

AUGUSTO MATOS CORRÊA

**TERMOGRAFIA INFRAVERMELHA PARA A AVALIAÇÃO DE
CARÇA E QUALIDADE DE CARNE BOVINA**

Dissertação apresentada à Universidade Federal de Viçosa, como parte das exigências do Programa de Pós-Graduação em Zootecnia, para obtenção do título de *Magister Scientiae*.

VIÇOSA
MINAS GERAIS-BRASIL
2019

**Ficha catalográfica preparada pela Biblioteca Central da Universidade
Federal de Viçosa - Câmpus Viçosa**

T

C824t
2019

Corrêa, Augusto Matos, 1991-
Termografia infravermelha para a avaliação de carcaça e
qualidade de carne bovina / Augusto Matos Corrêa. – Viçosa,
MG, 2019.
vii, 24 f. : il. (algumas color.) ; 29 cm.

Orientador: Mário Luiz Chizzotti.
Dissertação (mestrado) - Universidade Federal de Viçosa.
Referências bibliográficas: f. 20-24.

1. Nelore (Bovino). 2. Termografia. 3. Carne - Qualidade.
4. Classificação. 5. Zootecnia. I. Universidade Federal de
Viçosa. Departamento de Zootecnia. Programa de
Pós-Graduação em Zootecnia. II. Título.

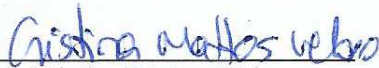
CDD 22. ed. 636.29

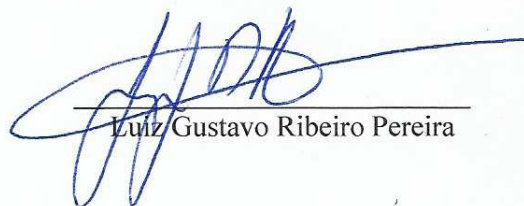
AUGUSTO MATOS CORRÊA

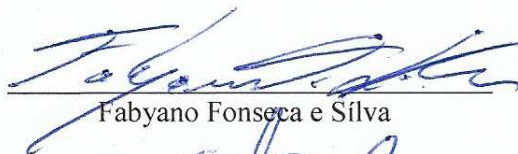
**TERMOGRAFIA INFRAVERMELHA PARA A AVALIAÇÃO DE
CARÇA E QUALIDADE DE CARNE BOVINA**

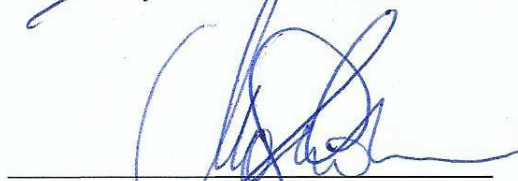
Dissertação apresentada à Universidade Federal de Viçosa, como parte das exigências do Programa de Pós-Graduação em Zootecnia, para obtenção do título de *Magister Scientiae*.

APROVADA: 28 de março de 2019.


Cristina Mattos Veloso


Luiz Gustavo Ribeiro Pereira


Fabyano Fonseca e Silva


Mário Luiz Chizzotti
(Orientador)

DEDICATÓRIA

Primeiramente dedico a Deus , por iluminar e me dar forças para conquistar meus objetivos.

E a meu pai José Luiz Pereira Corrêa, minha mãe Luziete de Mattos Corrêa e meu irmão Arthur Luiz Matos Corrêa.

AGRADECIMENTOS

À Universidade Federal de Viçosa, especialmente ao Departamento de Zootecnia pela contribuição para minha formação profissional.

Aos professores do Departamento de Zootecnia, pelos ensinamentos e conhecimentos compartilhados.

Aos funcionários do departamento de Zootecnia pela boa vontade de ajudar.

Aos Membros da banca Cristina Mattos Veloso, Luiz Gustavo Ribeiro Pereira e Fabyano Fonseca e Silva.

Ao professor Mário Luiz Chizzotti, pela orientação.

Aos colegas de Laboratório de Ciência da Carne e pós-graduação pela ajuda e incentivo.

A minha noiva Juliana Andrea Martinez, pelo amor, amizade e paciência incondicional.

Aos meus amigos e parceiros da turma Zootecnia 2011.

BIOGRAFIA

Augusto Matos Corrêa, filho de Luziete de Matos Corrêa de José Luiz Pereira Corrêa, nasceu em 8 de fevereiro de 1991, na cidade do Rio de Janeiro.

Ingressou-se no curso de graduação em Zootecnia na Universidade Federal de Viçosa no ano de 2011, graduando-se em 2016.

Em março de 2017 ingressou no curso de Mestrado em Zootecnia, no Programa de Pós-Graduação em Zootecnia da Universidade Federal de Viçosa, submeteu-se a defesa da dissertação em 28 de março de 2019.

SUMÁRIO

RESUMO	vi
ABSTRACT	vii
INTRODUÇÃO.....	1
MATERIAL E METODOS.....	3
RESULTADOS E DISCUSSÃO	10
CONCLUSÃO	19
REFERÊNCIAS.....	20

RESUMO

CORRÊA, Augusto Matos, M.Sc., Universidade Federal de Viçosa, março de 2019. **Termografia infravermelha para a avaliação de carcaça e qualidade de carne bovina.** Orientador: Mário Luiz Chizzotti.

Após a sangria no abate de bovinos, acontecem mudanças bioquímicas e estruturais no tecido muscular. A termografia, técnica não invasiva, permite avaliar a temperatura superficial ao longo do tempo e pode evidenciar os processos de transferência de calor. O experimento foi realizado no Departamento de Zootecnia da Universidade Federal de Viçosa. Foi utilizada camera termográfica (modelo FLIR T420) para a avaliação da meia-carcaça esquerda de 51 bovinos da raça Nelore, em três tempos de refrigeração diferentes (0, 12, 24h). Posteriormente, foi realizada a padronização das imagens com o auxílio do programa FLIR TOOLS. Foi utilizada escala de temperatura de 2° C até 35 ° C, emissividade de 0,98 e temperatura de reflexão 25 ° C. Com auxílio do software Photoshop, as imagens foram ajustadas para mesma área da carcaça base, e as temperatura médias superficiais foram correlacionadas com as variáveis: espessura de gordura subcutânea(EGS), área de olho de lombo(AOL), porcentagem de gordura na carcaça, porcentagem de músculo na carcaça, força de cisalhamento e comprimento de sarcomero em dois tempos de maturação (0 e 7 dias).As variáveis T24hm, $\Delta T_{24,0h}$ e $\Delta T_{24,0hkg}$, apresentaram correlação com a EGS de 0,32 , 0,30 e 0,37 respectivamente e foram significativas (P= 0,035 , 0,042 e 0,013). A AOL apresentou correlações de 0,57 , -0,44, -0,62 e -0,55 com as variáveis T0hm, $\Delta T_{12,0h}$, $\Delta T_{24,0h}$ e $\Delta T_{24,0hkg}$ respectivamente, e também foram significativas (P= 0,0012, 0,0373, 0,0003 e 0,0022.) . A correlação entre a força de cisalhamento no tempo de maturação de sete dias com T0hm foi de 0,46 e foi significativa (P=0,0144). Este estudo preliminar, indicou uma possibilidade de utilização da termografia como ferramenta de auxílio na classificação de carcaças bovinas, porém a falta de estudos nessa área pode ser um fator limitante, logo necessita-se de mais estudos na área de interesse.

ABSTRACT

CORRÊA, Augusto Matos, M.Sc., Universidade Federal de Viçosa, March, 2019. **Infrared thermography for the evaluation of carcass and beef quality.** Adviser: Mário Luiz Chizzotti.

After bleeding in cattle slaughter, biochemical and structural changes occur in muscle tissue. Thermography, a non-invasive technique, allows to evaluate the surface temperature over time and can evidence the processes of heat transfer. The experiment was carried out at the Animal Science Department of the Federal University of Viçosa. A thermography camera (model FLIR T420) was used to evaluate the left half carcass of 51 Nellore cattle in three different refrigeration times (0, 12, 24h). Subsequently, the standardization of the images was performed with the help of the FLIR TOOLS program. It was used a temperature scale of 2 ° C to 35 ° C, emissivity of 0.98 and reflection temperature of 25 ° C. With the help of the Photoshop software, the images were adjusted to the same area of the base carcass, and the average surface temperatures were correlated with the variables: subcutaneous fat thickness (EGS), loin eye area (AOL), percentage of carcass fat, carcass muscle percentage, shear force and length of sarcomero in two maturation times (0 and 7 days). The variables T24hm, $\Delta T_{24,0h}$ and $\Delta T_{24,0hkg}$ presented a correlation with the EGS of 0,32, 0,30 and 0,37 respectively and were significant (P = 0,035, 0,042 and 0,013). AOL presented correlations of 0,57, -0,44, -0,62 and -0,55 with the variables T0hm, $\Delta T_{2,1}$, $\Delta T_{3,1}$ and $\Delta T_{3,1kg}$ respectively, and were also significant (P = 0,0012, 0,0373, 0,0003 and 0,0022.). The correlation between the shear force at the seven-day maturation time with T0hm was 0,46 and was significant (P = 0,0144). This preliminary study indicated the possibility of using thermography as a tool to assist in the classification of bovine carcasses, but the lack of studies in this area may be a limiting factor, so further studies are needed in the area of interest.

