 4 ± 2 °C por 24 horas. De cada bife foram retirados manualmente, por intermédio de um vazador adaptado a uma furadeira elétrica, pelo menos 10 cilindros com diâmetro de 1,27 cm de seção transversal. Os cilindros de carne foram analisados no texturômetro e como valor final para cada bife, utilizou-se a média de 10 determinações expressas em kgf (Figura 13).

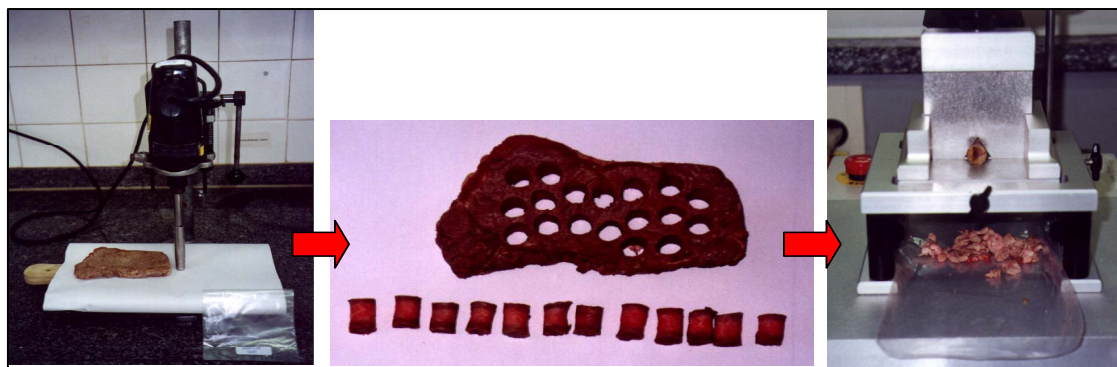


Figura 13 - Forma de obtenção com o vazador adaptado a furadeira, os cilindros de carne e sua análise no texturômetro.

As análises de textura foram realizadas em sala climatizada com temperatura controlada em 21 ± 2 °C.

4.9. Capacidade de retenção de água

Para determinar a capacidade de retenção de água (CRA) foi usada a metodologia descrita por Hoffmann *et al.* (1982).

Para realização das análises foram retiradas alíquotas de $0,500 \pm 0,005$ g das amostras dos músculos. Nos tratamentos EQRR e EQ0, logo após a desossa a quente, apenas do *L. dorsi* e *Psoas major* e no 1º, 7º e 14º dia após a sangria em todos os músculos dos respectivos tratamentos. Essas alíquotas eram colocadas entre duas folhas de papel filtro de 9,5 cm de diâmetro, da marca Whatmann nº 2. O conjunto amostra/papéis filtro eram prensados entre placas de plexiglass em uma prensa hidráulica até a pressão de 500 lb/pol², mantendo-se esta condição durante 2 min. Após a prensagem identificava-se cada conjunto de papéis, contornava-se com uma caneta a figura delimitada pela mancha da carne prensada e pelo líquido exsudado. Posteriormente media-se, com o auxílio de um planímetro, a área delimitada pela alíquota de carne prensada (A_i = Área interna) e a área delimitada pela “mancha” de líquido exsudado (A_e = Área externa). Todas as análises foram realizadas em triplicata e a razão A_i/A_e foi considerada como a expressão da capacidade de retenção de água.

4.10. Perda de peso por exsudação

A perda de peso por exsudação foi determinada no 2º, 7º e 14º dia após sangria, conforme Eikelenboom *et al.* (1998). O resultado, expresso em porcentagem, foi obtido dividindo-se a diferença entre os pesos das porções dos

músculos antes de serem embaladas à vácuo e após a sua retirada da embalagem pelo seu peso antes de ser embalado.

4.11. Perda de peso por cocção

A perda de peso por cocção foi determinada pela razão obtida entre a diferença de peso da amostra crua e a cozida pelo peso da amostra crua. A pesagem das amostras após a cocção era feita quando as mesmas resfriavam até a temperatura de 40 °C na superfície, medida por termômetro de radiação infravermelho da marca RAYTEC, modelo ST₂. O resultado da perda de peso por cocção foi expresso em porcentagem.

4.12. Comprimento do sarcômero

As análises de comprimento do sarcômero foram realizadas utilizando-se um Protocolo Geral do processamento histológico para análise morfométrica de comprimento e as mesmas foram conduzidas no Laboratório de Citoquímica e Imunocitoquímica do Instituto de Biologia da Universidade Estadual de Campinas – Unicamp.

Os comprimentos dos sarcômeros dos músculos *L. dorsi*, *Psoas major* e *Semitendinosus* dos tratamentos EQ0, EF, EFP20 e EFP10, foram medidos antes dos mesmos serem embalados a vácuo e no 14º dia *post mortem*. No tratamento EQRR as medidas foram feitas após o resfriamento rápido e no 14º dia *post mortem*.

Conforme descrito no item 4.3.4, os músculos foram divididos em três seções. A coleta de fragmentos dos músculos para a medida do CS foi feita sempre na mesma posição do músculo, ou seja, no ponto central da área do corte transversal do músculo entre uma seção e outra, conforme pode ser visto na

Figura 14. No *L.dorsi* a referência era a posição cranial do músculo, no *Psoas major* o lado caudal e no *Semitendinosus* o lado proximal (próximo à pelve).

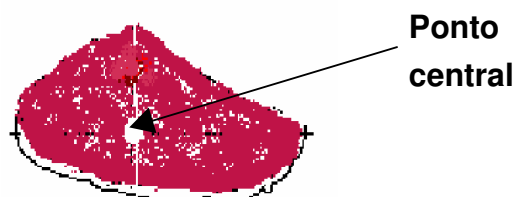


Figura 14 - Desenho esquemático do corte transversal do músculo com a indicação do ponto de coleta de fragmentos para análise do comprimento de sarcômero.

4.12.1 Coleta do material

Coletou-se fragmentos de músculo (8 x 5 x 5 mm) com o maior eixo orientado paralelamente à fibra muscular. As faces dos fragmentos foram obtidas limpando-se os cortes com o auxílio de bisturis (Figura 15).



Figura 15 - Coleta de fragmentos do músculo para a análise de comprimento do sarcômero.

Em seguida os fragmentos foram lavados rapidamente em solução fisiológica e colocados em fôrmas de alumínio (Figura 16), de tamanho adequado, contendo o composto CRYOform™. A face maior do fragmento ficava voltada para o fundo da fôrma com o cuidado de orientar paralelamente as fibras

musculares. Depois de congelado, este conjunto formava um bloco, cujo fundo era a face de corte na criotomia.

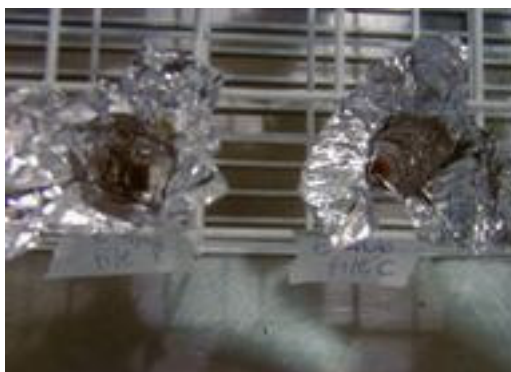


Figura 16 - Formas de papel alumínio para congelamento dos fragmentos do músculo utilizados na medição do comprimento do sarcômero.

Para o congelamento rápido do bloco imergia-se o mesmo em uma solução de n-Hexano resfriado em N_2 , tomando-se o cuidado para que o n-Hexano não entrasse em contato direto com a peça biológica, pelo fato do mesmo ser um solvente orgânico.

Após verificar que o meio estava totalmente congelado, os blocos eram secos, acondicionados em sacos plásticos bem vedados, identificados, e mantidos em biofreezer na temperatura de -75 a -80 °C.

Os criocortes semiseriados, foram obtidos no criostato (IEC, USA), aderidos em lâminas histológicas e montados a fresco com salina. No criostato ajustou-se o ângulo da navalha e do esticador de modo a ficarem no mesmo nível. A espessura dos criocortes foi ajustada em 6 micra.

O bloco congelado foi montado no suporte do criótomo. Removeu-se o excesso do composto CRYOform™, mantendo-se os recortes inferiores e superiores paralelos ao fio da navalha.

Após certificar que os criocortes estavam completamente aderidos na lâmina de vidro, os mesmos foram hidratados com solução tampão PBS 0.05M pH 7.4, para melhorar a visualização no microscópio.

A captura de imagens foi feita no mesmo laboratório, em um microscópio Eclipse 800 (Nikon Japan) com sistema de contraste de interferência diferencial de Nomarski (DIC) e objetiva CFIplan 60X, sendo as imagens de aumento constante capturadas em câmera digital de alta resolução CoolSnap-Pro Digital (Media Cybernetics, USA).

A análise de imagens e as medidas do comprimento do sarcômero foram feitas com o auxílio do programa ImagePro-Plus (Media Cybernetics, USA), tendo como referência as bandas I (isotrópicas) e A (anisotrópicas) sob luz polarizada (Figura 1).

Foram selecionados ao acaso, 2 a 3 campos contendo fibras musculares em plano longitudinal de cada um dos cortes, para captura das imagens digitais.

O aumento real da imagem capturada foi calculado calibrando-se as condições utilizadas (objetiva, lentes projetivas) com régua micrométrica aferida de 1 / 0,01 mm (Zeiss Jung, Germany), cuja escala após calibração, foi inserida em cada imagem digitalizada.

As medidas do comprimento do sarcômero foram feitas no programa Image Pro-Plus, pela leitura automática do deslocamento do cursor entre dois pontos definidos. As leituras convertidas automaticamente na escala métrica (frações de micrômetro) foram tabuladas para obtenção da média e desvio padrão de cada amostra. Cada amostra compreende a somatória de imagens obtidas de três cortes diferentes.

4.13. Análise estatística

Os resultados experimentais foram analisados usando os programas Statistical Analysis System versão 8.0 (SAS Institute Inc., 2000) e o STATISTICA versão 5.5. Os dados foram submetidos à análise de variância (ANOVA) para avaliar os efeitos dos blocos (abates), tratamentos, tempos de maturação e as interações tratamento / tempo de maturação. Após a análise de variância foram feitas análises de comparação pareada das médias dos tratamentos e do tempo

de maturação utilizando o teste de Duncan. As relações causa / efeito entre as respostas experimentais foram obtidas usando correlações de Pearson pelo programa STATISTICA versão 5.5. Os resultados das avaliações sensoriais também foram submetidos à análise de variância, incluindo-se na tabela ANOVA o efeito do provador como fonte de variação. O nível de significância de 5% foi utilizado em todos os testes.

5. RESULTADOS E DISCUSSÃO

5.1 Resfriamento das carcaças e dos cortes na desossa fria

Resfriamento convencional em câmara fria

As meias carcaças utilizadas nos tratamentos EFP10, EFP20 e EF foram submetidas ao resfriamento convencional em uma câmara fria com ar forçado a 0 °C e apresentaram queda de temperatura conforme a Figura 17, onde se pode ver a curva de resfriamento para cada um dos músculos estudados neste experimento. A temperatura foi medida o mais próximo possível da parte central do músculo.

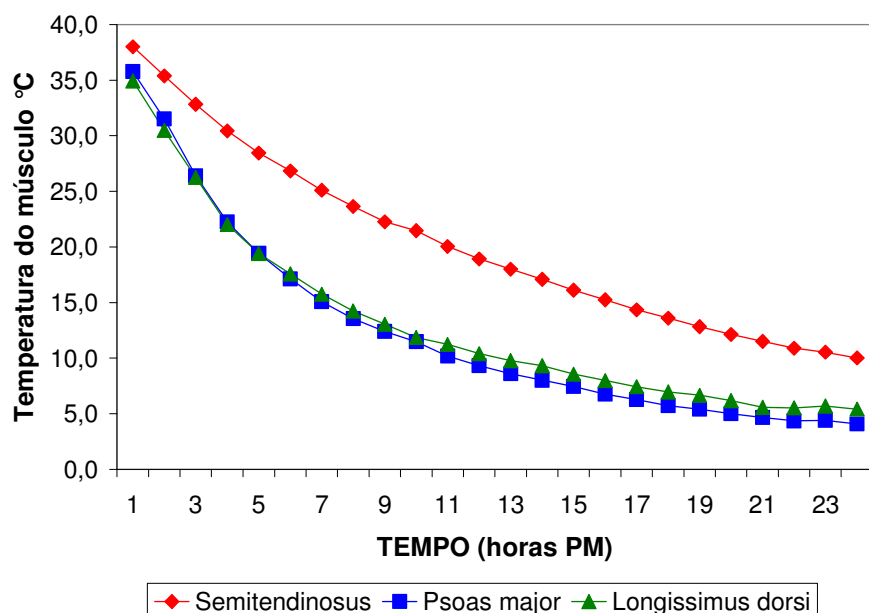


Figura 17 - Declínio da temperatura (em °C) na meia carcaça bovina nos tratamentos EFP10, EFP20 e EF medida no centro dos músculos *Semitendinosus*, *Psoas major* e *L.dorsi*.

O músculo *Semitendinosus* (Figura 17) apresentou a menor taxa de resfriamento provavelmente devido à sua constituição muscular com maior porcentagem de tecido conjuntivo, à sua localização mais interna na carcaça, e

ao seu formato geométrico cilíndrico. Esse músculo atingia na sua porção mais interna, em média, à temperatura de 20 °C após as primeiras 11 horas *post mortem*.

Ainda com base na Figura 17, pode-se verificar que os músculos *Psoas major* e *L. dorsi* apresentaram taxas de resfriamento similares e maiores que a do músculo *Semitendinosus*, atingindo, em média, cerca de 10 °C após as primeiras 11 horas *post mortem* ou aproximadamente 12 °C em 10 horas *post mortem*.

A condição para que não ocorra o encurtamento pelo frio, em termos do binômio tempo / temperatura, estabelecida por Bendall (1973a) é de que não devem ser atingidas temperaturas abaixo de 10 °C antes de 10 horas *post mortem*. Com a mesma finalidade, Thompson (2002) apresenta o conceito de “janela pH / temperatura” no qual o gerenciamento da estimulação elétrica no abate é feito no sentido de atingir uma condição de pH maior que 6,0 para músculos com temperaturas maiores que 35 °C e um pH menor que 6,0 para músculos com temperaturas menores que 12 °C.

Pode-se dizer que as condições experimentais deste trabalho atendem ou estão bem próximas daquelas estabelecidas por Bendall (1973a) e Thompson (2002), e os resultados indicam que não ocorreu, de fato, o encurtamento pelo frio nos músculos dos tratamentos de desossa fria.

A temperatura do ar na câmara frigorífica oscilou entre 5 e 10 °C durante as 24 horas de resfriamento, sendo que nas primeiras doze horas essa temperatura esteve mais próxima dos 10 °C.

5.2 Resfriamento dos cortes na desossa quente

Resfriamento em câmara a 0 °C

Os cortes de *L. dorsi* desossados a quente, correspondentes ao tratamento EQ0 atingiram a temperatura interna de 10 °C aproximadamente 6 horas *post mortem* e a temperatura interna de 5 °C 10 horas *post mortem*.

Vinte e quatro horas *post mortem* a temperatura dos músculos do tratamento EQ0 situou-se ao redor de 1,7 °C.

A representação gráfica da queda de temperatura desse músculo está apresentada na Figura 18.

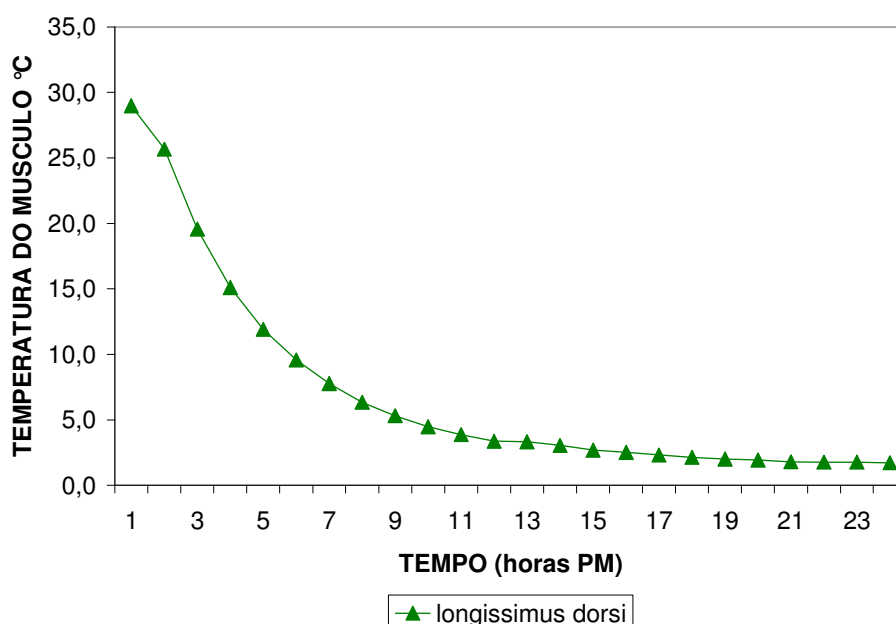


Figura 18 - Declínio da temperatura no músculo *Longissimus dorsi* (em °C) no tratamento EQ0, corte desossado a quente, embalado a vácuo e resfriado em câmara fria a 0 °C.

Resfriamento ultra-rápido

As figuras 19 e 20 apresentam a queda de temperatura que ocorreu nos músculos *Psoas major* e *L. dorsi* durante o resfriamento ultra-rápido.

Tomás, Roncales & Beltrán, (1998) e Dransfield, (1998) definiram resfriamento ultra-rápido como sendo uma condição de resfriamento tal que garanta a obtenção da temperatura de 0 °C no músculo em até 4 horas *post mortem*. Joseph (1996) considerou o resfriamento ultra-rápido como aquele que proporciona as condições para atingir -1 °C na superfície do músculo em 5 horas *post mortem*. Honikel & Joseph (2003) definiram como resfriamento ultra-rápido a condição sob a qual o músculo chega a 0 °C em 5 horas.

A temperatura de 0 °C foi atingida, no caso do FM (*Psoas major*) após 80 min de resfriamento (Figura 19) e para o CF (*Longissimus dorsi*), após 100 a 120 minutos do início do resfriamento (Figura 20). Portanto, as condições de resfriamento utilizadas nos experimentos são características de resfriamento ultra-rápido, conforme estabelecido pelos autores citados acima.

Considerando-se o tempo necessário para a desossa e embalagem dos cortes (aproximadamente uma hora), o tempo para transporte dos cortes até o congelador, inserção de termopares e ajuste de registrador de temperatura (em torno de 15 a 30 minutos) e ainda o tempo até que a temperatura na parte central dos músculos atingisse 0 °C, este processo consumiu de 2 a 3 horas *post mortem*.

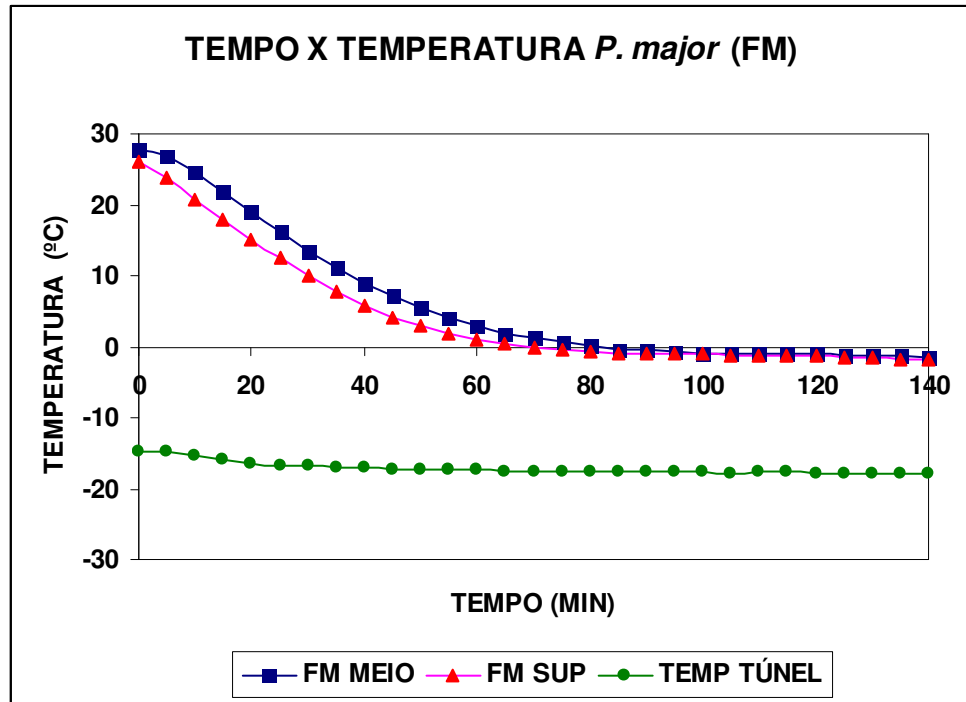


Figura 19 - Declínio da temperatura medida na superfície (-▲-) e no centro (-■-) do músculo *Psoas major* do tratamento EQRR durante resfriamento ultra-rápido em túnel de congelamento com ar a temperatura de -18 °C (-●-).

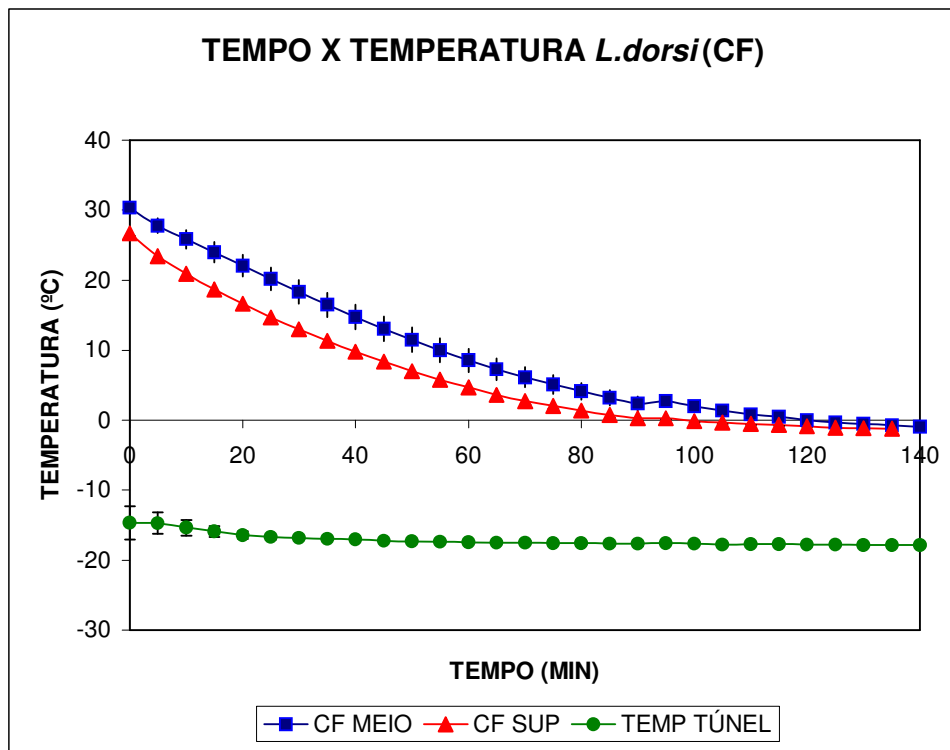


Figura 20 - Declínio da temperatura medida na superfície (▲) e no centro (■) do músculo *Longissimus dorsi* do tratamento EQRR durante resfriamento ultra-rápido em túnel de congelamento com ar a temperatura de -18 °C (-●-).

5.3. pH e Valor R das 24horas *post mortem*

Nas Tabelas 1, 2 e 3 estão apresentadas as médias e erros padrão dos valores de pH e Valor R ao longo das 24 horas *post mortem* dos músculos *Longissimus dorsi*, *Semitendinosus* e *Psoas major*.

5.3.1 Músculo *Longissimus dorsi*

Taxa de declínio e valores do pH no período *post mortem*

Observando-se os resultados apresentados na Tabela 1 pode-se considerar que os valores de pH ficaram abaixo de 6,2 em todos os tratamentos antes das primeiras 4 horas PM. O músculo do tratamento EQRR atingiu o

pH = 6,15 na primeira hora após a sangria e os músculos dos tratamentos EF e EFP20 apresentaram, respectivamente, valores de pH de 6,18 e 6,12, na segunda hora PM.

