UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA

FACULDADE DE CIÊNCIAS AGRÁRIAS E VETERINÁRIAS

CAMPUS DE JABOTICABAL

EFICIÊNCIA ALIMENTAR E QUALIDADE SEMINAL DE TOUROS JOVENS DA RAÇA NELORE

Felipe Massaharo Teramoto Krieck

Zootecnista

2019

UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA

FACULDADE DE CIÊNCIAS AGRÁRIAS E VETERINÁRIAS

CAMPUS DE JABOTICABAL

EFICIÊNCIA ALIMENTAR E QUALIDADE SEMINAL DE TOUROS JOVENS DA RAÇA NELORE

Felipe Massaharo Teramoto Krieck

Orientador: Prof. Dr. Josineudson Augusto II De Vasconcelos Silva

Coorientador: Prof. Dr. Fabio Morato Monteiro

Dissertação apresentada à Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias – UNESP, Campus de Jaboticabal, como parte das exigências para a obtenção do título de Mestre em Genética e Melhoramento Animal

2019

K92e

Krieck, Felipe Massaharo Teramoto

Eficiência alimentar e qualidade seminal de touros jovens da raça nelore / Felipe Massaharo Teramoto Krieck. -- Jaboticabal, 2019

36 p. : il., tabs., fotos

Dissertação (mestrado) - Universidade Estadual Paulista (Unesp), Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias, Jaboticabal

Orientador: Josineudson Augusto II De Vasconcelos Silva

Coorientador: Fabio Morato Monteiro

1. Escroto. 2. Fertilidade. 3. Medidas de eficiência. 4. Melhoramento. 5. Nelore. I. Título.

Sistema de geração automática de fichas catalográficas da Unesp. Biblioteca da Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias, Jaboticabal. Dados fornecidos pelo autor(a).

Essa ficha não pode ser modificada.

UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA

Câmpus de Jaboticabal

CERTIFICADO DE APROVAÇÃO

TÍTULO DA DISSERTAÇÃO: EFICIÊNCIA ALIMENTAR E QUALIDADE SEMINAL DE TOUROS JOVENS DA RAÇA NELORE

AUTOR: FELIPE MASSAHARO TERAMOTO KRIECK
ORIENTADOR: JOSINEUDSON AUGUSTO II DE VASCONCELLOS SILVA
COORIENTADOR: FABIO MORATO MONTEIRO

Aprovado como parte das exigências para obtenção do Título de Mestre em GENÉTICA E MELHORAMENTO ANIMAL, pela Comissão Examinadora:

Prof. Dr. JOSINEUDSON AUGUSTO II DE VASCONCELLOS SILVA
Departamento de Melhoramento e Nutrição Animal-FMVZ/UNESP / Botucatu/SP

Pesquisadora Dra. LENIRA EL FARO ZADRA
Instituto de Zootecnia / Sertãozinho/SP

Prof. Dr. ANDRE MICHEL DE CASTILHOS
Departamento de Melhoramento e Nutrição Animal-FMVZ/UNESP / Botucatu/SP

Jaboticabal, 03 de maio de 2019

DADOS CURRICULARES DO AUTOR

Felipe Massaharo Teramoto Krieck– filho de Eduardo Krieck e Claudia Elaine Mitico Teramoto Krieck, nasceu em Suzano – SP, em 17 de Outubro de 1990. Iniciou o curso de Zootecnia na Faculdade de Medicina Veterinária e Zootecnia da Universidade Estadual Paulista “Júlio de Mesquita Filho” (UNESP), Campus de Botucatu –SP, obtendo o título de Zootecnista em dezembro de 2013. Em março de 2017, iniciou o Curso de Mestrado do Programa de Genética e Melhoramento Animal na Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias – UNESP – Campus de Jaboticabal, sob orientação do Prof. Dr. Josineudson Augusto II De Vasconcelos Silva. Foi bolsista CAPES (Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior) durante o Curso de Mestrado.

AGRADECIMENTOS

Aos meus pais, Eduardo e Claudia, e meu irmão André, que sempre acreditaram na minha capacidade e me fizeram chegar até aqui.

Ao meu orientador professor Augusto, por todos os ensinamentos, paciência, apoio e atenção.

À todos meus amigos: Rafael de Matteis, Cíntia Maria, Beatriz Pressi, Alejandra Ospina, Matheus Oliveira, Gabriel Fernandes, Laís Thomas, Lucas Domingos, Ramon Rizzieri, Ana Laura, Murilo Massufaro, Júlio Zanella, Leticia de Souza Marques.

Aos pôs graduando do Instituto de Zootecnia, Aska Ujita e Rogério Ribeiro Vicentini por colaborarem com as imagens termográficas.

Ao meu coorientador Fabio Monteiro do Instituto de Zootecnia pelo auxilio durante o mestrado.

O presente trabalho foi realizado com apoio da Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior - Brasil (CAPES) - Código de Financiamento 001.

Agradeço ao Programa de Pós-Graduação em Genética e Melhoramento Animal Universidade Estadual Paulista “Júlio de Mesquita Filho”, Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias, Campus de Jaboticabal e a todos que de alguma maneira contribuíram para o meu crescimento pessoal e profissional e me ajudaram neste período, meus sinceros agradecimentos.

SUMÁRIO

Página

1. INTRODUÇÃO 1

2. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA 2

2.1 Consumo Alimentar Residual (CAR) 2

2.2 Termogragia Escrotal 4

2.3 Ultrassonografia Testicular 5

2.4 Avaliação Andrológica 5

3. MATERIAL E MÉTODOS 7

3.1 Consumo Alimentar Residual (CAR) 7

3.2 Termografia 8

3.3 Ultrasonografia Testicular 9

3.4. Avaliação Andrológica 12

3.5. Análise Estatística.....13

4. RESULTADOS E DISCUSSÃO.....14

4.1 Consumo Alimentar Residual (CAR) 14

4.2 Termografia 17

4.3 Ultrasonografia Testicular 20

4.4 Avaliação Andrológica 21

4.5 Estimativas das Características Reprodutivas e CAR 22

4.5.1 Correlações Simples das Características Reprodutivas e CAR.....22

4.5.2 Regressão das Características Reprodutivas e CAR 24

5. CONCLUSÃO.....26

6. REFERÊNCIAS.....26

7. APÊNDICE.....36

EFICIÊNCIA ALIMENTAR E QUALIDADE SEMINAL DE TOUROS JOVENS DA RAÇA NELORE

RESUMO – O maior custo da produção de bovinos de corte é a alimentação, para isto tem se estudado melhorar a eficiência alimentar com maior ênfase na característica consumo alimentar residual (CAR), mas se faz necessário conhecer a relação desta com a fertilidade dos touros utilizados em programas de melhoramento genético. O objetivo do presente estudo foi avaliar touros jovens da raça Nelore, classificados em baixo e alto CAR e seus parâmetros reprodutivos. Foram utilizados 946 touros do programa de melhoramento Nelore Qualitas, participantes dos testes de eficiência alimentar nos anos de 2010 a 2017. As imagens termográficas e ultrassonográficas dos testículos foram realizadas em 114 animais ao final do teste do ano de 2017, e as avalições andrológicas foram realizadas em 54 animais dos testes de 2011 a 2015, na Central de reprodução Alta Genetics e 29 animais do teste de 2016 e 2017, na Central Bela Vista. A divisão dos animais em baixo e alto CAR, foi dentro de ano de prova e considerando os participantes que tinham valores acima da média do CAR mais (baixo) ou menos (alto) meio desvio padrão. O peso final (PESOF), peso metabólico (PMET) e ganho médio diário (GMD) não apresentaram diferença quando comparados nos grupos divergentes de CAR (GCAR). A temperatura da parte superior (TEMP_SUP) dos testículos apresentou diferença entre os GCAR e, a temperatura inferior (TEMP_INF) dos testículos, bem como o gradiente de temperatura do escroto (GTE) não apresentaram diferença. Nas imagens ultrassonográficas a intensidade de pixel (IP) e as avaliações andrológicas utilizando motilidade (MOT), vigor (VIG), concentração (CONC), defeitos maiores (DMA), defeitos menores (DME) defeitos totais (DTOT), não foram diferentes entre os GCAR. A TEMP_SUP e TEMP_INF tiveram correlações com DME (0,51 e 0,51, respectivamente) e DTOT (0,48 e 0,46, respectivamente). A TEMP_INF apresentou correlação negativa com MOT (-0,39) e, IP apresentou correlação com DMA (0,47). O CAR não apresentou correlação com nenhuma das características descritas. Concluindo que a seleção de touros para CAR não exerce influência nas características de qualidade seminais, mensuradas pelas imagens termográficas e ultrassonográficas, indicadas como auxiliares na seleção dos touros.

Palavra-chave: escroto, fertilidade, medidas de eficiência, melhoramento, Nelore, temperatura

ABSTRACT – The highest cost of beef cattle producing is the feed, for this has been studied to improve feed efficiency with a greater emphasis on the characteristic residual feed intake (RFI), but it is necessary to know the relationship of this with the fertility of the bulls used in programs genetic improvement. The objective of the present study was to evaluate efficient and non-efficient Nelore bulls and their reproductive parameters. A total 946 bulls were used from the Nelore Qualitas breeding program, participants in feed efficiency tests from 2010 to 2017. Thermographic and ultrasonographic images of the testicles were performed in 114 animals at the end of 2017 test, and andrological evaluations were performed in 54 animals from the tests of 2011 to 2015, in the Center of reproduction Alta Genetics, and 29 animals of the test of 2016 and 2017, in Central Bela Vista. The division of the animals into low and high RFI, was within the year of test and considering the participants who had values above the average of the RFI more (low) or less (high) half standard deviation. The final body weight (FBW), metabolic body weight (MBW) and average daily gain (ADG) didn't present statistical difference when compared in the divergent groups of RFI (GRFI). The upper temperature (TEMP_UP) of the testicles showed a significant difference between the GRFI and, the bottom temperature (TEMP_BO) of the testicles, as well as the temperature gradient of the scrotum (TGE) didn't present statistical difference. In the ultrasound images the pixel intensity (PI) and the andrological evaluations using motility (MOT), vigor (VIG), concentration (CONC), major defects (MAD), minor defects (MID) total defects (TOD), didn't present significance between the GRFI. The TEMP_UP and TEMP_BO had significant correlations with MID (0.51 and 0.51, respectively) and TOD (0.48 and 0.46, respectively). The TEMP_BO presented negative correlation with MOT (-0.39) and, PI had a significant correlation with MAD (0.47). The RFI didn't present a significant correlation with any of the characteristics described, indicating that the selection of bulls for residual feed intake doesn't influence the reproductive quality characteristics and the thermographic and ultrasonographic images may aid in the bulls selection.