INTRODUÇÃO

À medida que a indústria de bovinos de corte evolui e o mercado se torna mais exigente, maior atenção tem sido dada à cadeia produtiva da carne, bem como ao produto final que é fornecido ao consumidor. Assim, as características de carcaça tornam-se parâmetros importantes para avaliar a eficiência e a qualidade do sistema de produção (Kazama et al., 2008).

A qualidade da carne bovina, torna-se mais importante, tanto no cenário nacional como internacional. Essa situação é resultante da consciência das pessoas voltadas a obtenção de produtos de elevada qualidade e com propriedades benéficas a saúde. A qualidade da carne bovina é afetada por muitos fatores, como a categoria animal, raça, sexo, tipo de dieta fornecida, taxa de crescimento e o manejo associados à comercialização e ao abate dos animais.

Para garantir uma melhor eficiência do sistema de produção, é importante conhecer a composição corporal do bovino de corte, determinada pela composição química de seus principais componentes: proteína, gordura, minerais e água. Logo, a determinação da composição corporal, torna-se importante em estudos que avaliam alimentos ou o crescimento em si (Bonilha et al., 2007), que busquem determinar as exigências nutricionais dos animais (Valadares Filho et al., 2005) ou que procurem identificar os principais fatores limitantes responsáveis pela deposição dos tecidos corporais (Paulino et al., 2009). O conhecimento sobre o padrão de deposição dos principais constituintes corporais permite tomar uma série de decisões gerenciais, bem como o planejamento estratégico dos diferentes sistemas de produção, podendo cada um ser adaptado de acordo com o nicho de mercado em questão.

O animal possui padrão de crescimento na ordem dos diferentes tecidos, é também possui ordem de deposição de tecido adiposo, que é : gordura visceral, intermuscular, subcutânea e intramuscular, respectivamente. Se o nicho de mercado é gordura intramuscular ,por exemplo, estes outros três tipos de gordura, que antecedem o pico de crescimento de gordura intramuscular, precisam ser atingidos para, que o máximo de deposição de gordura intramuscular seja mais próximo do seu potencial máximo. A gordura

subcutânea, é de grande importância para o processamento da carne pois, além da proteção física, ela fornece isolamento tecidual, sendo um dos grandes responsáveis por evitar o “encurtamento por frio”, que é responsável por gerar uma carne mais dura e, conseqüentemente, de menor qualidade. O grau de encurtamento por frio está relacionado com o padrão de queda da temperatura, o volume muscular, e a quantidade de gordura subcutânea .

A classificação das carcaças consiste em agrupar em classes de acordo com a categoria animal, maturidade e peso. Já a tipificação é responsável por alocar as carcaças, já classificadas, de acordo com características de interesse ,como gordura subcutânea e conformação de carcaça. A tipificação e a classificação das carcaças são importantes para melhorar a padronização, bem como remunerar os produtores de forma coerente e fundamentada de acordo com produto fornecido. A classificação também é responsável por facilitar o direcionamento do produto de acordo com o nicho de mercado específico. Porém, para que este mecanismo funcione de forma adequada, é necessário o desenvolvimento de processos automáticos classificadores, reduzindo a subjetividade.

O distresse pré-abate provocado por condições inadequadas de manejo e/ou transporte aumenta o prejuízo econômico e propicia a transformação inadequada do músculo em carne. A carne DFD(Dark, Firm and Dry) está associada ao estresse de longo prazo antes do abate. O distresse pode causar uma depleção no glicogênio muscular, resultando em um maior pH muscular *pós-mortem* devido à diminuição da glicólise pela eliminação de seu substrato (Hedrick et al., 1989; Gregory, 1994; Lawrie, 1998).

Recentemente, sistemas de visão computacional usando câmeras RGB foram usados em muitas aplicações de Engenharia. Vários sistemas também foram relatados em Ciência Animal. Nesse contexto a utilização da câmera termográfica tornou-se opção para auxílio e determinação da distribuição de temperaturas superficiais, bem como processos de transferência de calor ocorridos em materiais, portanto, pode ser usada para quantificar a eficiência térmica de materiais (Fiorelli et al., 2012). Além disso, é não invasiva (Brown-BrandL et al., 2013) e aponta eventos de termorregulação fisiológica que identificam mudanças na temperatura superficial , avaliam o estresse térmico animal, podendo ser usada para a melhoria da saúde animal (Roberto et al.,

2014). Logo, a termografia, pode apresentar potencial para a avaliação da dinâmica de temperatura em diferentes pontos da superfície da carcaça.

A identificação de possíveis prejuízos na qualidade da carne, do bem-estar animal pré-abate, bem como altas temperaturas durante o período ante-mortem, teriam um efeito positivo em toda a indústria da carne, podendo aumentar a eficiência produtiva e econômica. Schaefer et al., 2018 utilizaram a termografia para avaliar a probabilidade de incidência de DFD na carne bovina, risco de anormalidades na qualidade final da carne e a identificação de animais com febre. Os autores demonstraram que o sistema de detecção térmica automatizado, não invasivo, e com tecnologia “RFID”(identificação por radiofrequência) em uma planta comercial, pode operar na linha de abate com rapidez (Schaefer et al., 2018).

Outra alternativa, que poderia auxiliar de forma positiva na indústria da carne, é a utilização de métodos automáticos não invasivos para identificação da qualidade do produto oferecido, *post-mortem*, e também classificar de acordo com o mercado de interesse. Tais métodos não invasivos, auxiliariam na remuneração baseada na qualidade do produto fornecido pelo pecuarista, e também reduziriam a subjetividade dos métodos de tipificação e classificação presentes atualmente. Poderiam gerar maior confiabilidade ao produto fornecido, pois deixariam claras na embalagem final, informações relevantes sobre o produto a ser consumido. Nesse contexto, a termográfica infravermelho foi avaliada como opção para prever o acabamento e qualidade da carne.

MATERIAL E MÉTODOS

PROCEDIMENTO DE ABATE, LOCAL E ANIMAIS

O experimento foi realizado no Departamento de Zootecnia da Universidade Federal de Viçosa, no Departamento de Zootecnia. O abate foi realizado por meio de insensibilização por método percussivo penetrativo: realizada com pistola com dardo cativo, acionado por ar comprimido

(pneumático) seguida de sangria e esfola. O sangue foi recolhido e pesado. Após a esfola, realizaram-se a evisceração e a retirada do trato gastrointestinal (TGI). As vísceras foram individualmente pesadas, cheias e vazias, para determinação do conteúdo do trato gastrointestinal (TGI). O peso de corpo vazio (PCVz) foi obtido pela diferença entre o peso de abate e do conteúdo gastrointestinal.

Em um primeiro momento foi realizada a coleta dos termogramas, de 51 meia-carcaças esquerdas de bovinos da raça nelore Inteiros com média de 14 meses de idade, e peso vivo médio em jejum final (PVJf) de 429kg em 3 tempos de refrigeração diferentes (0, 12 e 24 h).

TERMOGRAFIA

Utilizou-se o dispositivo portátil FLIR T420 (FLIR Systems Inc., Wilsonville, OR, EUA) nas carcasas em três tempos de refrigeração, 0h antes de entrar na camara fria ventilada a 4° C, 12h de refrigeração e 24h de refrigeração (T0h, T12h e T24h). A câmera foi posicionada a 1,75m de altura em relação ao solo e a 5m de distância da carcaça, a escala de temperatura adotada foi 2 a 35° C, emissividade de 0,98 e temperatura reflectância de 25°C, figura 1. Os arquivos foram processados e interpretados usando o software FLIR Tools 5.6 (FLIR Systems, Wilsonville, OR, USA).