Tabela 1 - Valores médios e erro padrão do pH e Valor R do músculo *L. dorsi* de diferentes tratamentos a 1, 2, 4, 6, 8 e 24 horas *post mortem*.

Medidas	Tratamentos*									
	EQO		EQRR		EFP20		EFP10		EF	
	Média	E.P.	Média	E.P.	Média	E.P.	Média	E.P.	Média	E.P.
pH										
1h PM	6.32 ^a	±0.09	6.15 ^a	±0.10	6.28 ^a	±0.11	6.39 ^a	±0.08	6.36 ^a	±0.07
2h PM	6.24 ^a	±0.12	6.16 ^a	±0.10	6.12 ^{ab}	±0.11	6.30 ^{ab}	±0.10	6.18 ^a	±0.07
4h PM	5.97 ^b	±0.10	6.10 ^{a,b}	±0.07	5.94 ^{bc}	±0.11	6.05 ^{bc}	±0.11	6.14 ^{ab}	±0.09
6h PM	6.01 ^b	±0.08	5.90 ^{b,c}	±0.05	6.01 ^{bc}	±0.15	5.87 ^{cd}	±0.11	5.93 ^{bc}	±0.10
8h PM	5.92 ^{bc}	±0.09	5.72 ^{cd}	±0.06	5.83 ^{cd}	±0.14	5.81 ^{cd}	±0.11	5.75 ^c	±0.13
24h PM	5.73 ^{A,c}	±0.04	5.60 ^{AB,d}	±0.06	5.59 ^{AB,d}	±0.03	5.69 ^{A,d}	±0.10	5.48 ^{B,d}	±0.06
Valor R										
1h PM	1.01 ^{A, c}	±0.02	0.88 ^{B,c}	±0.01	0.93 ^{AB,c}	±0.03	0.86 ^{B,d}	±0.01	0.89 ^{B,d}	±0.04
2h PM	1.03 ^{A,c}	±0.04	0.93 ^{B,bc}	±0.02	0.97 ^{AB,c}	±0.04	0.90 ^{B,d}	±0.02	0.96 ^{AB,cd}	±0.03
4h PM	1.10 ^c	±0.04	0.94 ^{bc}	±0.11	1.06 ^c	±0.07	0.96 ^d	±0.05	0.97 ^{cd}	±0.03
6h PM	1.23 ^{A,b}	±0.05	1.26 ^{A;a}	±0.03	0.93 ^{C,c}	±0.07	1.11 ^{AB,c}	±0.04	1.07 ^{BC,bc}	±0.04
8h PM	1.30 ^b	±0.05	1.15 ^{ab}	±0.12	1.13 ^{cb}	±0.08	1.25 ^b	±0.06	1.11 ^b	±0.06
24h PM	1.41 ^{A,a}	±0.01	1.22 ^{B,a}	±0.06	1.27 ^{AB,ba}	±0.07	1.38 ^{AB,a}	±0.04	1.45 ^{A,a}	±0.08

*E. P. = erro padrão das médias, n = 8 replicações dos tratamentos; PM = *post mortem*. Médias com letras diferentes sobrescritas (^{A, B, C} linhas e ^{a, b, c, d} colunas) indicam diferença estatística pelo teste de Duncan (p < 0,05), quanto ao tratamento e o tempo respectivamente.

EQO= desossa quente condicionado a 0°C; EQRR = desossa quente resfriamento ultra-rápido; EFP10=suspensão pélvica por 10 horas e desossa fria; EFP20= suspensão pélvica por 20 horas e desossa fria; EF = suspensão pelo tendão de Aquiles e desossa fria.

Segundo White *et al.* (2006) o músculo com pH < 6,2 está fora da condição crítica de desenvolvimento do encolhimento pelo frio, o que permite que a carne seja resfriada em temperaturas abaixo de 11 °C no início do período de *post mortem* sem os efeitos adversos na maciez. Considerando esse critério no valor de pH, os músculos de todos os tratamentos deste experimento não estiveram sob condições que causam encurtamento pelo frio, mesmo no tratamento EQRR,

no qual o músculo estava na condição limite e cuja temperatura foi reduzida a valores próximos de 0 °C em cerca de duas a três horas.

Efeito dos tratamentos e do tempo PM na taxa de queda do pH

O resultado da análise de variância demonstra que os valores de pH do músculo *L. dorsi* nas primeiras 24 horas PM, sofrem o efeito dos tratamentos ($p < 0,05$).

Analisando-se os resultados dos valores de pH, apresentados na Tabela 1, verifica-se que a taxa de queda do pH independe do tratamento até a 8ª hora PM, uma vez que não existe diferença significativa ($p > 0,05$) entre os valores obtidos de pH para cada tratamento. Na 24ª hora PM os valores de pH dos músculos do tratamento de desossa quente EQ0 e com pendura pélvica EFP10 foram significativamente maiores que do tratamento controle EF ($p < 0,05$).

O tempo PM apresenta efeito na taxa de queda do pH, uma vez que os valores de pH decrescem significativamente a cada hora PM até que o pH final seja atingido ($p < 0,001$).

O efeito interativo entre tratamento / hora PM não foi significativo ($p > 0,05$).

Mooney *et al.* (1999) avaliaram o comportamento dos músculos *L. dorsi*, *Semimembranosus* e *Gluteus medius* de carcaças de touros sob várias condições de suspensão, inclusive a pélvica e pelo tendão de Aquiles. Concluíram que a queda de pH não era afetada pela forma de pendura das carcaças.

Tratamentos com desossa a quente

Resfriamento ultra-rápido

Analisando-se os resultados da Tabela 1 verifica-se que os valores de pH do músculo, no tratamento EF, não apresentam uma queda com diferença significativa entre a 1ª e a 2ª hora PM e no caso do tratamento EQRR, até a 4ª hora PM ($p < 0,05$).

No caso do tratamento EQRR (resfriamento ultra-rápido), esta situação é mais crítica, pois o valor do pH ficou acima de 6,0 a 4 horas *post mortem*, quando a temperatura muscular já era bastante baixa (em torno de 0 °C), e isso deve ter provocado um encurtamento no comprimento dos sarcômeros.

Sabe-se que a redução drástica de temperatura da carne bovina provoca uma redução na taxa de queda do pH, conforme resultados obtidos por Aalhus *et al.* (2001), Dransfield (1998) e Tomás *et al.* (1998). Trevisani *et al.* (*apud* Van Moeseke, 2001) verificaram também uma menor taxa de declínio do pH nos tratamentos com resfriamento ultra-rápido.

Os resultados obtidos por Van Moeseke (2001), mostraram que os cortes que sofreram resfriamento ultra rápido tinham os valores de pH a 5 horas maiores, quando comparados com cortes obtidos por outras formas de resfriamento, sendo que esta diferença deixava de existir 24 horas após a sangria. Os resultados do presente estudo divergem de Van Moeseke (2001), uma vez que os valores de pH do tratamento EQRR não apresentaram diferença estatística em relação aos outros tratamentos.

Músculos não estimulados com queda rápida de pH durante o resfriamento podem estar sofrendo um encolhimento pelo frio. Por outro lado, em um estudo de resfriamento ultra-rápido de cortes bovinos (*L. dorsi lumborum*) não estimulados eletricamente, Troy & Vidal (1998) observaram uma aceleração da queda do pH nas primeiras 6 horas após o abate, porém os cortes resfriados rapidamente foram tão ou mais macios que cortes provenientes de carcaças resfriadas convencionalmente.

Resfriamento lento

Os valores de pH dos músculos do tratamento EQ0, desossa a quente e resfriamento em câmara fria a 0 °C, não foram significativamente diferentes dos tratamentos EFP10, EFP20 e EQRR ($p < 0,05$).

Tratamentos com desossa fria

Os resultados da Tabela 1 mostram que estatisticamente não houve diferença significativa comparando-se os valores de pH obtidos em todos os tratamentos até a 8ª hora PM. Na 24ª hora PM o tratamento EFP10 apresentou valores de pH maiores que os obtidos com a pendura pelo tendão de Aquiles ($p < 0,05$) e sem diferença em relação ao tratamento EFP20.

Suspensão pélvica e pelo tendão de Aquiles

Eikelenboom *et al.* (1998) estudaram carcaças estimuladas eletricamente e suspensas pela pelve. Obtiveram valores de pH medidos a 45 minutos e 4 horas PM sem diferença significativa com os obtidos em carcaças suspensas pelo tendão de Aquiles.

Newsome *et al.* (1999) estudaram o efeito do percentual de *Bos indicus*, da alimentação pré-abate e da pendura pélvica no índice de palatabilidade da carne, conforme protocolo MSA. As carcaças não foram estimuladas eletricamente, mas receberam apenas impulsos elétricos durante a remoção do couro da carcaça. Os autores não encontraram diferenças significativas nas taxas de queda do pH entre os tratamentos estudados e atribuíram este fato aos impulsos elétricos recebidos.

Joseph & Connolly (1977) avaliaram os efeitos provocados pela suspensão pélvica e pelo tendão de Aquiles em carcaças não estimuladas eletricamente de animais jovens de cruzamentos da raça Hereford. As carcaças foram submetidas a três regimes de resfriamento durante 48 horas e após um período de 14 dias de maturação os músculos *L. dorsi*, *Psoas major*, *Bíceps femoris*, *Semitendinosus*, *Semimembranosus* e *Gluteus medius* foram avaliados com relação a sua maciez. Esses autores verificaram que para todos os músculos estudados, os tratamentos

por suspensão e resfriamento não causaram alteração da taxa de queda do pH ou no pH final.

Dos resultados apresentados na Tabela 1, pode-se verificar que os mesmos estão de acordo com os resultados obtidos por Newsome *et al.* (1999), Eikelenboom *et al.* (1998) e parcialmente com os resultados de Joseph & Connolly (1977) devido à diferença significativa encontrada no pH final.

Valor R

O resultado da análise de variância demonstra que os Valores R do músculo *Longissimus dorsi* sofreram o efeito dos tratamentos e do tempo pós abate ($p < 0,01$). Porém o efeito interativo do tratamento e tempo não foi significativo ($p > 0,05$).

Os tratamentos EFP20, EQRR e EF produziram menores Valores R que o tratamento EQ0. Segundo Koh *et al.* (1993), isto indica que o consumo de ATP dos músculos deste último tratamento foi mais rápido.

Analisando-se as médias de Valor R dos diferentes tratamentos, apresentadas na Tabela 1 para o *Longissimus dorsi*, verifica-se que na 4ª e 8ª hora PM não houve diferença estatística ($p > 0,05$). Na 1ª, 2ª e 24ª hora, os tratamentos com desossa a quente se diferenciaram estatisticamente entre si ($p < 0,05$), sendo que o resfriamento rápido apresentou médias menores para o Valor R, indicando uma menor velocidade de consumo de ATP, o que corrobora a redução verificada na taxa de queda do pH.

Na 6ª hora o Valor R do tratamento EFP20 foi menor que os obtidos em outros tratamentos com exceção do tratamento EF. O tratamento EFP20 resultou em Valores R sem diferença significativa desde a primeira até a oitava hora ($p > 0,05$), ou seja, se considerarmos o Valor R como indicador do estabelecimento do *rigor mortis*, o músculo não o havia atingido até esse momento.

Por outro lado os tratamentos com desossa a quente foram os que apresentaram os maiores Valores R na 6ª hora PM indicando uma rápida glicólise até esse momento. De acordo com Hwang & Thompson (2001) os músculos com

essa característica devem apresentar uma menor força de cisalhamento nos primeiros dias, pós-abate, porém o efeito da maturação nos cortes será menor. Os resultados de Hwang & Thompson (2001) coincidem parcialmente com este trabalho, uma vez que os músculos desossados a quente não apresentaram força de cisalhamento menor que os desossados a frio no primeiro dia, mas o efeito da maturação foi menor do que nos desossados a frio.

Após a 6ª hora, o Valor R do tratamento EQRR parou de aumentar e na 24ª hora o tratamento EQRR apresentou a menor média para o Valor R, diferenciando-se estatisticamente de EQ0 e EF ($p < 0,05$), o que é uma indicação de que nesse tratamento o músculo demorou mais para atingir o *rigor mortis* e ainda restava ATP na 24ª hora PM. Os tratamentos EFP10 e EFP20 não apresentaram diferenças em relação a nenhum tratamento ($p < 0,05$).

A análise de regressão dos valores de pH e Valor R indicou que existe uma correlação negativa significativa entre os mesmos ($r = -0,69$), ou seja, à medida que o valor do pH diminui, o Valor R aumenta até o estabelecimento do *rigor mortis*, que ocorre quando o Valor R atinge 1,1, (SOARES & ARÊAS, 1995). Neste trabalho, este momento corresponde a um pH = 5,92, conforme pode ser visto na Figura 21 e na Tabela 1. Verifica-se, assim, que os músculos *L. dorsi* de todos os tratamentos entraram em *rigor mortis* entre 6 e 8 horas PM.

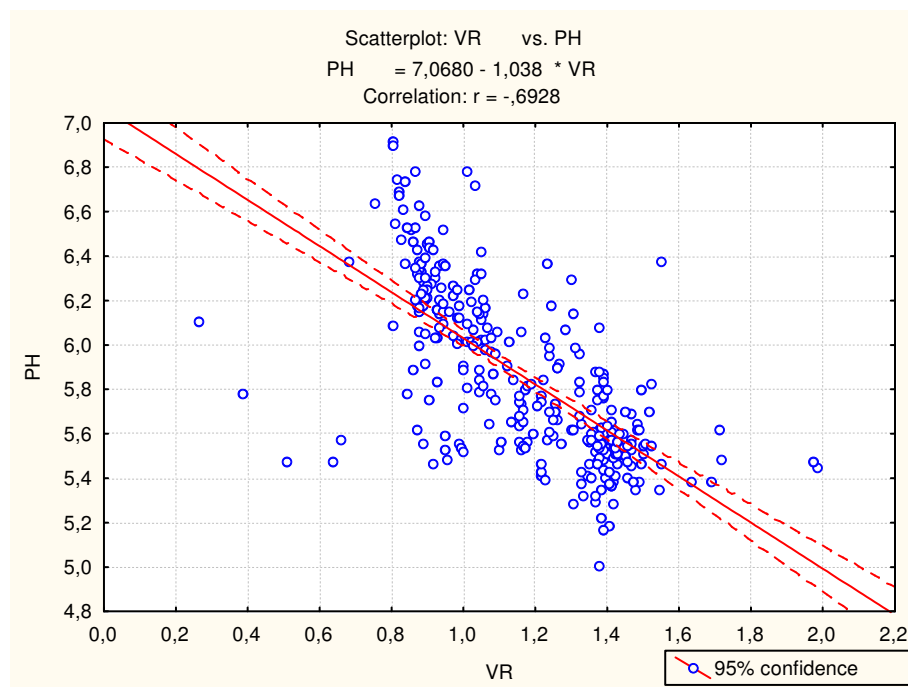


Figura 21 - Correlação entre pH e Valor R para o músculo *Longissimus dorsi* submetido aos vários tratamentos durante as primeiras 24 horas *post mortem*.

5.3.2 Músculo *Semitendinosus*

Efeito dos tratamentos na taxa de queda do pH e Valor R

Suspensão pélvica e pelo tendão de Aquiles

pH

O resultado da análise de variância demonstra que os valores de pH do músculo *Semitendinosus* sofreram o efeito do tratamento e do tempo *post mortem* ($p < 0,05$) (Tabela 2). O tratamento EFP10 apresentou valores de pH maiores.

Pode-se verificar na Tabela 2 que não houve diferença estatística ($p > 0,05$) entre os valores médios de pH dos tratamentos nas primeiras 24 horas *post mortem*, com exceção da 6ª hora, quando o tratamento de pendura pélvica por 20 horas apresentou valores menores que o tratamento de pendura pélvica por 10 horas ($p < 0,05$), mas ambos não se diferenciaram do controle EF (pendura convencional). Essa diferença, embora seja significativa, não tem uma explicação

pelo tratamento em si, uma vez que na 6^a hora as carcaças de ambos os tratamentos estavam sob as mesmas condições.

Os valores de pH do músculo *Semitendinosus* foram, no geral, menores que os do músculo *Longissimus dorsi*, para os mesmos períodos *post mortem*.

Tabela 2 – Valores médios e erro padrão de pH e Valor R do músculo *Semitendinosus* de diferentes tratamentos a 1, 2, 4, 6, 8 e 24 horas *post mortem*.

Medidas	Tratamentos*					
	EFP20		EFP10		EF	
	Média	E.P.	Média	E.P.	Média	E.P.
pH						
1h PM	5.83	±0.04	6.07	±0.12	5.86	±0.12
2h PM	5.65	±0.03	5.92	±0.11	5.89	±0.07
4h PM	5.40	±0.07	5.68	±0.10	5.43	±0.07
6h PM	5.30 ^B	±0.05	5.65 ^A	±0.09	5.50 ^{AB}	±0.15
8h PM	5.27	±0.07	5.60	±0.12	5.38	±0.09
24h PM	5.24	±0.08	5.39	±0.05	5.30	±0.07
Valor R						
1h PM	1.05	±0.04	0.99	±0.03	1.03	±0.05
2h PM	1.16	±0.02	1.08	±0.06	1.05	±0.06
4h PM	1.29 ^A	±0.03	1.16 ^{AB}	±0.07	1.07 ^B	±0.08
6h PM	1.33	±0.09	1.18	±0.08	1.20	±0.10
8h PM	1.39 ^A	±0.02	1.22 ^B	±0.07	1.25 ^{AB}	±0.07
24h PM	1.39	±0.01	1.26	±0.09	1.43	±0.02

*E. P. = erro padrão das médias, n = 8 replicações dos tratamentos; PM = *post mortem*. Médias com letras diferentes sobrescritas (^{A,B} linhas) indicam diferença estatística pelo teste de Duncan (p<0,05), quanto ao tratamento.

EFP10=suspensão pélvica por 10 horas e desossa fria; EFP20= suspensão pélvica por 20 horas e desossa fria; EF = suspensão pelo tendão de Aquiles e desossa fria.

Valor R

O resultado da análise de variância demonstra que os Valores R do músculo *Semitendinosus* sofrem o efeito do tratamento e do tempo *post mortem* (p<0,05). O tratamento EFP10 apresentou Valores R menores que os outros tratamentos em concordância com o que ocorreu com os valores de pH.

Analisando os valores médios do Valor R na Tabela 2, pode-se verificar que só houve diferença estatística ($p < 0,05$) entre os tratamentos na 4ª e na 8ª hora *post mortem*. Na 4ª hora, o tratamento EFP20 tem um Valor R maior que o controle EF ($p < 0,05$), mas não se diferenciou do EFP10.

Na 8ª hora, o tratamento EFP20 apresentou um Valor R maior que o obtido no tratamento EFP10 ($p < 0,05$), mas ambos não se diferenciaram do controle EF. Aqui vale a mesma observação feita na análise do pH, uma vez que ambas as carcaças até a 8ª hora haviam sofrido o mesmo procedimento.

A média do Valor R foi maior para o tratamento EFP20, uma indicação de que o músculo desse tratamento deve ter atingido o *rigor mortis* antes que o músculo do tratamento EFP10.

A análise de regressão dos valores de pH e Valor R para o músculo *Semitendinosus* indicou que existe uma correlação negativa significativa entre os mesmos ($r = -0,56$), ou seja, à medida que o pH diminui o Valor R aumenta até o estabelecimento do *rigor mortis*, que ocorre quando o Valor R atinge 1,1 e corresponde a um pH = 5,64.

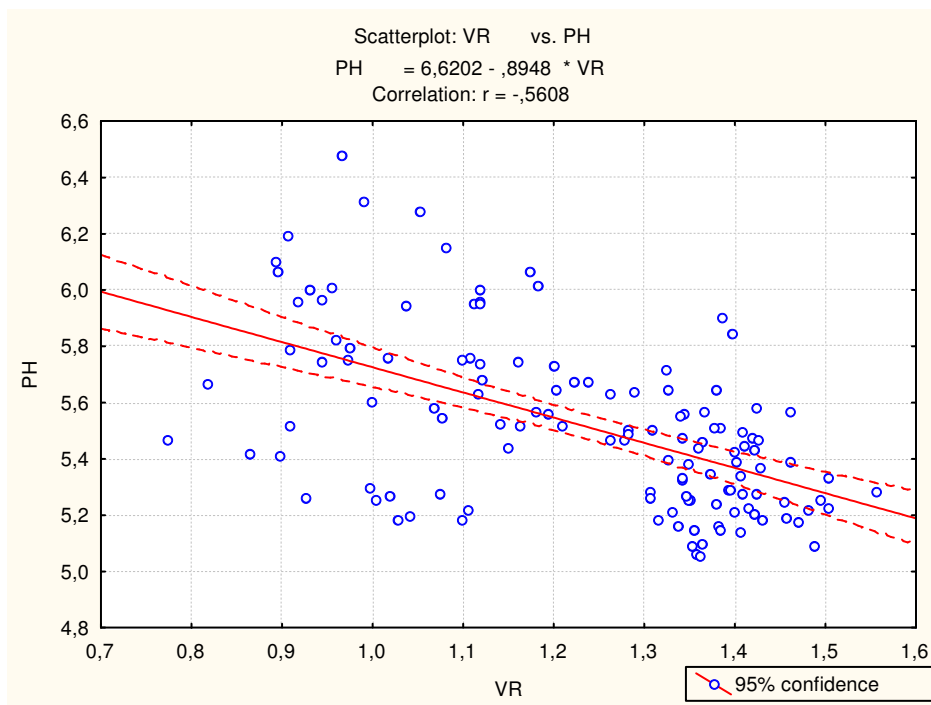


Figura 22 - Correlação entre pH e Valor R para o músculo *Semitendinosus* submetido aos vários tratamentos durante as primeiras 24 horas *post mortem*.

Conforme pode ser visto na Figura 22 e na Tabela 2, verifica-se que o músculo *Semitendinosus* dos tratamentos EFP20 e EF entraram em *rigor mortis* 4 horas PM, com exceção do tratamento EFP10 que atingiu esse valor 6 horas PM.

5.3.3 Músculo *Psoas major*

Efeito dos tratamentos na taxa de queda do pH e Valor R 24 horas *post mortem*

pH

O resultado da análise de variância demonstra que os valores de pH do músculo *Psoas major* não sofrem o efeito dos tratamentos, mas sim o efeito do tempo e da interação de segunda ordem do tratamento com o tempo *post mortem* ($p < 0,05$).

Tabela 3 – Valores médios e erro padrão de pH e Valor R do músculo *Psoas major* de diferentes tratamentos a 1, 2, 4, 6, 8 e 24 horas *post mortem*.

Medidas	Tratamentos*									
	EQ0		EQRR		EFP20		EFP10		EF	
	Média	E.P.	Média	E.P.	Média	E.P.	Média	E.P.	Média	E.P.
pH										
1h PM	5.65 ^{ab C}	±0.06	5.77 ^{BC}	±0.03	5.96 ^{a AB}	±0.10	5.94 ^{a AB}	±0.07	6.12 ^{a A}	±0.12
2h PM	5.76 ^a	±0.06	5.81	±0.04	5.82 ^{ab}	±0.12	5.83 ^b	±0.09	5.89 ^b	±0.12
4h PM	5.66 ^{ab}	±0.05	5.74	±0.05	5.72 ^{bc}	±0.09	5.83 ^b	±0.15	5.76 ^{bc}	±0.07
6h PM	5.57 ^{ab}	±0.04	5.72	±0.02	5.63 ^{bc}	±0.07	5.69 ^b	±0.12	5.62 ^{cd}	±0.05
8h PM	5.54 ^{ab B}	±0.02	5.80 ^A	±0.03	5.62 ^{bc B}	±0.18	5.61 ^{bd B}	±0.09	5.59 ^{cd B}	±0.06
24h PM	5.53 ^{b B}	±0.02	5.63 ^A	±0.01	5.52 ^{c B}	±0.04	5.46 ^{d B}	±0.03	5.46 ^{d B}	±0.02
Valor R										
1h PM	1.24 ^a	±0.06	1.30	±0.02	1.31	±0.10	1.25 ^{cb}	±0.06	1.22	±0.12
2h PM	1.17 ^{b, B}	±0.06	1.20 ^{AB}	±0.03	1.38 ^A	±0.08	1.35 ^{ab AB}	±0.07	1.29 ^{AB}	±0.08
4h PM	1.31 ^a	±0.11	1.30	±0.02	1.37	±0.05	1.26 ^{cb}	±0.10	1.32	±0.08
6h PM	1.29 ^a	±0.06	1.41	±0.02	1.40	±0.08	1.35 ^{ab}	±0.10	1.41	±0.10
8h PM	1.39 ^a	±0.07	1.41	±0.02	1.42	±0.08	1.42 ^{ab}	±0.11	1.35	±0.13
24h PM	1.46 ^a	±0.09	1.46	±0.02	1.45	±0.06	1.55 ^a	±0.07	1.45	±0.11

*E. P. = erro padrão das médias, n = 8 replicações dos tratamentos; PM = *post mortem*. Médias com letras diferentes sobrescritas (^{A, B, C} linhas e ^{a, b, c} columnas) indicam diferença estatística pelo teste de Duncan (p< 0,05), quanto ao tratamento.

