

# RESSALVA

Atendendo solicitação do(a) autor(a), o texto completo desta dissertação será disponibilizado somente a partir de 02/07/2022.

**UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA - UNESP  
CÂMPUS DE JABOTICABAL**

**PARÂMETROS REPRODUTIVOS EM TOUROS NELORE  
CRIADOS EM REGIÃO DE CLIMA TROPICAL SEMIÚMIDO:  
FERRAMENTAS AUXILIARES PARA A ESCOLHA DO  
REPRODUTOR**

**Luana Gomes Fernandes  
Médica Veterinária**

**2021**

**UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA - UNESP  
CÂMPUS DE JABOTICABAL**

**PARÂMETROS REPRODUTIVOS EM TOUROS NELORE  
CRIADOS EM REGIÃO DE CLIMA TROPICAL SEMIÚMIDO:  
FERRAMENTAS AUXILARES PARA A ESCOLHA DO  
REPRODUTOR**

**Discente: Luana Gomes Fernandes**

**Orientador: 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 Medicina Veterinária, Área: Reprodução Animal.

**2021**

F363p	<p>Fernandes, Luana Gomes</p> <p>Parâmetros reprodutivos em touros Nelore criados em região de clima tropical semiúmido: ferramentas auxiliares para a escolha do reprodutor / Luana Gomes Fernandes. -- Jaboticabal, 2021</p> <p>49 p. : tabs., fotos</p> <p>Dissertação (mestrado) - Universidade Estadual Paulista (Unesp), Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias, Jaboticabal</p> <p>Orientador: Fabio Morato Monteiro</p> <p>1. Bovinos. 2. Fertilidade. 3. CASA. 4. Termografia infravermelha. 5. Ultrassonografia testicular. I. Título.</p>
-------	---

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: PARÂMETROS REPRODUTIVOS EM TOUROS NELORE CRIADOS EM REGIÃO DE CLIMA TROPICAL SEMIÚMIDO: FERRAMENTAS AUXILIARES PARA A ESCOLHA DO REPRODUTOR


**AUTORA: LUANA GOMES FERNANDES**

**ORIENTADOR: FABIO MORATO MONTEIRO**

Aprovada como parte das exigências para obtenção do Título de Mestra em MEDICINA VETERINÁRIA, área: Reprodução Animal pela Comissão Examinadora:

  
Pesquisador Dr. FABIO MORATO MONTEIRO (Participação Virtual)  
Instituto de Zootecnia / Sertãozinho/SP

  
Prof. Dr. ANDRÉ MACIEL CRESPILHO (Participação Virtual)  
Universidade Santo Amaro-UNISA / São Paulo/SP

  
Profa. Dra. MARIA EMILIA FRANCO OLIVEIRA (Participação Virtual)  
Departamento de Medicina Veterinária Preventiva e Reprodução Animal / FCAV / UNESP - Jaboticabal

Jaboticabal, 02 de julho de 2021

## **DADOS CURRICULARES DO AUTOR**

Luana Gomes Fernandes, nascida em Formosa do Oeste – Paraná, aos seis dias do mês de novembro do ano mil novecentos e noventa e cinco. Possui graduação em Medicina Veterinária pela Universidade Federal do Paraná (UFPR) Setor Palotina, ano de dois mil e treze a dois mil e dezoito. Durante o período desenvolveu projeto de pesquisa no programa de Iniciação Científica. Participou de projetos de extensão, diversos cursos de aprimoramento e atualizações, além de congressos e estágios extracurriculares. Realizou estágio curricular na área de Reprodução Animal no Instituto de Zootecnia – Centro Avançado de Pesquisa de Bovinos de Corte, sob orientação do Dr. Fabio Morato Monteiro. Em agosto de dois mil e dezoito colou grau e foi premiada como melhor aluna da XXVI Turma de Medicina Veterinária da UFPR/Setor Palotina. Foi aprovada na seleção de mestrado da Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias da Universidade Estadual Paulista “Júlio de Mesquita Filho” – Jaboticabal, para início do curso em março de dois mil e dezenove. Durante o período participou e apresentou trabalhos em congressos. Ao final gerou o trabalho intitulado “Parâmetros reprodutivos em touros Nelore criados em região de clima tropical semiúmido: Ferramentas auxiliares para a escolha do reprodutor” sob orientação do Dr. Fabio Morato Monteiro.