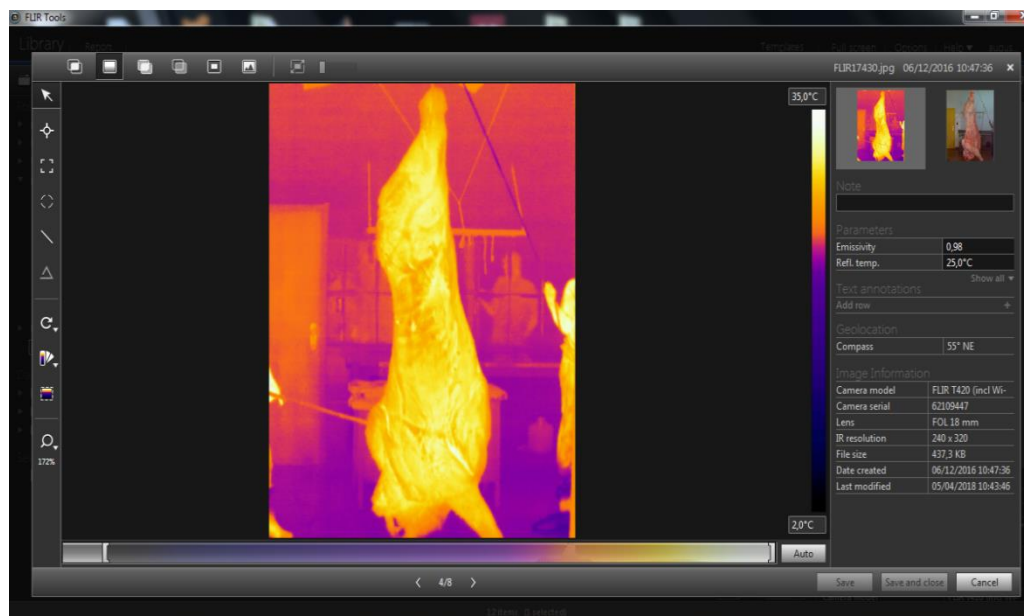


Figura 1: Interface do programa FLIR Tools referente a etapa de padronização

Devido à pequena variação entre as imagens coletadas, as carcaças referentes a cada tempo, de cada animal foram padronizadas para a mesma área e contorno. Assim, os pixels referentes a cada tempo tiveram a localização semelhante em relação aos eixos X e Y, porém com valores individuais diferentes(Figura 2). Logo, um segundo procedimento manual foi necessário para manter o contorno semelhante das carcaças nos períodos de refrigeração. Para isso usou-se o software Adobe Photoshop CS6®.

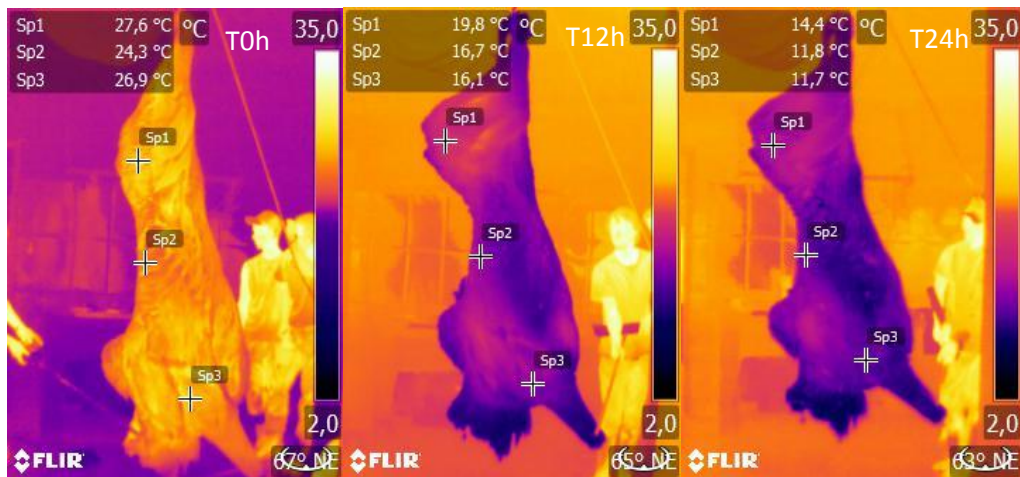


Figura 2- Exemplo de imagens nos tempos de refrigeração 0,12 e 24h de refrigeração, com três pontos superficiais e suas respectivas temperaturas

Posteriormente às imagens padronizadas, em formato JPEG,o plano de fundo foi retirado com a ferramenta “Laço Magnético”, tendo sido selecionada apenas a área de interesse da imagem foi selecionada. O próximo passo foi ajustar todos as imagens(T0h,T12h e T24h) no mesmo perimitro e area. Para isso foi, selecionada e isolada, com a mesma ferramenta laço magnético, 0 tempo de refrigeração base de 12 horas(T12h). Logo, os demais tempos T0h e T24h ,foram sobrepostos com auxilio da ferramenta “free transform” na mesma area e perimitro do T12h . Utilizando o comando “Merge Layers” que é responsavel por finalizar a sobreposição das “Layers”(T0h,T24h) a Layer Base T12h, como resultado final temos os três tempos de refrigeração com o mesmo e perimitro e area (Figura 3).

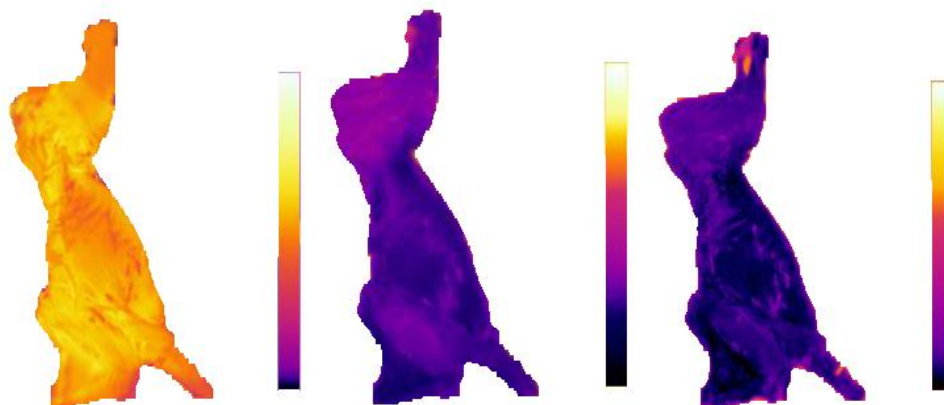


Figura 3- Imagens padronizadas e processadas para mesma área e perímetro em diferentes tempos de refrigeração

Na etapa de processamento manual, com o auxílio do software Photoshop, foi possível que todas as imagens, referentes às carcaças em diferentes tempos de refrigeração, fossem sobrepostas, utilizando-se o contorno base do T12h, ou seja, os três tempos de refrigeração terão a mesma área e perímetro, porém com os pixels médios diferentes.

Para dinamizar o processo, bem como as análises futuras, transformou-se a imagem RGB normal em escala de cinza (RGBgray), sendo caracterizados pelo seu índice (0-255) e sua localização 2-D nos eixos X e Y. Foi aplicada uma linha de código que considera que os pixels referentes ao plano de fundo, têm valor igual a 0. Logo depois, selecionou-se apenas a imagem depois da escala, mais precisamente após a coluna 190 no eixo X. Com a imagem devidamente selecionada, partiu-se para determinação da matriz referente a cada pixel contido na área de interesse.

Utilizou-se a linha de código, para obter o somatório de pixels totais referente a cada imagem, e um outro comando foi utilizado para contabilizar a quantidade de pixels presentes em cada tempo. Após determinar a quantidade total de pixels em cada imagem, e o somatório total dos valores individuais de cada um, obteve-se o valor médio de cada pixel presente em cada tempo de refrigeração. Esse procedimento foi realizado no Software MATLAB2015. Os valores dos pixels médios referentes a cada tempo de refrigeração foram corrigidos para a temperatura em graus °C por regressão linear entre a média de

três pontos de coleta superficial de temperatura (coxão, *Longissimus* e paleta), nos três tempos de refrigeração (0, 12 e 24h) obtido com auxílio do software FLIR Tools 5.6 (FLIR Systems, Wilsonville, OR, USA) (Figura2).

A divisão entre o somatório de pixels totais, representado pela soma total dos valores de 0 a 255 de cada pixel presente nas imagens de cada tempo de refrigeração (T0h, T12h e T24h), e a quantidade de pixels presentes em cada tempo (a quantidade de pixels, é a mesma nos três tempos de refrigeração), representa o valor médio dos pixels presentes em cada imagem. Quando o pixel médio foi convertido para temperatura em °C, pela regressão linear dos três pontos de temperatura superficial (Figura 2), obteve-se a temperatura média superficial nos três tempos de refrigeração “T0hm”, “T12hm” e “T24hm”. Foi tomada a hora referente a cada coleta de foto e cada tempo de refrigeração. Quando as diferenças entre as temperaturas médias superficiais dos três tempos de refrigeração, de cada animal, foram ajustadas entre as horas de coleta das fotos, obtemos as variáveis calculadas “ $\Delta T_{12,0h}$ ”, “ $\Delta T_{24,0h}$ ” e “ $\Delta T_{24,12h}$ ”. Foram ainda geradas as variáveis $\Delta T_{12,0hkg}$, “ $\Delta T_{24,0hkg}$ ” e “ $\Delta T_{24,12hkg}$ ” com base em correções baseadas no kg de carcaça e hora de coleta de imagem.

ANÁLISES NAS CARÇAÇAS E CARNE

Nos dias seguintes a cada abate, ocorreu a desossa e foram realizadas avaliações da composição física da carcaça e da carne, que foram correlacionadas e regressadas com as variáveis termográficas.