EQ0= desossa quente condicionado a 0°C; EQRR = desossa quente resfriamento ultra-rápido; EFP10=suspensão pélvica por 10 horas e desossa fria; EFP20= suspensão pélvica por 20 horas e desossa fria; EF = suspensão pelo tendão de Aquiles e desossa fria.

Desossa a quente

Resfriamento lento e ultra-rápido

Analisando os resultados do músculo *Psoas major* conforme apresentado na Tabela 3, pode-se verificar que não houve diferença significativa (p>0,05) entre as médias de pH dos diferentes tratamentos, na 2^a, 4^a e 6^a hora *post mortem*. Na 1^a hora o tratamento de resfriamento rápido (EQRR) se diferenciou do controle (EF) apresentando um valor médio menor, porém não se diferenciou dos demais tratamentos (p>0,05). De uma maneira geral, na 1^a hora PM, os

tratamentos com desossa quente (EQ0 e EQRR) apresentaram valores menores de pH, comparando-se aos tratamentos de desossa convencional.

Na 8^a e na 24^a hora, o tratamento de resfriamento rápido se diferenciou estatisticamente dos demais ($p < 0,05$) apresentando um valor médio de pH maior, evidenciando que o resfriamento rápido retardou a queda do pH.

Os tratamentos com desossa quente apresentaram valores médios de pH ligeiramente maiores na 2^a hora PM do que na 1^a hora PM, tornando a decrescer na 4^a hora PM. Os tratamentos com desossa fria apresentaram valores de pH significativamente decrescentes a cada tempo PM.

Desossa fria

Suspensão pélvica e pelo tendão de Aquiles

Os valores de pH dos músculos *Psoas major* das carcaças suspensas pela pelve ou pelo tendão de Aquiles não apresentaram diferença estatística entre si.

Valor R

O resultado da análise de variância demonstra que os Valores R do músculo *Psoas major* não sofrem o efeito do tratamento, mas somente o efeito do tempo ($p < 0,05$).

Pode-se verificar na Tabela 3 que as médias de Valor R dos diferentes tratamentos, não se diferenciaram estatisticamente entre si ($p > 0,05$), com exceção da 2^a hora. Na 2^a hora, o Valor R do tratamento EQ0 se diferenciou estatisticamente ($p < 0,05$) e foi menor que o do tratamento EFP20, não se diferenciando dos demais.

Os Valores R na 2ª hora PM apresentaram o mesmo comportamento observado com o pH, ou seja, diminuíram na 2ª hora PM e tornaram a aumentar na 4ª hora PM, comportamento não observado nos tratamentos com desossa fria.

Comparando-se as médias dos Valores R dos três músculos nas Tabelas 1, 2 e 3, verifica-se que o músculo *Psoas major* foi o que apresentou os maiores valores, seguido do *Semitendinosus* e finalmente do *L. dorsi*. Na primeira hora após a sangria o músculo *Psoas major* já tinha Valores R que indicavam ter atingido o *rigor mortis*. O músculo *Psoas major* possui uma glicólise e um consumo de ATP muito rápidos.

A análise de regressão dos valores de pH e Valor R para o músculo *Psoas major* indicou que existe uma correlação negativa significativa entre os mesmos ($r = -0,52$), ou seja, à medida que o valor de pH diminui, o Valor R aumenta até o estabelecimento do *rigor mortis* que ocorre quando o Valor R se aproxima de 1,1 correspondendo a um $\text{pH} = 5,81$. Conforme pode ser visto na Figura 23 e na Tabela 3, verifica-se que em todos os tratamentos o músculo *Psoas major* havia entrado ou estava na iminência de entrar em *rigor mortis* 2 horas PM.

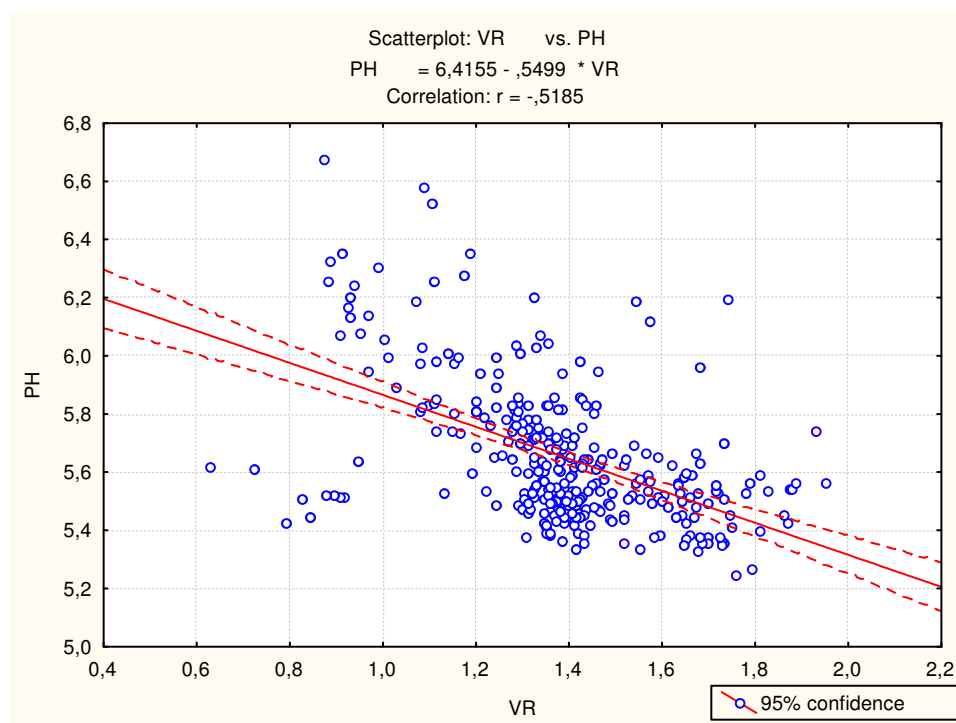


Figura 23 - Correlação entre pH e Valor R para o músculo *Psoas major* submetido aos vários tratamentos durante as primeiras 24 horas *post mortem*.

5.4. pH e Valor R no 1º, 7º e 14º dia de maturação.

Nas Tabelas 4, 5 e 6 encontram-se a média e erro padrão das oito replicações de cada tratamento para os valores de pH e Valor R na 24ª hora e 7 e 14 dias *post mortem* dos músculos *L. dorsi*, *Semitendinosus* e *Psoas major*.

5.4.1. Músculo *Longissimus dorsi*

pH

A análise de variância mostrou que existe um efeito do tratamento no valor do pH ($p < 0,05$). Os músculos *L. dorsi* do tratamento EF apresentaram valores médios de pH_{24h} menores que os dos tratamentos EFP10 e EQ0. Observou-se também o efeito da maturação no pH ($p < 0,05$), pois os valores de pH_{24h} foram maiores que os pH_{7d}, porém os valores de pH_{14d} não foram diferentes dos pH_{7d}.

De acordo com a Tabela 4, com base nos valores de pH, podemos verificar que não houve diferença significativa ($p > 0,05$) entre o 7º e o 14º dia de maturação em nenhum dos tratamentos, indicando que a conclusão do processo de glicólise ocorreu entre 24 horas e 7 dias.

Tabela 4 - Valores médios de pH e Valor R e erro padrão do músculo *L. dorsi* de diferentes tratamentos em 24 horas, 7 e 14 dias *post mortem*.

Medidas	Tratamentos*									
	EQO		EQRR		EFP20		EFP10		EF	
	Média	E.P.	Média	E.P.	Média	E.P.	Média	E.P.	Média	E.P.
pH										
24h PM	5.73 ^{A;a}	±0.04	5.60 ^{AB}	±0.06	5.59 ^{AB;a}	±0.03	5.69 ^A	±0.10	5.48 ^B	±0.06
7 dias PM	5.52 ^b	±0.02	5.47	±0.04	5.46 ^b	±0.04	5.55	±0.04	5.49	±0.02
14 dias PM	5.50 ^b	±0.03	5.45	±0.08	5.46 ^b	±0.04	5.51	±0.03	5.43	±0.04
Valor R										
24h PM	1.41 ^A	±0.01	1.22 ^B	±0.06	1.27 ^{AB}	±0.07	1.38 ^{AB}	±0.04	1.45 ^A	±0.08
7 dias PM	1.45	±0.01	1.41	±0.15	1.33	±0.07	1.46	±0.04	1.43	±0.01
14 dias PM	1.41	±0.02	1.37	±0.11	1.34	±0.06	1.38	±0.04	1.39	±0.02

*E. P. = erro padrão das médias, n = 8 replicações dos tratamentos; PM = *post mortem*. Letras diferentes sobrescritas nas médias da mesma linha ou coluna (^{A, B} linhas; ^{a, b} colunas) indicam diferença significativa pelo teste de Duncan (p< 0,05), quanto ao tratamento e aos dias de maturação, respectivamente.

EQO= desossa quente condicionado a 0°C; EQRR = desossa quente resfriamento ultra-rápido; EFP10=suspensão pélvica por 10 horas e desossa fria; EFP20= suspensão pélvica por 20 horas e desossa fria; EF = suspensão pelo tendão de Aquiles e desossa fria.

Os músculos dos tratamentos EF, EFP10 e EQRR não apresentaram diferença significativa nos valores de pH após 24 horas PM, indicando que para esses tratamentos a glicólise havia sido concluída nesse período de tempo. Embora não houvesse tido, para esses tratamentos, nenhuma diferença estatística nos valores médios de pH após 24 horas PM, pode-se perceber que houve uma pequena diferença numérica nos mesmos, com exceção do tratamento EF.

Purchas & Aungsupakorn (1993), que estudaram touros e animais castrados de raças taurinas, constataram que a força de cisalhamento do músculo aumenta progressivamente com o aumento do pH final na faixa de valores entre 5,5 até 6,0 e a partir daí a correlação passa a ser negativa. Considerando-se a afirmação desses autores, os pH finais (Tabela 4) indicam que os músculos de todos os tratamentos se encontrariam na melhor condição de maciez.

A análise de regressão múltipla dos valores de pH indicou que existe correlação significativa com as seguintes variáveis; força de cisalhamento ($r= 0,24$), perda de peso por exsudação ($r= -0,20$), maciez ($r= -0,21$) e sabor de carne maturada ($r= -0,33$).

Valor R

A análise de variância mostrou que não existe um efeito do tratamento e nem da maturação no Valor R dos músculos *L. dorsi* ($p>0,05$).

As médias do Valor R (Tabela 4) não apresentaram diferença estatística entre os dias de maturação.

O Valor R não apresentou correlação significativa com nenhuma variável.

5.4.2. Músculo *Semitendinosus*

pH

Os resultados da análise de variância demonstraram que o pH do músculo *Semitendinosus* não sofreu os efeitos nem dos tratamentos e nem do período de maturação ($p>0,05$).

Analisando-se a Tabela 5, pode-se verificar que não houve diferença estatística entre as médias de pH ($p>0,05$), quanto aos tratamentos e aos dias de maturação, ou seja, os tratamentos com diferentes velocidades de resfriamento e formas de pendura não alteraram o valor do pH para o músculo *Semitendinosus* após 24 horas PM.

Valor R

O resultado da análise de variância demonstra que o Valor R sofre o efeito apenas do tratamento ($p < 0,05$). De forma que o tratamento EFP10 tem Valores R menores que os tratamentos EFP20 e EF.

Pode-se verificar nos resultados apresentados na Tabela 5 que na 24^a hora PM não houve diferença estatística ($p > 0,05$) no Valor R dos músculos em todos os tratamentos. Já no 7^o dia PM, embora as médias do Valor R dos tratamentos fossem exatamente os mesmos valores da 24^a hora PM, a comparação estatística das médias apresentou uma diferença ($p < 0,05$) entre os tratamentos EFP10 e EF, e no 14^o dia PM, o Valor R do tratamento EFP10 foi menor que os dos tratamentos EFP20 e EF.

Esta evidência indica que o tratamento EFP10 estabilizou em uma faixa de Valor R menor do que os outros tratamentos.

Tabela 5 - Valores médios de pH e Valor R e erro padrão do músculo *Semitendinosus* de diferentes tratamentos em 24 horas, 7 e 14 dias PM.

Medidas	Tratamentos*					
	EFP20		EFP10		EF	
	Média	E.P.	Média	E.P.	Média	E.P.
pH						
24h PM	5.35	±0.08	5.41	±0.05	5.39	±0.07
7 dias PM	5.26	±0.04	5.41	±0.05	5.41	±0.05
14 dias PM	5.35	±0.08	5.39	±0.07	5.35	±0.05
Valor R						
24h PM	1.39	±0.01	1.27	±0.09	1.41	±0.02
7 dias PM	1.39 ^{AB}	±0.03	1.27 ^B	±0.06	1.41 ^A	±0.02
14 dias PM	1.37 ^A	±0.01	1.24 ^B	±0.07	1.40 ^A	±0.02

*E. P. = erro padrão das médias, n = 8 replicações dos tratamentos; PM = *post mortem*. Médias com letras diferentes sobrescritas (^{A, B} linhas) indicam diferença estatística pelo teste de Duncan ($p < 0,05$), quanto ao tratamento.

EFP10=suspensão pélvica por 10 horas e desossa fria; EFP20= suspensão pélvica por 20 horas e desossa fria; EF = suspensão pelo tendão de Aquiles e desossa fria.

5.4.3. Músculo *Psoas major*

pH

O resultado da análise de variância mostrou que os valores de pH do músculo *Psoas major* não sofrem o efeito da maturação ($p>0,05$), ou seja, a glicólise encerrou-se 24 horas PM. Entretanto os músculos dos tratamentos de desossa fria apresentam valores do pH menores que os obtidos com a desossa a quente ($p<0,05$).

Analisando-se os valores de pH (Tabela 6), verifica-se que na 24^a hora, o tratamento de resfriamento rápido (EQRR) apresentou um valor maior de pH, diferenciando-se estatisticamente dos demais ($p<0,05$). No 7^o dia PM essa diferença estatística entre os tratamentos desapareceu, ou seja, houve uma queda dos valores de pH do tratamento EQRR. No 14^o dia PM, os tratamentos com desossa a quente apresentaram valores maiores de pH diferenciando-se estatisticamente ($p<0,05$) dos tratamentos de desossa fria, com exceção do tratamento EFP20, que não se diferenciou de nenhum.

Quanto ao tempo de maturação, só o tratamento de resfriamento rápido apresentou diferença estatística nos valores de pH entre a 24^a hora e o 7^o dia de maturação ($p<0,05$).

Valor R

O resultado da análise de variância demonstrou que os Valores R do músculo *Psoas major* não sofrem o efeito nem do tratamento e nem da maturação ($p>0,05$), o que fica evidente analisando os resultados obtidos para o Valor R do músculo *Psoas major*, apresentados na Tabela 6.

Tabela 6. Valores médios de pH e Valor R e erro padrão do músculo *Psoas major* de diferentes tratamentos a 24 horas, 7 e 14 dias *post mortem*.

Medidas	Tratamentos*									
	EQ0		EQRR		EFP20		EFP10		EF	
	Média	E.P.	Média	E.P.	Média	E.P.	Média	E.P.	Média	E.P.
pH										
24h PM	5.53 ^B	±0.02	5.63 ^{A;a}	±0.01	5.52 ^B	±0.04	5.46 ^B	±0.03	5.46 ^B	±0.02
7 dias PM	5.50	±0.04	5.51 ^b	±0.03	5.48	±0.02	5.47	±0.02	5.49	±0.04
14 dias PM	5.57 ^A	±0.02	5.56 ^{A;ab}	±0.03	5.48 ^{AB}	±0.04	5.46 ^B	±0.03	5.44 ^B	±0.02
Valor R										
24h PM	1.46	±0.09	1.46	±0.02	1.45	±0.06	1.55	±0.07	1.45	±0.11
7 dias PM	1.45	±0.10	1.49	±0.03	1.54	±0.06	1.54	±0.07	1.47	±0.07
14 dias PM	1.40	±0.09	1.54	±0.07	1.49	±0.07	1.48	±0.07	1.45	±0.05

*E. P. = erro padrão das médias, n = 8 replicações dos tratamentos; PM = *post mortem*. Letras diferentes sobrescritas nas médias da mesma linha ou coluna (^{A, B} linhas; ^{a, b} colunas) indicam diferença significativa pelo teste de Duncan (p< 0,05), quanto ao tratamento e aos dias de maturação, respectivamente.

EQ0= desossa quente condicionado a 0°C; EQRR = desossa quente resfriamento ultra-rápido; EFP10=suspensão pélvica por 10 horas e desossa fria; EFP20= suspensão pélvica por 20 horas e desossa fria; EF = suspensão pelo tendão de Aquiles e desossa fria.

5.5 Perda de peso por exsudação e por cocção

Nas Tabelas 7, 8 e 9 encontram-se as médias e os desvios padrão dos resultados de perda por exsudação e perda por cocção dos diferentes tratamentos em 2, 7 e 14 dias *post mortem* do músculo *L. dorsi*, *Semitendinosus* e *Psoas major*.

5.5.1. Músculo *L. dorsi*

Tabela 7. Valores médios percentuais e erro padrão da perda por exsudação e perda por cocção do músculo *L. dorsi* em diferentes tratamentos a 2, 7 e 14 dias *post mortem*.

Medidas	Tratamentos*									
	EQ0		EQRR		EFP20		EFP10		EF	
	Média	E.P.	Média	E.P.	Média	E.P.	Média	E.P.	Média	E.P.
Dias PM.	Perda por exsudação									
2	0.67 ^{B;b}	±0.11	1.58 ^{A;b}	±0.29	0.68 ^{B;b}	±0.16	0.60 ^{B;b}	±0.12	0.53 ^{B;a}	±0.15
7	0.97 ^{B;ab}	±0.12	3.45 ^{A;ab}	±0.87	1.50 ^{B;ab}	±0.23	1.59 ^{B;a}	±0.37	1.37 ^{B;a}	±0.26
14	1.35 ^{B;a}	±0.25	3.99 ^{A;a}	±0.84	1.78 ^{B;a}	±0.47	1.42 ^{B;ab}	±0.24	1.77 ^{B;b}	±0.36
	Perda por cocção									
2	26.19	±0.53	28.83	±1.34	28.14	±3.03	27.77	±0.64	30.55	±2.39
7	26.03	±1.78	31,20	±1.68	30.72	±1.28	23.92	±2.09	28.58	±0.94
14	29.70	±1.53	28.51	±1.29	28.23	±2.28	29.71	±1.72	27.64	±1.12

*E. P. = erro padrão das médias, n = 8 replicações dos tratamentos; PM = *post mortem*. Letras diferentes sobrescritas nas médias da mesma linha ou coluna (^{A, B, C} linhas; ^{a, b} columnas) indicam diferença significativa pelo teste de Duncan ($p < 0,05$), quanto ao tratamento e aos dias de maturação, respectivamente.

EQ0= desossa quente condicionado a 0°C; EQRR = desossa quente resfriamento ultra-rápido; EFP10=suspensão pélvica por 10 horas e desossa fria; EFP20= suspensão pélvica por 20 horas e desossa fria; EF = suspensão pelo tendão de Aquiles e desossa fria.

Perda por exsudação

A análise de variância mostrou que os tratamentos e o tempo de maturação produzem efeitos na perda de peso por exsudação ($p < 0,05$) do músculo *L.dorsi*.

Efeito dos tratamentos de desossa quente

Os valores médios de perda por exsudação, para o músculo *Longissimus dorsi*, apresentados na Tabela 7, indicam claramente que o tratamento EQRR aumenta a exsudação, resultando em diferença significativa ($p < 0.05$) com relação

aos demais tratamentos durante todo o período de maturação. Por outro lado o tratamento com desossa quente EQ0, não apresentou diferença em relação aos tratamentos com desossa fria.

O aumento da perda por exsudação está diretamente relacionado com o resfriamento rápido ao qual foi submetido o músculo logo após a desossa a quente. Trevisani *et al.* (1998) observaram microscopicamente amostras do músculo *Supraespinatus* resfriadas rapidamente e constataram que o congelamento superficial externo provocou a formação de grandes cristais de gelo na estrutura das fibras musculares desestruturando e rompendo as membranas celulares. Esta condição física provoca um ligeiro aumento da perda por exsudação.

Efeito dos tratamentos de desossa fria

Observa-se também na Tabela 7 que a perda por exsudação do músculo *L. dorsi* não é afetada pelo tempo e forma de pendura da carcaça, uma vez que os tratamentos EFP20, EFP10 e EF não apresentam diferenças significativas ($p>0,05$).

Estes resultados estão em concordância com os obtidos por Mooney *et al.* (1999), que demonstraram não haver diferenças na perda por exsudação de músculos obtidos pelos tratamentos de pendura pélvica, Tendercut e tendão de Aquiles.

Eikelenboom *et al.* (1998) estudaram o efeito da pendura (pélvica e tendão de Aquiles) em carcaças de touros jovens estimuladas eletricamente (60 V, 14 Hz, 90 s) na maciez da carne após 14 dias de maturação. Os cortes dos músculos *L. dorsi* e *Semimembranosus* sofreram cocção em várias temperaturas e foram avaliados por compressão e por cisalhamento. Embora esses autores mencionem que as perdas por exsudação apresentem uma ligeira diminuição para o tratamento com pendura pélvica, as diferenças observadas não foram estatisticamente significativas. Os resultados obtidos por Eikelenboom *et al.*

(1998) mostraram valores de perdas por exsudação no 14º dia de maturação, para o músculo *L. dorsi*, de 0,56% para a pendura pelo tendão de Aquiles e de 0,38% para a pendura pélvica, portanto bem menores das que foram obtidas neste trabalho.

Efeito da maturação

Observando-se a Tabela 7 verifica-se que os valores médios de perda por exsudação do músculo *L. dorsi* apresentaram um aumento estatisticamente significativo ($p < 0.05$) entre o 2º e o 14º dia de maturação para os tratamentos EQ0, EQRR, EF e EPF20. Para o tratamento EFP10, o valor médio de perda por exsudação no 7º dia foi maior que no 2º dia de maturação ($p < 0.05$), porém de 7 para 14 dias não houve diferença estatística ($p > 0,05$).

Pela análise de regressão múltipla foi possível verificar que a perda por exsudação apresentou correlação significativa com o pH ($r = -0,20$) e com o atributo sensorial “sabor de carne maturada” ($r = 0,31$).

Perda por cocção

A análise de variância mostrou que os tratamentos e a maturação não produzem efeitos na perda de peso por cocção ($p > 0,05$) do músculo *L.dorsi*.

Verifica-se na Tabela 7 que os valores médios de perda de peso devido à cocção do *L. dorsi* situaram-se entre 23.92 e 31.20%.

Eikelenboom et al. (1998) verificaram que as perdas por cocção aumentavam linearmente e diretamente proporcionais ao aumento da temperatura de cocção. Não verificaram nenhuma diferença significativa, até a temperatura de 80 °C, entre a perda na cocção de carnes oriundas de carcaças suspensas pela pelve e pelo tendão de Aquiles.

Interpolando-se os valores de perdas por cocção, obtidos por Eikelenboom et al. (1998) para o músculo L. dorsi, obteve-se para a temperatura de 75 °C valores ao redor de 30%, portanto, bem próximos aos obtidos neste trabalho.

