



Ciência Rural

ISSN: 0103-8478

cienciarural@mail.ufsm.br

Universidade Federal de Santa Maria

Brasil

Pinto, Marcos Franke; Ponsano, Elisa Helena Giglio; Almeida, Ana Paula da Silva
Espessura da lâmina de cisalhamento na avaliação instrumental da textura da carne
Ciência Rural, vol. 40, núm. 6, junio, 2010, pp. 1405-1410

Universidade Federal de Santa Maria
Santa Maria, Brasil

Disponível em: <http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=33117724015>

- Como citar este artigo
- Número completo
- Mais artigos
- Home da revista no Redalyc

redalyc.org

Sistema de Informação Científica

Rede de Revistas Científicas da América Latina, Caribe , Espanha e Portugal
Projeto acadêmico sem fins lucrativos desenvolvido no âmbito da iniciativa Acesso Aberto

Espessura da lâmina de cisalhamento na avaliação instrumental da textura da carne

Shear blade thickness in the instrumental evaluation of meat texture

Marcos Franke Pinto^{I*} Elisa Helena Giglio Ponsano^I Ana Paula da Silva Almeida^{II}

RESUMO

A padronização da textura é um dos principais problemas relacionados à qualidade da carne bovina. Por isso, a avaliação objetiva da maciez, por métodos mecânicos, vem sendo estudada há muitos anos. Para que a avaliação instrumental da textura seja uma ferramenta efetiva nos estudos envolvendo a maciez da carne, é necessário minimizar as causas de variação envolvidas na análise. Atualmente, a força de cisalhamento Warner-Bratzler é o método mais amplamente empregado para essa finalidade. O protocolo padrão dessa técnica analítica preconiza a utilização de uma lâmina de cisalhamento de 1,016mm de espessura. Neste trabalho, foram comparados dados de textura de carne bovina obtidos com a lâmina de cisalhamento padrão Warner-Bratzler, de 1,016mm de espessura, e uma lâmina mais grossa, de 3,05mm de espessura. Após o abate, amostras de músculo **Longissimus dorsi**, semelhantes em relação aos teores de umidade, lipídios e proteínas, foram submetidas a duas diferentes temperaturas de resfriamento, atingindo diferentes velocidades de queda de temperatura e, consequentemente, diferentes graus de contração do tecido muscular, o que foi confirmado pela determinação do comprimento dos sarcômeros. Os resultados demonstraram uma maior sensibilidade da lâmina padrão Warner-Bratzler na detecção de variações da textura da carne, em função da velocidade de resfriamento.

Palavras-chave: maciez, carne bovina, força de cisalhamento, Warner-Bratzler.

ABSTRACT

Standardization of texture is one of the main problems related to beef quality. Because of that, objective evaluation of tenderness performed by mechanic methodologies has been studied for years. In order to count on instrumental

texture evaluation as a valuable tool in meat tenderness studies, it is necessary to minimize the causes of variation that might be involved in the trial. Nowadays, Warner-Bratzler shear force is widely used for meat tenderness determination. The standard protocol of this methodology establishes the utilization of shear blade 1,016mm tick. The aim of this study was to compare beef texture data provided by Warner-Bratzler standard shear blade, 1,016mm thick, with those provided by a thicker one, 3,05mm thick. After slaughtering, **Longissimus dorsi** muscle samples with similar contents of moisture, lipids and proteins were subjected to two different cooling temperatures, reaching different rates of temperature drop and hence different muscle contraction extents, which were confirmed by the determination of sarcomere length. Results indicated the superior sensibility of the Warner-Bratzler standard shear blade to detect variations in meat texture due to cooling velocity.

Key words: tenderness, beef, shear force, Warner-Bratzler.