Na metade esquerda da carcaça já resfriada, foi retirada uma seção entre a 11ª e a 12ª costelas, denominada “seção HH”, conforme metodologia proposta por Hankins & Howe (1946) e adaptada por Müller et al., (1973). Nesta seção, foi feita a separação física dos tecidos em músculo, gordura e osso, para posterior determinação da quantidade total e do percentual desses componentes. Nesta mesma parte do músculo, *Longissimus dorsi*, com auxílio de uma paquímetro digital, mediu-se a espessura de gordura subcutânea (EGS) da carcaça. Com a mesma peça coletada, com auxílio de papel transparente, foi obtida a área de olho de lombo (AOL). Colocou-se o papel transparente na parte mais cranial do músculo após corte perpendicular ao eixo horizontal, e

,com auxílio de caneta colorida, obteve-se o contorno do músculo. Depois de obtido o contorno, este mesmo foi digitalizado e salvo em JPEG. A imagem coletada salva foi processada pelo software Image J, devidamente calibrado na escala 1:1 para obtenção da área de olho de lombo (AOL).

Para as análises de força de cisalhamento, foram utilizados, bifes com 2,5 mm de espessura aproximadamente. Os bifes foram embalados a vácuo e cozidos, durante 30 minutos, em banho-maria a 70 °C. Posteriormente foram deixados na geladeira durante cerca de 24 h. Depois deste período, os bifes foram desembalados e secos com papel toalha para remoção do excesso de fluido. Seis amostras cilíndricas, de 1,27 cm de diâmetro, foram coletadas de cada bife, de forma paralela à orientação das fibras musculares, utilizando-se um amostrador de aço inox, devidamente afiado. As amostras cilíndricas foram cisalhadas perpendicularmente à orientação das fibras musculares, utilizando-se lâmina de corte em V, com angulação de 60° e espessura de 1,016 mm e velocidade fixa de 20 cm/min, acoplada ao texturômetro Warner- Bratzler® (G-R Electrical Manufacturing Company, Manhattan – KS, USA). A força máxima para romperem as amostras cilíndricas de carne foi coletada em seis repetições. Sendo que a média das 6 repetições, corresponde ao valor da força de cisalhamento atribuído a cada amostra e a cada área da curva de deformação como variável de maciez(Ferreira, 2017).

Segundo a técnica da difração do laser (Cross et al., 1981) , foi estimado o comprimento de sarcômero . Utilizou-se a pinça de ponta fina, para retirar seis filamentos finos de carne, do mesmo bife em que foi realizada a força de cisalhamento. Estes foram colocados separadamente, na mesma lâmina de vidro. Posteriormente, foi acrescentada uma gota de solução de sacarose 0,2 M (0,2 M de glicose e 0,1 M de NaHPO₄ com pH 7) a 4 °C sobre cada filamento. As lâminas com os devidos filamentos foram, então, colocadas em suporte onde o laser (632,8 nm) foi incidido sobre os filamentos. As bandas de difração foram, então, tomadas 12 cm abaixo do suporte (Ferreira, 2017).

A composição física das carcaças foi determinada com as equações propostas pelo BR-Corte 2016 (Valadares Filho et al., 2016). As equações de predição referentes à composição física de zebuínos e seus cruzados de corte, foram obtidas pelo corte compreendido entre a 11^a e a 12^a costelas propostas por Marcondes et al. (2010, 2012). A equação de predição da porcentagem de

gordura na carcaça utilizada foi: $\% G_{CARC} = 0,689 + (0,3 * \% GHH) + (1,177 * GV\%PCVZ)$, em que GHH é a porcentagem de gordura em relação ao peso total da fração HH”, e GV%PCVZ é a porcentagem de gordura visceral em peso corporal vazio. Já a equação de predição da porcentagem de músculo na carcaça foi: $\% M_{CARC} = 57,33 + (0,20 * \% MHH) - (1,39 * GV\%PCVZ)$, sendo MHH a porcentagem de músculo em relação ao peso total da seção HH e GV%PCVZ a porcentagem de gordura visceral em peso corporal vazio.

Foram registrados o peso da carcaça quente esquerda (CarQ), e também o peso da carcaça fria direita após o período de refrigeração final (CarcF). O rendimento de carcaça quente (RCQ) foi obtido pelo somatório da carcaça quente, direita e esquerda, dividido pelo peso corporal em jejum final (PCjf). Já o rendimento de carcaça fria, foi obtido pelo mesmo processo descrito acima, porém ,em vez do somatório das carcaças quentes, utilizou-se o peso das carcaças depois de refrigeradas.

Tabela 1-Estatística descritiva das variáveis relacionadas a composição física da carcaça e qualidade de carne

Váriavel	N	Média	DP	Mínimo	Máximo
CarQ (Kg)	51	132	11,6	101	162
CarcF (Kg)	51	130	11,5	98,3	159
RCF (%)	51	59,1	0,01	56,3	62,2
RCQ (%)	51	60,3	0,01	57,7	63,2
EGS (mm)	45	3,81	0,94	1,84	5,56
AOL (Cm ²)	29	70,2	8,22	52,5	87,4
Musculo (%)	51	60,5	0,93	58,4	62,3
Gordura (%)	50	22,6	1,49	19,8	25,6
WBSFd0(kgf)	50	5,51	1,53	1,34	8,60
WBSFd7(kgf)	28	3,95	1,20	1,50	6,40
CSd0(µm)	48	1,96	0,20	1,61	2,41
CSd7 (µm)	27	1,89	0,23	1,52	2,40

CarQ: Peso da metade esquerda da carcaça sem refrigeração(kg), **CarF:** Peso da metade esquerda da carcaça refrigerada(kg) **RCQ:** Rendimento de carcaça quente(%), **RCF:** Rendimento de Carcaça Fria(%), **AOL :** Área de olho de lombo (cm²), **EGS:** Espessura de Gordura Subcutânea(mm),**Musculo:** % de músculo na carcaça(%), **Gordura:** % de gordura na carcaça(%), **WBSFd0:** força de cisalhamento no tempo de maturação dia 0 (kgf), **WBSFd7:** força de cisalhamento no tempo de maturação 7 dias (kgf), **CSd0:** Comprimento de sarcômero no tempo de maturação dia 0, **CSd7:** Comprimento de sarcômero no tempo de maturação 7 dias.

Os dados das imagens foram correlacionados com as variáveis de carcaça e carne, utilizando o comando “Proc Corr” do programa SAS 9.4.Os

parâmetros de imagem foram regredidos nas variáveis de carcaça e carne para gerar os modelos de predição, utilizando-se o comando do “Proc Glim” do SAS 9.4.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

A média, bem como os valores máximo e mínimo, estão na maioria dos parâmetros representados como valores negativos, pois como se trata da variação de temperatura entre os tempos de refrigeração, o tempo final (24h) apresenta temperatura menor em relação aos demais tempos. O pixel médio também apresenta valores inferiores para o tempo de refrigeração de 24h em relação aos demais tempos, pois, como descrito anteriormente, esses, valores são baseados na variação média de temperatura em cada ponto.

Tabela 2-Estatística descritiva das variáveis calculadas por image termográfica

Variável	N	Média	DP	Mínimo	Máximo
T0hm(°C)	51	27,8	3,05	19,6	33,2
T12hm (°C)	35	19,29	4,20	10,98	27,14
T24hm (°C)	51	10,75	2,64	7,14	17,66
$\Delta T_{12,0h}$ (°C /h)	35	-0,91	0,54	-2,39	0,06
$\Delta T_{24,0h}$ (°C /h)	51	-0,79	0,23	-1,14	-0,27
$\Delta T_{24,12h}$ (°C /h)	35	-0,79	0,58	-2,32	0,15
$\Delta T_{12,0hkg}$ (°C/h/Kg)	35	-0,01	0,00	-0,02	0,00
$\Delta T_{24,0hkg}$ (°C/h/Kg)	51	-0,01	0,00	-0,01	0,00
$\Delta T_{24,12hkg}$ (°C/h/Kg)	35	-0,01	0,0043	-0,02	0,00

T0hm:Média de temperatura superficial no tempo de refrigeração 0 horas (°C), **T12hm:** Média de temperatura superficial no tempo de refrigeração 12 horas(°C), **T24hm:** Média de temperatura superficial no tempo de refrigeração 24 horas(°C), **$\Delta T_{12,0h}$:** Variação térmica superficial entre o tempo refrigeração 12h e 0h corrigidos por hora(°C/h) , **$\Delta T_{24,0h}$:**Variação térmica superficial entre o tempo de refrigeração 24h e 0h corrigidos por hora (°C/h), **$\Delta T_{24,12h}$:** Variação térmica superficial entre o tempo de refrigeração 24h e 12h corrigidos por hora (°C/h), **$\Delta T_{12,0hkg}$:** Variação térmica superficial entre o tempo de refrigeração 12h e 0h

corrigidos por hora e kg de carcaça fria (°C/h/Kg) , **ΔT24,0hkg**: Variação térmica superficial entre o tempo de refrigeração 24h e 0h corrigidos por hora e kg de carcaça fria (°C/h/Kg), **ΔT24,12hkg**: Variação térmica superficial entre o tempo de refrigeração 24h e 12h corrigidos por hora e kg de carcaça fria (°C/h/Kg).