Keywords: breeding, efficiency measures, fertility, Nelore, scrotum, temperature

1. INTRODUÇÃO

O maior custo na produção animal é a alimentação (Arthur et al., 2004), chegando a 90% dos custos totais da produção de bovinos, de acordo com fase de criação e a intensidade de produção (FORBES, 2007). Desta maneira vários estudos foram realizados para melhorar a eficiência alimentar em bovinos, com destaque o consumo alimentar residual (CAR). Esta característica possui moderada estimativa de herdabilidade (entre 0,29 e 0,46) e não interfere no tamanho corporal ou na taxa de crescimento (Archer et al. 1998; Arthur et al. 2001a). Sendo assim característica de escolha pelos programas de melhoramento genético de bovinos de corte de diversas raças, entre elas a Nelore.

Outra característica de grande importância nos programas é a fertilidade, visto que tem grande impacto na produtividade da pecuária brasileira. O rebanho nacional possui 191,7 milhões de cabeças, sendo 62,7 milhões de matrizes (ANUALPEC, 2017), considerando relação touro por número de matrizes de 1:25, e a utilização de um touro por 5 anos, seria necessário a produção de 501 mil reprodutores para atender a demanda, fato não observado. Sendo assim, ainda se utiliza muito animais não selecionados por um programa de melhoramento genético na reprodução.

Um fator que afeta a fertilidade do touro é a temperatura dos testículos, sendo influenciada pelas intempéries climáticas e pela termorregulação de cada animal, prejudicando a espermatogênese e causando perdas econômicas no rebanho (Setchell, 1998). Uma ferramenta utilizada para avaliar a temperatura escrotal de bovinos é a câmera termográfica de infravermelho, sendo esta uma tecnologia não invasiva, de fácil aplicação e de alta precisão, possibilitando a captura de imagens termográficas do escroto do animal (Kastelic, 2014). Outra tecnologia que tem sido utilizada são as imagens ultrassonográficas testiculares, método também não invasivo, simples e eficiente na detecção de anormalidades fisiológicas no escroto (Oliveira et al., 2013).

A seleção de touros tanto para CAR quanto para fertilidade são de grande importância, pois interferem diretamente na produtividade do rebanho nacional (NOGUEIRA, 2004). Estudos relacionando fertilidade e eficiência alimentar descreveram relação inversa em touros jovens. Awda et al. (2013) e Wang et al.

(2012) relataram que animais taurinos cruzados que apresentaram menor eficiência alimentar, obtiveram melhor motilidade espermática. Porém Arthur et al. (2001) e Schenkel et al. (2004), avaliando animais da raça Charolês, não descreveram como antagônico o CAR e perímetro escrotal (PE). Fox et al. (2004) não observaram relação entre CAR, PE e motilidade espermática em animais da raça Bonsmara. Os resultados obtidos nas referências relacionando CAR e parâmetros reprodutivos ainda são inconsistentes, havendo divergência em relação aos animais de baixo CAR e seu desempenho reprodutivo.

Desta forma, o objetivo do presente trabalho foi estudar a associação da qualidade seminal de touros jovens da raça Nelore de alto e baixo CAR.

2. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

2.1 Consumo Alimentar Residual (CAR)

O CAR foi proposto por KOCH et al. (1963), como ferramenta para avaliar o consumo alimentar tendo como definição a diferença entre o consumo alimentar observado e o predito. O consumo alimentar predito é calculado por equação de regressão do consumo de matéria seca (CMS) em função do peso metabólico (PMM) e do ganho médio diário (GMD) (Arthur et al., 2001). A equação para cálculo do CAR e o modelo da equação de predição de CMS são, respectivamente:

$$CAR = CMSOBS - CMSPRED$$

$$CMSPRED = \beta_0 + \beta_1 X PMM + \beta_2 X GMD + \varepsilon$$

onde, CAR é consumo alimentar residual (kg/dia); CMSOBS é consumo de matéria seca observado (kg de MS/dia); CMSPRED é consumo de matéria seca predito em função do PC e do GMD dos animais (kg/dia); PMM, peso médio metabólico (kg); GMD, ganho médio diário (kg/dia); β0, intercepto da regressão; β1, coeficiente parcial da regressão para PMM; β2, coeficiente parcial da regressão para GMD e, ε, erro aleatório.

Segundo Basarab et al. (2003) animais classificados com CAR negativo são mais eficientes, ou seja, consomem menos alimento do que o esperado,

reduzindo assim os custos de produção. Herd et al.(2004) avaliaram animais taurinos, confinados e verificaram que tourinhos com CAR negativo produziram progênies 41% mais eficientes a pasto e com CAR 26% menor quando comparados ao grupo controle. Isso confirma que a utilização de animais selecionados para eficiência alimentar em confinamento traz melhorias também no desempenho dos animais no sistema de produção a pasto. O CAR, portanto, é de grande importância visto que o Brasil possui seu sistema de produção 87% a pasto (ABIEC, 2016).

Segundo Herd e Richardson (2004), os mecanismos biológicos quem influenciam na variação do CAR são: estresse e metabolismo dos tecido, atividade física, digestibilidade dos alimentos, incremento calórico, composição corporal, comportamento ingestivo e outros fatores ainda não medidos, como o transporte de íons. (Figura 1).

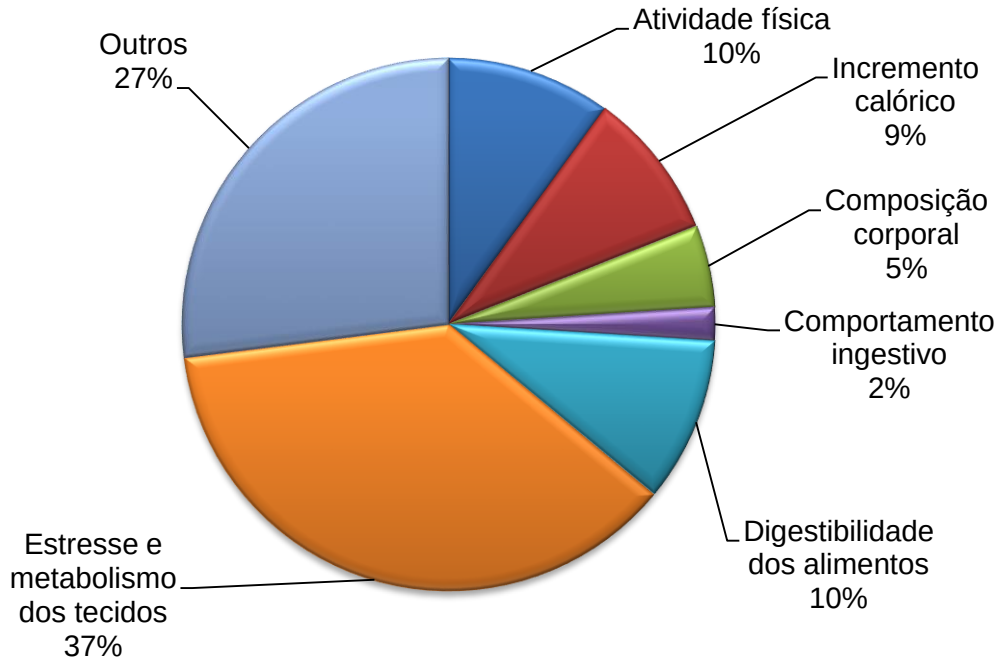

Figura 1. Contribuições de mecanismos biológicos para a variação do consumo alimentar residual. Adaptado de Richardson e Herd (2004).

2.2 Termografia Escrotal

A termografia de infravermelho é técnica utilizada para monitorar a temperatura superficial de áreas do corpo de animais, sendo método não invasivo e de fácil utilização. Segundo Kunc e Knizkova (2012), este exame é utilizado de diversas maneiras, como no auxílio de diagnósticos de inflamações, problemas circulatórios e de regulação térmica dos animais. Também é utilizada para avaliar a fertilidade em touros e carneiros (Purohit et al., 1985; Coulter et al., 1988, Kastelic et al., 1995).

A termorregulação testicular possui grande importância na produção dos espermatozoides, podendo influenciar na qualidade seminal de bovinos. A temperatura da superfície do escroto em touros é 5°C mais baixa que a temperatura do núcleo do corpo, conforme se afasta da região dorsal dos testículos em direção ventral as temperaturas são menores (Kastelic et al., 1996). A temperatura testicular pode aumentar em dias quentes, prejudicando a produção espermático e a qualidade seminal, diminuindo a fertilidade dos touros (Nichi et al., 2006).

Segundo Ruediger et al. (2016), existem relações entre efeitos climáticos, a temperatura da pele do testículo e qualidade do sêmen em animais da raça Nelore. Houve correlação positiva da temperatura escrotal com motilidade e concentração espermática. Os fatores climáticos interferem diretamente na qualidade do sêmen produzido, sendo a utilização de imagens termográficas ferramenta para auxiliar no exame andrológico. Souza et al. (2017) e Chacur et al. (2015) relataram que a termográfica por infravermelho é ferramenta pratica e rápida para se determinar alterações na temperatura escrotal em animais Nelore.

Menegassi et al. (2015), utilizando imagens termográficas em touros da raça Braford, obtiveram correlações negativas entre temperatura inferior do testículo e motilidade/vigor, -0,41 e -0,33, respectivamente. Já o gradiente de temperatura escrotal apresentou correlações positivas entre motilidade (0,36) e vigor (0,35). Portanto a termografia escrotal é um método indireto e eficiente para avaliar aspectos físicos e quantitativos espermáticos, além das distribuição e diferenças térmicas (Medical Monitoring Systems Pty, 1999).

2.3 Ultrassonografia Testicular

A ultrassonografia testicular é exame rápido e não invasivo, sendo complementar à avaliação andrológica, utilizado para determinar diferentes tons na escala de cinza, e possibilitando obter a ecogenicidade testicular (Pechman e Eilts, 1987). Imagens de coloração negra são consideradas anaecóicas, podendo variar em hiperecóica, sendo de coloração branca e brilhante e, hipoecóica, com imagens mais escuras com menos brilho (DROST, 2002).

A imagem ultrassonográfica é composta por arranjo de pixel, fornecendo informações sobre a função dos testículos em bovinos (CHANDOLIA et al., 1997). A análise de histograma é utilizada para avaliar as imagens ultrassonográficas, expondo a distribuição estatística da escala de cinza em termos numéricos de pixel, em cada amostra da imagem, variando de 0 a 255 (Bussab e Morettin, 1987).

Segundo Abdel-Razek e Ali (2005), o parênquima testicular é considerado moderadamente ecogênico e homogênico; o mediastino no plano longitudinal é uma linha hiperecóica de 5mm de largura e no plano transversal um ponto no centro do parênquima. Cardilli et al. (2009), relataram que em bovinos da raça Nelore, o parênquima testicular possui baixa ecogenicidade, e aumenta conforme a idade do animal. A ecotextura dos testículos está relacionada a maturidade sexual, a capacidade espermatogênica, produção e qualidade espermática (Gábor et al., 1998; Ahmad et al. 2011).