“...O preço é alto. A gente se questiona, a gente se culpa, a gente se angustia. Mas o destino, a vida e o peito às vezes pedem que a gente embarque. Alguns não vão. Mas nós, que fomos, viemos e iremos, não estamos livres do medo e de tantas fraquezas. Mas estamos para sempre livres do medo de nunca termos tentado. Keep walking.”

Ruth Manus

**Dedico**

Aos meus pais, Alfredo F. Fernandes e Zilda G. P. Fernandes  
e ao meu irmão Allan Gomes Fernandes.

## AGRADECIMENTOS

A Deus e a Nossa Senhora Aparecida por todas as bênçãos recebidas até aqui e pela oportunidade de estar concluindo mais essa etapa. Muito obrigada por sempre me fazer sentir Vossas presenças e por guiarem meus passos!

A minha família, meus pais e meu irmão, minha base, minha referência e exemplos de vida. Meu eterno agradecimento por mesmo de longe sempre estarem presentes, por sempre me apoiarem e incentivarem e por não medirem esforços para me verem feliz. Tudo o que faço e farei é para que vocês sempre sintam-se orgulhosos. Eu amo vocês!

A minha avó por todo amor e carinho, e a todos os familiares que me incentivam e torcem por mim.

Ao meu orientador, Dr. Fabio Morato Monteiro, agradeço pela confiança, atenção, paciência, risadas, broncas, e por todo conhecimento transmitido ao longo desses dois anos de mestrado.

A Dra. Maria Eugênia Zerlotti Mercadante, pesquisadora do Instituto de Zootecnia, que apesar de não ser oficialmente minha coorientadora, sempre esteve disposta a me ajudar, meu muito obrigada.

Aos companheiros de laboratório e “curral”, Marcelo, Marina e Naiara. Os manejos não seriam os mesmos sem vocês, obrigada por todas as risadas, momentos difíceis compartilhados e superados, por todo apoio durante a execução e elaboração desse trabalho.

A casa dos mestrandos do IZ, que por dois anos foi meu segundo lar e proporcionou-me uma segunda família, minha família paulista. Apesar de estar longe de casa e em outro Estado, nunca estive sozinha, vocês são irmãos que levarei no coração por onde quer que eu vá, carregarei as lembranças de cada comigo: Marina, Tati, Joycinha, Gabizinha, Lorena, Marcelo, Valesca, Dani, David, Ricardo, Catiucia, Leonardo e Fernanda. Obrigada por fazerem meus dias mais felizes e aliviarem o peso das batalhas, obrigada por tanto!

As amigas pós-graduandas Katiucha e Rafaela, por dividirem comigo alegrias e angústias. Obrigada pela amizade construída nesse tempo.

Aos funcionários do Instituto de Zootecnia, em especial ao Leu, Dona Irma, Dona Arlete, Dona Tereza, Aline, Estela, Batata, Valdir, Pedrinho Sr. Braz e os campeiros sempre prestativos e companheiros, que tanto me auxiliaram.

A UNESP e ao Departamento de Reprodução Animal por tudo que me proporcionaram.

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

A todos que de alguma forma estiveram envolvidos neste projeto, auxiliando e tornando possível a conclusão deste trabalho!