INTRODUÇÃO

A dificuldade de padronização da textura é um dos principais problemas relacionados à qualidade da carne bovina (KOOHMARAIE, 1994; MARSHALL, 1994). A avaliação instrumental pela mensuração da força de cisalhamento tem sido a principal ferramenta utilizada em estudos envolvendo a textura da carne. No entanto, para que os resultados desses estudos possam ser analisados comparativamente, é necessário que os fatores de variação sejam minimizados. O tamanho e o formato da amostra, a orientação das fibras

^IDepartamento de Apoio, Produção e Saúde Animal (DAPSA), Universidade Estadual Paulista (UNESP). Rua Clóvis Pestana, 793, 16050-680, Araçatuba, SP, Brasil. E-mail: mfpinto@fmva.unesp.br. *Autor para correspondência.

^{II}Universidade do Oeste Paulista (UNOESTE), Presidente Prudente, SP, Brasil.

musculares, as condições do tratamento térmico que precede a análise e a temperatura das amostras no momento da análise são alguns dos parâmetros que devem ser padronizados, visando a maximizar a correlação da avaliação instrumental com a percepção sensorial da carne (POSTE et al., 1993). Além disso, os fatores relativos ao equipamento também devem ser padronizados. Diferenças na espessura, no formato, no ângulo e no comprimento das lâminas comprovadamente influenciam os valores de força de cisalhamento (APPLE et al., 1999). Por isso, o governo dos Estados Unidos, por meio do *United States Department of Agriculture* (USDA), o órgão federal responsável pelos assuntos ligados à agropecuária, padronizou os procedimentos para avaliação da força de cisalhamento da carne (WHEELER et al., 1997). Um equipamento amplamente utilizado na determinação da força de cisalhamento de amostras de carne é o texturômetro modelo TAXT2, da marca *Stable Micro System*. Atualmente, esse aparelho é fornecido com a lâmina de cisalhamento padrão Warner-Bratzler, de 1,016mm de espessura, mas não é difícil encontrar esse mesmo modelo do equipamento equipado com uma lâmina de cisalhamento de 3,05mm de espessura. Essa diferença de espessura da lâmina de cisalhamento é uma causa de variação que deve ser controlada, e estudos sobre o assunto são escassos (SOUZA, 2008). Por esse motivo, neste trabalho, foram avaliados comparativamente os resultados obtidos na determinação da força de cisalhamento de amostras de carne utilizando o texturômetro TAXT2 equipado com lâmina padrão WB, com espessura de 1,016mm, e uma lâmina de 3,05mm de espessura.

MATERIAL E MÉTODOS

Para minimizar as causas de variação das amostras, as características dos animais foram padronizadas. Assim, foram utilizadas 12 novilhas Nelore com quatro dentes da segunda dentição, com peso de carcaça quente entre 195 e 210kg, apresentando carcaça retilínea e gordura de cobertura mediana, segundo o sistema brasileiro de classificação de carcaças de bovinos (BRASIL, 2004). Os animais foram abatidos em frigorífico sob o Serviço de Inspeção Federal, segundo as normas e exigências regulamentares (BRASIL, 1997). De cada carcaça obtida, imediatamente após o abate, foram retiradas amostras do músculo *Longissimus dorsi* das meias-carcaças esquerdas, na altura da 12^a costela, para serem submetidas ao resfriamento rápido. Para isso, as amostras foram mantidas em túnel de congelamento à temperatura de -25°C, até que a temperatura no interior