Tabela 3-Correlação dos parâmetros obtidos por câmera termográfica e as variáveis da carcaça e de carne

	EGS	%M	%G	RCF	RCQ	AOL	WBSFd0	WBSFd7	CSd0	CSd7
T0hm	-0,24+	0,07	-0,12	0,18	0,22+	0,57*	0,12	0,46*	-0,15	0,01
T12hm	-0,25+	-0,16	0,18	0,07	0,11	-0,15	-0,06	0,06	0,04	-0,19
T24hm	0,32*	-0,06	-0,02	0,00	0,00	-0,33+	-0,07	0,29	0,19	0,14
ΔT12,0h	-0,11	-0,12	0,18	-0,05	-0,04	-0,44*	-0,19	-0,01	0,12	-0,12
ΔT24,0h	0,30*	-0,08	0,10	-0,09	-0,11	-0,62*	-0,09	0,03	0,26+	0,07
ΔT24,12h	0,33+	0,10	-0,05	-0,14	-0,16	-0,25	0,02	0,07	0,08	0,19
ΔT12,0hkg	-0,12	-0,18	0,20	-0,07	-0,07	-0,36+	-0,22	-0,02	0,15	-0,15
ΔT24,0hkg	0,37*	-0,29	0,16	-0,05	-0,08	-0,55*	-0,10	0,16	0,25	0,14
ΔT24,12hkg	0,38	0,01	0,00	-0,12	-0,14	-0,20	0,00	0,06	0,08	0,19

EGS: Espessura de Gordura Subcutânea(mm), **%M**: % de musculo na carcaça(%), **%G**: % de gordura na carcaça(%), **RCF**: Rendimento de Carcaça Fria(%), **RCQ**: Rendimento de carcaça quente(%), **AOL** : Area de olho de lombo (Cm²), **WBSFd0**:força de cisalhamento no tempo de maturação dia 0(kgf), **WBSFd7**: força de cisalhamento no tempo de maturação 7 dias(kgf), **CSd0**: Comprimento de Sarcômero no tempo de maturação dia 0, **CSd7**: Comprimento de Sarcômero no tempo de maturação 7 dias , **T0hm**:Média de temperatura superficial no tempo de refrigeração 0 horas (°C), **T12hm**: Média de temperatura superficial no tempo de refrigeração 12 horas(°C), **T24hm**: Média de temperatura superficial no tempo de refrigeração 24 horas(°C),**ΔT12,0h**: Variação térmica superficial entre o tempo refrigeração 12h e 0h corrigidos por hora(°C/h) , **ΔT24,0h**:Variação térmica superficial entre o tempo de refrigeração 24h e 0h corrigidos por hora (°C/h), **ΔT24,12h**: Variação térmica superficial entre o tempo de refrigeração 24h e 12h corrigidos por hora (°C/h), **ΔT12,0hkg**: Variação térmica superficial entre o tempo de refrigeração 12h e 0h corrigidos por hora e kg de carcaça fria (°C/h/Kg) , **ΔT24,0hkg**: Variação térmica superficial entre o tempo de refrigeração 24h e 0h corrigidos por hora e kg de carcaça fria (°C/h/Kg), **ΔT24,12hkg**: Variação térmica superficial entre o tempo de refrigeração 24h e 12h corrigidos por hora e kg de carcaça fria (°C/h/Kg);*P<0,05; +P<0,20.

As variáveis obtidas pelas imagens foram correlacionadas com a espessura de gordura subcutânea (EGS), sendo que estas, no geral, apresentaram baixa correlação. As variáveis **T24hm**, **ΔT24,0h** e **ΔT24,0hkg**, apresentaram correlação com a EGS de 0,32 , 0,30 e 0,37 respectivamente e foram significativas (P= 0,035 , 0,042 e 0,013).

A área de olho de lombo (AOL) apresentou correlações de 0,57 , -0,44, -0,62 e -0,55 com as variáveis **T0hm**, **ΔT12,0h**, **ΔT24,0h** e **ΔT24,0hkg** respectivamente, e também foram significativas (P= 0,0012, 0,0373, 0,0003 e 0,0022,respectivamente)

A correlação entre a força de cisalhamento no tempo de maturação de sete dias com **T0hm** foi significativa (P=0,0144), e apresentou a correlação de 0,46.

A partir das correlações significativas, foram geradas regressões lineares entre as variáveis obtidas com as imagens termográficas e os parâmetros de carcaça e da carne (figuras 4, 5 e 6).

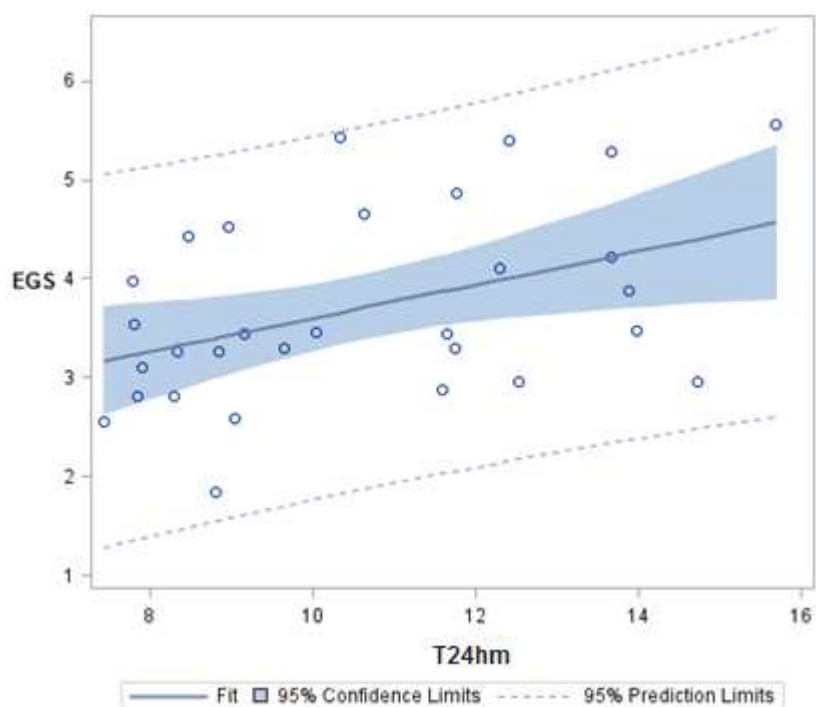


Figura 4-Varição da espessura de gordura subcutânea (EGS/mm) em função da temperatura superficial média da carcaça refrigerada por 24 h (T24hm). $EGS=2,09 \times (\pm 0,61)+0,15 \times (\pm 0,05) \times T24hm$, $R^2=0,19$ e $P=0,009$.

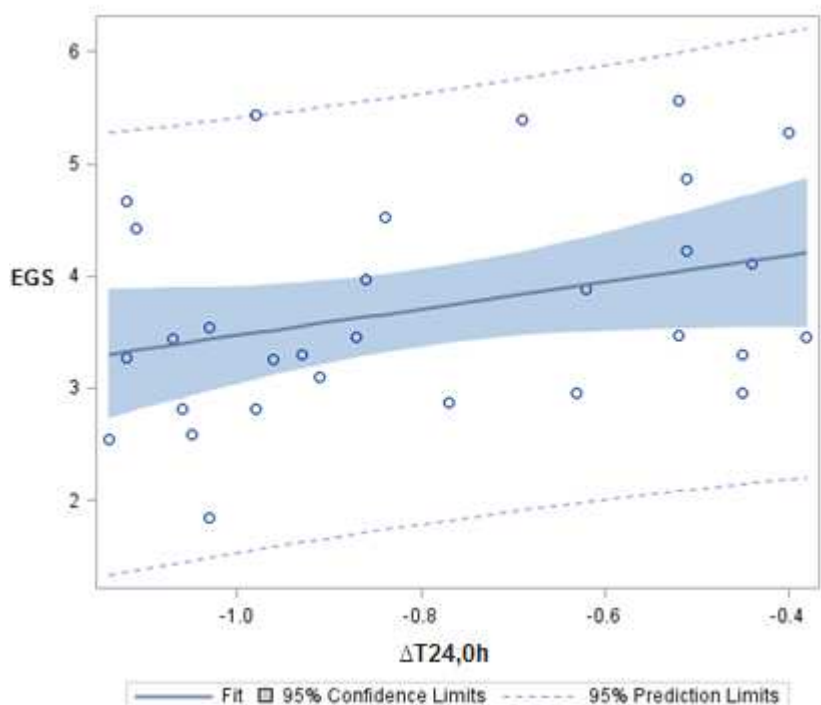


Figura 5-Varição na espessura de gordura subcutânea (EGS/mm) em função da diferença entre as temperaturas médias superficiais 24 h e 0 h em refrigeração

corrigidas por tempo em horas $\Delta T_{24,0h}$. $EGS=4,76 \times (\pm 0,48)+1,33 \times (\pm 0,58) \times \Delta T_{24,0h}$, $R^2=0,13$ e $p=0,03$.