## SUMÁRIO

<b>CAPÍTULO 1 – Considerações Gerais .....</b>	<b>1</b>
<b>1. INTRODUÇÃO .....</b>	<b>1</b>
<b>2. REVISÃO DE LITERATURA .....</b>	<b>2</b>
2.1. Termorregulação escrotal .....	2
2.2. Avaliação andrológica .....	3
2.3. Termografia infravermelha .....	6
2.4. Índice de Temperatura e Umidade – ITU .....	8
2.5. Ultrassonografia testicular .....	9
<b>REFERÊNCIAS.....</b>	<b>12</b>
<b>CAPÍTULO 2 - Parâmetros reprodutivos em touros Nelore criados em região de clima tropical semiúmido: ferramentas auxiliares para a escolha do reprodutor .....</b>	<b>20</b>
<b>1. INTRODUÇÃO .....</b>	<b>21</b>
<b>2. MATERIAL E MÉTODOS .....</b>	<b>22</b>
2.1. Local, período de execução e animais .....	22
2.2. Delineamento experimental.....	23
2.3. Índice de temperatura e umidade – ITU .....	24
2.4. Termografia Infravermelha .....	24
2.5. Avaliação ultrassonográfica dos testículos.....	25
2.6. Colheita e avaliação do sêmen .....	27
2.7. Taxa de concepção dos touros .....	28
2.8. Análise Estatística .....	29
<b>3. RESULTADOS.....</b>	<b>29</b>
<b>4. DISCUSSÃO .....</b>	<b>37</b>
<b>5. CONCLUSÃO .....</b>	<b>42</b>
<b>REFERÊNCIAS.....</b>	<b>43</b>

## Certificado da Comissão de Ética no Uso de Animais



Protocolo nº 289-19

Governo do Estado de São Paulo  
Secretaria de Agricultura e Abastecimento  
Agência Paulista de Tecnologia dos Agronegócios  
Instituto de Zootecnia

### CERTIFICADO

Certificamos que o protocolo intitulado “**AValiação DA TERMORREGULAÇÃO ESCROTAL POR MEIO DA TERMOGRAFIA INFRAVermELHA E SUA INFLUêNCIA NA FERTILIDADE E NA CRIOPRESERVAÇÃO DE SêMEN BOVINO**”, protocolo nº **289-19**, sob a responsabilidade de Fabio Morato Monteiro e colaboradores: Maria Eugênia Zerlotti Mercadante, Naiara Nantes Rodrigues, Marina de Oliveira Silva, Marcelo Sant’Ana Borges, Guilherme Fazan Rossi, que envolve a utilização de bovinos para fins de projeto de pesquisa – encontra-se de acordo com os preceitos da Lei nº 11.794, de 8 de outubro de 2008, do Decreto nº 6.899 de 15 de julho de 2009, e com as normas editadas pelo Conselho Nacional de Controle da Experimentação Animal (CONCEA), tendo sido aprovado pela COMISSÃO DE ÉTICA NO USO DE ANIMAIS (CEUA) do INSTITUTO DE ZOOTECNIA, em reunião de **05/06/2019**.

Finalidade	<input type="checkbox"/> Ensino <input checked="" type="checkbox"/> Pesquisa Científica <input type="checkbox"/> Treinamento
Vigência do Projeto	10/06/2019 a 31/05/2021
Espécie/Linhagem	Bovinos, Nelore
No. de Animais	34
Peso/Idade	550 kg / 24 a 36 meses
Sexo	Machos
Origem	Biotério do Centro de Pesquisa em Bovinos de Corte do Instituto de Zootecnia

Cecília José Veríssimo  
Presidente CEUA-IZ

## PARÂMETROS REPRODUTIVOS EM TOUROS NELORE CRIADOS EM REGIÃO DE CLIMA TROPICAL SEMIÚMIDO: FERRAMENTAS AUXILARES PARA A ESCOLHA DO REPRODUTOR