Kastelic et al. (1997) observaram relação entre maior ecotextura e menor patologia espermática, em animais das raças Nelore e Canchim. Kastelic et al. (2001) relataram que animais cruzados Angus que apresentaram imagens com maior ecogenicidade, obtiveram maior produção espermática na avaliação andrológica.

Segundo Brito et al. (2003), touros Nelore e cruzados expostos ao estrese térmico, tiveram diminuição na produção espermática e na qualidade do sêmen, no entanto essa alteração espermática não se observou na ecotextura testicular.

2.4 Avaliação Andrológica

O exame andrológico consiste em avaliar características físicas e morfológicas do sêmen, e exame clinico dos órgãos genitais. Os padrões

seminais mínimos exigidos pelo Colégio Brasileiro de Reprodução Animal são 70% de motilidade espermática, escore 3 de vigor espermático, escore 3 de turbilhonamento e o máximo de 30% de defeitos totais nos espermatozoides (CBRA, 2013). Além disto, o perímetro escrotal também é característica considerada na avaliação andrológica dos touros.

A motilidade espermática é realizada logo após a coleta do sêmen, expressa em porcentagem, avaliando a quantidade total de espermatozoides móveis e possui correlação com a fertilidade (SULLIVAN, 1970). O vigor espermático representa a intensidade do movimento das células, sendo classificado em escala de 0 a 5, sendo zero ausência de movimento e cinco movimento intenso (CBRA, 2013).

Os defeitos totais dos espermatozoides são definidas pela morfologia, sendo avaliadas cabeça, acrossomo e cauda dos espermatozoides. Estas são divididas em defeitos maiores e defeitos menores e expressas em porcentagem. Os defeitos maiores surgem dentro do testículo, durante a formação dos espermatozoides, e os defeitos menores ocorrem fora dos testículos, durante a ejaculação ou manipulação do sêmen. (FONSECA et al., 1991).

O perímetro escrotal possui alta herdabilidade e é de fácil mensuração, além de possuir relação direta com a produção espermática, peso corporal, idade a puberdade de machos e fêmeas (PEREIRA et al., 2000). Silva et al. (2002) e Silveira et al. (2010) constataram que touros da raça Nelore com perímetros escrotais maiores possuem correlação negativa com defeitos maiores, defeitos menores e defeitos totais, e possuem correlação positiva para motilidade quando comparados com touros de perímetros escrotais menores.

Animais da raça Nelore com maior tamanho escrotal apresentam maior produção e qualidade do sêmen (QUIRINO et al., 2004). Wenkoff (1989) relatou que animais com perímetro escrotal maiores, apresentam maiores concentrações espermáticas quando comparados a animais de perímetro escrotal menor, devido à relação direta com o peso do parênquima.

3. MATERIAL E MÉTODOS

3.1 Consumo Alimentar Residual (CAR)

O trabalho analisou dados de 946 touros oriundos de fazendas participantes do programa de melhoramento Nelore Qualitas. Os animais foram submetidos ao teste de eficiência alimentar entre os anos de 2010 a 2017, tendo sido escolhidos com base nas diferenças esperadas na progênie (DEPs) de peso a desmama, ganho de peso aos 450 dias, perímetro escrotal e escore de musculosidade dentro de cada safra de nascimento.

Nos primeiros anos (2010 a 2015) os testes foram realizados no confinamento experimental de bovinos de corte da EVZ/UFG em baias individuais, e a partir de 2016, a mensuração passou a ser automática, realizada pelo sistema Intergado® no Centro de Inovação em Genética e Nutrição Animal (CIGNA), localizado na Fazenda Experimental Lageado da Faculdade de Medicina Veterinária e Zootecnia da UNESP, campus Botucatu.

Os touros participantes dos testes apresentaram média de 658 dias de idade, permanecendo período de adaptação de 21 dias e nos 56 dias subsequentes foi considerado o período de teste. Tanto no início quanto ao final do teste os animais foram pesados em jejum e foi realizada a mensuração do perímetro escrotal (PE) com auxílio de fita milimétrica especifica.

Os animais participantes dos testes dos anos de 2016 e 2017 foram divididos em quatro baias, de acordo com o peso ao início do teste e formando grupos de número similar de animais. O peso corporal dos animais eram obtidos diariamente de acordo com o sistema Intergado® para o cálculo do CAR.

No presente estudo os animais considerados para análise pertenceram a dois grupos de CAR:

- Baixo – animais de CAR meio (-0,5) desvio padrão inferiores à média.
- Alto – animais de CAR meio (+0,5) desvio padrão acima da média.

Para as análises dos dados foram considerados os grupos de animais baixo (273 animais) e alto (288 animais) CAR, sendo descartados das análises os médio CAR.

A dieta foi formulada com auxílio do programa Large Ruminant Nutrition System 1.0.12, nível 2 - LRNS. Os animais foram alimentados duas vezes ao dia, às 8h e 16h. A dieta fornecida foi composta de milho moído, silagem de milho, bagaço de cana, farelo de amendoim, ureia e sal mineral, ofertada duas vezes ao dia, durante o teste (Anexo 1). As amostras da dieta foram secas em estufas com ventilação forçada à temperatura de 55°C por 72 horas e moídas em moinhos tipo Wiley. Posteriormente, esta amostra voltou à estufa por 12 horas a 105°C para determinação de matéria seca (AOAC, 1995).

Ao início do período experimental foi feita amostragem da dieta para a análise bromatológica de proteína bruta (PB), extrato etéreo (EE), e matéria mineral (MM) segundo AOAC (1995) e fibra em detergente neutro (FDN) segundo Van Soest et al. (1991).

3.2 Termografia

As temperaturas dos testículos foram mensuradas por meio da utilização de câmera termográfica digital (FLIR TR420, FLIR Systems Inc., Wilsonville, OR, EUA), fotografando a superfície dos testículos. Os dados foram coletados de 114 animais, da raça Nelore, participantes da prova de eficiência alimentar no ano de 2017. O foco emissor da câmera foi direcionado na porção caudal, com distância de 1m da bolsa escrotal. As imagens foram analisadas posteriormente pelo software ReseachIR 4, versão 4.40.7.26 (FLIR Systems, Inc., Wilsonville, OR, USA), avaliando desde o cordão espermático até a cauda do epidídimo.

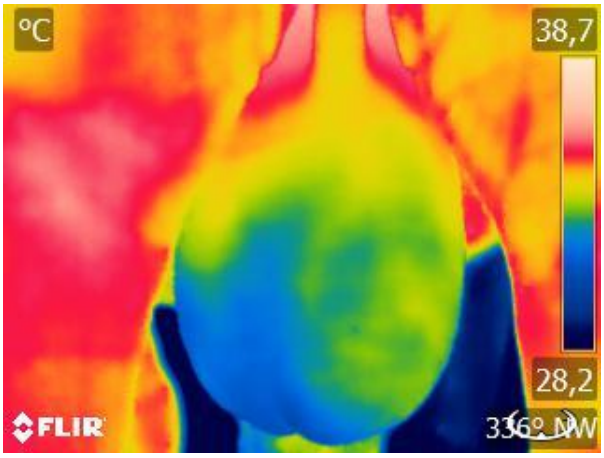

Figura 2. Análise das temperaturas das imagens termográficas do testículo pelo software ReseachIR 4.

Para obter a média da temperatura da superfície do testículo foram utilizados dois quadrados na parte superior e na parte inferior (um no testículo esquerdo e outro no direito), contendo 1.040 pixels em cada, realizando as médias das temperaturas superiores (TEMP_SUP) e inferiores (TEMP_INF). Para cada medida aferida foi obtida a temperatura média, mínima e máxima, sendo utilizada nas análises a média, conforme descrito por Lunstra e Coulter (1997). Foi também calculado o gradiente de temperatura escrotal, pela subtração entre a temperatura média na parte superior e temperatura média na parte inferior (COULTER et al., 1988; KASTELIC et al., 1995).

Os dados climáticos, foram coletadas na estação meteorológica automática – Campbell Scientific Inc. modelo CR23X, com coordenadas geográficas (Datum SAD 69) - lat (22º 50' 48" S), long (48º 26' 06" W) e alt (817,74 m) no Departamento de Solos e Recursos Ambientais da Faculdade de Ciências Agronômicas da Unesp no campus de Botucatu.

A temperatura do ar e umidade relativa do ar foram utilizadas considerando a média de cada cinco minutos, durante o período em que foram obtidas as imagens termográficas. Estes dados foram utilizados para calcular o Índice de Temperatura e Umidade (ITU), a partir do modelo proposto por Thom (1959), sendo ITU = (0,8 x TA + (UR/100) x (TA- 14,4) + 46,4), em que TA é a temperatura do ar e UR é a umidade relativa do ar.

Os valores do ITU foram usados no modelo como covariavel, visto que as imagens termográficas foram tiradas em momentos diferentes do dia.

3.3 Ultrassonografia Testicular

Os exames ultrassonográficos testiculares foram realizados no final do teste de eficiência alimentar realizado no ano de 2017 em 114 animais. Entretanto foram descartadas as imagens consideradas ruins, permanecendo 85 animais para análise. Foi utilizado o aparelho de ultrassom (GE, Logic e Vet, USA) e transdutor linear de 8 MHz. As imagens foram realizadas no plano longitudinal do testículo esquerdo e direito, salvas no formato JPG e analisadas pelos softwares ReseachIR® 4 versão 4.40.7.26 (FLIR Systems, Inc., Wilsonville, OR, USA), Image J® versão 1.51u (Wayne Rasband, National

Institutes of Health, USA) e Image Pro Plus® versão 10.0 (Media Cybernetics Inc., San Diego, CA, USA), para avaliar a escala de cinza, com valores numéricos de pixel de 0 (preto absoluto) a 255 (branco absoluto).

Os resultados das análises nos diferentes programas apresentaram correlações positivas e próximas a 1 (Tabela 2). Os três programas apresentaram resultados das análises das imagens de ultrassom muito semelhantes, desta forma para apresentação dos resultados foi escolhido o software ReseachIR 4, devido a sua maior praticidade em realizar as análises das imagens.

Tabela 2. Estimativas dos coeficientes de correlação linear de Person sobre os valores médios de intensidade de pixels do testículo, entre os softwares

	SOFTWARE		
	ReseachIR 4	IMAGE J	IMAGE PRO PLUS
ReseachIR 4	1	0,988495*	0,96993*
IMAGE J	0,988495*	1	0,98164*
IMAGE PRO PLUS	0,96993*	0,98164*	1

* Nível de significância $p < 0,01$

Os valores utilizados na intensidade de pixel (média, mínimo e máximo) foram determinados com base em retângulo padronizado contendo 840 pixels, localizado no mediastino e em três quadrados de 2.730 pixels do parênquima, de mesma área em cada imagem, totalizando oito regiões por animal (Figura 3). Posteriormente foi calculada a média geral por indivíduo, de acordo com a metodologia proposta por Giffin et al. (2009).