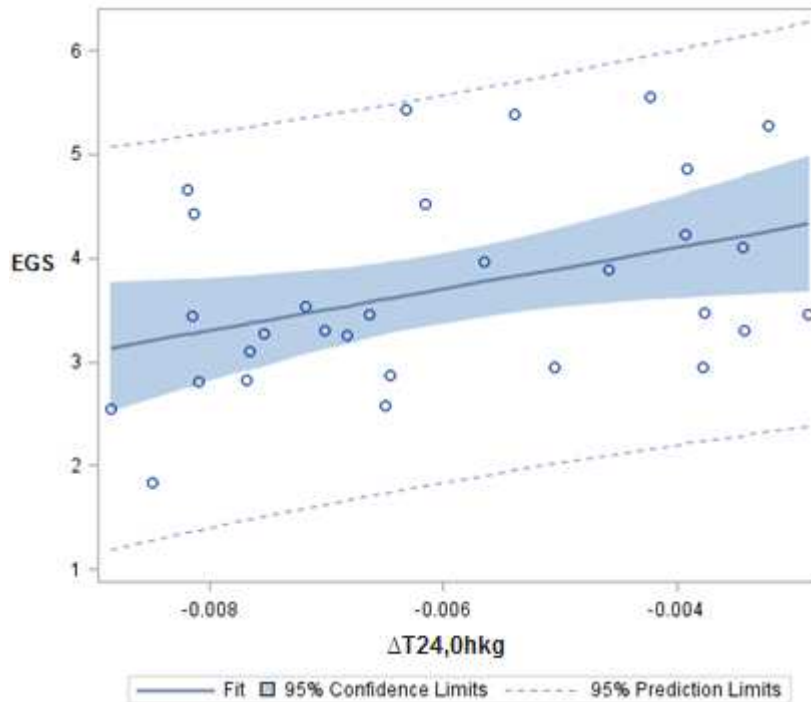


Figura 6 -Variação na espessura de Gordura (EGS/mm) em função da diferença entre as temperaturas médias superficiais 24h e 0h em refrigeração corrigidas por Kg de carcaça $\Delta T_{24,0hkg}$. $EGS=4,96 \times (\pm 0,47)+211,63 \times (\pm 78,06) \times \Delta T_{24,0hkg}$, $R^2=0,19$ e $p=0,0107$.

Houve relação linear crescente entre a temperatura média superficial T_{24m} e a EGS, indicando que quanto maior a espessura de gordura mais alta foi a temperatura superficial média após 24 h de refrigeração (Figura 4). Um estudo utilizando câmera termográfica e a relação com distribuição da temperatura superficial em mulheres obesas, indicou que a temperatura média superficial diminuiu com o aumento da percentagem de gordura corporal (PBF) da área abdominal ($R^2=0,779$, $p<0,0001$). (Chudecka. et al., 2014).

Avaliando a variação térmica da superfície da carcaça, observou-se menor variação térmica entre 0 e 24 h de resfriamento quanto maior foi a EGS, demonstrando que a EGS está relacionada ao isolamento térmico das carcaças e que esse grau de acabamento pode ser predito pela diferença entre a temperatura superficial média da carcaça antes e após o resfriamento.

Além da gordura subcutânea, o volume da carcaça pode afetar a variação térmica. Carcaças maiores podem perder menos calor do que carcaças menores. Dessa forma, a variação térmica foi ajustada em relação ao peso da carcaça, para avaliar a influência da espessura de gordura de acabamento de forma independente o efeito de tamanho da carcaça ($\Delta T_{24,0hKg}$, Figura 5) e observou-se progresso na precisão da equação de predição ($R^2=0,16$) da EGS com a utilização dessa variável. Muitas variáveis influenciam a taxa de resfriamento, incluindo: tamanho, forma e gordura da carcaça, temperatura, umidade relativa e padrão de fluxo do ar. (Smulders et al., 1992)

Nas Figuras 7 a 9, são apresentadas as relações entre a AOL e as variáveis termográficas.

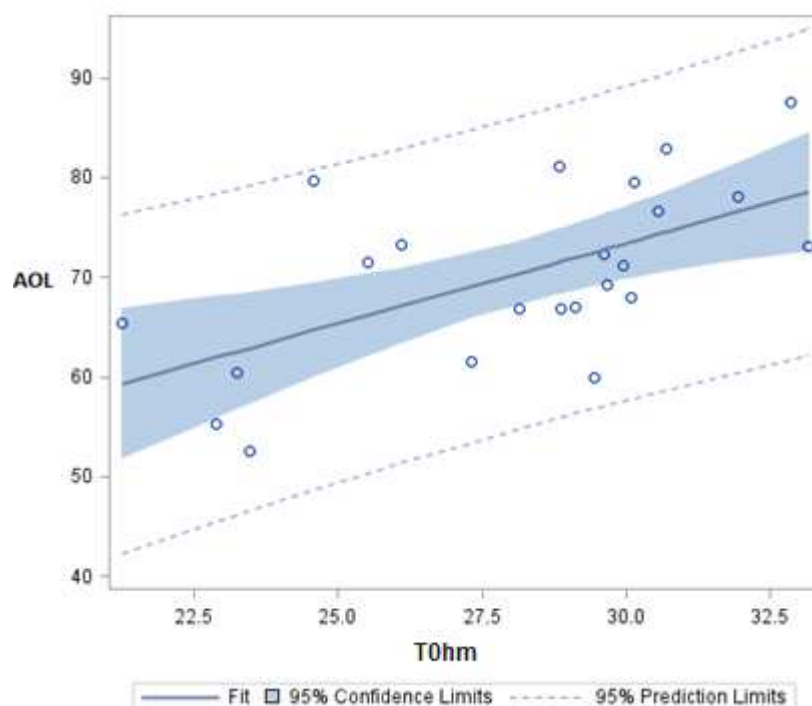


Figura 7-Varição da Area de Olho de Lombo (AOL /cm²) em função da temperatura superficial média da carcaça não refrigerada T_{0hm}. AOL=24,76 x (±12,5)+1,62 x (±0,44)x T_{0hm}, R²=0,38 e p=0,014.

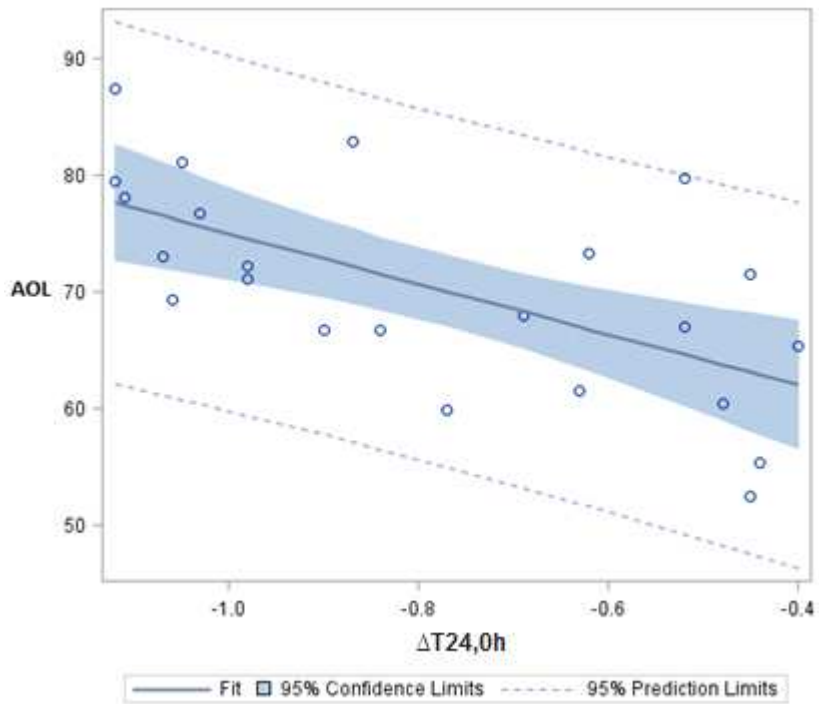


Figura 8-Variação na Area de olho de lombo (AOL/cm²) em função da diferença entre as temperaturas médias superficiais 24h e 0h em refrigeração corrigidas por tempo em horas ΔT24,0h. AOL=4,76 x (±0,48)+1,33 x (±0,59)x ΔT24,0h, R²=0,13 e p=0,030.