das amostras atingisse cerca de 0°C, sendo, em seguida, transferidas para câmara de refrigeração a 0°C ($\pm 1^\circ\text{C}$). As amostras retiradas das meias-carcaças direitas foram mantidas em câmara de refrigeração à temperatura de 5°C ($\pm 1^\circ\text{C}$) por 6 horas, para serem resfriadas lentamente, sendo, em seguida, transferidas para câmara de refrigeração a 0°C ($\pm 1^\circ\text{C}$). A velocidade de queda de temperatura e pH de todas as amostras foi monitorada por aferições realizadas no momento da obtenção das amostras, imediatamente após o abate, e após 3, 6, 9, 12 e 24 horas, com a utilização de um potenciômetro portátil de inserção, equipado com sensor e compensador de temperatura, marca Mettler Toledo, modelo 1120-X. Em seguida, as amostras foram embaladas a vácuo em sacos de polietileno e congeladas a -18°C, seguindo para o laboratório, onde, após descongelamento, foram realizadas as aferições de área de olho de lombo e de comprimento do sarcômero, de acordo com a metodologia descrita por FERNANDES et al. (2006). O teor de gordura, umidade e proteína das amostras foi determinado segundo a metodologia descrita pela AOAC (1997). A análise instrumental de textura foi realizada em texturômetro TAXT2, equipado com as lâminas de cisalhamento padrão Warner-Bratzler (WB), com espessura de 1,016mm e com uma lâmina de 3,05mm. A análise instrumental da textura foi realizada segundo o procedimento padronizado pelo Centro de Pesquisas em Carnes (*US. Meat Animal Research Center*) do USDA (WHEELER et al., 1997). As amostras foram previamente descongeladas em câmara refrigerada a 4°C, por 24 horas e, em seguida, foram submetidas ao processamento térmico em forno com temperatura constante de 170°C. Ao atingirem a temperatura interna de 40°C, as amostras foram viradas e mantidas no forno, até atingirem a temperatura de 71°C internamente. Após o resfriamento em temperatura ambiente, as amostras foram embaladas novamente em filme plástico e permaneceram em estufa refrigerada por 12 horas, a 4°C. Em seguida, foram retirados pelo menos seis cilindros de carne de 1,27cm de diâmetro de cada amostra, com as fibras musculares orientadas longitudinalmente, para serem submetidos à avaliação da força de cisalhamento por cada uma das lâminas. Na avaliação instrumental, foi empregada a velocidade de 5,0mm seg⁻¹, e os resultados dos picos de força foram expressos como força máxima de cisalhamento, em kg (POSTE et al., 1993). A curva de queda de temperatura no interior das peças de carne foi determinada pelo uso de regressão descontínua, conforme descrito por VEDENOV & PESTI (2008). As médias de comprimento de sarcômero, área de olho de lombo, umidade, proteína, gordura e força de cisalhamento (medida pelas duas lâminas) foram comparadas pelo teste t de Student.

Foi estimado o coeficiente de correlação de Pearson entre a força de cisalhamento das amostras, medida por cada uma das lâminas testadas, e a temperatura das amostras nos diversos momentos de aferição (3, 6, 9, 12 e 24h). Foi calculado o nível descritivo (P) para a comparação de médias e para a análise de correlação (ZAR, 1999). Para a análise estatística, foi utilizado o pacote estatístico SAS (2001).

RESULTADOS E DISCUSSÃO

O estudo de regressão indicou que as amostras submetidas ao resfriamento lento atingiram uma temperatura constante em torno de 4,2°C após cerca de 7h na câmara de resfriamento. Já as amostras submetidas ao resfriamento rápido atingiram, após cerca de 3,5h no túnel de congelamento, uma temperatura constante ao redor de -0,4°C (Figura 1). Essa diferença de velocidade de resfriamento influenciou o grau de contração do tecido muscular, o que pode ser constatado pelos resultados apresentados na tabela 1, que mostram que a média do comprimento dos sarcômeros das amostras submetidas ao resfriamento lento foi maior que a média das amostras resfriadas rapidamente ($P=0,0821$). O estabelecimento da textura da carne é um fenômeno complexo, que envolve vários fatores, entre os quais se inclui o grau de contração do tecido muscular. Observa-se que a composição média (gordura, proteína e umidade) das amostras submetidas às duas diferentes velocidades de resfriamento não diferiu ($P>0,10$). Embora as amostras submetidas aos dois diferentes processos de refrigeração tenham sido provenientes das duas meias-carcaças dos mesmos animais, a determinação da composição média das

amostras foi um critério adotado para controlar as causas de variação da textura da carne. Assim, considerando que as amostras foram provenientes de animais padronizados em relação à idade, ao sexo, à raça, ao peso e ao acabamento de gordura de cobertura e que a composição da carne não diferiu significativamente, pode-se considerar que o principal fator que influenciou a textura das amostras, medida pela força de cisalhamento, foi a velocidade de queda de temperatura e, consequentemente, o grau de contração do tecido muscular.