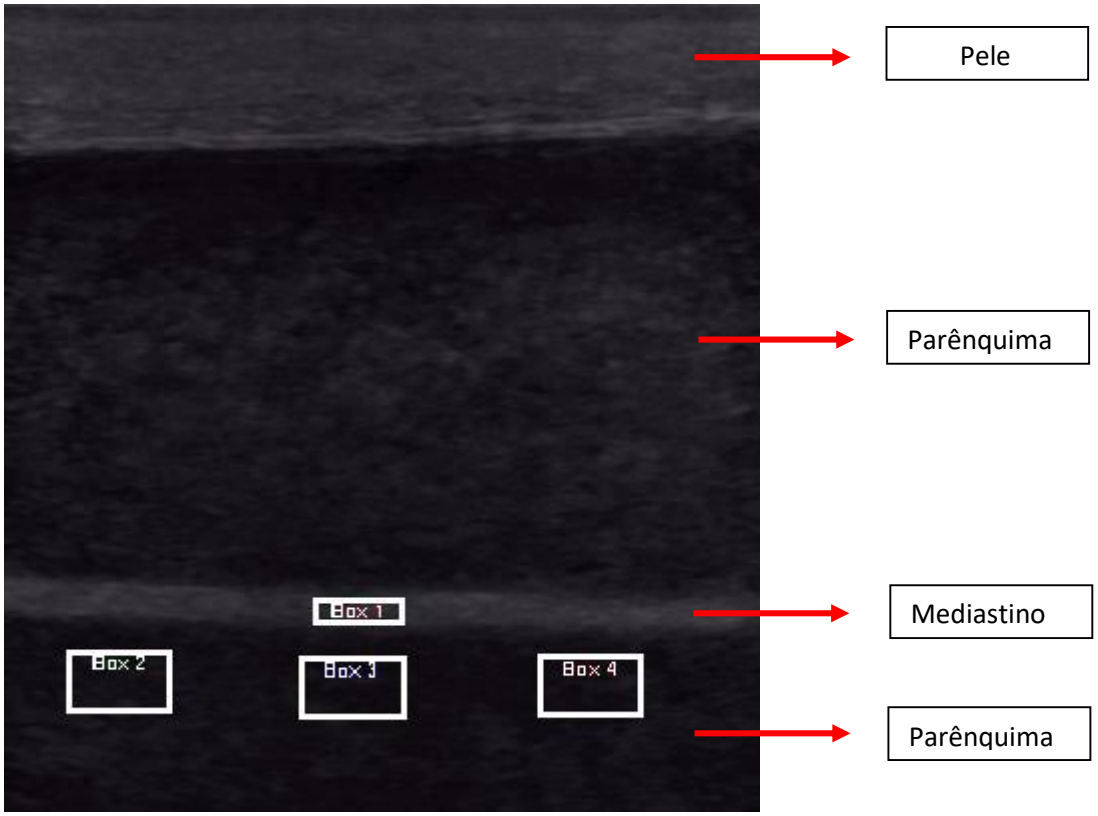

Figura 3. Análise de intensidade de pixel das imagens ultrassonográficas no plano longitudinal do testículo pelo software ReseachIR 4.

Fonte: Arquivo Pessoal

Fonte: CARDILLI, 2008

Figura 4. Fotografia (A) e ilustração (B) demonstrando o exame ultrassonográfico em plano transversal.

3.4 Avaliação Andrológica

A base de dados das avalições andrológicas foi constituída por 54 animais participantes do teste de eficiência alimentar do ano de 2011 a 2015, cujos exames foram realizados na Central Alta Genetics (Uberaba, MG) e 29 animais dos testes de 2016 e 2017, com exames realizados na Central Bela Vista (Botucatu, SP). Destes animais, 19 do teste de 2017 possuíam a imagens termográficas e de ultrassonografia.

Os animais ao fim da prova de eficiência alimentar, com idade média de 670 dias e peso 606 kg, tiveram o sêmen coletados após o período de quarentena nas centrais de inseminação artificial. O período de quarentena consiste na chegada dos animais à central, onde são pesados e avaliados por médico veterinário, sendo realizado protocolo sanitário (vermífugos, vacinas, entre outros) e permanecem isolados por 40 dias.

O método de coleta do sêmen utilizado para reproduzir a monta natural é o da vagina artificial, um tubo rígido revestido no seu interior por um tubo flexível acrescido de água morna, com um tubo estéril fixado na ponta, com a temperatura ideal para receber e manter o sêmen até a sua entrada no laboratório. Após a preparação, os touros são colocados próximos a uma fêmea (manequim) para despertar a sua libido. No momento da ejaculação, os coletadores fazem o desvio do pênis e o encaixe da vagina artificial.

As características avaliadas nos exames andrológicos foram motilidade (MOT), vigor (VIG), concentração (CONC), defeitos maiores (DMA), defeitos menores (DME) e defeitos totais (DTOT).

A MOT e VIG dos espermatozoides foram avaliados em microscópio com contraste de fase, CONC medida no contador de células Coulter-Counter, e a morfologia espermática avaliada no microscópio de contraste de interferência diferencial - DIC. Os defeitos totais dos espermatozoides que ultrapassar 25% do total de células contadas por amostra é automaticamente descartado. Todos os ejaculados aptos para congelamento são avaliados para percentual de espermatozoides normais e anormais.

Após a diluição, a solução é conduzida a um refrigerador, onde ficará estabilizando por cinco horas à temperatura de 5ºC. Após esse período, o sêmen será envasado em palhetas previamente identificadas. Os animais tinham

contratos com números de produção de doses similar, desta forma, haviam animais com número diferente de coletas, variando de 2 a 27. A Tabela 3 apresenta o resumo dos dados utilizados no presente trabalho de acordo com as características avaliadas.

Tabela 3. Número de animais avaliados (N) e o ano de avaliação do CAR, Termografia, Ultrassonografia e Avaliação Andrológico.

	N	**ANO**
CAR	946	2010 a 2017
TERMOGRAFIA	114	2017
ULTRASSONOGRAFIA	85	2017
ANDROLÓGICO	83	2011 a 2017

3.5 Análise Estatística

As análises foram realizadas por intermédio do programa estatístico *Statistical Analysis System*® (SAS, 2011). A equação para cálculo do CAR e o modelo da equação de predição de CMS são, respectivamente:

$$CAR = CMSOBS - CMSPRED$$

$$CMSPRED = \beta_0 + \beta_1 X\ PMM + \beta_2 X\ GMD + \varepsilon$$

onde, CAR é consumo alimentar residual (kg/dia); CMSOBS é consumo de matéria seca observado (kg de MS/dia); CMSPRED é consumo de matéria seca predito em função do PC e do GMD dos animais (kg/dia); PMM, peso médio metabólico (kg); GMD, ganho médio diário (kg/dia); β0, intercepto da regressão; β1, coeficiente parcial da regressão para PMM; β2, coeficiente parcial da regressão para GMD e, ε, erro aleatório.

As medias da TEMP_SUP, TEMP_INF e GTE foram analisados por meio de quadrados mínimos utilizando o efeito fixo de baia (1,2,3 e 4), grupo

contrastante de CAR (baixo e alto) e as covariáveis linear de idade e peso no final da prova, interação de ITU e baia.

As medias da intensidade de pixel foram analisadas e utilizados diferentes modelos incluindo todos os efeitos considerados para CAR e os efeitos das imagens termográficas e apresentaram efeitos não significativos (p>0,10), portanto não foram apresentadas. Somente será apresentado e discutido a relação das imagens com os efeitos de baia e grupo contrastante, utilizados como efeito fixo e que embora não significativos, representa resultado importante para a discussão e contribui para a conclusão.

As características MOT, VIG, CONC, DME, DMA e DTOT foram estimadas com modelo de medidas repetidas via procedimento MIXED do SAS (SAS, 2011), sendo utilizado a interação de grupo contemporâneo (Ano prova e baia) e coleta (1, 2, 3...27) e grupo contrastante de CAR como efeitos fixos, além do emprego de estrutura de covariância do tipo simétrica (variância e covariância constantes) e animal como variável classificatória.

A comparação de médias ajustadas pelos diferentes modelos foi realizada pelo teste de Tukey-Kramer, assumindo nível de significância de 5%.

As correlações simples entre as variáveis estudadas CAR, intensidade de pixel, imagens termográficas e avaliação andrológica foram realizadas pelo procedimento COR do SAS, considerando significância de 5%.

Análise de quadrados mínimos pelo procedimento GLM do programa SAS, considerando termografia escrotal (TEMP_SUP e TEMP_INF), intensidade de pixel, perímetro escrotal e qualidade do sêmen (MOT, VIG, CONC, DTOT) como covariável linear. A partir da soma dos quadrados totais (variação total associada ao CAR) foi verificada a contribuição parcial de cada efeito independente considerado no modelo.

4. RESULTADOS E DISCUSSÃO

4.1 Consumo Alimentar Residual (CAR)

O valor médio ajustado para peso final (PESOF) considerando o período avaliado para animais de baixo e alto CAR foi igual a 595 kg e 590 kg, para peso

metabólico (PMET) de 113 kg e 112 kg, para ganho médio diário (GMD) de 1,475 kg/dia e 1,461 kg/dia, respectivamente, a nível de 0,1% (p<0,0001) significância.

Os PESOF, PMET e GMD, não apresentaram diferenças quando comparados pelos grupos divergentes de eficiência alimentar em cada ano (Figura 5). Lancaster et al. (2009) e Cruz (2009) também não observaram diferenças no peso final e no ganho médio diário entre os grupos de baixo e alto CAR. Resultados também descrito por Herd e Arthur (2009).

O resultado demonstra que a classificação para CAR não influência estas características, indicando que a utilização da regressão linear para obter o CAR, resulta na independência fenotípica das características que o compõem (Lancaster et al., 2009).