Analisando os resultados de perda de peso por cocção do músculo Longissimus dorsi pela análise múltipla de regressão verificamos que não ocorre nenhuma correlação significativa com as outras variáveis.

5.5.2. Músculo *Semitendinosus*

Tabela 8. Valores médios percentuais e erro padrão das perdas por exsudação e perdas por cocção do músculo *Semitendinosus* em diferentes tratamentos a 2, 7 e 14 dias *post mortem*.

Medidas	Tratamentos*					
	EFP20		EFP10		EF	
	Média	E.P.	Média	E.P.	Média	E.P.
Perda por exsudação						
2 dias PM	0.93 ^c	±0.17	0.86 ^c	±0.15	1.12 ^b	±0.34
7 dias PM	1.97 ^b	±0.27	1.78 ^b	±0.38	1.80 ^b	±0.27
14 dias PM	3.14 ^a	±0.29	3.15 ^a	±0.40	3.57 ^a	±0.71
Perda por Cocção						
2 dias PM	39.73	±1.87	40.68	±0.46	39.80	±1.59
7 dias PM	41.47	±0.86	40.14	±1.20	39.04	±1.38
14 dias PM	39.26	±1.61	37.86	±1.78	40.16	±0.34

*E. P. = erro padrão das médias, n = 8 replicações dos tratamentos; PM = *post mortem*. Letras diferentes sobrescritas nas médias da mesma coluna (^a, ^b, ^c colunas) indicam diferença significativa pelo teste de Duncan (p < 0,05), quanto aos dias de maturação.

EQ0= desossa quente condicionado a 0°C; EQRR = desossa quente resfriamento ultra-rápido; EFP10=suspensão pélvica por 10 horas e desossa fria; EFP20= suspensão pélvica por 20 horas e desossa fria; EF = suspensão pelo tendão de Aquiles e desossa fria.

Perda por exsudação

Pela análise de variância, os tratamentos não apresentam efeitos na perda por exsudação (p>0,05). Analisando-se os resultados dos valores médios de

perda por exsudação do músculo *Semitendinosus* apresentados na Tabela 8, pode-se verificar que a forma e o tempo de pendura não afetam a perda de peso por exsudação.

A análise de variância mostrou que a maturação produz efeitos na perda de peso por exsudação ($p < 0,05$) do músculo *Semitendinosus*. A maturação ocasionou um aumento na perda de peso por exsudação em todos os tratamentos.

O tratamento EF não apresentou diferença significativa entre os valores médios de perda por exsudação entre o 2º e o 7º dias PM ($p > 0,05$), entretanto no 14º dia o valor médio de perda exsudativa foi diferente tanto do 2º como do 7º dia PM e atingiu um valor de 3,57%. Os tratamentos EFP10 e EFP20 apresentaram aumentos significativos na primeira e na segunda semana de maturação, atingindo 3,15% e 3,14% respectivamente.

Analizando-se os resultados de perda de peso por exsudação do músculo *Semitendinosus* por regressão múltipla, verificou-se que ocorre correlação significativa com as seguintes variáveis; força de cisalhamento ($r = -0,34$), maciez ($r = 0,244$), suculência ($r = 0,233$), sabor ($r = 0,626$) e CRA ($r = -0,39$). Interessante ressaltar que a maciez e a suculência apresentaram correlação positiva com a perda por exsudação.

Perda por cocção

Os resultados da análise de variância para a perda de peso por cocção do músculo *Semitendinosus* indicaram que não houve efeito nem pelos tratamentos e nem pela maturação ($p > 0,05$). A média geral de perdas por cocção para todos os tratamentos e todos os períodos de maturação para o músculo *Semitendinosus* foi de 39,79%, muito maior que os observados para o *L. dorsi* (28,38%) e *Psoas major* (28,94%).

A análise de regressão múltipla mostrou que as perdas de peso por cocção do músculo *Semitendinosus* não tiveram nenhuma correlação significativa com outras variáveis estudadas.

5.5.3. Músculo *Psoas major*

Tabela 9. Valores médios percentuais e erro padrão das perdas por exsudação e das perdas por cocção do músculo *Psoas major*, submetido aos diferentes tratamentos a 2, 7 e 14 dias *post mortem*.

Medidas	Tratamentos*									
	EQ0		EQRR		EFP20		EFP10		EF	
	Média	E.P.	Média	E.P.	Média	E.P.	Média	E.P.	Média	E.P.
Perda por exsudação										
2 dias PM	1.05 ^{AB}	±0.12	1.22 ^{A;C}	±0.36	0.65 ^{BC;B}	±0.04	0.68 ^{BC;B}	±0.08	0.42 ^{C,C}	±0.03
7 dias PM	1.68 ^{AB}	±0.49	2.21 ^{A,B}	±0.27	1.29 ^{BC,A}	±0.25	1.68 ^{AB,A}	±0.32	0.69 ^{C,B}	±0.06
14dias PM	1.71 ^{BC}	±0.22	3.46 ^{A;A}	±0.37	1.30 ^{BC;A}	±0.12	1.80 ^{B;A}	±0.43	0.98 ^{C,A}	±0.12
Perda por cocção										
2 dias PM	26.92	±1.38	28.85	±1.16	28.29	±2.03	28.25	±0.57	28.05	±1.37
7 dias PM	28.25	±0.75	32.01	±2.41	30.15	±1.66	29.50	±0.50	28.49	±0.86
14dias PM	29.36	±0.59	27.70	±0.79	30.13	±1.64	28.26	±1.20	29.75	±0.60

*E. P. = erro padrão das médias, n = 8 replicações dos tratamentos; PM = *post mortem*. Letras diferentes sobrescritas nas médias da mesma linha ou coluna (^{A, B, C} linhas; ^{a, b, c} colunas) indicam diferença significativa pelo teste de Duncan (p< 0,05), quanto ao tratamento e aos dias de maturação, respectivamente.

EQ0= desossa quente condicionado a 0°C; EQRR = desossa quente resfriamento ultra-rápido; EFP10=suspensão pélvica por 10 horas e desossa fria; EFP20= suspensão pélvica por 20 horas e desossa fria; EF = suspensão pelo tendão de Aquiles e desossa fria.

Perda por exsudação

A análise de variância mostrou que os tratamentos e a maturação têm efeitos significativos na perda de peso por exsudação ($p < 0,05$) do músculo *Psoas major*.

Efeito dos tratamentos

O tratamento EQRR foi o que causou maiores perdas de peso por exsudação diferenciando-se significativamente dos demais ($p < 0,05$).

No 2º dia PM, os tratamentos de desossa a quente (EQ0 e EQRR) não se diferenciaram entre si ($p > 0,05$). No entanto os músculos do tratamento EQRR apresentaram valores médios de perda por exsudação, significativamente maiores que os dos tratamentos EFP20, EFP10 e EF ($p < 0,05$).

No 7º dia PM, as perdas obtidas com o tratamento EF foram significativamente menores ($p < 0,05$) que todos os tratamentos, com exceção do tratamento EFP20.

No 14º dia PM, o tratamento EQRR apresentou o maior valor médio de perda por exsudação, diferenciando-se estatisticamente dos demais tratamentos ($p < 0,05$). Considerando-se apenas os tratamentos de desossa a quente, os músculos do tratamento EQ0 foram menos exsudativos ($p < 0,05$), porém comparando-se este tratamento aos tratamentos de desossa fria, as perdas por exsudação foram da mesma magnitude.

Com relação apenas aos tratamentos com desossa fria, o EFP10 apresentou maior média em relação ao controle, porém não se diferenciou do EFP20 ($p > 0,05$).

Efeito da maturação

Pode-se verificar na Tabela 9, que em quase todos os tratamentos houve um aumento da perda por exsudação do músculo *Psoas major* com a maturação. Os músculos dos tratamentos EQRR e EF tiveram um aumento significativo ($p < 0,05$) em todas as etapas da maturação. Os músculos dos tratamentos EFP20 e EFP10, embora tenham apresentado aumentos significativos na perda de peso do 2º para o 7º dia ($p < 0,05$), não apresentaram diferença significativa entre o 7º e o 14º dias de maturação ($p > 0,05$). Já o tratamento EQ0 não apresentou diferença significativa nos valores médios de perda de peso por exsudação ($p > 0,05$) durante a maturação.

A análise de regressão múltipla mostrou que a perda de peso por exsudação do músculo *Psoas major* apresenta correlação significativa com o pH ($r = 0,24$), suculência ($r = -0,22$) e sabor de carne maturada ($r = -0,35$). É importante observar que a perda de peso por exsudação, embora tenha tido correlação com a suculência, não teve correlação significativa nem com a força de cisalhamento e nem com a maciez.

Perda por cocção

A análise de variância mostrou que os tratamentos utilizados e a maturação não têm efeitos na perda de peso por cocção ($p > 0,05$) do músculo *Psoas major*.

Joseph & Connolly (1977) obtiveram valores muito próximos, aos obtidos neste trabalho, para perdas percentuais por cocção dos músculos *L. dorsi*, *Psoas major* e *Semitendinosus*. Esses autores também observaram que os tratamentos por eles empregados não tiveram efeitos significativos nas perdas de peso por cocção.

Pode-se dizer também que as perdas de peso por cocção do músculo *Psoas major* se equivaleram percentualmente às perdas de peso por cocção do músculo *L. dorsi*.

A análise de regressão múltipla mostrou que a perda de peso por cocção do músculo *Psoas major* não teve nenhuma correlação significativa com outras variáveis estudadas.

5.6 Capacidade de retenção de água

A Tabela 10 apresenta os valores das médias e erros padrão da capacidade de retenção de água (CRA) do músculo *L.dorsi*. Na Tabela 11, foi incluída a capacidade de retenção de água no dia da desossa, relativa aos tratamentos de desossa a quente e na Tabela 12, estão relacionados apenas os tratamentos com desossa fria.

5.6.1. Músculo *Longissimus dorsi*

Tabela 10 - Valores médios e erro padrão da capacidade de retenção de água no músculo *L.dorsi*, submetido aos diferentes tratamentos *post mortem*.

Medidas	Tratamentos*									
	EQ0		EQRR		EFP20		EFP10		EF	
	Média	E.P.	Média	E.P.	Média	E.P.	Média	E.P.	Média	E.P.
CRA										
2 dias PM	0.50	±0.01	0.50 ^a	±0.03	0.48 ^a	±0.02	0.48	±0.02	0.51 ^a	±0.02
7 dias PM	0.51	±0.02	0.46 ^{ab}	±0.01	0.46 ^{ab}	±0.02	0.48	±0.02	0.46 ^b	±0.01
14 dias PM	0.48	±0.03	0.43 ^b	±0.03	0.43 ^b	±0.02	0.44	±0.02	0.43 ^b	±0.01

*E. P. = erro padrão das médias, n = 8 replicações dos tratamentos; PM = *post mortem*. Letras diferentes sobrescritas nas médias da mesma linha ou coluna (^a, ^b, ^c colunas) indicam diferença significativa pelo teste de Duncan (p< 0,05), quanto ao tratamento e aos dias de maturação, respectivamente.

EQ0= desossa quente condicionado a 0°C; EQRR = desossa quente resfriamento ultra-rápido; EFP10=suspensão pélvica por 10 horas e desossa fria; EFP20= suspensão pélvica por 20 horas e desossa fria; EF = suspensão pelo tendão de Aquiles e desossa fria.

A análise de variância mostrou que somente a maturação produz efeitos na capacidade de retenção de água do músculo *L.dorsi* ($p < 0,05$).

Tabela 11 - Valores médios e erro padrão da capacidade de retenção de água do músculo *L. dorsi*, submetido aos diferentes tratamentos de desossa a quente.

Medidas	Tratamentos*			
	EQ0		EQRR	
	Média	E.P.	Média	E.P.
CRA				
0 dias PM	0.51	±0.02	0.54 ^a	±0.02
2 dias PM	0.50	±0.01	0.50 ^{ab}	±0.03
7 dias PM	0.51	±0.02	0.46 ^{bc}	±0.01
14 dias PM	0.48	±0.03	0.43 ^c	±0.03

*E. P. = erro padrão das médias, n = 8 replicações dos tratamentos; PM = *post mortem*. Letras diferentes sobrescritas nas médias da mesma coluna (^{a, b, c} colunas) indicam diferença significativa pelo teste de Duncan ($p < 0,05$), quanto aos dias de maturação.

EQ0= desossa quente condicionado a 0°C; EQRR = desossa quente resfriamento ultra-rápido.

Tabela 12 - Valores médios e erro padrão da capacidade de retenção de água do músculo *L.dorsi*, submetido aos diferentes tratamentos com suspensão da carcaça e desossa fria.

Medidas	Tratamentos*					
	EFP20		EFP10		EF	
	Média	E.P.	Média	E.P.	Média	E.P.
CRA						
2 dias PM	0.48 ^a	±0.02	0.48	±0.02	0.51 ^a	±0.02
7 dias PM	0.46 ^{ab}	±0.02	0.48	±0.01	0.46 ^b	±0.01
14 dias PM	0.43 ^b	±0.02	0.44	±0.02	0.43 ^b	±0.01

*E. P. = erro padrão das médias, n = 8 replicações dos tratamentos; PM = *post mortem*. Letras diferentes sobrescritas nas médias da mesma coluna (^{a, b, c} colunas) indicam diferença significativa pelo teste de Duncan ($p < 0,05$), quanto aos dias de maturação.

EFP10=suspensão pélvica por 10 horas e desossa fria; EFP20= suspensão pélvica por 20 horas e desossa fria; EF = suspensão pelo tendão de Aquiles e desossa fria.

Na Tabela 11 pode-se verificar que a capacidade de retenção de água dos músculos dos tratamentos de desossa a quente não é afetada pela forma de

resfriamento, uma vez que não existem diferenças significativas entre os tratamentos ($p>0,05$).

Efeitos da maturação

Analisando-se as Tabelas 10, 11 e 12, verifica-se que a CRA diminui entre o 2º e o 14º dia de maturação nos tratamentos EQRR, EFP20 e EF ($p<0,05$). Os músculos do tratamento controle (EF), no 2º dia de maturação, apresentaram valores de CRA maiores que no 7º dia de maturação ($p<0,05$), porém não houve diferença do 7º para o 14º dia de maturação.

Por outro lado, os tratamentos EQ0 e EF10 não apresentaram efeito na CRA durante a maturação.

A análise de regressão apresentou uma correlação significativa da CRA do músculo *L. dorsi* com as seguintes variáveis: força de cisalhamento ($r= 0,18$), suculência ($r= 0,19$) e sabor ($r= 0,31$).

5.6.2. Músculo *Semitendinosus*

Na Tabela 13, encontram-se as médias e erros padrão da capacidade de retenção de água do músculo *Semitendinosus* submetido a diferentes tratamentos *post mortem*.

A análise de variância mostrou que os tratamentos e a maturação produzem efeitos na capacidade de retenção de água do músculo *Semitendinosus* ($p<0,05$).

Analisando a Tabela 13, verifica-se que no 2º dia PM os valores médios de CRA dos músculos *Semitendinosus* dos tratamentos de pendura pélvica não se diferenciaram entre si e apresentam valores médios de CRA menores que os músculos do tratamento EF ($p<0,05$).

Com relação aos dias de maturação, os resultados dos tratamentos EFP10 e EF indicam que a CRA dos músculos diminui com tempo de maturação,

notadamente do 2º para o 7º dia de maturação ($p < 0,05$) estabilizando até o 14º dia.

A análise de regressão apresentou uma correlação significativa da CRA do músculo *Semitendinosus* com as variáveis: perda de peso por exsudação ($r = -0,39$) e sabor de carne maturada ($r = -0,51$).

Tabela 13 - Valores médios e erros padrão da capacidade de retenção de água do músculo *Semitendinosus*, submetido aos diferentes tratamentos *post mortem*.

Medidas	Tratamentos*					
	EFP20		EFP10		EF	
	Média	E.P.	Média	E.P.	Média	E.P.
CRA						
2 dias PM	0.43 ^B	±0.01	0.45 ^{B;a}	±0.01	0.50 ^{A;a}	±0.01
7 dias PM	0.40	±0.01	0.40 ^b	±0.01	0.44 ^b	±0.01
14 dias PM	0.39	±0.02	0.40 ^b	±0.01	0.41 ^b	±0.01

*E. P. = erro padrão das médias, n = 8 replicações dos tratamentos; PM = *post mortem*. Letras diferentes sobrescritas nas médias da mesma linha ou coluna (^{A, B} linhas; ^{a, b} colunas) indicam diferença significativa pelo teste de Duncan ($p < 0,05$), quanto ao tratamento e aos dias de maturação, respectivamente.

EQ0= desossa quente condicionado a 0°C; EQRR = desossa quente resfriamento ultra-rápido; EFP10=suspensão pélvica por 10 horas e desossa fria; EFP20= suspensão pélvica por 20 horas e desossa fria; EF = suspensão pelo tendão de Aquiles e desossa fria.

5.6.3. Músculo *Psoas major*

Nas Tabelas 14, 15 e 16 estão os resultados dos valores médios da capacidade de retenção de água do músculo *Psoas major*.

A análise de variância mostrou que existe um efeito da maturação na capacidade de retenção de água do músculo *Psoas major* ($p < 0,05$). Os efeitos dos tratamentos e da interação tratamento / maturação não foram significativos ($p > 0,05$).

Tabela 14. - Valores médios e erros padrão da capacidade de retenção de água do músculo *Psoas major*, submetido aos diferentes tratamentos *post mortem*.

Medidas	Tratamentos*									
	EQ0		EQRR		EFP20		EFP10		EF	
	Média	E.P.	Média	E.P.	Média	E.P.	Média	E.P.	Média	E.P.
CRA										
2 dias PM	0.50	±0.02	0.49	±0.02	0.43	±0.02	0.46	±0.02	0.48	±0.02
7 dias PM	0.46	±0.02	0.47	±0.02	0.48	±0.03	0.47	±0.02	0.48	±0.01
14 dias PM	0.44	±0.02	0.46	±0.02	0.44	±0.02	0.43	±0.01	0.46	±0.01

*E. P. = erro padrão das médias, n = 8 replicações dos tratamentos; PM = *post mortem*.

EQ0= desossa quente condicionado a 0°C; EQRR = desossa quente resfriamento ultra-rápido; EFP10=suspensão pélvica por 10 horas e desossa fria; EFP20= suspensão pélvica por 20 horas e desossa fria; EF = suspensão pelo tendão de Aquiles e desossa fria.

Tabela 15. Valores médios e erros padrão da capacidade de retenção de água do músculo *Psoas major*, submetido aos tratamentos de desossa a quente.

Medidas	Tratamentos*			
	EQ0		EQRR	
	Média	E.P.	Média	E.P.
CRA				
0 dias PM	0.49	±0.03	0.46	±0.02
2 dias PM	0.50	±0.02	0.49	±0.02
7 dias PM	0.46	±0.02	0.47	±0.02
14 dias PM	0.44	±0.02	0.46	±0.02

*E. P. = erro padrão das médias, n = 8 replicações dos tratamentos; PM = *post mortem*.

EQ0= desossa quente condicionado a 0°C; EQRR = desossa quente resfriamento ultra-rápido.

Tabela 16 - Valores médios e erros padrão da capacidade de retenção de água do músculo *Psoas major*, submetido aos tratamentos de pendura e desossa fria.

Medidas	Tratamentos*					
	EFP20		EFP10		EF	
	Média	E.P.	Média	E.P.	Média	E.P.
CRA						
2 dias PM	0.43	±0.02	0.46	±0.02	0.48	±0.02
7 dias PM	0.48	±0.03	0.47	±0.02	0.48	±0.01
14 dias PM	0.44	±0.02	0.43	±0.01	0.46	±0.01

*E. P. = erro padrão das médias, n = 8 replicações dos tratamentos; PM = *post mortem*.

EFP10=suspensão pélvica por 10 horas e desossa fria; EFP20= suspensão pélvica por 20 horas e desossa fria; EF = suspensão pelo tendão de Aquiles e desossa fria.

De acordo com os resultados apresentados nas Tabelas 14, 15 e 16, verifica-se que quando se analisa as diferenças de médias pelo teste de Duncan não existe diferença significativa ($p>0,05$) entre os valores médios de CRA.

Fazendo-se a análise de variância somente para a maturação verificou-se que as CRA do 14º dia são menores que as CRA do 2º e 7º dia de maturação ($p<0,05$).

A análise de regressão apresentou uma correlação significativa negativa da CRA do músculo *Psoas major* com o sabor de carne maturada ($r = -0,23$).

5.7 Análise sensorial e força de cisalhamento

Nas Tabelas 17, 18 e 19 encontram-se os valores médios de força de cisalhamento e os atributos sensoriais do músculo *L.dorsi*, *Semitendinosus* e *Psoas major*, respectivamente.

5.7.1. Músculo *Longissimus dorsi*

Efeitos da maturação na força de cisalhamento

A análise de variância (ANOVA) mostrou que a maturação tem efeito na força de cisalhamento ($p<0,05$), evidenciado pelo fato de que no 14º dia de maturação os músculos de todos os tratamentos apresentam menor força de cisalhamento que no 2º dia de maturação.

Observa-se na Tabela 17 que os valores médios da força de cisalhamento do tratamento com resfriamento rápido (EQRR), não diminuem com o tempo de maturação ($p<0,05$). Pode-se verificar também que para os tratamentos EQ0, EFP10 e EF a força de cisalhamento dos músculos sofre uma redução do 2º para o 7º dia de maturação ($p<0,05$), e daí até o 14º dia de maturação, embora haja redução, não apresenta diferença estatística. Já para o tratamento EFP20, o menor valor de força de cisalhamento ocorre somente no 14º dia de maturação ($p<0,05$).

Tabela 17- Valores médios da força de cisalhamento e atributos sensoriais do músculo *L. dorsi* submetido a diferentes tratamentos *post mortem*.

Medidas	Tratamentos*									
	EQ0		EQRR		EFP20		EFP10		EF	
	Média	E.P.	Média	E.P.	Média	E.P.	Média	E.P.	Média	E.P.
Força de cisalhamento (kgf)										
2 dias PM	7.39 ^{A;a}	±0.50	7.10 ^{AB}	±0.42	5.85 ^{B;a}	±0.31	6.49 ^{AB;a}	±0.40	6.93 ^{AB;a}	±0.47
7 dias PM	5.90 ^{A,B;b}	±0.34	6.77 ^A	±0.47	5.72 ^{B,C;a}	±0.38	4.83 ^{C;b}	±0.06	5.36 ^{B,C;b}	±0.36
14 dias PM	5.14 ^{A,B;b}	±0.32	6.13 ^A	±0.32	4.73 ^{B;b}	±0.39	4.66 ^{B;b}	±0.42	4.87 ^{B;b}	±0.52
Maciez¹										
2 dias PM	5.10 ^{B;b}	±0.50	4.66 ^{B;b}	±0.15	6.28 ^{A;b}	±0.33	6.09 ^{A;b}	±0.36	5.44 ^{AB;b}	±0.27
7 dias PM	5.66 ^{AB;b}	±0.40	5.56 ^{B;a}	±0.32	6.41 ^{AB;b}	±0.39	6.69 ^{A;ab}	±0.32	6.08 ^{AB;ab}	±0.32
14 dias PM	6.96 ^{A;a}	±0.32	5.56 ^{B;a}	±0.25	7.34 ^{A;a}	±0.26	7.41 ^{A;a}	±0.25	6.74 ^{A;a}	±0.39
Suculência²										
2 dias PM	6.55	±0.09	6.38	±0.18	6.64	±0.19	6.60	±0.14	6.16	±0.25
7 dias PM	6.41	±0.17	6.40	±0.14	6.50	±0.09	6.44	±0.08	6.30	±0.19
14 dias PM	6.44	±0.13	6.26	±0.16	6.49	±0.15	6.53	±0.11	6.54	±0.21
Sabor de carne maturada³										
2 dias PM	2.64 ^c	±0.23	2.41 ^c	±0.13	2.75 ^c	±0.13	2.65 ^c	±0.22	2.91 ^c	±0.22
7 dias PM	3.78 ^b	±0.17	3.75 ^b	±0.15	4.04 ^b	±0.18	4.01 ^b	±0.16	4.01 ^b	±0.14
14 dias PM	5.05 ^a	±0.18	4.76 ^a	±0.17	5.09 ^a	±0.18	5.16 ^a	±0.14	4.96 ^a	±0.28

*E. P. = erro padrão das médias, n = 8 replicações dos tratamentos; PM = *post mortem*. Letras diferentes sobrescritas nas médias da mesma linha ou coluna (^{A, B, C} linhas; ^{a, b, c} colunas) indicam diferença significativa pelo teste de Duncan (p< 0,05), quanto ao tratamento e aos dias de maturação, respectivamente.