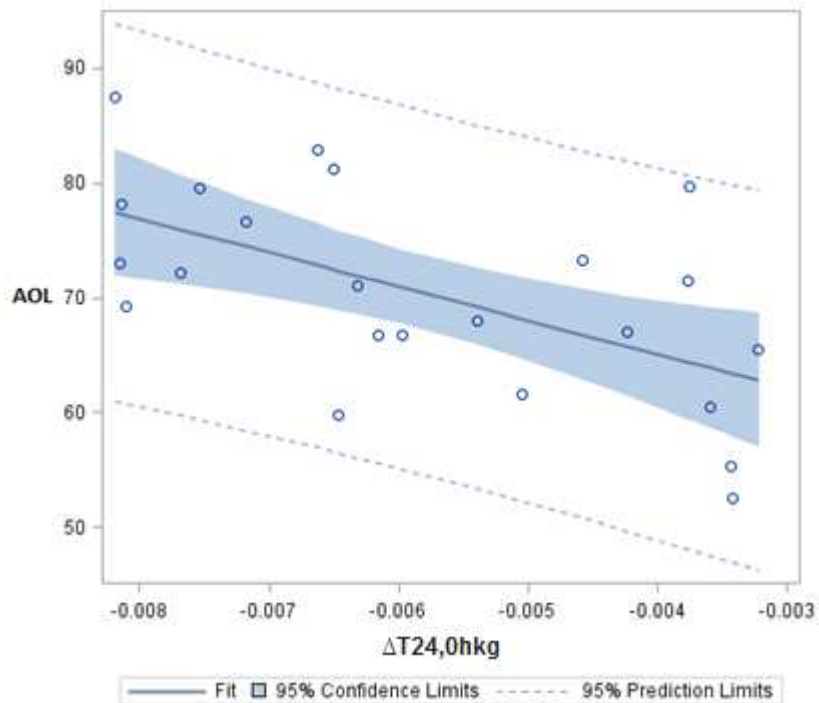


Figura 9-Variação na Area de olho de lombo (AOL/cm²) em função da diferença entre as temperaturas médias superficiais 24 h e 0 h em refrigeração corrigidas por

kg de carcaça $\Delta T_{24,0hkg}$. AOL=54,16 x ($\pm 4,77$)-2818,85 x ($\pm 803,61$)x $\Delta T_{24,0hkg}$, $R^2=0,36$ e $p=0,020$.

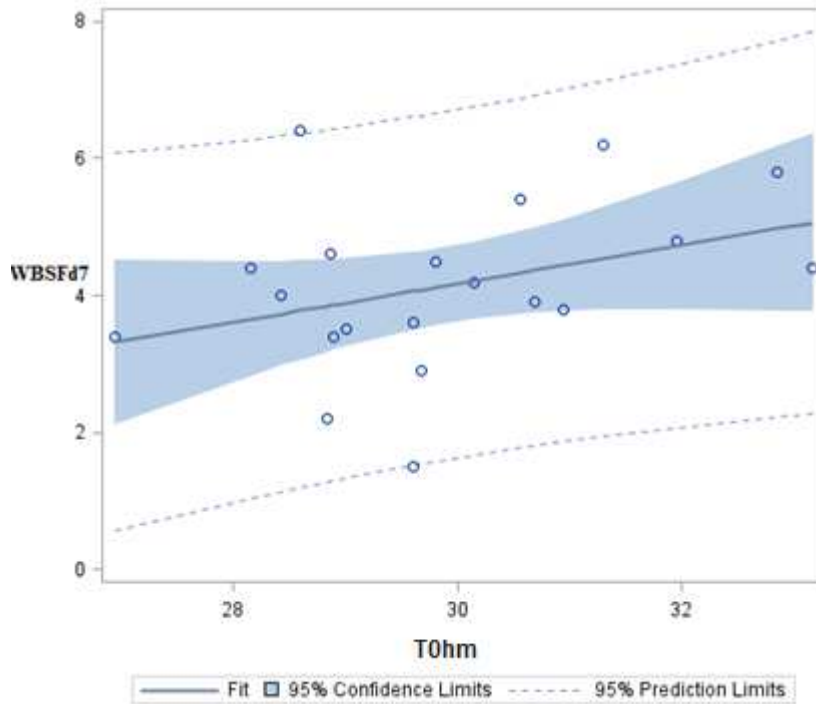


Figura 10-Varição na força de cisalhamento no tempo de maturação de sete dias em função da temperatura superficial média da carcaça não refrigerada T0hm. $WBSFd7=4,24 \times (\pm 5,12)+0,28 \times (\pm 0,17) \times T0hm$, $R^2=0,13$ e $p=0,12$.

Carcaças com maior AOL, que indicam maior quantidade de músculo, apresentaram maior temperatura média superficial após o abate (T0hm, Figura 7). Esse resultado pode indicar que animais com maior musculabilidade apresentam maior metabolismo e geração de calor, e portanto maior temperatura inicial da carcaça. Porém, decorridas 24 horas de resfriamento, não observou-se correlação da AOL com a temperatura média final ($P=0,9813$). Um estudo avaliando a produção de calor em amostras de músculo semitendíneo e músculo extensor, mostrou que a taxa de produção de calor atinge seu máximo nível cerca de 1 a 2 horas *post-mortem* (média = 1,5 kJ / kg hr), mantendo-se por um período de 2 a 3 horas antes de ser zero. (Morley,1974)

Com relação à variação térmica entre os tempos de refrigeração, observou-se que a AOL apresenta comportamento inverso ao observado para a EGS. Carcaças com maior musculosidade (AOL) apresentaram maior variação térmica entre 0 e 24 horas de refrigeração. O tecido muscular, diferentemente do tecido adiposo, não é um bom isolante térmico, pois apresentam alto teor água, que possui maior condutividade térmica que a gordura, ocasionando maior variação térmica, ajustada ou não para o peso da carcaça.

Com relação às variáveis de qualidade de carne, apenas a força de cisalhamento a sete dias de maturação apresentou correlação com as variáveis termográficas. A temperatura superficial média inicial apresentou comportamento linear crescente em relação a força de cisalhamento aos sete dias de maturação ($P=0,0144$), o que indica que quanto maior a temperatura da carcaça na entrada na câmara fria, maior a probabilidade de obter-se carne menos macia. Tal observação pode estar relacionada ao estresse pré abate, que pode aumentar a geração de calor do animal pré abate e influenciar negativamente a proteólise *post-mortem* e a maciez da carne. Quando comparados bovinos com temperaturas orbitais normais de $33,6\text{ °C}$ com animais exibindo DFD, estes apresentaram temperaturas mais frias ($30,4 \pm 1,85\text{ °C}$) ou mais quentes ($35,8 \pm 1,28\text{ °C}$) (Schaefer et al., 2018). No abate, todos os animais com os mesmos tratamentos pré-abate têm o mesmo nível de maciez, e diferença de maciez é criada nas primeiras 24 horas após a morte. (Koochmaraie et al., 1987)

A termografia demonstrou que pode auxiliar nos procedimentos de classificação de carcaças. Porém, a falta de informação em trabalhos com carcaças torna-se um possível entrave. Na grande maioria dos trabalhos, o uso de câmara termográfica é aplicada *ante-mortem* focadas na detecção de possíveis doenças e no cálculo de índices de estresse térmico. É necessário uma maior padronização na coleta de dados e mecanismos para tentar diminuir o fatores de interferência externa no momento de coleta das imagens, o que pode diminuir a necessidade de processamento manual das imagens.

CONCLUSÃO

Este estudo inicial indica a possibilidade de uso da termografia da carcaça para auxiliar a predição do acabamento e da musculosidade da carcaça, bem como identificar precocemente carcaças que produzirão carne de maciez indesejada.

A temperatura superficial média da carcaça avaliada antes da refrigeração pode ser utilizada no auxílio de predição da área de olho de lombo e da força de cisalhamento da carne maturada por sete dias. Já a temperatura superficial média da carcaça avaliada 24 horas após a refrigeração, tem potencial para ser utilizada na predição acabamento da carcaça.

A avaliação da variação térmica da temperatura superficial da carcaça entre imagens obtidas com 24 horas de diferença, mostrou a possibilidade de predizer tanto a espessura de gordura subcutânea quanto a área de olho de lombo em carcaças bovinas. Porém a falta de estudos com a termografia no período post-mortem, é um entrave. Logo, este estudo preliminar indicou uma possibilidade de utilização da termografia como ferramenta de auxílio na classificação de carcaças bovinas, porém necessita-se de mais estudos nesta área de interesse.

REFERÊNCIAS

- ABERLE, E. D.; FORREEST, J. C.; GERRARD, D. E. AND EDWAR, W. M. Principles of meat science. 4^a. ed. Iowa: Kendall/Hunt Publishing Company, 354p, 2001.
- ARIAS,P.;PINI,A.;SANGUINETTI,G.;SPRECHMANN,P.;CANCELA,P.;FERNANDEZ,A.;GOMEZ,A.;RANDALL,G.; Ultrasound image segmentation with shape priors: application to automatic cattle rib eye area estimation. *IEEETransImageProcess*16:1637–1645,2007.
- BERTRAM, H. C.; SCHAFER, A.; ROSENVOLD, K.; ANDERSEN, H. J. Physical changes of significance for early post mortem water distribution in porcine *M. longissimus*. *Meat Science*, 66(4), p.915–924, 2004.
- BROWN-BRANDL, T.M.; EIGENBERG, R.A.; PURSWELL, J.L. Using thermal imaging as a method of investigating thermal thresholds in finishing pigs. *Biosystems Engineering*, Londres, v.114, n.3, p.327-333, 2013.
- BONILHA, S.F.M.; PACKER, I.U.; FIGUEIREDO, L.A. et al. Efeitos da seleção para peso pós-desmame sobre características de carcaça e rendimento de cortes cárneos comerciais de bovinos. *Rev. Bras. Zootec.*, v.36, p.1275-1281, 2007.
- CHUDECKA, M.; LUBKOWSKA, A.;KEMPIŃSKA-PODHORODECKA, A. Body surface temperature distribution in relation to body composition. *Journal of Thermal Biology* vol.43 p.1–6, 2014.
- CROSS, H.R.; WEST,R.L.;DUTSON, T.R. Comparison of methods for measuring sarcomere length in beef semitendinosus muscle. *Meat Science*, v.5, p.261–266, 1981.