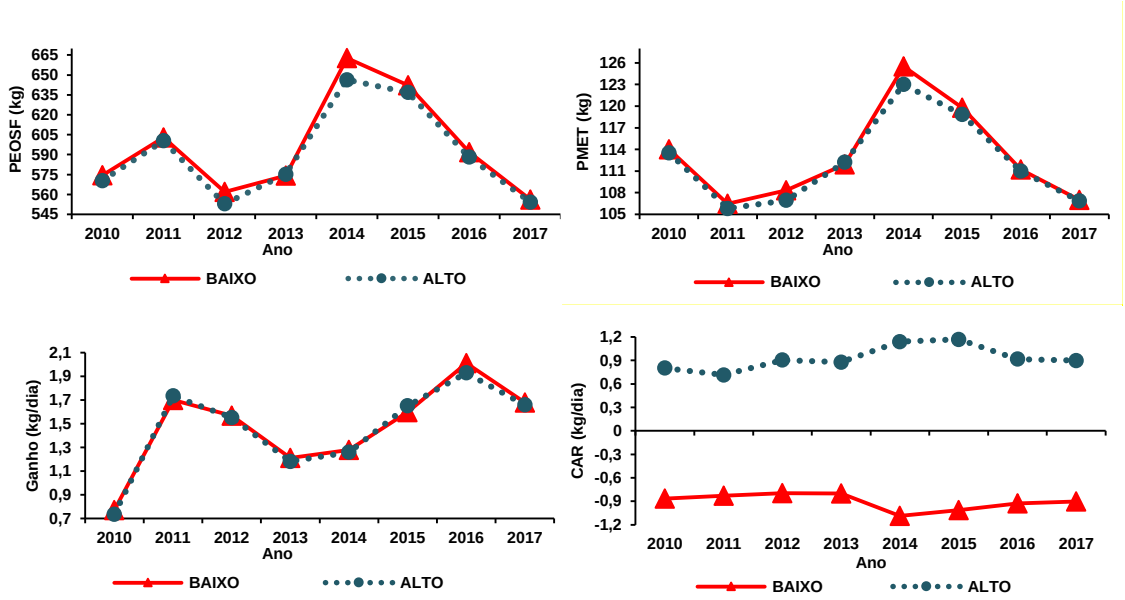

Figura 5. Peso final (PESOF), peso metabólico (PMET), ganho médio diário (GMD) e consumo alimentar residual (CAR) entre grupos baixo e alto CAR

O valor médio ajustado do CAR considerando todos os testes para o grupo de animais de baixo CAR foi de -0,903 kg/dia e o grupo de animais de alto CAR foi de 0,916 kg/dia, apresentando diferença (p<0,0001) entres os grupos (Tabela 4). Os animais de baixo CAR consumiram em média 1,819 kg/dia a menos que os animais de alto CAR. Cruz et al. (2009) relataram que a média dos animais de baixo CAR foi de -0,750 kg/dia, e para os animais alto CAR foi 0,890 kg/dia em animais cruzados (Angus x Hereford). De forma semelhante, Lancaster et al. (2009) relataram em touros da raça Angus, resultados de -0,860 kg/dia para animais de baixo CAR e de 0,890 kg/dia para alto CAR.

Esses resultados corroboram com Lucila Sobrinho et al. (2011) que descreveram diferenças do CAR entre grupos de 1,62 kg/dia em touros jovens de baixo e alto CAR da raça Nelore. Entretanto, Stieven (2012) relatou maior diferença entre tourinhos de baixo e alto CAR da raça Purunã (1,99 kg/dia).

Tabela 4. Médias ajustadas e erros-padrão do CAR em bovinos Nelore

	Baixo			**Alto**			
Ano	N	CAR (kg/dia)	Erro Padrão	n	CAR (kg/dia)	Erro Padrão	P valor
2010	31	-0,864	0,105	37	0,801	0,100	<0,0001
2011	31	-0,829	0,105	41	0,713	0,098	<0,0001
2012	35	-0,798	0,102	34	0,903	0,103	<0,0001
2013	36	-0,799	0,101	34	0,877	0,103	<0,0001
2014	30	-1,088	0,106	35	1,138	0,102	<0,0001
2015	36	-1,011	0,101	33	1,167	0,104	<0,0001
2016	39	-0,928	0,072	40	0,916	0,071	<0,0001
2017	35	-0,903	0,076	34	0,897	0,077	<0,0001
Geral	273	-0,902	0,059	288	0,923	0,058	<0,0001

1 Médias seguidas da mesma letra, nas linhas, não diferem significativamente entre si pelo teste T ao nível de 5% de probabilidade

Estas variações de amplitude do CAR em diferentes raças se devem a diferenças no consumo de alimento pelos animais, que exerce influência em processos fisiológicos como: estresse e metabolismo dos tecidos, atividade física, digestibilidade dos alimentos, incremento calórico, composição corporal e comportamento ingestivo (HERD et al., 2004). No entanto, apenas o consumo de alimento do animal não explica as razões biológicas da variação do CAR, pois representa o resíduo em análise de regressão múltipla, portanto o CAR contém efeitos não contabilizados pelas variáveis independentes utilizadas na equação de regressão (TEDESCHI et al., 2006) como por exemplo: conteúdo de energia de ganho, diferenças na eficiência de uso de energia metabolizável para produção de gordura e proteína, digestibilidade do alimento, ganho compensatório e *turnover* proteico.

4.2 Termografia

A média de temperatura testicular obtida no presente trabalho se assemelham as descritas por Portugal (2014) (32°C), em animais da raça Nelore, avaliados na CRV Lagoa, Sertãozinho - SP. Valor maior (34°C) de temperatura foi obtido por Souza et al. (2017), em animais da raça Nelore, avaliados em propriedade rural de Campo Grande - MS. Os trabalhos citados foram realizados com animais da mesma raça deste estudo e no Brasil, país com amplitude climática grande devido sua magnitude continental, indicando que a variação de temperatura ambiental, interfere diretamente na temperatura da superfície da pele do animal, como demonstrado pelo efeito significativo do ITU nas análises.

Segundo Hahn e Mader (1997), o índice de temperatura e umidade (ITU) menor que 70 é considerado em bovinos como conforto térmico, entre 71 e 78 situação de alerta, entre 78 e 83 situação de perigo e maior que 83 situação de emergência. O ITU médio observado foi de 66,96, sendo assim a maior parte dos animais estavam em conforto térmico quando foram realizadas as imagens termográficas (Tabela 5).

Tabela 5. Médias observadas ± desvio padrão da temperatura do ar, umidade relativa do ar (UR) e índice de temperatura e umidade (ITU) de touros Nelore

	N	Média	Desvio Padrão	Máximo	Mínimo
Temperatura (°C)	114	21,33	2,04	25,14	18,32
UR (%)	114	51,62	4,40	57,54	36,96
ITU	114	66,96	2,38	70,77	63,28
TEMP_SUP (°C)	114	32,06	1,37	34,90	27,95
TEMP_INF (°C)	114	30,30	1,67	34,00	26,05
GTE	114	1,75	0,94	4,75	-0,15

A Figura 6 apresenta a variação do ITU durante os dois dias de avaliação das imagens termográficas, juntamente com as temperaturas superiores e inferiores dos testículos. Foi observado que o ITU aumentou com o passar das horas e a temperatura testicular acompanhou esta variação, porém em menor

escala, devido os touros possuírem mecanismos de termorregulação e, consequentemente, variação menor do que o ITU.

As médias ajustadas da temperatura da parte superior do escroto entre os animais de baixo e alto CAR apresentaram diferença (Tabela 6), onde animais de alto CAR apresentaram temperatura superior, indicando diferença na termoregulação testicular nesta área. Estes resultados também foram obtidos por Bourgon (2018), que descreveram menor perda de calor em touros de baixo CAR e sugeriram ser ocasionada por menor gasto energético em relação ao metabolismo testicular.

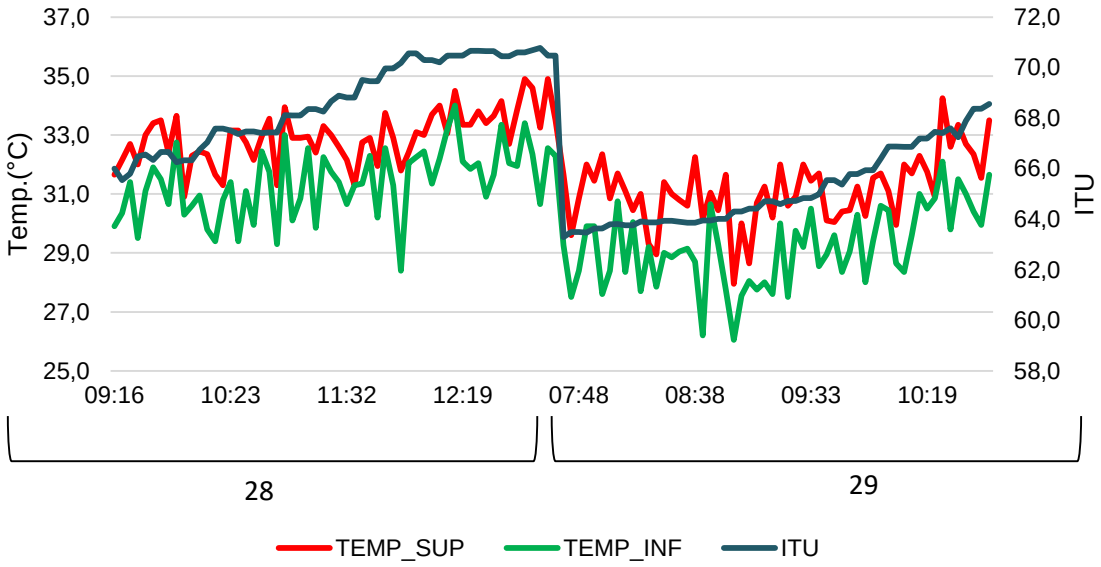

Figura 6. Índice de temperatura e umidade (ITU), temperatura superior do testículo (TEMP_SUP) e temperatura inferior do testículo (TEMP_INF) em graus célsius.

Avaliando a temperatura da parte inferior do escroto e o GTE, se verificou que os grupos de animais de alto e baixo CAR não apresentaram diferença entre si.

Fontoura et al. (2016) descreveram não ocorrer diferenças nas temperaturas, tanto da parte superior quanto da parte inferior dos testículos, quando comparado os animais de baixo e alto CAR, no entanto foi constatado

maior desvio padrão da temperatura na parte superior dos testículos em animais de alto CAR.

Tabela 6: Médias ajustadas e erro padrão das temperaturas (°C) do quadrado superior (TEMP_SUP), quadrado inferior (TEMP_INF), gradiente de temperatura escrotal (GTE) entre grupos aferidas por imagens termográficas do escroto em bovinos Nelore

	Baixo			Alto			
	N	**Media**	**Erro Padrão**	**N**	**Media**	**Erro Padrão**	**P valor**
TEMP_SUP (°C)	35	31,65	0,15	34	32,13	0,15	0,025
TEMP_INF (°C)	35	30,08	0,19	34	30,17	0,19	0,054
GTE	35	1,56	0,15	34	1,96	0,15	0,735

Montanholi et al. (2009) também relataram não haver diferença na temperatura do escroto entre grupos de animais baixo, médio e alto CAR. Isto pode ser explicado pelo fato da termografia do escroto ser responsável apenas por 1% da contribuição da imagens termográficas que explica a variação do CAR, enquanto os pés e bochechas são os maiores responsáveis por essa variação (43% e 31% respectivamente).