A diminuição da maciez da carne como consequência da exposição da carcaça ao frio excessivo antes do estabelecimento do *rigor mortis* é conhecida há décadas e foi muito bem descrita por MARSH (1977). Segundo esse autor, o encurtamento pode ser prevenido se o rigor se iniciar antes do tecido muscular atingir uma temperatura abaixo de 10°C. Se o manejo pré-abate for realizado criteriosamente, de forma a evitar estresse excessivo, os animais apresentarão, no momento do abate, reservas de glicogênio muscular adequadas. Nessa condição, o rigor deverá ocorrer cerca de 10h após a sangria (JUDGE et al., 1989). HERTZMAN et al. (1993) afirmam que o encurtamento é mínimo se a temperatura no início do rigor situar-se entre 15 e 20°C (aproximadamente 10% de diminuição do comprimento da fibra muscular). Abaixo dessa faixa, ocorre um encurtamento maior, que pode chegar a 50%. Se a sobreposição dos miofilamentos resultar num encurtamento superior a 20%, observa-se prejuízo perceptível da maciez. Esse efeito de endurecimento aumenta até um pico em torno de 40% de encurtamento da fibra muscular. Sendo assim, pode-se concluir que todas as amostras analisadas neste trabalho foram

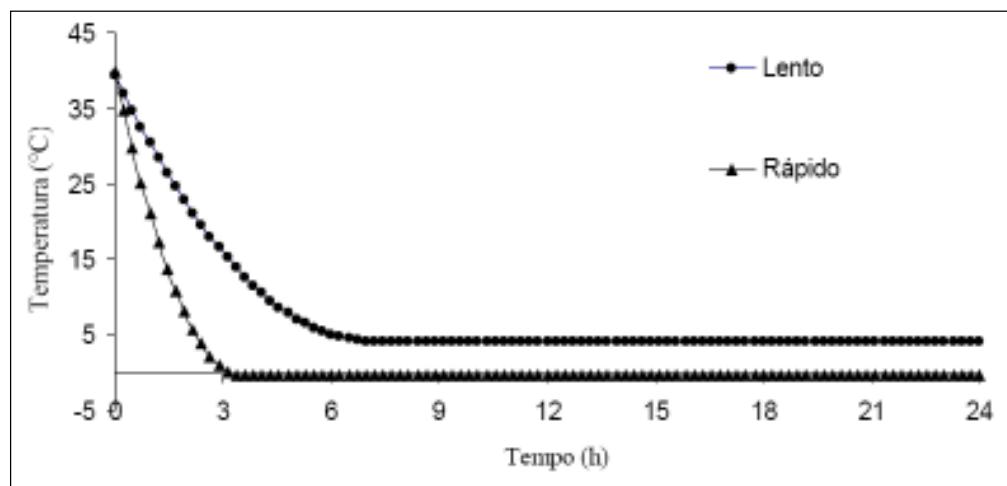


Figura 1 - Velocidade de queda de temperatura das amostras submetidas ao resfriamento lento e rápido.

Tabela 1 - Força de cisalhamento medida por lâminas de cisalhamento de diferentes espessuras, comprimento do sarcômero, área de olho de lombo (AOL) e teores de umidade, proteína e gordura das amostras de carne submetidas ao resfriamento lento e rápido.

Parâmetros	-----Resfriamento (média ± dp)-----		P
	Rápido	Lento	
Força de cisalhamento (kg) (lâmina de 1,016mm de espessura)	14,44 ± 2,56	12,30 ± 2,49	0,0001
Força de cisalhamento (kg) (lâmina de 3,05mm de espessura)	14,36 ± 2,16	14,33 ± 2,71	0,9474
Comprimento do sarcômero (μm)	1,87 ± 0,29	2,09 ± 0,18	0,0821
AOL (cm ²)	50,93 ± 10,36	54,86 ± 7,46	0,3985
Umidade (%)	71,15 ± 1,63	72,23 ± 1,50	0,1905
Proteína (%)	21,75 ± 1,51	22,99 ± 1,98	0,1821
Gordura (%)	7,24 ± 2,67	5,40 ± 2,32	0,1656

dp: desvio padrão.