- COSTA, C. A. R.; ARAÚJO, C. V. AND ARAÚJO, S. I. Índice biométrico para avaliação do desenvolvimento corporal em ovinos da raça Santa Inês por meio de análise multivariada. In: V Seminário de iniciação científica da UFRA. Belém, Anais UFRA, 2006.
- FERNANDES, H. J. L. O. TEDESCHI, M. F. PAULINO, and L. M. PAIVA. 2010. Determination of carcass and body fat compositions of grazing crossbred bulls using body measurements. *J. Anim. Sci.* 88:1442–1453. doi:10.2527/jas.2009-1919
- FERREIRA, F. A. Efeito da reidratação do milho e sorgo sobre a qualidade da carne de bovinos nelore terminados em confinamento. 2017. 29p. Dissertação (Mestrado em Zootecnia) – Universidade Federal de Viçosa.
- FIORELLI, J.; SCHMIDTI, R.; KAWABATA, C.Y.; OLIVEIRA, C.E.L.; SAVASTANO JÚNIOR, H.; ROSSIGNOLO, J.A. Eficiência térmica de telhas onduladas de fibrocimento aplicadas em abrigos individuais para bezerros expostos ao sol e à sombra. *Ciência Rural*, Santa Maria, v.42, n.1, p.64-67, 2012.
- GREGORY, N. G. Preslaughter handling, stunning and slaughter. *Meat Sci.* 36,p.45–56, 1994.
- HAERING, N.; QIAN, R.; SEZAN, M.A.Semanticevent-detection approach and its application to detecting hunts in wild life video. *IEEE Trans Circuits Syst Video Technol* 10(6):p.857–868, 2000.
- HEDRICK, H. B., E. D. ABERLE, J. C. FORREST, M. D. JUDGE, and R. A. MERKEL, 1989. Conversion of muscle to meat and development of meat quality. : *Principles of Meat Science*. 3rd ed. Kendall/Hunt Publishing Co., Dubuque, IA. Pages 95–122, 1989.
- HONIKEL, K.O.E.; POLANNE, D. I. ;DEMEYER, M.; RUUSUNEN, S.;. Quality of fresh pork—Review. *Pork quality: Genetic and metabolic factors*. UK: CAB International,p. 203–216, 1993.

- IMMONEN, K.; POULANNE, E. Variation of residual glycogen-glucose concentration at ultimate pH values below 5.75. *Meat Science*, 55,p.279–283,2000.
- JIANGQ, DANIELLC .Recognition of human and animal movement using infrared video streams .In:Proc.International Conference on Image ProcessingICIP,p.1265–1268, 2004.
- JOHNSON, M. H.; BIDNER, T. D.; MCLLIN, K. W.; DUGAS, S. M. ,HEMBRY, F.G. The effect of three temperature conditioning treatments and subcutaneous fat removal on lamb quality. *Journal of Animal Science*, vol. 67, p. 2309–2315, 1989.
- KAZAMA, R.;ZEOULA, L. M.;PRADO, I.N.;SILVA D.C.; DUCATTI, T.; MATSUSHITA, M. Características quantitativas e qualitativas da carcaça de novilhas alimentadas com diferentes fontes energéticas em dietas á base de casca de algodão e de soja .*Revista Brasileira de Zootecnia*, v.37,p.350-357,2008.
- KIKSHITO KAYASSE; KHIN DAGON WIN; KSMIKO YOSHIDA; TADAAKI TOKSNAGA. Black cattle body shape and temperature measurement using thermography and KINECT sensor, *Artif Life Robotics*,vol .22,p.464–470,2017.
- KOOHMARAIE, M.; SEIDEMAN, S. D.; SCHOLLEMEYER, J. E.; DUTSON, T. R.; CROUSE, J. D. .Effect of post-mortem storage on Ca²⁺- dependant proteases, their inhibitor and myofibril fragmentation. *Meat Science*, vol .19, p.187–196,1987.
- KOOHMARAIE, M.; WHIPPLE, G.; KRETCHMAR, D. H.; CROUSE, J. D. ,MERSMANN, H. J. Postmortem proteolysis in longissimus muscle from beef, lamb and pork carcasses. *Journal of Animal Science*, vol. 69, p. 617-624, 1991.
- LAMBERT, I. H.; NIELSEN, J. H.; ANDERSEN, H. J.; ORTENBLAD, N. Cellular model for induction of drip loss in meat. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 49(10),p 4876–4883, 2001.

- LAWRIE, R. A. The conversion of muscle to meat. Lawrie's Meat Science. 6th ed. Woodhead Publishing Ltd., Cambridge, England, p.96–118, 1994.
- LYON, B. G.; AND LYON, C.E. Sensory descriptive profile relationship to shear values of deboned poultry. *Journal of Food Science*, vol. 62, p.885-888, 1997.
- MARCONDES, M.I.; TEDESCHI, L.O.; VALADARES FILHO, S.C.; CHIZZOTTI, M.L. Prediction of physical and chemical body compositions of purebred and crossbred Nelore cattle using the composition of a rib section. *Journal of animal science*, v. 90, n. 4, p. 1280-90, 2012.
- FARLANE, M.C.; SCHOFIELD, N.C. Segmentation and tracking of piglets in images. *Mach Vis Appl* 8(3):p.187–193, 1995.
- MONTEIRO, E.M.; RÜBENSAM, J.; PIRES, G. Avaliação de parâmetros de qualidade de carcaça e da carne de ovinos. In: 1º Congresso Brasileiro de Ciência e Tecnologia de Carnes. São Paulo, Brasil, p. 98-99, 2001.
- MORLEY, M. J. Measurement of the heat production in beef muscle during rigor mortis. *International Journal of Food Science & Technology*, 9(2), p.149–156. doi:10.1111/j.1365-2621.1974.tb01758.x, 1974.
- PAULINO, P.V.R.; VALADARES F.S.C.; DETMANN, E.; VALADARES, R.F.D.; FONSECA, M. A.; MARCONDES, M.I. Deposição de tecidos e componentes químicos corporais em bovinos Nelore de diferentes classes sexuais. *Revista Brasileira de Zootecnia*, 38(12), p.2516-2524. <https://dx.doi.org/10.1590/S1516-35982009001200030>, 2009.
- PUPUTUNGA, U.; HAKIM, L.; CIPTADI, G.; LAPIAN H. F. N. Application of body volume formula for predicting live weight in Ongole crossbred cows. *Int. J. Livest. Prod.* 6(3):35–40. doi:10.5897/IJLP2014.0243, 2015.
- ROBERTO, J.V.B.; SOUZA, B.B.; FURTADO, D.A.; DELFINO, L.J.B.; MARQUES B.A.A. Gradientes térmicos e respostas fisiológicas de caprinos no semiárido brasileiro utilizando a termografia infravermelha.

Journal of Animal Behaviour and Biometeorology, Mossoró, v.2, n.1, p.11-19, 2014.

RODRIGUES, R.T.S; CHIZZOTTI, M.L.; VITAL, C.E.; BARACAT-PEREIRA, M.C.; BARROS, E.; BUSATO K.C. ET AL. Differences in Beef Quality between Angus (*Bos taurus taurus*) and Nellore (*Bos taurus indicus*) Cattle through a Proteomic and Phosphoproteomic Approach. PLoS ONE 12(1): e0170294. doi:10.1371/journal.pone.0170294, 2017.

SOLOMON, C.; BRECKON, T. Fundamentals of Digital Image Processing. A Practical Approach with Examples in Matlab, vol.1, Wiley-Blackwell, p.11-50, 2011.

SCHAEFER, A.; GENHO, D.; CLISDELL, R.; VON GAZA, H.; DESROCHES, G., ;HIEMER, R.497 The automated and real time use of infrared thermography in the detection and correction of DFD and fevers in cattle. Journal of Animal Science, 96(suppl_3), p.275–275. doi:10.1093/jas/sky404.604 ,2018.

SMULDERS, F. J. M.; TOLDRA, F.; FLORES, J.; & PRIETO, M. New technologies for meat and meat products .Utrecht, The Netherlands: Audet Tijdschriften, p.182,186–188, 1992.

VALADARES FILHO, S.C.; PAULINO, P.V.R.; MAGALHÃES, K.A. Exigências nutricionais de bovinos de corte no Brasil. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE ZOOTECNIA – ZOOTEC, 10., 2005, Campo Grande. Anais... Campo Grande: Universidade Estadual do Mato Grosso do Sul, 2005. (CD-ROM)

WINGER, R. J.; POPE, C.G. Osmotic properties of post-rigor beef muscle. Meat Science, 5(5), p.355–369, 1981.