EQ0= desossa quente condicionado a 0°C; EQRR = desossa quente resfriamento ultra-rápido; EFP10=suspensão pélvica por 10 horas e desossa fria; EFP20= suspensão pélvica por 20 horas e desossa fria; EF = suspensão pelo tendão de Aquiles e desossa fria.

1 Maciez. 0 = pouco macio, 5 = macio, 10 = muito macio.

2 Suculência. 0 = pouco suculento, 5 = suculento, 10 = muito suculento.

3 Sabor de carne maturada. 0 = nada maturada, 5 = maturada, 10 = extremamente maturada.

Aspectos relacionados ao pH e maturação na força de cisalhamento.

Watanabe *et al.* (1996) verificaram que o pH final também afeta a velocidade de maturação da carne. Segundo seus estudos, um valor do pH final de 6,4 apresenta um menor efeito de fragmentação miofibrilar, o que indica uma menor taxa de maturação. Valores de pH abaixo ou acima deste valor apresentam um maior efeito na fragmentação.

Analisando os resultados dos valores de pH obtidos para o *Longissimus dorsi* apresentados nas Tabelas 1 e 4, podemos verificar que houve uma diferença significativa na 24^a hora ($p < 0,05$). O valor médio do pH₂₄ no tratamento controle (EF) foi de 5,48, sem diferença com os obtidos nos tratamentos EFP20 e EQRR e menor que os tratamentos EFP10 e EQ0 ($p < 0,05$) os quais apresentaram valores próximos de 5,7.

O tratamento EQRR apresentou uma redução na força de cisalhamento mais lenta que os demais músculos devido à maturação, o que não está condizente com os resultados obtidos por Watanabe *et al.* (1996), porém os músculos *L. dorsi* do tratamento EF, que tiveram o menor pH₂₄, apresentaram uma maturação rápida, visto que a força de cisalhamento no 7º dia foi significativamente menor que no 2º dia ($p < 0,05$), o que confirma os resultados de Watanabe *et al.* (1996).

Aspectos relacionados à taxa de resfriamento e maturação na força de cisalhamento

Aalhus *et al.* (2001) estudaram o resfriamento rápido (a -20 °C e -35 °C) de músculos bovinos *L. dorsi thoracis* não desossados da carcaça e compararam com músculos controle resfriados convencionalmente (a 2 °C por 24 horas). Obtiveram a -35 °C uma condição de resfriamento ultra-rápido nos *L. dorsi thoracis* e a análise dos valores médios das forças de cisalhamento nos cortes resfriados rapidamente indicaram que as diferenças com o controle não foram tão grandes quanto o esperado. A ocorrência desse fato foi atribuída, pelos autores,

ao regime de resfriamento que causava o encurtamento pelo frio das carcaças controle.

Essas diferenças, embora pequenas, eram maiores nos primeiros dias *post mortem* e iam diminuindo com o aumento do tempo de maturação.

Esses resultados não corroboram os obtidos neste trabalho, uma vez que nas primeiras 24 horas após a desossa a frio (2 dias PM), as forças de cisalhamento do tratamento EQRR, embora fossem numericamente maiores que os tratamentos de desossa fria, não foram significativamente diferentes com relação a nenhum dos tratamentos estudados ($p > 0,05$).

A diminuição da força de cisalhamento do tratamento EQRR, durante a maturação, não ocorreu e desta forma as diferenças apareceram somente aos 14 dias de maturação.

Efeitos dos tratamentos na força de cisalhamento

A ANOVA mostrou que os tratamentos têm efeito na força de cisalhamento ($p < 0,05$). Os músculos do tratamento EQRR apresentaram maior força de cisalhamento que os músculos dos tratamentos EF, EFP10 e EFP20.

De acordo com os resultados apresentados na Tabela 17, verifica-se que no 2º dia PM, os músculos do tratamento EQ0 (desossa a quente) apresentaram um valor médio de força de cisalhamento, significativamente maior que o tratamento EFP20 ($p < 0,05$) (desossa fria).

De uma forma geral os músculos dos tratamentos de desossa fria apresentaram, no 2º dia PM, uma menor força de cisalhamento que os desossados a quente.

No 7º dia PM, os músculos que passaram pelos tratamentos com desossa a quente continuaram com forças de cisalhamento maiores, sendo que o tratamento EQRR apresentou o maior valor de força de cisalhamento, diferenciando-se estatisticamente ($p < 0,05$) dos demais tratamentos, com exceção de EQ0.

Os músculos do tratamento EFP10 apresentaram valores médios de força de cisalhamento menores, comparados aos dos tratamentos com desossa a quente ($p < 0,05$), não se diferenciando dos outros tratamentos de desossa fria EFP20 e EF ($p > 0,05$).

No 14º dia, os tratamentos de desossa a quente não se diferenciaram estatisticamente entre si ($p > 0,05$), porém o tratamento EQRR se diferenciou estatisticamente ($p < 0,05$) dos demais tratamentos de desossa fria, apresentando o maior valor médio de força de cisalhamento.

Os tratamentos de desossa fria não apresentaram, entre si, diferenças estatísticas na força de cisalhamento em todos os períodos de maturação.

Efeitos interativos dos tratamentos e maturação na força de cisalhamento

Não ocorrem efeitos de segunda ordem do tratamento x maturação na força de cisalhamento.

Os resultados da análise de regressão da força de cisalhamento demonstram uma correlação significativa da força de cisalhamento com a maciez ($r = -0,71$), com o pH ($r = 0,241$), com a CRA ($r = 0,18$) e com o sabor de carne maturada ($r = -0,61$).

Efeitos da maturação na maciez obtida pela análise sensorial

A análise de variância (ANOVA) mostrou que a maturação tem efeito no atributo maciez ($p < 0,05$), evidenciado pelo fato de que no 14º dia de maturação os músculos *L. dorsi* de todos os tratamentos apresentam maior maciez que no 2º dia de maturação.

Khan & Lentz (1973) verificaram que músculos *L. dorsi* com valores de pH entre 5,8 e 6,2, uma hora após o abate, apresentavam um aumento da maciez mais lento que músculos com valores de pH entre 6,7 e 7,1 sendo que esse aumento era crescente até o 16º dia de maturação.

Os resultados da Tabela 17 confirmam esta tendência observada por Khan & Lentz, uma vez que em todos os tratamentos, com exceção do EQRR, a maciez nos 7 primeiros dias não apresentou aumento significativo ($p>0,05$), apenas do 7º para o 14º dia é que houve um aumento de maciez.

Os músculos *L. dorsi* obtidos do tratamento EQ0 foram avaliados, pelos provadores, como carne macia já no 2º dia de maturação.

Aos 7 dias de maturação, os cortes de todos os tratamentos receberam escores com média acima de **5,0**, valor esse considerado pelos provadores como macio. Após os 14 dias de maturação, quando de fato houve um aumento significativo nos escores de maciez, os cortes dos tratamentos de desossa fria e o EQ0 obtiveram uma média de escores ao redor de **7,0**.

Efeito dos tratamentos na maciez

A ANOVA mostrou que os tratamentos têm efeito no atributo maciez ($p<0,05$). Os músculos do tratamento EQRR apresentaram menor maciez que os músculos dos tratamentos EF, EFP10 e EFP20.

Janz *et al.* (2001) não detectaram diferenças na maciez no músculo *L. dorsi* de búfalo resfriado ultra - rapidamente, somente na força de cisalhamento.

Sørheim *et al.* (2000) e (2001) estudaram a influência do regime de resfriamento na maciez do músculo *L. dorsi* utilizando a pendura pélvica e a pendura conhecida como *Tendercut*® em carcaças bovinas não estimuladas eletricamente. Os autores verificaram que os efeitos da pendura pélvica na força máxima de cisalhamento e nos escores de maciez ou dureza subjetiva da carne eram significantes somente quando as carcaças eram resfriadas rapidamente (atingiam 5 °C em 10 horas *post mortem*).

Verifica-se na Tabela 17 que no 2º dia PM, os tratamentos de pendura pélvica foram considerados mais macios que os tratamentos de desossa a quente ($p<0,05$), porém não foram diferentes do tratamento controle EF que não se diferenciou estatisticamente de nenhum tratamento. No 7º dia PM, o tratamento EFP10 proporcionou uma carne mais macia que o tratamento EQRR, porém não

se diferenciando das demais ($p>0,05$) e no 14º dia de maturação, a carne do tratamento EQRR foi considerada a menos macia ($p<0,05$) e as demais não apresentaram nenhuma diferença ($p>0,05$).

Efeitos interativos dos tratamentos e maturação na maciez

Não ocorreram efeitos de segunda ordem do tratamento x maturação na maciez.

A análise de regressão múltipla da **maciez** mostrou correlação significativa com as seguintes variáveis; força de cisalhamento ($r = -0,71$), pH ($r = -0,21$), suculência ($r = 0,372$) e sabor de carne maturada ($r = 0,633$).

Aspectos relacionados a indicadores de maciez pela medida da força de cisalhamento

Shackelford *et al.* (1997) realizaram um trabalho de classificação de maciez de carne bovina utilizando a medição da força de cisalhamento do *Longissimus dorsi* no primeiro ou segundo dia *post mortem*, como um indicador da maciez da carne após a maturação. Os autores utilizaram os resultados da análise de regressão dos valores de força de cisalhamento com os atributos obtidos em uma análise sensorial com provadores treinados, e chegaram a conclusão que um valor de 6 kgf era equivalente em média a um atributo de “levemente macio”. Consideraram então que uma amostra de carne seria considerada macia se o valor da força de cisalhamento, no primeiro ou segundo dia *post mortem*, fosse menor que 6,0 kgf. Entre 6,0 e 9,0 kgf seriam consideradas intermediárias e acima de 9,0 kgf seriam consideradas duras.

Se considerarmos os resultados da Tabela 17 e aplicarmos o mesmo indicador do trabalho de Shackelford *et al.* (1997) para a maciez, apenas a carne do tratamento EFP20 seria considerada macia.

Utilizando-se esta mesma forma de análise, com a regressão dos resultados obtidos neste trabalho, tem-se que os valores da força de

cisalhamento são bem diferentes dos resultados obtidos por Shackelford *et al.* (1997). A regressão obtida, embora seja significativa, possui um valor de $r = -0,47$ e o valor de 9 kgf de força de cisalhamento, no 2º dia PM, correspondendo em média a um atributo 6 na análise sensorial da maciez no 14º dia PM.

A análise de regressão para os atributos de força de cisalhamento e maciez deste trabalho é bastante significativa com $r = -0,71$ e pode ser vista na Figura 24. Pode-se observar que o valor de 6 kgf corresponde a um valor de 6,0 na escala utilizada na avaliação sensorial do músculo *L. dorsi* o que corresponde a uma carne macia.

Verifica-se pela análise de regressão que os métodos de análise da força de cisalhamento e maciez, apresentam resultados similares, de tal forma que se pode caracterizar o músculo *Longissimus dorsi* utilizando-se uma ou outra forma de análise.

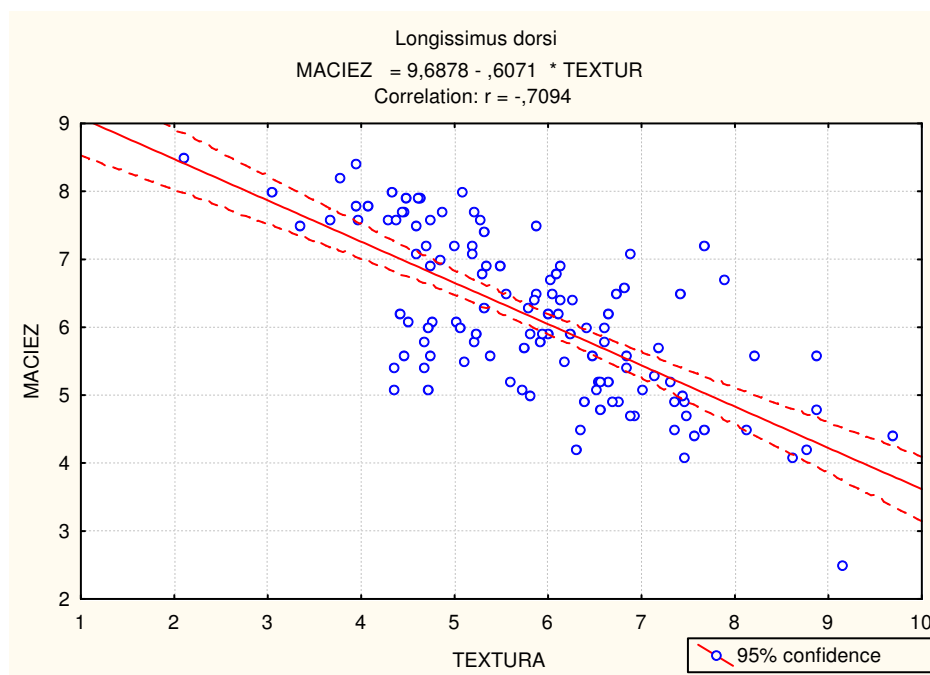


Figura 24 - Correlação entre maciez e textura (força de cisalhamento) para o músculo *Longissimus dorsi* submetido aos vários tratamentos e maturação.

Suculência

A maturação e os tratamentos não têm efeitos na suculência ($p>0,05$).

Pode-se verificar na Tabela 17 que não houve diferença estatística ($p>0,05$) entre os tratamentos e nem entre os dias de maturação. As médias dos atributos da suculência dos músculos *L. dorsi* situaram-se ao redor de 6,5 na escala de avaliação de suculência, mostrando que nenhum dos tratamentos afetou negativamente este atributo.

Joseph & Connolly (1977) relataram resultados diferentes, uma vez que o tratamento com a pendura pélvica causava uma ligeira perda de suculência no *L. dorsi* e no *Gluteus medius* e um aumento na suculência no *Semitendinosus*. Observaram também que a maturação, com resfriamento em câmara fria a 1 °C, provocava uma perda de suculência no *L. dorsi*, *Gluteus medius*, *Psoas major* e no *Semitendinosus*, mas o *Semitendinosus* resfriado de uma forma mais lenta era mais suculento.

Os resultados da análise de regressão do atributo suculência demonstram que existe uma correlação positiva significativa com a maciez ($r= 0,37$) e com a CRA ($r= 0,19$).

Sabor de carne maturada

Efeitos da maturação no sabor de carne maturada

A análise de variância indica que a maturação tem efeito no sabor de carne maturada ($p<0,05$).

Os resultados da avaliação sensorial do sabor de carne maturada da Tabela 17 demonstram claramente que ocorreu um aumento dos escores do sabor de carne maturada com o passar do tempo de maturação. Após 14 dias, as carnes obtidas em todos os tratamentos apresentavam escores ao redor de 5, considerado na escala utilizada, como o início do sabor de carne maturada.

Os tratamentos não apresentaram efeitos no sabor de carne maturada ($p>0,05$).

Os resultados da análise de regressão do atributo sabor de carne maturada demonstram que existe uma correlação significativa com a força de cisalhamento ($r= -0,61$), com a perda de peso por exsudação ($r= 0,31$) e com a maciez ($r= 0,63$).

Com relação à força de cisalhamento fica evidente que a mesma não exerce nenhum efeito direto, a correlação representa apenas um efeito colateral da maturação.

5.7.2. Músculo *Semitendinosus*

Efeitos da maturação na força de cisalhamento

A análise de variância (ANOVA) mostrou que existe um efeito da maturação na força de cisalhamento ($p<0,05$).

Pode-se observar nos resultados da Tabela 18 que nos músculos do tratamento EFP20, a maturação promove uma diminuição no valor da força de cisalhamento somente no 14º dia, comparada a força do 2º dia ($p<0,05$). Esses resultados se diferenciam daqueles encontrados por Cia & Norman (1977) e Joseph & Connolly (1977) que encontraram diferença significativa na força de cisalhamento já no 7º dia de maturação.

Já as carnes obtidas com o tratamento EFP10, apresentaram um comportamento bastante indefinido, pois embora a força de cisalhamento tenha tido uma diminuição significativa ($p<0,05$) entre o 7º e o 14º dia de maturação, não houve diferença significativa entre o 2º e o 14º dia ($p>0,05$).

Nota-se também que, devido a grande variabilidade dos resultados (desvio padrão) do tratamento com pendura pelo tendão de Aquiles (EF), a redução dos valores médios da força de cisalhamento da carne não é significativa ($p>0,05$).

Tabela 18. Valores médios de força de cisalhamento e atributos sensoriais do músculo *Semitendinosus* submetido a diferentes tratamentos *post mortem*.

Medidas	Tratamentos*					
	EFP20		EFP10		EF	
	Média	E.P.	Média	E.P.	Média	E.P.
Força de cisalhamento (kgf)						
2 dias PM	10.51 ^a	±0.30	9.47 ^{ab}	±0.36	9.87	±0.59
7 dias PM	9.77 ^{ab}	±0.29	9.97 ^a	±0.31	9.56	±0.66
14 dias PM	9.48 ^b	±0.23	8.79 ^b	±0.36	8.31	±0.49
Maciez¹						
2 dias PM	5.01 ^b	±0.15	5.39	±0.15	5.31	±0.19
7 dias PM	5.43 ^{ab}	±0.17	5.30	±0.23	5.31	±0.42
14 dias PM	5.76 ^a	±0.14	5.74	±0.12	5.96	±0.18
Suculência²						
2 dias PM	3.89	±0.14	4.04	±0.14	4.01	±0.14
7 dias PM	3.85	±0.15	3.79	±0.21	3.91	±0.24
14 dias PM	4.11	±0.11	4.08	±0.05	4.33	±0.25
Sabor de carne maturada³						
2 dias PM	2.43 ^c	±0.12	2.50 ^c	±0.07	2.48 ^c	±0.11
7 dias PM	3.69 ^b	±0.13	3.69 ^b	±0.14	3.71 ^b	±0.14
14 dias PM	4.65 ^a	±0.13	4.43 ^a	±0.15	4.66 ^a	±0.12

*E. P. = erro padrão das médias, n = 8 replicações dos tratamentos; PM = *post mortem*. Letras diferentes sobrescritas nas médias da mesma coluna (^{a, b, c} colunas) indicam diferença significativa pelo teste de Duncan (p < 0,05), quanto aos dias de maturação.

EQ0= desossa quente condicionado a 0°C; EQRR = desossa quente resfriamento ultra-rápido; EFP10=suspensão pélvica por 10 horas e desossa fria; EFP20= suspensão pélvica por 20 horas e desossa fria; EF = suspensão pelo tendão de Aquiles e desossa fria.

1 Maciez. 0 = pouco macio, 5 = macio, 10 = muito macio.

2 Suculência. 0 = pouco suculento, 5 = suculento, 10 = muito suculento.

3 Sabor de carne maturada. 0 = nada maturada, 5 = maturada, 10 = extremamente maturada.

Efeitos dos tratamentos na força de cisalhamento

A análise de variância indica que os tratamentos não apresentam efeitos na força de cisalhamento (p>0,05). Analisando-se os resultados apresentados na Tabela 18, verifica-se que não há diferença na força de cisalhamento entre os diferentes tratamentos (p>0,05), aplicados ao músculo *Semitendinosus*. Esse mesmo comportamento do músculo *Semitendinosus* foi observado nos resultados de Hostetler *et al.* (1975) e Cia & Norman (1977).

A análise de regressão para a força de cisalhamento revela que existe uma correlação significativa com o sabor de carne maturada ($r = -0,44$).

Efeitos da maturação na maciez

A análise de variância (ANOVA) mostrou que a maturação tem efeito significativo no atributo maciez ($p < 0,05$).

A análise subjetiva da **maciez**, cujos resultados estão na Tabela 18, mostrou que a maturação não exerce influência na maciez das carnes obtidas nos tratamentos EFP10 e EF ($p > 0,05$). Esses resultados estão de acordo com os resultados obtidos por Cia & Norman (1977) para o músculo *Semitendinosus*.

O efeito da maturação na maciez da carne do tratamento EFP20 apresentou o mesmo comportamento obtido com os resultados da análise da força de cisalhamento, ou seja, a maturação promove um aumento na maciez da carne somente no 14º dia ($p < 0,05$).

Podemos observar que, apesar dos valores da força de cisalhamento terem indicado ser esta uma carne não macia, pelos escores de maciez o músculo *Semitendinosus* foi considerado como uma carne macia, no mesmo nível alcançado pelo tratamento EQRR do *L. dorsi*.

Segundo Bouton & Harris (1972), a maciez da carne armazenada resfriada depende basicamente de dois fatores relacionados com a estrutura muscular. A fibra muscular propriamente dita e o tecido conjuntivo da própria fibra. Os dois se comportam de forma diferente em um processo de estiramento / encolhimento do músculo e durante a maturação. O efeito do tecido conjuntivo na maciez passa a ser maior com a maturação devido à desestruturação da fibra muscular. Desta maneira, músculos com alto percentual de tecido conjuntivo não terão uma melhora na maciez com a maturação.

Por outro lado, segundo Bouton & Harris (1972), o estiramento muscular provoca a redução da força de adesão entre as fibras o que contribuiria parcialmente para a melhora na maciez da carne obtida de músculos estirados

pela suspensão pélvica. Entretanto, os resultados obtidos neste trabalho não confirmaram esta tendência.

Efeitos dos tratamentos na maciez

A análise de variância indica que os tratamentos não apresentam efeitos na maciez e também nem efeitos interativos do tratamento e maturação ($p>0,05$).

A análise de regressão para a maciez do músculo *Semitendinosus* revela que existe uma correlação significativa com a suculência ($r= 0,41$) e com o sabor de carne maturada ($r= 0,57$).

É importante observar que não há correlação significativa da maciez com a força de cisalhamento.

Suculência

A análise de variância mostrou que os tratamentos e a maturação não têm efeitos na suculência ($p>0,05$).

Verifica-se na Tabela 18 que o atributo suculência, do músculo *Semitendinosus*, não sofre influência da maturação ($p>0,05$), diferente do que foi observado por Joseph & Connolly (1977).

De uma maneira geral, a equipe de provadores atribuiu, para a suculência, escores menores do que 5, considerando a carne do músculo *Semitendinosus* não suculenta.

A análise de regressão para a suculência revela que existe uma correlação positiva significativa com a maciez ($r= 0,41$). A sensação de maciez aumenta com uma maior suculência. Sob este ponto de vista, os resultados foram semelhantes aos obtidos por Joseph & Connolly (1977).

Sabor de carne maturada

A análise de variância mostrou que os tratamentos não têm efeito no sabor de carne maturada, no entanto a maturação tem. O sabor de carne maturada aumentou significativamente com a maturação ($p < 0,05$). Por outro lado o desenvolvimento do sabor de carne maturada no músculo *Semitendinosus* independe do tratamento utilizado ($p > 0,05$).

Os resultados da análise de regressão do atributo sabor de carne maturada demonstram que existe uma correlação significativa com a maciez e com a força de cisalhamento, já vistas anteriormente, e também com a perda de peso por exsudação ($r = 0.664$).

5.7.3. Músculo *Psoas major*

Efeitos da maturação e dos tratamentos na força de cisalhamento

A análise de variância mostrou que nem a maturação nem os tratamentos apresentam efeitos na força de cisalhamento ($p > 0,05$).

Analizando-se os resultados da Tabela 19, verifica-se que a força de cisalhamento não diminui com a maturação independentemente do tratamento utilizado ($p > 0,05$).

A força de cisalhamento não apresenta correlação significativa com nenhuma variável.

Efeitos da maturação na maciez

A análise de variância mostrou que a maturação apresenta efeito no atributo maciez.

Conforme os resultados da Tabela 19, somente os tratamentos EQ0 e EF resultaram em carne mais macia após o 7º dia de maturação ($p < 0,05$). Para os

outros tratamentos a maturação não teve nenhum efeito significativo sobre a maciez mesmo após 14 dias de maturação ($p>0,05$).

De um modo geral, todos os tratamentos resultaram em carnes bem macias, com altos escores de maciez e baixos valores de força de cisalhamento.