P: nível descritivo.

expostas a condições que propiciam o encurtamento do tecido muscular. No entanto, segundo JUDGE et al. (1989), a severidade do encurtamento é maior quanto mais baixa for a temperatura no início do rigor, o que explica a diferença observada nas médias de comprimento do sarcômero das amostras submetidas ao resfriamento lento e rápido (Tabela 1).

Ainda na tabela 1, é possível observar que a lâmina de 3,05mm de espessura não detectou diferença entre as amostras de carne submetidas aos dois processos de resfriamento. Com a utilização da lâmina padrão WB, a diferença de textura entre as amostras foi detectada, com alta significância estatística ($P=0,0001$).

Na análise de correlação apresentada na tabela 2, observou-se que as médias de força de cisalhamento obtidas com a lâmina padrão WB demonstraram uma correlação inversa com a temperatura das amostras nas primeiras 12h de refrigeração. Nesse período, a diminuição da temperatura da carne implicou aumento da força de cisalhamento, com nível descritivo inferior a 7% em todos os momentos de aferição. Desse modo, os valores de força de cisalhamento obtidos com a lâmina padrão WB foram compatíveis com a ocorrência de encurtamento do tecido muscular pelo frio. Já os resultados obtidos com a lâmina de 3,05mm de espessura não apresentaram correlação com a velocidade de resfriamento das amostras.

Segundo CAINE et al. (2003), a correlação entre a força de cisalhamento medida instrumentalmente com o uso da lâmina de Warner-Bratzler e a percepção sensorial, avaliada por uma equipe de provadores, é bastante variável. Apesar disso, os autores admitem que esse é o método de análise objetiva mais utilizado para avaliar a maciez da carne bovina.

Por esse motivo, vários pesquisadores avaliaram os fatores que podem influenciar a análise, procurando otimizar os parâmetros dessa ferramenta analítica. FRANCIS et al. (1981) e POSTE et al. (1993) estudaram a influência dos parâmetros envolvidos na obtenção das amostras de carne a serem submetidas ao teste. BERRY (1993) estudou a influência do método de processamento térmico das amostras antes da análise. ZHUANG & SAVAGE (2009), trabalhando com filé de peito de frango, avaliaram a influência da posição da amostra retirada de diferentes pontos de um mesmo músculo. APPLE et al. (1999) estudaram a influência das técnicas de obtenção das amostras e da forma de processamento térmico na avaliação da maciez da carne de porco. Diante disso, o USDA padronizou os parâmetros e procedimentos envolvidos na determinação da força de cisalhamento Warner-Bratzler, definindo um protocolo a ser adotado nessa avaliação (WHEELER et al., 1997). Esse protocolo especifica que a espessura da lâmina de cisalhamento deve ser de 1,016mm. No entanto, é comum encontrar texturômetros TAXT2, da Stable Micro Systems, equipados com uma lâmina mais grossa, de 3,05mm de espessura. Além disso, há carência de referências na literatura sobre a influência dessa lâmina mais grossa nos resultados das análises. Recentemente, SOUZA (2008) investigou a influência da temperatura de cocção, atingindo 71°C ou 74°C no interior da carne, e da espessura da lâmina de cisalhamento, 1,016mm ou 3,05mm, na avaliação da textura de amostras do músculo *Longissimus dorsi* de fêmeas Nelore adultas, utilizando o texturômetro TAXT2. As condições de análise seguiram o protocolo preconizado pelo USDA (WHEELER et al, 1997). Esse autor verificou que a temperatura final de cocção influenciou a textura da carne, mas não houve variação nas médias de força máxima de cisalhamento das

Tabela 2 - Coeficientes de correlação de Pearson (*r*) entre a temperatura das amostras durante a refrigeração e a força de cisalhamento da carne, de acordo com a espessura da lâmina de cisalhamento.