O GTE varia entre 1°C e 4,5°C de acordo com a estação do ano, quando essa variação for menor, acarreta danos aos espermatozoides, ocorrendo o aumento de defeitos espermáticos e diminuição da motilidade e vigor (Menegassi et al., 2015). A elevação da temperatura decresce a produção, a motilidade e a quantidade de espermatozoides produzidos e eleva a porcentagem de defeitos totais no ejaculado (KASTELIC et al., 2001).

De acordo com Coulter et al. (1988), a temperatura do escroto deve apresentar valor menor que a temperatura corporal do animal, de forma a não interferir na produção espermática. Segundo os autores, a elevação da temperatura ambiental pode estar relacionada com a redução da qualidade do sêmen.

No período em que foram realizadas as imagens termográficas dos testículos o ITU estava baixo, não afetando a termoregulação dos animais, fato que pode ter sido fundamental para o resultado apresentado no estudo. A raça também pode ser outro fator que causa influência, e como os animais Nelore

possuem maior rusticidade e tolerância a altas temperaturas, poderiam apresentar melhores resultados de termoregulação.

4.3 Ultrassonografia Testicular

As médias observadas nas imagens ultrassonográficas dos testículos indicam parênquima homogêneo e de moderada ecogenicidade (Tabela 7). Estes resultados também foram descritos por Brito et al. (2004) e Abdel-Razek e Ali (2005). O mediastino apresentou-se nas imagens ultrassonográficas como estrutura linear e hiperecóica, quando comparado ao parênquima testicular, no plano frontal.

Tabela 7. Médias observadas ± desvio padrão da intensidade média de pixel aferidas por imagens ultrassonográfica do escroto

N	Média	Desvio padrão	Máximo	Mínimo
85	25,38	3,80	33,34	16,94

As análises de intensidade de pixel do escroto não apresentaram diferença entre os animais de baixo e alto CAR (Tabela 8). Rossi (2017) constatou que touros Nelore não apresentam diferença na intensidade de pixel entre grupos divergentes de CAR, no entanto observou diferença da média de pixels em relação as idades dos animais avaliados. No presente estudo não se verificou diferença em relação as idades, provavelmente devido os animais em questão possuírem idades próximas.

Fontoura et al. (2016) estudando taurinos, relataram que animais de alto CAR exibiram maior ecogenicidade dos testículos do que touros de baixo CAR e a idade na coleta foi positivamente associada com a intensidade de pixel, indicando que touros mais velhos possivelmente estão mais próximos da maturidade sexual e possuem valores maiores de intensidade de pixel, resultado também apresentado por Brito et al. (2012). Ambos os trabalhos utilizaram animais com idades próximas aos 380 dias, diferentemente do presente onde os touros possuíam idade de 658 dias.

A diferença com relação aos resultados obtidos por Fontoura et al. (2016) e Brito et al. (2012) pode ter ocorrido pela desigualdade de idade dos animais,

pois os autores utilizaram animais em fase de puberdade, já no presente estudo os animais estavam completamente maduros sexualmente, o que não possibilitou observar diferença na intensidade de pixel entre grupos divergentes para CAR.

Tabela 8. Médias ajustadas ± erro padrão da intensidade média de pixel (IP) entre grupos aferidas por imagens ultrassonográfica do escroto

	Baixo			Alto			
	N	**Média**	**Erro Padrão**	**N**	**Média**	**Erro Padrão**	**P valor**
IP	35	25,46	0,77	34	26,12	0,80	0,56

Médias seguidas da mesma letra, nas linhas, não diferem significativamente entre si pelo teste T, ao nível de 5% de probabilidade

Os valores médios de pixel apresentados neste estudo foram menores do que os valore descritos por Cardilli et al. (2010) e Rossi (2017), em touros Nelore, e Abdel-Razek e Ali (2005) em animais taurinos. Isto pode ser explicado pela utilização de diferentes aparelhos ultrassonográficos e diferentes regulagens dos mesmos, visto que na literatura não se encontra padrão para obtenção das imagens ultrassonográficas do testículo de touros. Porém esta diferença é apenas numérica, pois foi possível averiguar relação entre os valores médios dos trabalhos em questão.

4.4 Avaliação Andrológica

As médias ajustadas das avaliações andrológicas dos anos de 2011 a 2017, entre os grupos divergentes para eficiência alimentar não apresentaram diferença (Tabela 9).

Rossi (2017) não observou diferença entre as avaliações andrológicas dos touros baixo e alto CAR da raça Nelore. Fox et al. (2004) não observaram diferença na concentração espermática, motilidade e defeitos totais em touros da raça Bonsmara, classificados para CAR. Esses resultados corroboram com o presente estudo, em que não foram encontrados diferenças entre MOT, VIG, CONC, DMA, DME, DTOT em touros de baixo e alto CAR. Hafla et al. (2012) não observaram diferença entre touros de alto, médio e baixo CAR para

motilidade espermática, porém apresentou fraca associação negativa com morfologia espermática (0,13). Wang et al. (2012) relataram que animais de baixo CAR, apresentaram motilidade espermática 5% menor.

Tabela 9. Número de coletas, médias ajustadas e erro padrão de motilidade (MOT, %), vigor (VIG, 1-5), concentração (CONC, x 10^6/ml), defeitos maiores (DMA, %), defeitos menores (DME, %) e defeitos totais (DTOT, %) dos grupos divergentes para CAR

	Baixo			Alto			
	N	**Média**	**Erro Padrão**	**N**	**Média**	**Erro Padrão**	**P valor**
MOT	349	59,88	2,03	190	57,92	2,83	0,50
VIG	349	4,30	0,17	190	4,27	0,24	0,32
CONC	353	1.259,33	82,63	200	1.286,41	114,71	0,76
DMA	187	11,83	1,77	128	12,95	2,23	0,94
DME	187	7,46	0,94	128	8,40	1,22	0,47
DTOT	215	18,63	1,84	139	19,43	2,54	0,93

Awda et al. (2013), comparando grupos divergentes para CAR observaram que animais de baixo CAR apresentaram diminuição a motilidade e viabilidade espermática. A explicação apontada pelos autores seria que esses touros são mais lentos para atingir a puberdade e apresentam um sistema reprodutivo mais imaturo no momento da coleta de sêmen. O presente estudo utilizou touros sexualmente maduros durante a avaliação andrológica, ocasionando a igualdade dos resultados andrológicos entre os grupos de eficiência alimentar.

4.5 Estimativas das Características Reprodutivas e CAR

4.5.1 Correlações Simples das Características Reprodutivas e CAR

As correlações de Pearson, das temperaturas das imagens termográficas, intensidade de pixel e consumo alimentar residual foram calculadas utilizando 85 animais, participantes do teste de eficiência alimentar do ano de 2017. As

correlações com as características das avaliações andrológicas foram calculadas utilizando 19 animais do mesmo ano (Tabela 10). A TEMP_SUP e TEMP_INF apresentaram correlações (p<0,05) com DME e DTOT, indicando que, com a elevação da temperatura dos testículos, há aumento dos defeitos menores e totais do ejaculado. Estes resultados também foram descritos por Kastelic et al. (2001), que relataram que aumento da temperatura testicular foi prejudicial à espermatogênese.

Tabela 10. Correlações de Pearson entre as médias de características reprodutivas, imagens termográfica e intensidade de pixel

	IP	CAR	MOT	VIG	CONC	DMA	DME	DTOT
GTE	0,04	0,15	0,29	-0,03	-0,26	-0,04	-0,14	-0,11
TEMP_SUP	0,06	-0,02	-0,20	-0,10	0,21	0,29	0,51**	0,48**
TEMP_INF	0,02	-0,10	-0,39*	-0,06	0,38	0,27	0,51**	0,46*
IP		-0,04	-0,05	0,06	0,26	0,47*	0,09	0,42
CAR			0,12	0,07	-0,35	-0,03	-0,06	-0,05

Valores em vermelho referente a 85 animais; valores em preto referente a 19 animais; GTE - Gradiente de temperatura escrotal; TEMP_SUP - Temperatura superior; TEMP_INF - Temperatura inferior; IP – Intensidade de pixel; MOT – Motilidade; VIG – Vigor; CONC – Concentração; DMA – Defeitos maiores; DME – Defeitos menores; DTOT– Defeitos Totais; CAR – Consumo alimentar residual *= *P*<0,10; **= *P*<0,05;

Menegassi et al. (2015) estimaram correlação negativa entre TEMP_INF e MOT (-0,41), resultado também descrito no presente estudo (-0,39). Os resultados estimados nas correlações de Pearson indicam a importância da utilização das imagens termográficas como ferramenta para auxiliar o exame andrológico em touros, dado que o valor negativo e significativo demonstra que animais em ambientes com temperaturas altas possuem menor motilidade seminal. Esta observação demonstra que deve ser trabalhado na melhora do ambiente ou na seleção de animais mais tolerantes ao calor.

A IP apresentou correlação (p<0,10) com DMA (0,47), resultado contraditório com o trabalho de Kastelic et al. (2001) e Brito et al. (2003). Isto pode ser explicado pela diferença dos equipamentos utilizados, as diferentes técnicas para analisar as imagens ultrassonográficas e a tentativa de correlacionar a intensidade de pixel e qualidade do sêmen coletadas no mesmo dia. No presente estudo, as imagens ultrassonográficas foram coletadas no

último dia de teste e após isso os animais foram enviados para a central Bela Vista e após o período de quarentena, realizada coletas de sêmen.

O CAR não apresentou associação significativa com as características seminais avaliadas. Rossi (2017) também constatou, em touros da raça Nelore, falta de relação entre grupos divergentes de CAR e qualidade do sêmen. Awda et al. (2013) verificaram em animais taurinos participantes de teste de eficiência alimentar, que a seleção de animais para eficiência alimentar foi negativamente associada com a motilidade e viabilidade espermática, ou seja, animais de baixo CAR apresentaram sêmen com menor motilidade e vigor.

O resultado de Awda et al. (2013) pode ser devido a utilização de animais com idade média de 274 dias, indicando que touros de baixo CAR são menos precoces para atingir a puberdade, diferente do observado no presente estudo, cujos animais tinham idade média de 670 dias e já atingido a puberdade com base nos valores da avaliação seminal. Portanto, realizando a comparação de touros de baixos e alto CAR que alcançaram a puberdade, não foi verificado diferenças na qualidade de sêmen.

4.5.2 Regressão das Características Reprodutivas e CAR

A Figura 7 apresenta a contribuição das características estudadas que explica a variação da eficiência alimentar. No geral, 76,6% da variação do CAR foi explicada pela qualidade do sêmen, as outras características apresentaram similaridade entre si na influência sobre o CAR.