Tabela 19 - Valores médios da força de cisalhamento e atributos sensoriais do músculo *Psoas major* submetido a diferentes tratamentos *post mortem*.

Medidas Dias PM	Tratamentos									
	EQ0		EQRR		EFP20		EFP10		EF	
	Média	E.P.	Média	E.P.	Média	E.P.	Média	E.P.	Média	E.P.
Força de cisalhamento (kgf)										
2	4.34	±0.35	4.56	±0.24	4.42	±0.21	4.65	±0.29	4.32	±0.17
7	4.20	±0.22	4.20	±0.13	4.64	±0.30	4.32	±0.21	4.28	±0.26
14	3.70	±0.15	4.17	±0.22	4.04	±0.25	4.54	±0.27	4.37	±0.18
Maciez¹										
2	7.73 ^{AB;b}	±0.22	7.69 ^B	±0.33	7.90 ^{AB}	±0.16	7.80 ^{AB}	±0.25	8.43 ^{A;b}	±0.10
7	7.93 ^{ab}	±0.23	7.75	±0.30	7.88	±0.21	7.91	±0.23	8.31 ^b	±0.13
14	8.29 ^{AB;a}	±0.25	8.08 ^B	±0.28	8.25 ^{AB}	±0.12	8.23 ^{AB}	±0.24	8.84 ^{A;a}	±0.06
Suculência²										
2	7.13	±0.08	7.11	±0.14	7.29	±0.20	7.26 ^A	±0.15	7.21	±0.17
7	6.93	±0.11	6.96	±0.06	6.83	±0.10	6.86 ^A	±0.11	6.86	±0.18
14	7.00	±0.08	6.75	±0.17	6.79	±0.18	6.88 ^B	±0.14	7.05	±0.11
Sabor de carne maturada³										
2	2.73 ^c	±0.16	2.48 ^c	±0.05	2.71 ^c	±0.16	2.86 ^c	±0.14	2.79 ^c	±0.11
7	4.13 ^b	±0.16	4.30 ^b	±0.17	4.33 ^b	±0.10	4.38 ^b	±0.17	4.45 ^b	±0.17
14	5.38 ^{A;a}	±0.12	4.86 ^{B;a}	±0.11	5.13 ^{AB;a}	±0.16	5.34 ^{A;a}	±0.15	5.35 ^{A;a}	±0.13

*E. P. = erro padrão das médias, n = 8 replicações dos tratamentos; PM = *post mortem*. Letras diferentes sobrescritas nas médias da mesma linha ou coluna (^{A, B} linhas; ^{a,b,c} colunas) indicam diferença significativa pelo teste de Duncan ($p < 0,05$), quanto ao tratamento e aos dias de maturação, respectivamente.

EQ0= desossa quente condicionado a 0°C; EQRR = desossa quente resfriamento ultra-rápido; EFP10=suspensão pélvica por 10 horas e desossa fria; EFP20= suspensão pélvica por 20 horas e desossa fria; EF = suspensão pelo tendão de Aquiles e desossa fria.

1 Maciez. 0 = pouco macio, 5 = macio, 10 = muito macio.

2 Suculência. 0 = pouco suculento, 5 = suculento, 10 = muito suculento.

3 Sabor de carne maturada. 0 = nada maturada, 5 = maturada, 10 = extremamente maturada.

Efeitos dos tratamentos na maciez

A análise de variância mostrou que os tratamentos têm efeito no atributo maciez ($p < 0,05$), devido ao fato que o tratamento EF produziu músculos com melhor maciez que os músculos do tratamento EQRR.

Pode-se verificar na Tabela 19 que a carne da desossa a quente com resfriamento rápido (EQRR) é mais dura no 14º dia de maturação que aquela obtida com o tratamento EF ($p < 0,05$).

Os tratamentos de desossa fria não tiveram diferenças significativas entre si e nem com o tratamento de desossa quente EQ0 ($p > 0,05$). Os tratamentos com pendura pélvica não apresentaram diferenças em relação aos tratamentos com desossa quente ($p > 0,05$).

A análise de regressão revelou que a maciez tem correlações significativas com a suculência ($r = 0,326$) e com o sabor de carne maturada ($r = 0,353$).

A correlação linear da força de cisalhamento com a maciez do músculo *Psoas major* não tem significância estatística ($r = -0,0033$), indicando que a percepção da maciez pela análise sensorial é muito diferente daquela obtida pela força de cisalhamento obtida pelo método de Warner-Bratzler.

Não ocorre o efeito de segunda ordem ou da interação tratamento x maciez.

Suculência

A análise de variância mostrou que a maturação apresenta efeito significativo na suculência ($p < 0,05$), porém os tratamentos e a interação de 2ª ordem não.

Os resultados da análise sensorial de suculência na Tabela 19 mostram que no caso da maturação, apenas o tratamento EFP20 apresentou uma diminuição da suculência entre o 7º e o 14º dia de maturação ($p < 0,05$), o que confirma os resultados obtidos por Joseph & Connolly, (1977).

De uma forma geral, todos os tratamentos resultaram em cortes do músculo *Psoas major* bem suculentos, com escores ao redor de 7.

A análise de regressão revelou que existe uma correlação significativa da suculência com a perda de peso por exsudação ($r = -0,22$), com o sabor de carne maturada ($r = -0,23$) e com a maciez ($r = 0,326$).

Sabor de carne maturada

A análise de variância mostrou que a maturação tem efeito no sabor de carne maturada, uma vez que houve aumento nos escores de sabor de carne maturada no 7º e no 14º dia PM em todos os tratamentos ($p < 0,05$).

A análise de variância mostrou que os tratamentos apresentam efeito significativo no sabor de carne maturada.

Analizando-se os resultados de sabor de carne maturada na Tabela 19, nota-se pela comparação de médias, que o tratamento EQRR se diferenciou significativamente em relação aos tratamentos EQ0, EFP10 e EF ($p < 0,05$) resultando em carnes com menor sabor de carne maturada no 14º dia de maturação.

A interação de 2ª ordem não apresentou efeito significativo no sabor de carne maturada.

A análise de regressão indica que o sabor de carne maturada do músculo *Psoas major* possui correlações significativas com o pH ($r = -0,19$), com a perda de peso por exsudação ($r = 0,346$), com a maciez ($r = 0,353$), suculência ($r = -0,23$) e com a CRA ($r = -0,23$).

5.8 Comprimento do sarcômero (CS)

Nos tratamentos com desossa quente e resfriamento ultra-rápido (EQRR) não foi utilizado o método de resfriamento por imersão devido ao fato que esse método provoca um encurtamento do músculo pelo frio, num grau tão intenso que pode ser percebido visualmente.

Segundo White *et al.* (1996) e (1998), o resfriamento ultra-rápido, realizado com a imersão em líquidos ou soluções, provoca um encurtamento do músculo, maior do que o resfriamento feito com ar. Como consequência desse encurtamento ocorre uma diminuição da maciez e aumento na força de cisalhamento (textura).

Essa diferença de encurtamento é devido ao fato que a transferência de calor é maior em líquidos que no ar e portanto a temperatura interna do músculo é reduzida mais rapidamente. Também contribui para o endurecimento da carne o fato de que o meio líquido impede a formação de uma camada de carne congelada na superfície do músculo que atuaria como uma estrutura rígida impedindo o encolhimento, durante o resfriamento, conforme Van Moeseke *et al.* (2001).

Olsson, Hertzman & Tornberg (1994) realizaram um trabalho com resfriamento de músculos por imersão em água gelada e chegaram à conclusão que, para esse tipo de resfriamento, a estimulação elétrica de baixa voltagem não tem efeito sobre o encurtamento do sarcômero e o endurecimento de carne bovina.

A retirada das amostras para medida do CS foi feita após a desossa, com exceção do tratamento EQRR a qual foi feita logo após o resfriamento ultra-rápido.

Nas Tabelas 20, 21 e 22 encontram-se as médias e os desvios padrão das medidas dos comprimentos dos sarcômeros dos músculos *L. dorsi*, *Semitendinosus* e *Psoas major* nos diferentes tratamentos, na desossa e 14 dias *post mortem*.

5.8.1. Músculo *Longissimus dorsi*

A ANOVA mostrou que existe um efeito significativo da maturação no tratamento EQRR ($p < 0,05$) de forma que o comprimento do sarcômero diminuiu durante o período da maturação. O efeito de segunda ordem (tratamento x maturação) não foi significativo.

Tabela 20 - Valores médios e erro padrão do comprimento do sarcômero (CS) em μm no momento da desossa e 14 dias *post mortem* do músculo *L. dorsi* de diferentes tratamentos.

Medidas	Tratamentos*									
	EQ0		EQRR		EFP20		EFP10		EF	
	Média	E.P.	Média	E.P.	Média	E.P.	Média	E.P.	Média	E.P.
Desossa	2,044 ^{B,a}	0,048	**1,712 ^{C,a}	0,200	2,090 ^{B,a}	0,038	2,394 ^{A,a}	0,058	2,092 ^{B,a}	0,090
14 dias	1,898 ^{B,a}	0,022	1,234 ^{C,b}	0,038	2,078 ^{BA,a}	0,080	2,294 ^{A,a}	0,092	1,986 ^{B,a}	0,056

*E. P. = erro padrão das médias, n = 4 replicações dos tratamentos; PM = *post mortem*.

** Após o resfriamento rápido.

Letras diferentes sobrescritas nas médias da mesma linha ou coluna (^{A,,B}linhas; ^{a,b}colunas) indicam diferença significativa pelo teste de Duncan ($p < 0,05$), quanto ao tratamento e aos dias de maturação, respectivamente.

EQ0= desossa quente condicionado a 0°C; EQRR = desossa quente resfriamento ultra-rápido; EFP10=suspensão pélvica por 10 horas e desossa fria; EFP20= suspensão pélvica por 20 horas e desossa fria; EF = suspensão pelo tendão de Aquiles e desossa fria.

Efeito dos tratamentos

A análise de variância mostrou que o efeito dos tratamentos no comprimento do sarcômero é significativo ($p < 0,05$) principalmente devido ao tratamento EQRR.

Tratamentos com desossa fria

Verifica-se que no dia da desossa, o tratamento com pendura pélvica EFP10 resultou em um comprimento de sarcômero significativamente maior

($p < 0.05$) que todos os outros tratamentos. No 14º dia, o tratamento EFP10 apresentou comprimento de sarcômero significativamente maior ($p < 0,05$) que os obtidos nos tratamentos de desossa a quente (EQRR e EQ0) e também que os obtidos no tratamento EF, porém não se diferenciou dos obtidos no tratamento EFP20 ($p > 0,05$).

Jeremiah *et al.* (1984b) estudaram a pendura pélvica em carcaças bovinas não estimuladas eletricamente e também detectaram maiores comprimentos dos sarcômeros dos músculos *L. dorsi* estirados pela pendura pélvica.

As condições experimentais do presente trabalho foram diferentes das utilizadas por Norman & Cia (1980), que utilizaram a pendura pélvica em animais com mais de 24 meses (4 a 5 anos) e sem estimulação elétrica, porém os resultados foram semelhantes, de maneira que os comprimentos dos sarcômeros foram maiores para os músculos provenientes de carcaças penduradas pela pelve.

Tratamentos com desossa quente

O tratamento EQRR resultou em um comprimento de sarcômero menor que os obtidos com os outros tratamentos ($p < 0,05$), tanto no dia da desossa, como após os 14 dias de maturação.

Pode-se ver na Tabela 20 que, devido ao resfriamento ultra-rápido, ocorre um encurtamento do sarcômero do músculo *L. dorsi*, quando comparado com a medida do sarcômero do outro tratamento de desossa quente (EQ0) ($p < 0,05$). Essa diferença entre os tratamentos com desossa quente, no dia da desossa, foi devido ao momento de coleta da amostra para a medição do sarcômero, que no caso do músculo do tratamento EQRR, foi feita após o resfriamento.

Efeitos da maturação

Apenas o tratamento EQRR apresentou uma redução do comprimento do sarcômero entre o dia da desossa e após 14 dias de maturação ($p < 0,05$),

evidenciando um encurtamento causado possivelmente pela alta taxa de resfriamento e/ou pelo fato de o músculo não ter tido qualquer restrição de encolhimento após a retirada do osso na desossa a quente.

Joseph & Connoly (1977) também observaram que na pendura pélvica não ocorre a redução do comprimento do sarcômero durante a maturação.

A análise de regressão múltipla mostrou que o comprimento do sarcômero do músculo *L. dorsi* possui uma correlação significativa com a maciez ($r = 0,33$), (conforme Figura 25), corroborando os resultados de Locker & Hagyard (1963) e Hostetler *et al.* (1972), e também com a perda por exsudação ($r = -0,54$), conforme Figura 26.

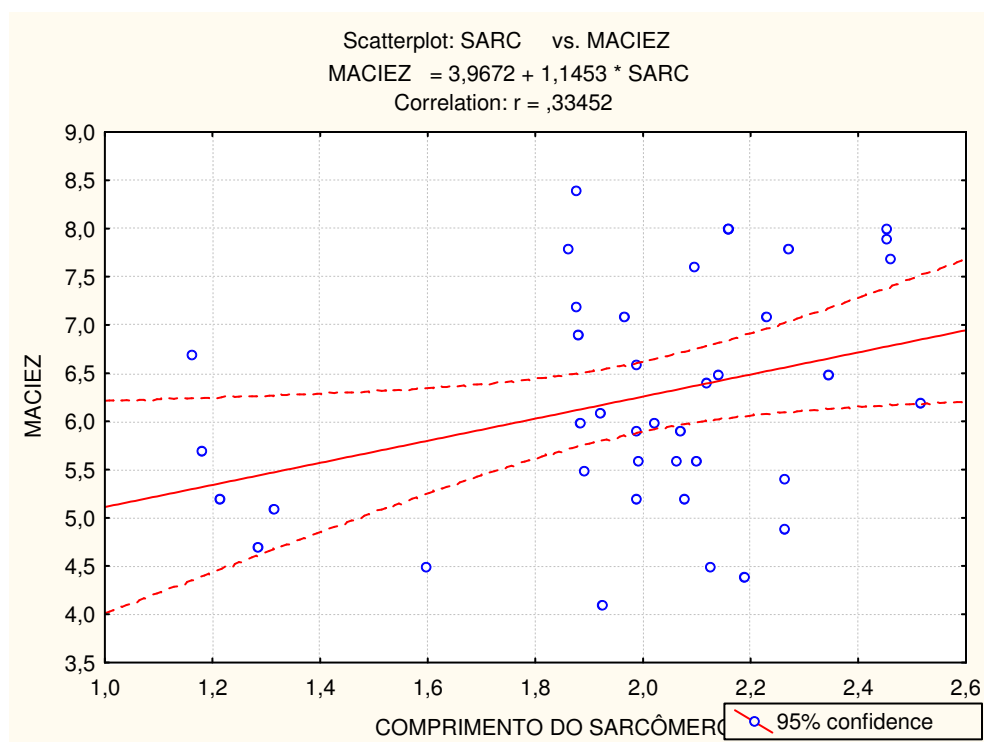


Figura 25 - Correlação entre comprimento do sarcômero e a maciez para o músculo *Longissimus dorsi* submetido aos vários tratamentos e maturação.

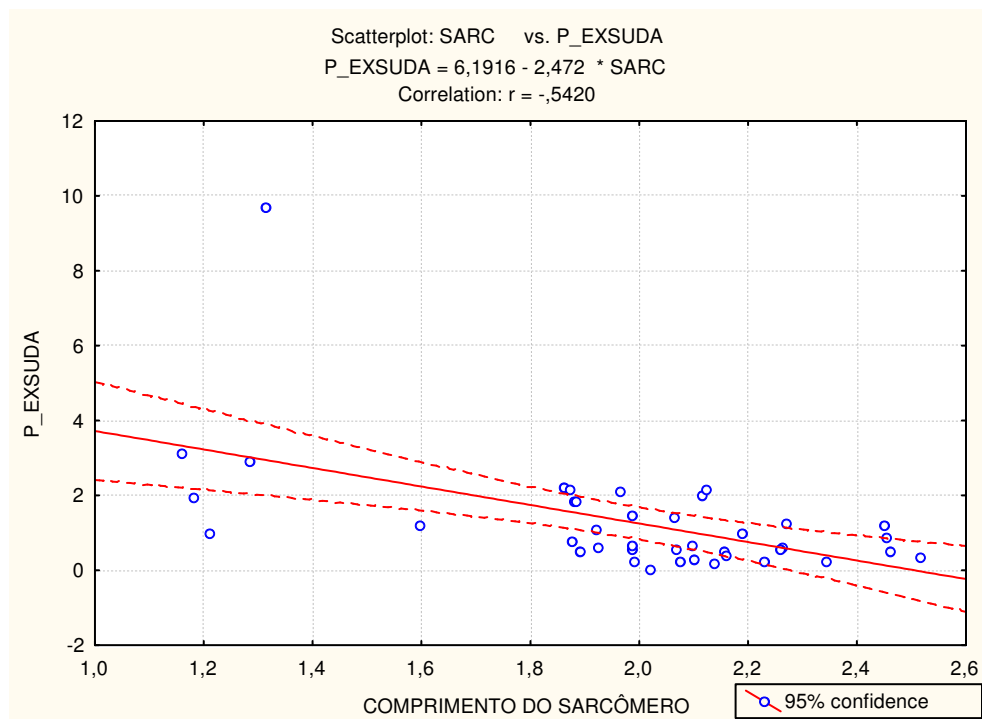


Figura 26 - Correlação entre comprimento do sarcômero e a perda por exsudação para o músculo *Longissimus dorsi* submetido aos vários tratamentos e maturação.

5.8.2. Músculo *Semitendinosus*

A análise de variância mostrou que os efeitos dos tratamentos e da maturação não são significativos ($p > 0,05$). O efeito de segunda ordem (tratamento x maturação) também não foi significativo.

Tabela 21 - Média e erro padrão do comprimento do sarcômero (CS) em μm no momento da desossa e 14 dias *post mortem* do músculo *Semitendinosus* em diferentes tratamentos.

Medidas	Tratamentos*					
	EFP20		EFP10		EF	
	Média	E.P.	Média	E.P.	Média	E.P.
Desossa	2,382	0,020	2,408	0,074	2,388	0,094
14 dias	2,288	0,044	2,570	0,176	2,396	0,082

*E. P. = erro padrão das médias, n = 4 replicações dos tratamentos; PM = *post mortem*. EFP10=suspensão pélvica por 10 horas e desossa fria; EFP20= suspensão pélvica por 20 horas e desossa fria; EF = suspensão pelo tendão de Aquiles e desossa fria.

A análise de regressão múltipla mostrou que o comprimento do sarcômero do músculo *Semitendinosus* possui uma correlação negativa significativa com a perda de peso por cocção ($r = -0,43$), o que pode ser visto na Figura 27. A princípio poderíamos concluir que o aumento na perda de peso por cocção estaria correlacionado a uma redução do comprimento do sarcômero. Removendo-se os pontos muito deslocados da reta percebe-se que a situação é bem diferente e de fato a correlação passa a não existir.

Não foi obtida uma correlação significativa com a maciez, o que está de acordo com o resultado obtido por Hostetler *et al.* (1972) e difere dos resultados obtidos por Locker & Hagyard (1963).

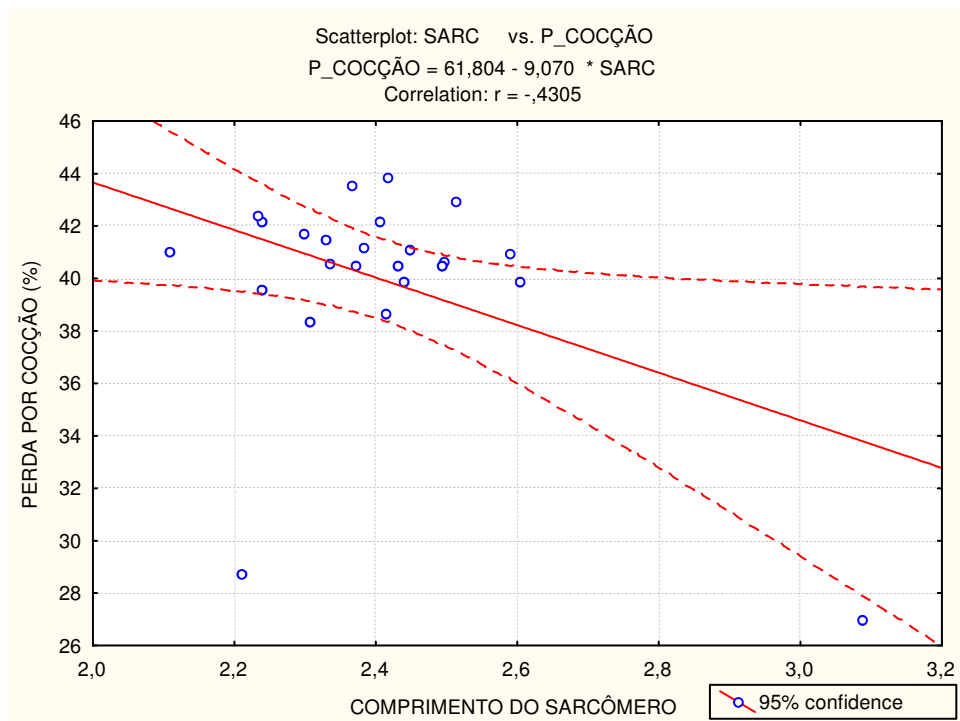


Figura 27 - Correlação entre comprimento do sarcômero e a perda por cocção para o músculo *Semitendinosus* submetido aos vários tratamentos e maturação.

5.8.3. Músculo *Psoas major*

Efeitos dos tratamentos

A análise de variância mostrou que o efeito dos tratamentos é significativo ($p < 0,05$). Analisando-se os resultados da tabela 22, observa-se que os músculos dos tratamentos EFP10 e EQRR apresentaram comprimentos de sarcômeros significativamente menores que os do tratamento EF ($p < 0,05$).

Observando-se os resultados das médias do comprimento do sarcômero do músculo *Psoas major* apresentados na Tabela 22, verifica-se que, logo após a desossa, não existe diferença no tamanho do sarcômero ($p > 0,05$) em todos os tratamentos.

Tabela 22. Média e erro padrão do comprimento do sarcômero (CS) em μm no momento da desossa e 14 dias *post mortem* do músculo *Psoas major* em diferentes tratamentos.

Medidas	Tratamentos*									
	EQ0		EQRR		EFP20		EFP10		EF	
	Média	E.P.	Média	E.P.	Média	E.P.	Média	E.P.	Média	E.P.
Desossa	2,794	0,073	**2,450	0,148	2,680	0,092	2,424	0,220	2,950	0,206
14 dias	2,824 ^{ABC}	0,340	2,524 ^C	0,194	2,938 ^{AC}	0,134	2,248 ^{BC}	0,088	3,122 ^A	0,154

*E. P. = erro padrão das médias, n = 4 replicações dos tratamentos; PM = *post mortem*.

** Após o resfriamento rápido.

Letras diferentes sobrescritas nas médias da mesma linha (^{A, B}) indicam diferença significativa pelo teste de Duncan ($p < 0,05$), quanto ao tratamento.

EQ0= desossa quente condicionado a 0°C; EQRR = desossa quente resfriamento ultra-rápido; EFP10=suspensão pélvica por 10 horas e desossa fria; EFP20= suspensão pélvica por 20 horas e desossa fria; EF = suspensão pelo tendão de Aquiles e desossa fria.

Efeitos da maturação

A ANOVA também mostrou que o efeito da maturação não é significativo ($p > 0,05$) o que implica em dizer que o comprimento do sarcômero do músculo *Psoas major*, não se altera com a maturação, diferente do que ocorreu com o músculo *L. dorsi*.

O efeito interativo de segunda ordem (tratamento x maturação) não foi significativo.

A análise de regressão múltipla mostrou que o comprimento do sarcômero possui uma correlação significativa com a força de cisalhamento ($r = -0,33$) do músculo *Psoas major*, o que pode ser visto na Figura 28. A redução do sarcômero está correlacionada a um aumento na força de cisalhamento. Esses resultados diferem daqueles obtidos com o músculo *L. dorsi* que apresentou correlação com a maciez subjetiva, mas não com a força de cisalhamento.