Espessura da lâmina	Tempo de refrigeração				
	3 h	6 h	9 h	12 h	24 h
1,016mm	<i>r</i>	-0,4690	-0,4801	-0,4653	-0,4776
	P	0,0669	0,0598	0,0693	0,0613
3,05mm	<i>r</i>	-0,0793	-0,0979	-0,0969	-0,1646
	P	0,7703	0,7184	0,7210	0,8122

P: nível descritivo.

amostras avaliadas pelas duas lâminas. Por isso, um dos objetivos do trabalho, que era estabelecer uma equação de regressão que permitisse correlacionar os resultados de força de cisalhamento obtidos com as duas lâminas de espessuras diferentes, não foi atingido. Embora tenha analisado carne de fêmeas Nelore adultas, SOUZA (2008) observou médias de força máxima de cisalhamento entre 5,6kg e 6,4kg, menores que as médias obtidas neste trabalho (Tabela 1), no qual foram analisadas amostras de carne de novilhas Nelore. A explicação para isso pode estar na forma de obtenção dos cilindros de carne utilizados na análise. Enquanto SOUZA (2008) utilizou um amostrador automático, no presente trabalho, os cilindros foram obtidos manualmente. Quando se utiliza um amostrador mecânico, a amostra pode ficar compactada no interior do aparato cilíndrico que perfura a carne, resultando numa variação do diâmetro em relação aos cilindros obtidos manualmente. A importância da forma de obtenção das amostras para análise instrumental de textura da carne já foi destacada por APPLE et al. (1999).

CONCLUSÕES

Este estudo demonstrou que, na avaliação instrumental da textura da carne pela determinação da força de cisalhamento com o uso do texturômetro TAXT2, o uso da lâmina de cisalhamento padrão Warner-Bratzler, com 1,016mm de espessura, confere maior sensibilidade à análise, quando comparada com uma lâmina mais grossa, de 3,05mm de espessura.

REFERÊNCIAS

APPLE, J.K. et al. Cooking and shearing methodology effects on warner-bratzler shear force values of pork. *Journal of Muscle Foods*, v.10, n.3, p.269-277, 1999. Disponível em: <<http://www3.interscience.wiley.com/cgi-bin/fulltext/119938665/PDFSTART>>. Acesso em: 10 mar. 2010. doi: 10.1111/j.1745-4573.1999.tb00402.x.

ASSOCIATION OF OFFICIAL ANALYTICAL CHEMISTS – AOAC. *Official methods of analysis*. 16.ed. Washington, 1997. 2000p.

BERRY, B.W. Tenderness of beef loin steaks as influenced by marbling level, removal subcutaneous fat, and cooking method. *Journal of Animal Science*, v.71, n.9, p.2412-2419, 1993. Disponível em: <<http://jas.fass.org/cgi/reprint/71/9/2412>>. Acesso em: 9 mar. 2010.

BRASIL. Decreto nº 2244, de 5 de junho de 1997. Regulamento da inspeção industrial e sanitária de produtos de origem animal. *Diário Oficial da República Federativa do Brasil*, Brasília, DF, 4 de junho de 1997. Seção I, p.204.

BRASIL. Instrução Normativa nº 9, de 4 de maio de 2004. Sistema brasileiro de classificação de carcaças de bovinos. *Diário Oficial da República Federativa do Brasil*, Brasília, DF, 5 de maio de 2004. Seção I, p.3.

CAINE, W.R. et al. Relationship of texture profile analysis and Warner-Bratzler shear force with sensory characteristics of breed rib steaks. *Meat Science*, v.64, n.4, p.333-339, 2003.