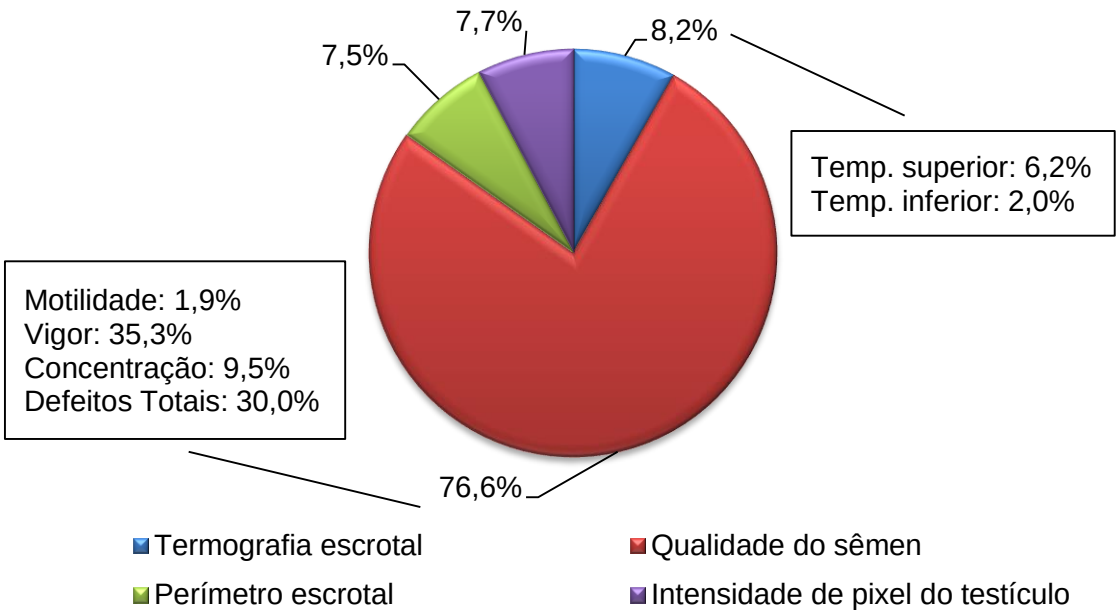

Figura 7. Contribuição relativa da termografia do escroto, intensidade de pixels dos testículos, qualidade do sêmen e perímetro escrotal para explicar a variação na eficiência alimentar em touros Nelore.

Bourgon et al. (2018) avaliando animais taurinos, obtiveram resultados similares ao do presente estudo, para termografia escrotal, intensidade de pixel do testículo e perímetro escrotal, porém inferior para qualidade do sêmen, possivelmente devido a análise possuir outras variáveis como hormônios e hemograma completo.

A produção de espermatozoides acarreta em alto custo energético (Olsson et al.,1997), indicando a importância das características do ejaculado na variação do CAR, visto que animais de baixo CAR possuem menor metabolismo dos tecidos. Portanto a qualidade seminal possui influência sobre o CAR, e entre as características seminais, o vigor e os defeitos totais contribuíram mais (35,3% e 30,0%, respectivamente) como efeitos independentes.

O efeito da termografia escrotal foi responsável por 8,2% em influenciar o CAR, com a temperatura superior do testículo influenciando três vezes mais do que a temperatura inferior. Isto foi observado nas análises por imagens termograficas dos grupos de eficiência alimentar. A característica TEMP_SUP foi significativa ($p<0,05$) entre os grupos divergentes, e TEMP_INF não apresentou significância.

Animais de baixo CAR para consumo alimentar residual apresentaram menor gasto energético do metabolismo, em concordância com a menor temperatura na parte superior dos testículos. Este menor gasto energético não influencia as características obtidas no exame andrológico. Desta forma, os touros selecionados para consumo alimentar residual são animais aptos com relação a qualidade seminal e adequados para uso como reprodutores.

5. CONCLUSÃO

A seleção de touros jovens da raça Nelore para consumo alimentar residual, não influenciou nas características termográficas testiculares, ultrassonográficas testiculares e a qualidade do sêmen.

6. REFERÊNCIAS

Abdel-Razek A, Ali A (2005) Development changes of bull (*Bos taurus*) genitalia as evaluated by caliper and ultrasonography. **Reproduction in Domestic Animals** 40:23-27.

ABIEC - Associação Brasileira das Indústrias Exportadoras de Carne (2016) Disponível em: <http://www.abiec.com.br/>. Acesso em: 25 maio 2017.

Ahmad E, Ahmad N, Naseer Z, Aleem M, Khan MS, Ashiq M, Younis M (2011) Relationship of age to body weight, scrotal circumference, testicular ultrasonograms, and semen quality in Sahiwal bulls. **Tropical Animal Health and Production** 43:159–164.

ANUALPEC. Anuário estatístico da pecuária de corte. São Paulo: FNP Consultoria & Comércio, 2017.

ASSOCIATION OF ANALYTICAL CHEMISTRY – AOAC (1995). Official Methods of Analysis. 16th ed. Arlington: AOAC International, 1025.

Archer JA, Arthur PF, Herd RM, Richardson EC (1998) Genetic variation in feed efficiency and its component traits. **Proceedings of the 6th World Congress on Genetics Applied to Livestock Production** 25:81–84.

Arthur PF, Renand G, Krauss D (2001) Genetic and phenotypic relationships among different measures of growth and feed efficiency in young Charolais bulls. **Livestock Production Science** 68:131–139.

Arthur PF, Archer JA, Herd RM (2004) Feed intake and efficiency in beef cattle: overview of recent Australian research and challenges for the future. **Australian Journal of Experimental Agriculture** 44:361-369.

Arthur PF, Archer JA, Johnston DJ, Herd RM, Richardson EC, Parnell P (2001) Genetic and phenotypic variance and covariance components for feed intake, feed efficiency, and other postweaning traits in Angus cattle. **Journal of Animal Science** 79:2805-2811.

Awda BJ, Miller SP, Montanholi YR, Voort GV, Caldwell T, Buhr MM, Swanson KC (2013) The relationship between feed efficiency traits and fertility in young beef bulls. **Canadian Journal of Animal Science** 93:185-192.

Basarab JA, Price MA, Aalhus JL, Okine EK, Snelling WM, Lyle KL (2003) Residual feed intake and body composition in young growing cattle. **Canadian Journal of Animal Science** 83:189–204.

Brito LF, Silva AE, Barbosa RT, Kastelic JP (2004) Testicular thermoregulation in Bos indicus, crossbred and Bos taurus bulls: relationship with scrotal, testicular vascular cone and testicular morphology, and effects on semen quality and sperm production. **Theriogenology** 61:511–528.

Brito LFC, Silva AEDF, Barbosa RT, Unanian MM, Kastelic JP (2003) Effects of scrotal insulation on sperm production, semen quality, and testicular echotexture in Bos indicus and Bos indicus x Bos taurus bulls**. Animal Reproduction Science** 79:1-15.

Brito, LFC, Barth AD, Wilde RE, Kastelic JP (2012) Testicular ultrasonogram pixel intensity during sexual development and its relationship with semen quality, sperm production, and quantitative testicular histology in beef bulls. **Theriogenology** 78:69–76.

Bourgon SL, Amorim MD, Chenier T, Sargolzaei M, Miller SP, Martell JE, Montanholi YR (2018) Relationships of nutritional plane and feed efficiency with sexual development and fertility related measures in young beef bulls. **Animal reproduction science** 198:99-111.

Bussab WO, Morettin PA Estatística básica. 4. ed. São Paulo: Atual, 1987.

Cardilli DJ (2008) **Análise quantitativa da imagem ultra-sonográfica de testículos de bovinos jovens da raça Nelore.** 67 f. Dissertação (mestrado) - Unesp, Jaboticabal, 2008.

Cardilli DJ, Toniollo GH, Pastore AA, Canola JA, Mercadante MEZ (2009) Ultrasonographic study of testicular development in young Nelore bulls raised in extensive management system. **Animal Reproduction** 6:252.

Cardilli DJ, Toniollo GH, Pastore AA, Canola JC, Mercadante MEZ, OLIVEIRA JA (2010) Padrão ultrassonográfico do parênquima, mediastino e túnicas testiculares em bovinos jovens da raça nelore. **Ciência Animal Brasileira** 11:899-905.

COLÉGIO BRASILEIRO DE REPRODUÇÃO ANIMAL– CBRA. **Manual para exame andrológico e avaliação de sêmen animal**. 3.ed. Belo Horizonte, MG, 2013. 104 p.

Chacur MGM, Souza CD, et al. (2015) Efeito da colheita de sêmen por eletroejaculação na temperatura da bolsa escrotal em touros Nelore, *Bos taurus*

*indicu*s. **Congresso Brasileiro de Reprodução Animal**, 21, 2015, Belo Horizonte. *Anais...*Belo Horizonte: CBRA,. p.85. Resumo.

Chandolia RK, Honaramooz A, Omeke BC, Pierson R, Beard AP, Rawlings NC (1997) Assessment of development of the testes and acessory glands by ultrasonography in bull calves and associated endocrine changes. **Theriogenology** 48:119-132.

Coulter GH, Senger PL, Bailey DRC (1988) Relationship of scrotal surface temperature measured by infrared thermography to subcutaneous and deep testicular temperature in the ram. **Journal of Reproduction and Fertility** 84:417-423.

Cruz GD, Rodriguez-Sanchez JA, Oltjen JW, Sainz RD (2009) Performance, residual feed intake, digestibility, carcass traits, and profitability of Angus – Hereford steers housed in individual or group pens. **Journal of Animal Science** 88:324-329.

Drost WT. Basic ultrasound physics (2002) In: THRALL, D. E. **Textbook of veterinary diagnostic radiology**. 4. ed. Philadelphia: W. B. Sauders Company, p. 20-27.

Fonseca O, Vale Filho VR, Mies Filho A, Abreu J (1991) Procedimentos para Exame Andrológico e Avaliação do Sêmen. **Colégio Brasileiro de Reprodução Animal** 79.

Fontoura ABP, Montanholi YR, Diel de Amorim M, Foster RA, Chenier T, Miller SP (2016) Associations between feed efficiency, sexual maturity and fertility-related measures in young beef bulls. **Animal** 10:96–105.

Forbes J M (2007) A personal view of how ruminant animals control their intake and choice of food: minimal total discomfort. **Nutrition Research Reviews** 20:132-146.

Fox JT, Carstens GE, et al. (2004) Net feed intake of growing bulls and relationships with performance, fertility and ultrasound composition traits. **Beef Cattle Research in Texas Report** Texas A&M University 117–120.

Gábor G, Sasser RG, et al. (1998) Computer analysis of video and ultrasonographic images for evaluation of bull testes. **Theriogenology** 50:223-228.