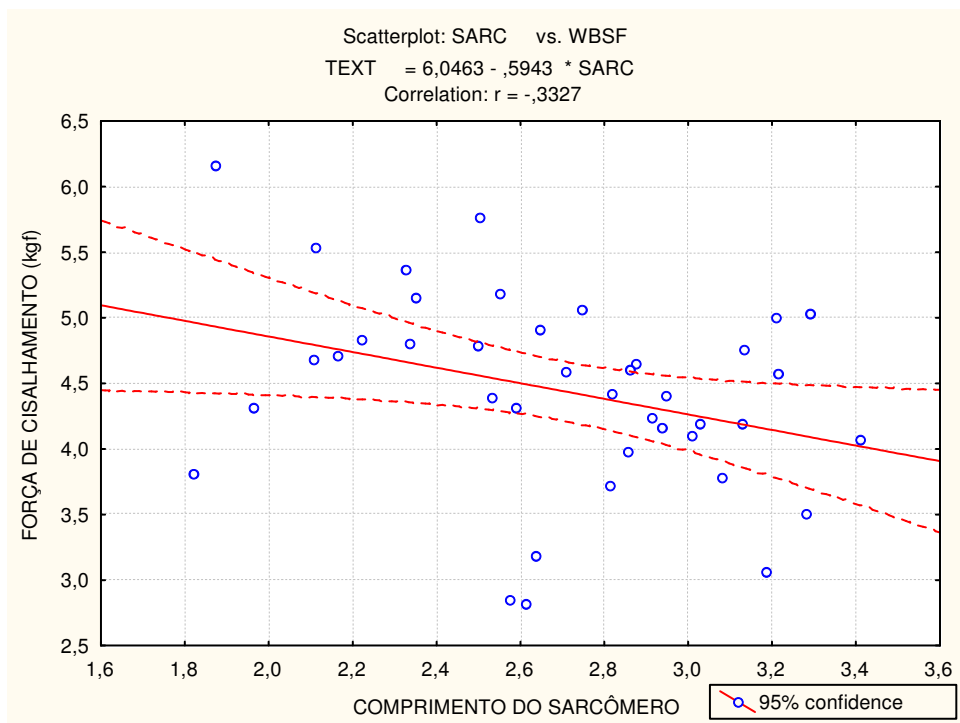


Figura 28 - Correlação entre comprimento do sarcômero e a força de cisalhamento para o músculo *Psoas major* submetido aos vários tratamentos e maturação.

Discussão dos resultados

Velocidade de queda do pH

Nas primeiras 24 horas, tanto a taxa de resfriamento, a pendura da carcaça, o período e a forma em que ocorre a desossa apresentaram diferentes efeitos na taxa de declínio do pH.

Provavelmente a estimulação elétrica pode ter minimizado os efeitos dos tratamentos na queda do pH. No caso, apenas o pH₂₄ do músculo *L. dorsi* do tratamento com pendura pelo tendão de Aquiles apresentou um valor menor que os outros tratamentos. O músculo *Psoas major* dos tratamentos de desossa a quente apresentaram valores de pH menores na primeira hora PM e o tratamento EQRR apresentou o pH 8 e 24 horas PM maior que os outros tratamentos, ou seja, a queda do pH nos tratamentos com desossa quente foi menor que a obtida com os tratamentos de desossa fria. O músculo *Semitendinosus* não sofreu efeitos significativos.

pH e maciez

Marsh *et al.* (1987) indicaram que a taxa de declínio do pH muito lenta ou muito rápida é prejudicial para a maciez da carne, de forma que uma taxa intermediária seria ótima (pH 6,1 após 3 horas do abate).

Wahlgren *et al.* (1997) estudaram o uso de estimulação elétrica em carcaças bovinas e verificaram que taxas muito altas de glicólise podem afetar negativamente a maciez da carne. Em taxas consideradas rápidas, os músculos atingem um pH médio de 5,6 em 1 hora *post mortem*, e em taxas mais lentas, os músculos apresentam pH ao redor de 5,6 em 24 horas após o abate. Com estas taxas os músculos apresentaram maiores forças de cisalhamento e escores mais baixos na avaliação sensorial do que em taxas intermediárias, com pH ao redor de 5,6 em 10 horas *post mortem*. Esses autores e também O'halloran *et al.* (1995)

consideraram que essa taxa de queda de pH intermediária (pH 5,6 em 10 horas) proporciona melhor maciez na carne.

Hwang & Thompson (2001) concluíram que uma glicólise rápida ou um resfriamento lento reduzem significativamente o nível de μ -calpaína na 4ª hora PM, indicando uma atividade proteolítica maior nesse período. Verificaram também que existe uma interação entre a temperatura e o pH_{1,5} com a atividade da calpaína e calpastatina a 24 horas. Carnes com glicólise rápida proporcionam uma menor força de cisalhamento no primeiro dia após o abate, porém como a velocidade de maturação é baixa, faz com que essas carnes resultem, após 14 dias de maturação, em carnes mais duras do que carnes com uma taxa intermediária de queda do pH (pH_{1,5} 5,9 a 6,2). Segundo os autores, a taxa ótima de declínio do pH depende da quantidade de dias de maturação, sendo que para 14 dias de maturação a melhor taxa é a intermediária.

Pode-se verificar nos resultados deste trabalho, que os valores de pH obtidos em todos os tratamentos estão dentro da faixa considerada como intermediária, ou seja, ideal para que as carnes atinjam as melhores condições de maciez em 14 dias de maturação.

Perda por exsudação

A maturação causou um aumento na perda de peso por exsudação nos três músculos estudados.

O tratamento EQRR apresentou para o músculo *L. dorsi* perdas por exsudação da ordem de 4% no 14º dia PM, bem superiores aos obtidos na desossa quente EQ0 e nos tratamentos de desossa fria. O mesmo ocorreu com o músculo *Psoas major* que atingiu 3,46% no 14º dia PM.

Os músculos *Psoas major* submetidos a desossa a quente (EQRR e EQ0), tiveram maiores perdas de peso por exsudação diferenciando-se dos tratamentos de desossa fria, principalmente do tratamento EF, já os músculos *L. dorsi* do tratamento com desossa a quente EQ0 não apresentaram diferença com os tratamentos de desossa fria ($p > 0,05$).

Joseph & Connolly (1977) verificaram que o músculo *Psoas major* apresentava uma maior perda por exsudação com a utilização da pendura pélvica comparada a pendura pelo tendão de Aquiles, fenômeno comprovado também neste trabalho. No entanto os valores absolutos obtidos neste trabalho (ao redor de 3,2%), foram bem maiores que os obtidos por Joseph & Connolly (1977).

O músculo *Semitendinosus*, embora não tenha passado por um resfriamento ultra-rápido, de uma maneira geral apresentou valores de perda por exsudação, bem superiores aos apresentados pelo músculo *L. dorsi*, equiparando-se aos valores obtidos pelo *Longissimus dorsi* no tratamento EQRR.

A perda por exsudação do músculo *Semitendinosus* não sofreu o efeito do tempo de pendura e forma de desossa, mas aumentou com a maturação.

Joseph & Connolly (1977) estudaram a influência da pendura pélvica da carcaça, taxa de resfriamento e maturação em cortes bovinos. Os autores obtiveram resultados de perdas por exsudação entre o 7º e o 14º dia *post mortem* sem diferenças significativas para os músculos *Semitendinosus* e *Psoas major*.

Joseph & Connolly (1977) encontraram para o 7º dia de maturação do músculo *Semitendinosus*, valores absolutos de perda de peso por exsudação de 2,2%, bastante próximos aos deste trabalho. Esses autores também não encontraram efeito da pendura pélvica na perda de peso por exsudação dos músculos *Semitendinosus* e *L. dorsi*.

Perda por cocção

Uma vez que não houve diferença estatística ($p < 0,05$) entre os tratamentos e nem entre os dias de maturação, pode-se concluir que a perda por cocção nos três músculos estudados não depende nem da forma e tempo de pendura e nem do tempo de maturação.

Os resultados de Joseph & Connolly (1977) não apresentaram diferenças significativas entre a perda de peso por cocção do músculo *Semitendinosus* e a perda dos músculos *L. dorsi* e *Psoas major*.

Pode-se observar pelos resultados na Tabela 8, que a perda por cocção do músculo *Semitendinosus* (média geral 39,79%) é bem maior que a obtida para o músculo *L. dorsi* (média geral 28,38%). Este fato está relacionado, além das características do próprio músculo, à forma e à temperatura de cocção uma vez que o músculo *Semitendinosus* foi cozido dentro de um saco plástico imerso em água aquecida a 80 °C, enquanto que o *Longissimus* foi aquecido em grelha elétrica até sua temperatura interna atingir 74 °C.

CRA

A capacidade de retenção de água, analisada por esta metodologia de medida, apresentou resultados que não corroboram os resultados obtidos pela perda de peso por exsudação, uma vez que no caso da perda por exsudação do músculo *L.dorsi*, o tratamento EQRR apresentou uma perda maior, porém os valores de CRA não foram significativamente diferentes.

A capacidade de retenção de água depende, dentre outros fatores, da forma como o rigor se desenvolveu, portanto era de se supor que a carne que sofreu encurtamento pelo frio apresentasse menor capacidade de retenção de água. No entanto, os valores de CRA, para os músculos *L. dorsi* e *Psoas major* dos tratamentos com desossa quente e principalmente o EQRR, que incluiu resfriamento ultra-rápido, não se diferenciaram dos tratamentos EQ0 e os com desossa fria.

A maturação dos músculos estudados provocou a redução da CRA em alguns tratamentos seguindo a tendência observada com a perda por exsudação.

Os músculos *Semitendinosus* dos tratamentos com pendura pélvica apresentaram uma menor capacidade de retenção de água que os músculos do tratamento EF ($p<0,05$).

Análise sensorial e força cisalhamento

Força de cisalhamento

A maturação reduziu a força de cisalhamento nos músculos *L.dorsi* e *Semitendinosus*, porém isto não foi verificado para o músculo *Psoas major*.

A força de cisalhamento do músculo *Semitendinosus* não apresenta uma correlação significativa com a maciez. Este fato talvez possa ser explicado em função da estrutura muscular do músculo *Semitendinosus*, composta por um maior teor de colágeno, e daí a dificuldade de obter uma resposta similar entre as observações sensoriais dos provadores, os quais percebem modificações na maciez que não são percebidas pela medida instrumental em função do teor de tecido conjuntivo (HOSTETLER *et al.*, 1973).

Os valores médios da força de cisalhamento do tratamento com resfriamento rápido (EQRR) do músculo *L. dorsi*, não diminuíram com o tempo de maturação e apresentaram valores maiores que os outros tratamentos.

De uma forma geral os músculos *L. dorsi* dos tratamentos de desossa fria apresentaram uma menor força de cisalhamento que os desossados a quente.

Os músculos *L. dorsi* dos tratamentos de desossa fria não se diferenciaram entre si ($p<0,05$).

A força de cisalhamento dos músculos *Semitendinosus* e *L. dorsi* não depende do tempo de pendura pélvica e nem da forma de pendura, uma vez que não apresentaram diferenças significativas entre os tratamentos empregados neste estudo.

No caso do músculo *Psoas major*, os tratamentos com desossa quente não apresentaram diferenças entre si e nem com os tratamentos de desossa fria.

Maciez

Os resultados encontrados na literatura com relação aos valores de maciez da carne obtida com tratamento de pendura pélvica (JOSEPH & CONNOLY, (1977), CIA & NORMAN, (1977)) indicam que esse tratamento prejudica a maciez do *Psoas major*.

Por outro lado, os resultados obtidos por Jeremiah *et al.* (1984a) indicam que músculos *Psoas major*, de carcaças suspensas pela pelve, não apresentam nenhuma diferença significativa nas forças de cisalhamento e maciez subjetiva até 144 horas (6 dias) *post mortem*.

Neste trabalho, a maciez do músculo *Psoas major* não apresentou diferenças significativas entre os tratamentos no 2º e 7º dia de maturação, somente no 14º dia de maturação o músculo do tratamento com pendura pelo tendão de Aquiles se tornou mais macio que os músculos tratados com o resfriamento ultra-rápido, porém sem diferenças significativas com relação aos outros tratamentos ($p>0,05$).

Com relação à maturação, os resultados deste trabalho mostraram uma melhora significativa na maciez do músculo *Psoas major* apenas nos tratamentos EQ0 e EF.

Outro resultado a ser ressaltado é o fato que a maciez dos músculos *Psoas major* e *Semitendinosus* não apresentou uma correlação significativa com a força de cisalhamento, como ocorreu com o músculo *Longissimus dorsi*.

Os tratamentos com pendura pélvica não apresentaram uma melhora na maciez do músculo *Semitendinosus* em relação à pendura pelo tendão de Aquiles.

A maturação do músculo *Semitendinosus* melhorou significativamente somente a maciez dos cortes tratados com pendura pélvica por 20 horas, não se mostrando significativa nos outros tratamentos.

Para o músculo *L. dorsi* a maturação proporcionou uma maior maciez em todos os tratamentos. No segundo dia de maturação os cortes de pendura pélvica foram mais macios que os de desossa quente ($p<0,05$), porém aos 14 dias de

maturação os valores dos escores de maciez dos músculos *L. dorsi*, de todos os tratamentos, não apresentaram diferença ($p>0,05$), à exceção do EQRR. Os valores recebidos por esse atributo ficaram próximos ou iguais a 7, tendendo para a classificação de carne muito macia.

Os tratamentos de desossa fria não apresentaram, para o músculo *L. dorsi*, diferenças significativas na maciez ($p>0,05$), ou seja, a pendura pélvica não foi superior à pendura pelo tendão de Aquiles.

Dreyer *et al.* (1979) (apud Sørheim *et al.*, 2001) verificou que a pendura pélvica não promove o aumento da maciez em carcaças bovinas resfriadas em taxas médias de resfriamento (10 °C nas primeiras 7 horas e 2 °C no restante do período).

Por outro lado, Smulders *et al.* (1990) concluíram que a maciez da carne é altamente dependente do encurtamento muscular em músculos de baixa atividade glicolítica ($pH_3>6,3$), mas é completamente independente do encurtamento em músculos com queda rápida de pH.

Cia & Norman (1977) estudaram a pendura pélvica de carcaças de animais azebuados de 4 a 5 anos, sem estimulação elétrica, resfriadas durante 24 horas em câmara fria à temperatura de 0 a 4 °C o que permitia obter uma temperatura final por volta de 7 °C no ponto mais quente da carcaça. A avaliação sensorial de maciez apresentou diferenças não significativas no *L. dorsi* e no *Semitendinosus*. Esses autores também encontraram diferenças, porém não significativas, na força de cisalhamento para os músculos *Psoas major* e *Semitendinosus*.

Os resultados encontrados por Mooney *et al.* (1999) evidenciaram que tanto a força de cisalhamento quanto a maciez do *L. dorsi* não sofrem o efeito da forma de pendura da carcaça, porém afetam o comprimento do sarcômero.

Jeremiah *et al.* (1984a) realizaram um estudo de pendura pélvica sem estimulação elétrica com animais jovens (12 a 16 meses) provenientes de raças européias. Os seus resultados indicaram que o músculo *L. dorsi* apresentava uma significativa redução na força de cisalhamento e uma melhora na maciez subjetiva após as carcaças terem sido mantidas penduradas por 144 horas (6 dias) *post mortem* em câmara fria (2°C), o que na prática é totalmente inviável. Os outros

atributos (pH 144 horas, cor subjetiva e capacidade de retenção de água) não apresentaram diferenças.

Joseph & Connolly (1977) detectaram diferenças significativas na maciez de carnes obtidas de carcaças não estimuladas penduradas pela pelve e por tendão de Aquiles, mesmo após 14 dias de maturação. Classificaram este comportamento como um efeito aditivo da pendura e maturação.

Neste trabalho todas as carcaças foram estimuladas eletricamente, e talvez isso tenha feito com que o efeito aditivo dos tratamentos com pendura, não apresentasse uma diferença significativa na maciez, mesmo após todo o período de maturação. Os resultados da análise de variância (ANOVA) confirmam que, para o *L. dorsi*, o efeito de segunda ordem, tratamento/maturação, não é significativo ($p>0,05$).

Suculência

A suculência dos músculos *L. dorsi* e *Semitendinosus* não sofreu o efeito dos tratamentos e da maturação. A suculência do músculo *Psoas major*, do tratamento com pendura pélvica por 20 horas, diminuiu devido à maturação.

A suculência do músculo *Psoas major* não depende do tratamento, mas está significativamente correlacionada de forma positiva com a maciez e com a perda por exsudação.

Sabor de carne maturada

O desenvolvimento do sabor de carne maturada nos músculos *L. dorsi* e *Semitendinosus* não depende dos tratamentos utilizados, apenas do período de maturação.

Para o músculo *Psoas major* a maturação desenvolveu o sabor de carne maturada em todos os tratamentos, porém o tratamento com resfriamento ultra-rápido apresentou os menores atributos após 14 dias.

Se considerarmos o escore 5,0 como indicativo do sabor de carne maturada, o músculo *Psoas major* começou a ser percebido como maturado a partir do 14º dia de maturação.

Comprimento do sarcômero

Músculos *L. dorsi* com maiores comprimentos de sarcômeros foram significativamente correlacionados de forma positiva a uma carne mais macia ($r = 0,33$) e a uma menor perda por exsudação ($r = -0,54$).

Já a correlação do CS, dos músculos *L. dorsi*, com a força de cisalhamento não foi significativa ($p > 0,05$), indicando que o grau de alongamento ou encurtamento obtido neste trabalho não pode ser detectado pela força de cisalhamento, somente pela análise sensorial da maciez.

Este resultado está de acordo com os obtidos por Rødbotten & Hildrum (2000) que também observaram que não havia correlação entre o CS e a força de cisalhamento para músculos *L. dorsi* com $pH_1 < 6,5$.

A pendura pélvica proporcionou um comprimento de sarcômero significativamente maior ($p < 0,05$) nos músculos *L. dorsi*, que os obtidos nos outros tratamentos de desossa a quente (EQRR e EQ0) e também no tratamento EF, porém esse aumento não foi suficiente para diminuir a força de cisalhamento e aumentar a maciez.

O tratamento EQ0 não provocou encurtamento do sarcômero, uma vez que não houve diferença significativa ($p > 0,05$) com os comprimentos do sarcômero dos músculos *L. dorsi* dos tratamentos com desossa fria (EFP20 e EF).

Verifica-se pela análise dos resultados que não houve aumento no comprimento do sarcômero do músculo *Semitendinosus*, no entanto houve uma redução significativa na força de cisalhamento durante a maturação dos tratamentos EFP20 e EFP10 e o tratamento EFP20 proporcionou um aumento significativo na maciez do músculo.

Por outro lado, Hostetler *et al.* (1975) estudaram tratamentos de pendura pélvica e pelo tendão de Aquiles em carcaças bovinas não estimuladas e

maturadas 7 dias e observaram diferenças significativas no comprimento do sarcômero do músculo *Semitendinosus*, porém esse aumento não resultou na melhora da maciez. Os autores atribuem essa distorção à presença de grande quantidade de tecido conjuntivo neste músculo.

Cia & Norman (1977) também verificaram que ocorria um aumento no comprimento dos sarcômeros do músculo *Semitendinosus*, não estimulado eletricamente, com o tratamento de pendura pélvica e esse aumento do CS não causava uma melhora significativa na maciez.

Joseph & Connolly (1977) estudaram o músculo *Semitendinosus* de carcaças penduradas pela pelve e sem estimulação elétrica. Os resultados obtidos por esses autores indicam que houve um aumento no comprimento do sarcômero e uma pequena redução da força de cisalhamento, porém não foi detectada nenhuma diferença em relação à maciez.

Comparando com os resultados deste experimento, no qual os músculos sofreram a estimulação elétrica, pode-se considerar que o comprimento do sarcômero do músculo *Semitendinosus* não foi afetado pela forma ou tempo de pendura devido à estimulação elétrica. De qualquer forma o comprimento do sarcômero não se correlaciona com a condição de maciez do músculo *Semitendinosus*.

Esses resultados estão de acordo com as considerações de HOSTETLER *et al.* (1975) que concluíram ser o músculo *Semitendinosus* não apropriado para estudos com a fibra muscular, uma vez que o mesmo não apresenta resultados conclusivos quando sofre aumento do comprimento do sarcômero provocado por métodos experimentais.

Pode-se afirmar, com base nos resultados, que para o músculo *Psoas major* os tratamentos não provocaram o encurtamento do sarcômero logo após a desossa inclusive no tratamento EQRR que não se diferenciou de nenhum tratamento.

Após 14 dias de maturação o tratamento EFP10 apresenta o comprimento do sarcômero do músculo *Psoas major* significativamente menor ($p < 0,05$) que o tratamento EF. Isto está em concordância com os resultados obtidos por outros

autores como Bouton *et al.* (1973), Cia & Norman (1977) e Jeremiah *et al.* (1984b). Por outro lado, o valor do comprimento do sarcômero dos músculos do tratamento EFP20 não apresentou diferença significativa ($p>0,05$) com relação ao comprimento do sarcômero do tratamento EF, o que está em desacordo com os resultados desses autores.

De qualquer maneira o comprimento do sarcômero do músculo *Psoas major* não está correlacionado com a maciez, o que segundo as conclusões de Smulders *et al.* (1990) está relacionado ao fato de ser um músculo de alta atividade glicolítica.

6. CONCLUSÕES

1. O resfriamento rápido dos músculos *L. dorsi* e *Psoas major* tornou as carnes menos macias e mais exsudativas do que as provenientes de carcaças penduradas pela pelve, cortes desossados a quente e resfriados a 0 °C, e os desossados convencionalmente. O resfriamento rápido dos músculos também inibiu o efeito de amaciamento do processo de maturação para o músculo *L. dorsi*, e o desenvolvimento de sabor de carne maturada do músculo *Psoas major*.
2. A pendura das carcaças pela pelve não diminuiu a força de cisalhamento nem aumentou a maciez dos músculos *L.dorsi* e *Semitendinosus* em comparação com a pendura pelo tendão de Aquiles. A pendura pélvica por 20 horas não se diferenciou, com base nos parâmetros de qualidade estudados, da pendura por 10 horas *post mortem*.
3. Os músculos desossados a quente e resfriados a 0 °C, não se diferenciaram dos músculos desossados convencionalmente em relação à força de cisalhamento e maciez.
4. A maturação, por mais de sete dias, aumentou a maciez do *L.dorsi* para todos os tratamentos estudados, mas não teve efeito nos músculos *Psoas major* e *Semitendinosus*.
5. O músculo *Semitendinosus* não teve os parâmetros de qualidade afetados pelos tratamentos estudados.

7. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. ABCZ <http://www.abcz.org.br/site/> acessado em 09/11/2007.
2. ABERLE, E.D., FORREST, J.C., GERRARD, D.E., MILLE, E.W., HEDRICK, H.B., JUDGE, M.D., MERKEL, R.A. *Principles of Meat Science*. Dubuque, IA, USA: Kendall/Hunt Co., 2001, 354p.
3. AALHUS, J. L.; ROBERTSON, W.M.; DUGAN, M.E.R.; BEST, D.R. Very fast chilling of beef carcasses. *Canadian Journal of Animal Science*, 82, p.59-67, 2001.
4. AMSA. Research guidelines for cookery, sensory evaluation and instrumental tenderness measurements of fresh meat. American Meat Science Association, Savoy, IL., 1995.
5. ANUALPEC. *Anuário da Pecuária Paulista*. São Paulo: ARGOS, 2007.
6. ARCHER, G. P.; KENNEDY, C J.; JONES, S. T. E MILLER, A. Mobile chiller for achieving very fast chilling in beef quarters: practical design and thermal modeling. In: *EU Concerted Action CT94 1881 Very Fast Chilling in Beef*, 1. Peri-mortem and the chilling processing, paper 1.21, 1998.
7. BARNIER, V.M.H.; SMULDERS, F.J. M. The effect of pelvic suspension on shear force values in various beef muscles. In: INTERNATIONAL CONGRESS OF MEAT SCIENCE AND TECHNOLOGY, 40, The Hague. *Proceedings...* The Hague: ICoMST, 1994. S- IV-B5.
8. BENDALL, J.R. El estímulo eléctrico de las canales de los animales de abasto. In: LAWRIE, R.A. (Ed.). *Avances de la ciencia de la carne*. Zaragoza: Acribia, 1984. p.57-83

9. BENDALL, J.R. The biochemistry of *rigor mortis* and cold-contraction. In: EUROPEAN MEETING OF MEAT RESEARCH WORKERS, 18, Paris. *Proceedings...*Paris: EMMRW, 1973a. 1-27.
10. BENDALL, J. R. Post *mortem* changes in muscle. In: BOURNE, G. H., *The Structure and Function of Muscle*. New York: Academic Press, 1973b. p. 244-306.
11. BOUTON, P.E.; HARRIS, P.V. The effects of some post-slaughter treatments on the mechanical properties of bovine and ovine muscle. *Journal of Food Science*, n.37, 539-543, 1972.
12. BOUTON, P.E.; FISCHER, A.L.; HARRIS, P.V.; BAXTER, R.I. A comparison of the effects of some post-slaughter treatments on the tenderness of beef. *Journal of Food Technology*, 8, 39-49, 1973.
13. BOUTON, P.E.; FORD, A.L.; HARRIS, P.V.; SHAW, F.D. Effect of low voltage stimulation of beef carcasses on muscle tenderness and pH. *Journal of Food Science*, 43, 5, 1392-1396, 1978.
14. BOWLING, R.A.; DUTSON, T.R.; SMITH, G.C. e SAVELL, J.W. Effect of cryogenic chilling on beef carcass grade shrinkage and palatability characteristics. *Meat Science*, n.21, p.67-72, 1987.
15. BRASIL. Ministério da Agricultura, do Abastecimento e Reforma Agrária. Estabelece critérios para introdução de modificações nas atividades de distribuição e comercialização de carne bovina, bubalina e suína, visando à saúde do consumidor. *Portaria nº 304/1996*. Disponível em: <<http://www.agricultura.gov.br/sda/dipoa/.htm>>. Acesso em: 24 nov. 2003.
16. BRASIL. Ministério da Agricultura, do Abastecimento e Reforma Agrária. Título VII: Inspeção Industrial e Sanitária de Carnes e Derivados – Seção II: Matança Normal *Regulamento da Inspeção Industrial e Sanitária de Produtos de Origem Animal* -. Brasília: 1997. Disponível em:

<<http://www.agricultura.gov.br/sda/dipoa/riispoa.htm>>. Acesso em: 24 nov. 2003.

17. BRASIL. Ministério da Agricultura, do Abastecimento e Reforma Agrária. Estabelece os critérios e instruções técnicas para efeito do cumprimento e aplicação das medidas previstas na *Portaria Ministerial Nº 304 de 22/04/1996, publicada no DOU de 23/04/96, e Portaria SDA Nº 145 de 01/09/98, publicada no DOU de 02/09/98*. Resolução DIPOA nº 002/1999. Disponível em: <<http://www.agricultura.gov.br/sda/dipoa/.htm>>. Acesso em: 24 nov. 2003.
18. BRASIL. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento Regulamento Técnico de Métodos de Insensibilização para o Abate Humanitário de Animais de Açougue. *Instrução Normativa nº3*, 17 de janeiro de 2000. Disponível em: http://www.agricultura.gov.br/sda/dipoa/in_03_2000.htm. Acesso em 24 nov. 2003.
19. CHRYSTALL, B.B. et al. Recommendation of reference methods for assesment of meat tenderness. In: INTERNATIONAL CONGRESS OF MEAT SCIENCE AND TECHNOLOGY, 40, 1994, The Hague. *Proceedings...* The Hague: ICoMST, 1994. S- IVB, 6.
20. CIA, G.; NORMAN, G.A. Influência da pendura da carcaça imediatamente após o abate na maciez da carne bovina. *Coletânea ITAL*, n.8, p.1- 18, 1977.
21. CIA, G. CORTE, O.O., DELAZARI, I., FELICIO, P.E. de. Desossa a quente da carcaça bovina estimulada: efeitos sobre a qualidade da carne congelada. **Coletânea do Instituto de Tecnologia de Alimentos**, Campinas, SP, v.12, p.219-242, 1981/1982.
22. CLAUS, J.R. The tendercut process. Disponível em: <http://www.ansci.wisc.edu/facstaff/Faculty/pages/clus/tenderct/tc.html>, acessado em julho de 2007.

23. CROSS, H.R.; CARPENTER, Z.L.; SMITH, G.C. Effects of intramuscular collagen and elastin on bovine muscle tenderness. *Journal of Food Science*, n.38, p.998,1003, 1973.
24. CUTHBERTSON, A. Processado en caliente de la carne: revision de sus razones e implicaciones economicas LAWRIE, R.A,(Ed.) *Avances de la ciencia de la carne*. Zaragoza: Acribia, 1984 p.84-118.
25. CUTHBERTSON, A. et al. Trials of the very fast chilling of beef hindquarters. In: *EU Concerted Action. CT94 1881 Very Fast Chilling in Beef, Peri-mortem* and the chilling process, paper 1.14, 1998.
26. DAVEY, C.L.; GARNETT, K.J. Rapid freezing, frozen storage and the tenderness of lamb. *Meat Science*, 4, 319 – 322 , 1980.
27. DEVINE, C.E.; WAHLGREN, N.M.; TORNBERG, E. Effect of rigor temperature on muscle shortening and tenderization of restrained and unrestrained beef m. *Longissimus thoracicus et lumborum*. *Meat Science*, 51, 61-72, 1999.
28. DRANSFIELD, E. Texture in very fast cooled beef. In: *EU Concerted Action CT94 1881 Very Fast Chilling in Beef*, 2 Muscle to meat, p.17- 22, 1998.
29. EIKELENBOOM, G. et al. Effect of pelvic suspension and cooking temperature on the tenderness of electrically stimulated and aged beef, assessed with shear and compressed tests. *Meat Science* n.49, p.89-89, 1998.
30. FERGUSON, D. ; THOMPSON, J. ; POLKINGHORNE, R. Meat standards Australia, A 'PACCP based beef grading scheme for consumers. 3) PACCP requirements which apply to carcass processing. . In: INTERNATIONAL CONGRESS OF MEAT SCIENCE AND TECHNOLOGY, 45, 1999, Yokohama. *Proceedings...*Yokohama, ICoMST,1999. p.18-19.

- 31.FELÍCIO, P. E. Classificação e tipificação de carcaças bovinas. Palestra proferida no Congresso CBNA, Goiânia, 2005.
- 32.FORREST, J.C. et al. *Fundamentos de ciencia de la carne*. Zaragoza, Acribia, 1979, 364p.
- 33.FOOD SCIENCE AUSTRALIA. *Meat Technology Update*. Newsletter 1/04, 2004.
- 34.GEORGE, A. R.; BENDALL, J. R.; JONES, R. C. D. The tenderizing effect of electrical stimulation of beef carcasses. *Meat Science*, n.4, p.51-68,1980.
- 35.HANNULA, T. PUOLANNE, E. The effect of cooling rate on beef tenderness: The significance of pH at 7 °C. *Meat Science*, v. 7, p.403-408, 2004.
- 36.HENRICKSON, R.L.; ASGHAR, A. Cold storage energy aspects of electrically stimulated hot-boned meat. In: PEARSON & DUTSON. (Ed.). *Advances in Meat Research*. Vol.1 Electrical stimulation. Westport: AVI Publishing Company, 1985, 237-276.
- 37.HERRING, H.K.; CASSENS, R.G.; BRISKEY, G.G. Further studies on bovine tenderness as influenced by carcass position, sarcomere length and fiber diameter. *Journal of Food Science*, 30, 1049-1054, 1965.
- 38.HILDRUM, K.I.; NILSEN, B.N.; WAHLGREN, M. Improving the tenderness of hot boned beef muscles. *Fleischwirtschaft International*, 1, 42-48, 2002.
- 39.HILDRUM, K.I.; SOLVANG, M.; NILSEN, B.N; FROYSTEIN, T.; BERG, J. Combined effects of chilling rate, low voltage electrical stimulation and freezing on sensory properties of bovine M. *Longissimus dorsi*. *Meat Science*, 52, 1-7, 1999.

40. HOFFMANN, K.; HAMM, R.; BLUECHEL, E. Neue über die Bestimmung der Wasserbindung mit Hilfe der Filterpapierpressmethode. *Fleischwirtschaft*, v.62, p.87-94, 1982.
41. HONIKEL, K. O.; FISCHER, C. A rapid method for the detection of PSE and DFD porcine muscles. *Journal of Food Science*, n.42, p.1633-1636, 1977.
42. HONIKEL, K. O.; JOSEPH, R.L. Very fast chilling. *Fleischwirtschaft International*, 3, 57-61, 2003.
43. HONIKEL, K. O.; RONCALÉS, P.; HAMM, R. The influence of temperature on shortening and rigor onset in beef muscle. *Meat Science*, n.8, p.221-241, 1983.
44. HONIKEL, K.O. Effect of handling ante, intra and early post *mortem* on characteristics of beef with regard to the velocity of chilling. *EU Concerted Action CT94 1881 Very Fast Chilling in Beef, Peri-mortem* and the chilling process, paper 1.1, 1998.
45. HOSTETLER, R.L.; LINK, B.A.; LANDMANN, W.A.; FITZHUGH JR, H.A. Effect of carcass suspension on sarcomere length and shear force of some major bovine muscles. *Journal of Food Science*, 37, 132- 135, 1972.
46. HOSTETLER, R.L.; LINK, B.A.; LANDMANN, W.A.; FITZHUGH JR, H.A. Effect of carcass suspension method on sensory panel scores for some major bovine muscles. *Journal of Food Science*, 38, 264-267, 1973.
47. HOSTETLER, R. L.; CARPENTER, Z.L.; SMITH, G. C.; DUTSON, T.R. Comparison of *post mortem* treatments for improving tenderness of beef. *Journal of Food Science*, 40, 223-226, 1975.
48. HOSTETLER, R. L.; DUTSON, T.R.; CARPENTER, Z.L. Effect of varying final internal temperature on shear values and sensory scores of muscles

from carcasses suspended by two methods. *Journal of Food Science*, 41, 421-423, 1976.

49. HWANG, I.H.; GEE, A.; POLKINGHORNE, R.; THOMPSON, J. The effect of different pelvic hanging techniques on meat quality beef. In: INTERNATIONAL CONGRESS OF MEAT SCIENCE AND TECHNOLOGY, 48, 2002, Roma. *Proceedings...*Roma, ICoMST, 2002. p.220-221.
50. HWANG, I.H.; THOMPSON, J.M. The interaction between pH and temperature decline early postmortem on the calpain system and objective tenderness in electrically stimulated beef *Longissimus dorsi* muscle. *Meat Science*, 58, 167-174, 2001.
51. JAIME, I. et al. Tenderization of lamb meat: effect of rapid post mortem temperature drop on muscle conditioning and aging. *Meat Science*, 32, 357-366, 1992.
52. JANZ, J.A.M.; AALHUS, J.L.; PRICE, M.A. Blast chilling and low voltage electrical stimulation influences on bison (*Bison bison bison*) meat quality. *Meat Science*, 57, 403-411, 2001.
53. JEREMIAH; L.E.; MARTIN, A. H. C.; ACHTYMICHK, G. The effects of delayed chilling and altered carcass suspension upon beef muscle: I. Physical and textural properties. *Journal of Food Quality*, 6, 259-271, 1984a.
54. JEREMIAH; L.E.; MARTIN, A. H. C.; ACHTYMICHK, G. The effects of delayed chilling and altered carcass suspension upon beef muscle: II. Histological and chemical properties. *Journal of Food Quality*, 6, 273-284, 1984b.
55. JOSEPH, R.L. Very fast chilling of beef and tenderness – a report from an EU Concerted Action. *Meat Science*, 43, 217-227, 1996.

56. JOSEPH, R.L.; CONNOLLY, J. The effects of suspension method, chilling rates and *post mortem* ageing period on beef quality. *Journal of Food Technology*, 12, 231-247, 1977.
57. KHAN, A. W.; LENTZ, C. P. Influence of *ante mortem* glycolysis and dephosphorylation of high energy phosphates on beef aging and tenderness. *Journal of Food Science*, 38, 56-58, 1973.
58. KASTNER, C.L., SCHWENKE, J.R., KENNEY, P.B., CAMPBELL, R.E., KENDALL, J.A., MILLIKEN, G.A. Comparisons of effect of electrical stimulation methods on postmortem pH decline in beef muscle. **Meat Science**, v.35, p.183-190, 1993.
59. KASTNER, C.L. Optimal hot-processing systems for beef. *Food Technology*, may, 96-104, 1983.
60. KASTNER, C.L.; de FELÍCIO, P.E. Tratamentos que influem na maciez da carne bovina no período pós-abate. *Boletim Técnico do CTC – ITAL, Campinas*, 5, 31-64, 1980.
61. KOH, K.C.; BIDNER, T.D.; McMILLIN; KIM, M.B. The relationship between ATP and R-values in postmortem bovine *Longissimus dorsi* muscle. *Meat Science*, 33, 253-263, 1993.
62. KOOHMARAIE, M. Biochemical factors regulating the toughening and tenderization processes of meat. *Meat Science*, 43, 193 -201, 1996.
63. LUNDESJÖ, M.; JOHANSSON, J.; VIRHAMMAR, K.; HANSSON, I.; JOHANSSON, L.; LUNDSTRÖM, K. Effect of pelvic suspension on sensory and instrumental evaluation of heifers and young bulls. In: INTERNATIONAL CONGRESS OF MEAT SCIENCE AND TECHNOLOGY, 48, 2002, *Proceedings...*, Roma, Itália, 2002, 226-227.

64. LAWRIE, R. A. *Avances de la ciencia de la carne*. Zaragoza: Acribia, 1984. 310 p.
65. LOCKER, R.H. Degree of muscular contraction as a factor in tenderness of beef. *Food Research*, 25, 304- 307, 1960.
66. LOCKER, R. H.; & HAGYARD, C.J. A cold shortening effect in beef muscles. *Journal of Food Science and Agriculture*, 14, 787, 1963.
67. MARSH, B. B.; RINGKOB, T. P.; RUSSELL, R. L.; SWARTZ, D. R.; PAGEL, L. A.. Effects of early-*post mortem* glycolytic rate on beef tenderness. *Meat Science*, 21, 4, 241-248, 1987.
68. MARSH, B.B.; CIA, G.; TAKAHASHI, G. Influência da velocidade de resfriamento da carcaça bovina na maciez da carne: conhecimentos recentes e pesquisas em andamento. *Boletim Técnico do CTC – ITAL*, 1, 1-45, 1978.
69. MARSH, B.B.; LEET, N.G. Studies in meat tenderness. III. The effects of cold shortening on tenderness. *Journal of Food Science*, 31, 450, 1966.
70. McKEITH, F.K.; SAVELL, J.W.; SMITH, G.C. Tenderness improvement of the major muscles of the beef carcass by electrical stimulation. *Journal of Food Science*, 46, 1774 – 1776, 1981.
71. MOONEY, M.T.; JOO, S. T.; KIM, B.; TROY, D.J. Influence of *post mortem* hanging methods on beef tenderness. In. INTERNATIONAL CONGRESS OF MEAT SCIENCE AND TECHNOLOGY, 45, 1999, *Proceedings...*Yokohama, Japan, 1999, p. 466-467
72. NEWSOME, T.; FERGUSON, D.M.; EGAN, A.F. The effect of *Bos indicus* content, pre-slaughter treatment and tenderstretch on beef eating quality.

In: INTERNATIONAL CONGRESS OF MEAT SCIENCE AND TECHNOLOGY, 45, 1999. *Proceedings...*Yokohama, Japan, 1999, 462-463.

73. NORMAN, G.A.; CIA, G. The influence of carcass position during rigor on the tenderness of bovine muscle from mature zebu animals. *Tropical Science* 22 (3) 287-296, 1980.
74. O'HALLORAN, G.R.; TROY, D.J.; BUCKLEY, D.J. The relationship between early *postmortem* pH and the tenderization of beef muscle. In: INTERNATIONAL CONGRESS OF MEAT SCIENCE AND TECHNOLOGY, 41, 1995. *Proceedings...*Texas, USA, 1995, 604.
75. O'HALLORAN, G. R., TROY, D. J., & BUCKLEY, D. J. The relationship between early *post mortem* pH and the tenderisation of beef muscles. *Meat Science*, 45, 239-251, 1997.
76. 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*, n.37, p.115-131, 1994.
77. PEARSON, A.M. Muscle function and *postmortem* changes. In: Price & Schweigert. (Ed). *The Science of meat and meat products*, 3^a ed. Westport: Food and Nutrition Press, Inc., 1987, 307 – 327.
78. PURCHAS, R.W.; AUNGSUPAKORN, R. Further investigations into the relationship between ultimate pH and tenderness for beef samples from bulls and steers. *Meat Science*, 34, 163, 1993.
79. PFEIFFER, N.E.; FIELD, R.A.; VARNELL, T.R.; KRUGGEL, W.G.; KAISER, I.I. Effects of *post-mortem* aging and stretching on the macromolecular properties of collagen. *Journal of Food Science*, 37, 897-900, 1972.

80. ROÇA, R.O. Modificações post-mortem. Disponível em: <http://dgta.fca.unesp.br/carnes/materialparadownload.php>. Acesso em: 20 de jul. 2007.
81. RØDBOTTEN, R; HILDRUM, K.I. Sarcomere length as indicator of tenderness in bovine M. *Longissimus dorsi* exposed to different post mortem treatments. In: INTERNATIONAL CONGRESS OF MEAT SCIENCE AND TECHNOLOGY, 46, 2000. *Proceedings...*Buenos Aires, Argentina, 2000, 480.
82. RONCALÉS, P. The biochemical basis of very fast chilling effect on meat quality. *EU Concerted Action CT94 1881 Very Fast Chilling in Beef*, 2. Muscle to meat, paper 2.8, 1998a.
83. RONCALÉS, P.; BELTRÁN, J.A. An experimental approach to very fast chilling of beef muscles. *EU Concerted Action CT94 1881 Very Fast Chilling in Beef*, 2. Muscle to meat, 157-160, 1998b.
84. SCVCF Sindicato do Comércio Varejista de Carnes Frescas do Estado de São Paulo. 60 anos de história e inovações. São Paulo, SP, 1999, 208p.
85. SHACKELFORD, S.D.; WHEELER, T.L.; KOOHMARAIE, M. Tenderness classification of beef: I. Evaluation of beef *Longissimus* shear force at 1 or 2 days post mortem as a predictor of aged beef tenderness. *Journal of Animal Science*, 75, 2417-2422, 1997.
86. SMULDERS, F.J.M.; MARSH, B.B.; SWARTZ, D.R.; RUSSEL, R.L.; HOENECKE, M.E. Beef tenderness and sarcomere length. *Meat Science*, 28, 349 – 363, 1990.
87. SOARES, G.J.; ARÊAS, 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*, 41, 3, 369-379, 1995.

88. SØRHEIM, O. *et al.* Influence of beef carcass stretching and chilling rate on tenderness of muscle *Longissimus dorsi*. *Meat Science*, 57, 79-85, 2001.
89. SØRHEIM, O. *et al.* Combined effects of aitch bone suspension and chilling rate on the tenderness of beef muscles. In: INTERNATIONAL CONGRESS OF MEAT SCIENCE AND TECHNOLOGY, 46, 2000. *Proceedings...*Buenos Aires, Argentina, 2000, 3.II – P29, 402-403.
90. SØRHEIM, O.; HILDRUM, K.I. Muscle stretching techniques for improving meat tenderness. *Trends in Food Science & Technology*, 13, 4, 127-135, 2002.
91. STEEN, D.; CLAEYS, E.; DEMEYER, D. Very fast chilling of excised beef muscles. *EU Concerted Action CT94 1881 Very Fast Chilling in Beef*, Eating quality, paper 3.6, 1998.
92. STIEBING, A.; KARNITZSCHKY, I. A new way of packaging fresh meat without using vacuum. *Fleischwirtschaft International*, 76, 1087-1092, 1997.
93. TAYLOR, A.A. Conclusions and Future Prospects. In: ROMITA, A.; VALIN, C.; TAYLOR, A.A. (Ed.), *Accelerated processing of meat*. London: Elsevier Applied Science, 1987. p.285-288.
94. THOMPSON, J. Managing Meat Tenderness. *Meat Science*, 62, 295-308, 2002.
95. TOMÁS, S.; BELTRÁN, J. A.; RONCALÉS, P. Very fast chilling of beef *Longissimus dorsi*. In: DRANSFIELD, E.; RONCALES, P. (ed.), *Very Fast Chilling in Beef - 2. Muscle To Meat*, 169-176, 1998.
96. TORNBERG, E. Biophysical aspects of meat tenderness. *Meat Science*, 43, s175-s191, 1996.

97. TREVISANI, M.; LOSCHI, A. R.; SEVERINI, M. Effects of very fast chilling and hot boning on muscle shortening and quality of beef. *EU Concerted Action CT94 1881 Very Fast Chilling in Beef. 3 Eating quality*, 59-65, 1998.
98. TROY, D. J.; VIDAL, M. Very fast chilling of beef Longissimus lumborum. *EU Concerted Action CT94 1881 Very Fast Chilling in Beef. 3 Eating quality*, 15-17, 1998.
99. VAN MOESEKE, W.; DE SMET, S.; CLAEYS, E.; DEMEYER, D. Very fast chilling of beef: effects on meat quality. *Meat Science*, 59, 31-37, 2001.
100. VERÍSSIMO, A. Mercado Internacional da carne bovina: a visão da indústria. VII Seminário ABMR&A da cadeia produtiva. Feicorte 2007. Disponível no endereço:
www.abmr.com.br/atividades/2007_06_cadeia_produtiva/andrea_verissimo.pdf - Acessado em julho de 2007.
101. WAHLGREN, N.M.; DEVINE, C.E.; TORNBERG, E. The influence of different pH-time courses during rigor development on beef tenderness. In: INTERNATIONAL CONGRESS OF MEAT SCIENCE AND TECHNOLOGY, 43, 1997, *Proceedings...* Auckland, New Zealand, 1997, p. 622.
102. WAHLGREN, N.M.; GÖRANSSON, M.; LINDEN, H.; WILLHAMMA, O. Reducing the influence of animal variation and ageing on beef tenderness. In: INTERNATIONAL CONGRESS OF MEAT SCIENCE AND TECHNOLOGY, 48, 2002, *Proceedings...* Roma, Itália, 2002a, p. 240-241.(a)
103. WAHLGREN, N.M.; KALBAKK, B. Improved tenderness of calf meat through altering chilling regime and carcass suspension. In: INTERNATIONAL CONGRESS OF MEAT SCIENCE AND TECHNOLOGY, 48, 2002, *Proceedings...* Roma, Itália, 2002b, p. 242-243. (b)

104. WANG, H.; CLAUS, J.R.; MARRIOT, N.G. Selected skeletal alterations to improve tenderness of beef round muscles. *Journal of Muscle Foods*, 5, 137-147, 1994.
105. WATANABE, A.; DALY, C.C.; DEVINE C.E. The effects of the ultimate pH of meat on tenderness change during ageing. *Meat Science*, 42, 67-78, 1996.
106. WHITE, A.; O'SULLIVAN, A.; TROY, D.J.; O'NEILL, E.E. Effects of electrical stimulation, chilling temperature and hot-boning on tenderness of bovine muscles. *Meat Science*, 73, 196-203, 2006.
107. WHITE, C.D.; TROY, D.J.; McKENNA, B. The biochemical and physical effects of imposing a VFC regime on the beef M. *Longissimus dorsi* mediated through a brine solution. *EU Concerted Action CT94 1881 Very Fast Chilling in Beef. 1. Peri-mortem and the chilling process*, 71-73, 1998.
108. WHITE, C.D.; TROY, D.J.; McKENNA, B. The effects of inducing a very fast chilling regime on the beef m. *Longissimus dorsi* mediated through brine immersion. In: INTERNATIONAL CONGRESS OF MEAT SCIENCE AND TECHNOLOGY, 42, 1996, *Proceedings...* Lillhammer, Noruega, 1996, p. 512.
109. WOLTERSDORF, W. Produce el enfriado rápido deficiencias de calidad en la carne?. *Fleischwirtschaft español*, 1, 26-33, 1989.
110. ZAMORA, F.; DRANSFIELD, E. Postmortem calpains and calpastatin activities in very fast and slowly chilled muscles. *EU Concerted Action CT94 1881 Very Fast Chilling in Beef*, 2. Muscle to meat, paper 2.19, 1998.