FERNANDES, J.M.P.F.G. et al. Encurtamento pelo frio de fibras musculares oxidativas de bovinos pela técnica de NADH-TR. *Ciência Rural*, v.36, n.6, p.1878-1882, 2006. Disponível em: <http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0103-84782006000600033&lng=pt&nrm=iso&tlang=pt>. Acesso em: 9 mar. 2010. doi: 10.1590/S0103-84782006000600033.

FRANCIS, S.J. et al. The effect of coring method on beef *Longissimus* muscle shear force values. *Journal of Animal Science*, v.52, n.6, p.1294-1297, 1981. Disponível em: <<http://jas.fass.org/cgi/reprint/52/6/1294?maxtoshow=&hits=10&RESULTFORMAT=&andorexactfulltext=and&searchid=1&FIRSTINDEX=20&sortspec=relevance&volume=52&resourcetype=HWCIT>>. Acesso em: 9 mar. 2010.

HERTZMAN, C. et al. The influence of high temperature, type of muscle and electrical stimulation on the course of rigor, ageing and tenderness of beef muscles. *Meat Science*, v.35, n.1, p.119-141, 1993.

JUDGE, M.D. et al. *Principles of meat science*. 2.ed. Iowa: Kendall Hunt, 1989. 351p.

KOOHMARAIE, M. Muscle proteinases and meat aging. *Meat Science*, v.36, n.1-2, p.93-104, 1994.

- MARSH, B.B. The basis of tenderness in muscle foods. **Journal of Food Science**, v.42, n.2, p.295-297, 1977.
- MARSHALL, D.M. Breed differences and genetic parameters for body composition traits in beef cattle. **Journal of Animal Science**, v.72, n.10, p. 2745-2755, 1994. Disponível em: <<http://jas.fass.org/cgi/reprint/72/10/2745?maxtoshow=&hits=10&RESULTFORMAT=&andoreactfulltext=and&searchid=1&FIRSTINDEX=0&sortspec=relevance&volume=72&firstpage=2745&resourcetype=HWCIT>>. Acesso em: 9 mar. 2010.
- POSTE, L.M. et al. Correlations of sensory and instrumental meat tenderness value as affected by sampling techniques. **Food Quality and Preference**, v.4, n.4, p.207-214, 1993.
- SAS. **Statistical analysis system user's guide**: stat. Version 8.ed. Cary, 2001. 1464p.
- SOUZA, P.S. Comparação dos efeitos da temperatura de cocção e espessura da lâmina de corte na força máxima de cisalhamento Warner-Bratzler, no *Longissimus dorsi* e determinação de um modelo matemático que correlacione estes parâmetros com a força máxima de cisalhamento. **PubVet**, v.2, n.7, ed.18, art.155, 2008. Disponível em: <<http://www.pubvet.com.br/texto.php?id=149>>. Acesso em: 13 ago. 2009.
- VEDENOV, D.; PESTI, G.M. A comparison of methods of fitting several models to nutritional response data. **Journal of Animal Science**, v.86, n.2, p.500-507, 2008. Disponível em: <<http://jas.fass.org/cgi/reprint/86/2/500>>. Acesso em: 9 mar. 2010. doi:10.2527/jas.2007-0536.
- WHEELER, T.L. et al. Standardizing collection and interpretation of Warner-Bratzler shear force and sensory tenderness data. **Proceedings of the Reciprocal Meat Conference**, v.50, p.68-77, 1997. Disponível em: <<http://www.ars.usda.gov/sp2userfiles/place/54380530/1997500068.pdf>>. Acesso em: 13 ago. 2009.
- ZAR, J.H. **Biostatistical analysis**. 4.ed. New Jersey: Prentice-Hall, 1999. 663p.
- ZHUANG, H.; SAVAGE, E.M. Variation and Pearson correlation coefficients of Warner-Bratzler shear force measurements within broiler breast fillets. **Poultry Science**, v.88, n.1, p.214-220, 2009. Disponível em: <<http://ps.fass.org/cgi/content/abstract/88/1/214>>. Acesso em: 10 mar. 2010. doi:10.3382/ps.2007-00442.