Giffin JL, Franks SE, Rodriguez-Sosa JR, Hahnel A, Bartlewski PM (2009) A study of morphological and haemodynamic determinants of 80 testicular echotexture characteristics in the ram. **Experimental Biology and Medicine** 234:794–801.

Guimarães JD (1993) **Puberdade e maturidade sexual em touros da raça Gir criados em condições semiextensivas**. 1993. 85 f. Dissertação (Mestrado em Medicina Veterinária) – Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte.

Hafla AN, Lancaster PA, Carstens GE, Forrest D,W, Fox J,T, Forbes TD, Davis ME, Randel RD, Hollaway JW (2012) Relationships between feed efficiency, scrotal circumference, and semen quality traits in yearling bulls. **Journal of Animal Science** 90:3937-3944.

Hahn GL, Mader TL (1997) Heat waves in relation to thermoregulation, feeding behavior and mortality of feedlot cattle. In: PROCEEDINGS OF THE INTERNATIONAL LIVESTOCK ENVIRONMENT SYMPOSIUM MINNEAPOLIS, 5, Minneapolis. **Proceedings...** St. Joseph: ASAE, p.563-567.

Herd RM, Oddy VH, Richardson EC (2004) Biological basis for variation in residual feed intake in beef cattle. 1. Review of potential mechanisms. **Australian Journal of Experimental Agriculture** 44:423-430.

Herd RM, Arthur, PF (2009) Physiological basis for residual feed intake. **Journal of Animal Science** 87:64-71.

Kastelic JP (2014) Understanding and evaluating bovine testes. **Theriogenology** 81:18–23.

Kastelic JP, Cook RB, Coulter GH (1996) Contribution of scrotum and testes to scrotal and testicular thermoregulation in bulls and rams. **Journal of Reproduction and Fertility** 108:81-85.

Kastelic JP, Coulter GH, Cook RB (1995) Scrotal surface, subcutaneous, intratesticular and intraepedidymal temperatures in bulls. **Theriogenology** 44:147-152.

Kastelic JP, Cook RB, Pierson RA, Coulter GH (2001) Relationships among scrotal and testicular characteristics, sperm production, and seminal quality in 129 beef bulls. **The Canadian Journal of Veterinary Research** 65:111-115.

Kastelic JP, Feliciano Silva AED, Barbosa RT, Pineda NR, Freitas AR, Cook RB (1997) Relationships between pixel intensity of testicular ultrasonograms and sperm morphology in Nelore and Canchim bulls. **Revista Brasileira de Reprodução Animal** 21:40-42.

Koch RM, Swiger LA, Chambers D, Gregory KE (1963) Efficiency of feed use in beef cattle. **Journal of animal science** 22:486-494.

Kunc P, Knizkova I (2012) The Use of Infrared Thermography in Livestock Production and Veterinary Field. In: **Infrared Thermography Recent Advances and Future Trends** 85-101.

Lancaster PA, Carstens GE, Ribeiro FRB, Tedeschi LO, Crewsjr DH (2009) Characterization of feed efficiency traits and relationships with feeding behavior and ultrasound carcass traits in growing bulls. **Journal of Animal Science** 87:1528-1539.

Lunstra DD, Coulter GH (1997) Relationship between infrared temperature patterns and natural-mating fertility in beef bulls. **Journal of Animal Science** 75:767-774.

MEDICAL MONITORING SYSTEMS PTY (1999) **Operating Instructions for the vet2000 and manual of equine thermography**. [S.l.]: Meditherm.

Menegassi SRO, Barcellos JOJ, Dias EA, Koetz C, Pereira GR, Peripolli V, Mcmanus C, Canozzi MEA, Lopes FG (2015) Scrotal infrared digital thermography as a predictor of seasonal effects on sperm traits in Braford bulls. **International Journal of Biometeorology** 59:357–364.

Montanholi YR, Swanson KC, Schenkel FS, McBride BW, Caldwell TR, Miller S P (2009) On the determination of residual feed intake and associations of infrared thermography with efficiency and ultrasound traits in beef bulls. **Livestock Science** 125:22–30.

Nichi M, Bols PEJ, Züche RM, Barnabe VH, Goovaerts IGF, Barnabe RC, Cortada CMN (2006) Seasonal variation in semen quality in Bos indicus and Bos taurus bulls raised under tropical conditions. **Theriogenology** 66:822–828.

Nogueira GP (2004) Puberty in South American Bos indicus (Zebu) cattle. **Animal Reproduction Science** 83:361–372.

Oliveira MEF, Dias LMK, Feliciano MAR (2013) Ultrassonografia do Sistema Reprodutor Masculino de Pequenos Ruminantes. In: Felician MA, Oliveira MEF, Vicente WRR (Ed.). **Ultrassonografia na reprodução animal.** São Paulo: MedVet,. 161-176p.

Olsson M, Madsen T, Shine R (1997). Is sperm really so cheap? Costs of reproduction in male adders, Vipera berus. **Proceedings of the Royal Society of London Series B, Biological Sciences** 264:455–459.

Pechman RD, Eilts BE (1987) B-mode ultrasonography of the bull testicle. **Theriogenology** 27:431-441.

Pereira E, Eler JE, Ferraz JBS (2000) Correlação Genética entre perímetro escrotal e algumas características reprodutivas na raça Nelore. **Revista Brasileira de Zootecnia** 29:1676-1683.

PORTUGAL ES (2014) **Termografia e ultrassonografia Doppler do plexo pampiniforme e termografia do escroto de touros: correlação com a qualidade do sêmen.** 80f. Tese (Doutorado) - Universidade Estadual Paulista, Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias, Jaboticabal.

Purohit RC, Hudson RS, Riddell MG, Carson RL, Wolfe DF, Walker DF (1985) Thermography of the bovine scrotum. **American Journal of Veterinary Research** 46:2388-2392.

Quirino CR, Bergmann JAG, Vale Filho VR, Andrade VJ, Reis SR, Mendonça RM, Fonseca, CG (2004) Genetic parameters of libido in Brazilian Nellore bulls. **Theriogenology** 62:1-7.

Richardson EC, Herd RM (2004) Biological basis for variation in residual feed intake in beef cattle. 2. Synthesis of results following divergent selection. **Australian Journal of Experimental Agriculture** 44:431–440.

Rossi, G. F (2017) **Parâmetros reprodutivos de machos da raça Nelore de baixa e alta eficiência alimentar suplementados com ácidos graxos protegidos em pastagem.** Tese (Doutorado) - Universidade Estadual Paulista, Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias, Jaboticabal.

Ruediger FR, Chacur MGM, Alves FCPF, Oba E, Ramos AA (2016) Digital infrared thermography of the scrotum, semen quality, serum testosterone levels in Nellore bulls (*Bos taurus indicus*) and their correlation with climatic factors. **Semina Agrárias** 37:221-232.

SETCHELL BP (1998) The Parkes Lecture Heat and the testis. **Journal of Reproduction and Fertility** 114:179-194.

Schenkel FS, Miller SP, Wilton JW (2004) Genetic parameters and breed differences for feed efficiency, growth, and body composition traits of young beef bulls. **Canadian Journal of Animal Science** 84:177-185.

Silva AEDF, Unanian MM, Cordeiro CMT, Freitas AR (2002) Relação da circunferência escrotal e parâmetros de qualidade de sêmen em touros da raça nelore PO. **Revista Brasileira de Zootecnia** 31:1157-1165.

Silveira TS, Siqueira JB, Guimarães SEF, Paula TAR, Neto TM, Guimarães JD (2010) Maturação sexual e parâmetros reprodutivos em touros da raça nelore criados em sistema extensivo. **Revista Brasileira de Zootecnia** 39:36-39.

Lucila Sobrinho T, Branco RH, Bonilha SFM, Castilhos AM, Figueiredo LA, Razook AG, Mercadante MEZ (2011) Residual feed intake and relationships with performance of Nelore cattle selected for post weaning weight. **Revista Brasileira de Zootecnia** 40:929-937.

SOUZA CD, CHACUR MGM, et al. (2017) Scrotal surface temperature in Nellore bulls (*Bos taurus indicus*). **International Symposium on Animal Biology of Reproduction**, 6, 2016, Campos do Jordão. Abstract…Campos do Jordão: CBRA, p.284. Abstract.

Souza CD, Chacur MGM, Ruediger FR, Andrade IB, Bastos GP, Giuffrida R (2017) Temperatura Por Infravermelho Do Escroto e Quadro Seminal Em Touros Adultos Jovens E Adultos Maduros Da Raça Nelore. In: **Colloquium Agrariae**.

Stieven ICB (2012) **Relações do consumo alimentar residual com perfil hematológico, estresse e comportamento ingestivo em bovinos Purunã.** 2012. 81f. Dissertação (Mestrado em Ciências Veterinárias) – Universidade Federal do Paraná, Curitiba.

Sullivan JJ (1970) Sperm numbers required for optimum breeding efficiency in cattle. **Proceedings of the Third Technical Conference on Artificial Insemination and Reproduction** 3:36–43.

Tedeschi LO, Fox DG, Baker MJ, Kirschten DP (2006).Identifying differences in feed efficiency among group-fed cattle. **Journal of Animal Science** 84:767- 776.

Thom EC (1959) The discomfort index. **Journal Weatherwise** 12:57-61.

Van Soest PJ, Robertson JB, Lewis BA (1991) Symposium: Carbohydrate methodology, metabolism, and nutritional implications in dairy cattle. Methods for dietary fiber, neutral detergent fiber, and nonstarch polysaccharides in relation to animal nutrition. **Journal Dairy Science,** 74:3583-3597.

Wang Z, Colazo MG, Basarab JA, Goonewardene LA, Ambrose DJ, Marques E, Plastow G, Miller SP, Moore SS (2012) Impact of selection for residual feed intake on breeding soundness and reproductive performance of bulls on pastured-based multi-sire mating. **Journal of Animal Science** 90:2963-2969.

Wenkoff MS (1989) The evaluation of bulls for breeding soundness. **Canadian Veterinary Medical Association** 2:47.

7. APÊNDICE

Anexo 1. Composição e conteúdo nutricional das dietas totais.

Item	% Matéria Seca (MS)
Ingredientes	
Silagem de Milho	25,22
Bagaço de Cana	4,00
Milho	60,8
Farelo de Amendoim	7,00
Ureia	1,00
Sal Mineral	1,89
Nutrientes	
Matéria Seca%	62,00
Proteína Bruta % MS	14,50
Nutrientes Digestíveis Totais % MS	76,00
Energia Liquida de Mantença Mcal/kg MS	2,02
Energia Liquida de Ganho, Mcal/kg MS	1,18
Fibra em Detergente Neutro % MS	26,60
Cálcio % MS	0,36
Fósforo % MS	0,42