**RESUMO** – O estudo teve como objetivos monitorar as características reprodutivas de touros Nelore antes e após a estação de monta natural (EMN) em regiões de clima tropical semiúmido, e ainda, avaliar se as técnicas de termografia infravermelha (TIV), ultrassonografia testicular modo-B e modo Doppler, e análise computadorizada do movimento espermático (CASA) podem fornecer indicadores de fertilidade em touros Nelore submetidos EMN. Foram utilizados 29 touros Nelore, com idade entre  $30 \pm 06$  meses e peso corporal médio de  $592,30 \pm 84,89$  kg. Foram realizadas três avaliações antes dos animais entrarem na EMN (setembro, outubro e novembro) e três avaliações após a saída da EMN (março, abril e maio), todas com intervalo de 28 dias entre elas. Em todas as avaliações, foi realizada mensuração do índice de temperatura e umidade (ITU), avaliação da cinética espermática por meio da técnica CASA e de morfologia espermática por meio de microscopia de contraste de interferência diferencial (DIC), imagens termográficas da região escrotal e ocular, ultrassonografia modo-B no testículo e modo Doppler no cordão espermático. Ao final da EMN, mediante resultado da taxa de prenhez dos lotes individuais, os touros foram classificados em grupos de baixa (BF), média (MF) e alta (AF) fertilidade. A técnica TIV não apresentou nenhum indicador de fertilidade entre os grupos. Entre os parâmetros fornecidos pela técnica CASA, velocidade média do trajeto (VAP) e velocidade em linha reta (VSL) apresentaram diferença entre os grupos de fertilidade (BF: VAP =  $100,02 \mu\text{m/s}$ , VSL =  $79,84 \mu\text{m/s}$ ; AF: VAP =  $110,98 \mu\text{m/s}$ ; VSL =  $87,05 \mu\text{m/s}$ , respectivamente). Índices vasculares fornecidos pela ultrassonografia Doppler também foram diferentes entre os grupos (BF: IP = 0,69, IR = 0,48; AF: IP = 0,93; IR = 0,57). As avaliações antes e após a EMN permitem concluir que, a utilização de touros Nelore em EMN em regiões de clima tropical semiúmido, é viável por não apresentar reflexos negativos nas características reprodutivas. E ainda que, a TIV não é capaz de fornecer indicadores de fertilidade para touros Nelore. No entanto, VAP e VSL fornecidos pela técnica CASA e IP e IR fornecidos por ultrassonografia Doppler podem ser considerados indicadores de fertilidade.

**Palavras-chave:** Sêmen, indicadores de fertilidade, CASA, termografia, ultrassonografia

## REPRODUCTIVE PARAMETERS IN NELORE BULLS IN A REGION WITH TROPICAL SEMI-HUMID CLIMATE: AUXILIARY TOOLS FOR CHOOSING THE BREEDERS

**ABSTRACT** - The aims of this study were to monitor the reproductive traits of Nelore bulls before and after the natural breeding season (NBS) in semi-humid tropical climate regions and to evaluate if the infrared thermography techniques (ITT), testicular ultrasonography B-mode and Doppler mode, and Computer-Assisted Semen Analysis (CASA) can provide fertility indicators in Nelore bulls submitted to NBS. Twenty-nine Nelore bulls were used, with a mean age of  $30 \pm 06$  months and mean body weight of  $592.30 \pm 84.89$  kg. Three evaluations were carried out before start the NBS (September, October and November) and three evaluations after the animals left the NBS (March, April and May), all evaluations with an interval of 28 days between them, in two consecutive NBS (2018-2019 and 2019-2020). In all evaluations were measured temperature-humidity index (THI), semen evaluation by CASA and sperm morphology techniques, evaluation of sperm kinetics using the CASA technique and sperm morphology using differential interference contrast microscopy (DIC), thermographic images of the scrotal and ocular region, B-mode ultrasonography in the testicle and Doppler mode in the spermatic cord. At the end of the NBS the bulls were classified in groups of low (LF), medium (MF) and high (HF) fertility, based on the pregnancy rate of the individual lots. The ITT did not show any indicator of fertility between groups. Among the parameters provided by the CASA technique, average path velocity (VAP) and straight linear velocity (VSL) differed between fertility groups (LF: VAP= $100.02 \mu\text{m/s}$ , VSL= $79.84 \mu\text{m/s}$ ; HF: VAP= $110.98 \mu\text{m/s}$ ; VSL= $87.05 \mu\text{m/s}$ , respectively). Pulsatility (PI) and Resistivity index (RI) provided by Doppler ultrasonography were also different between groups (LF: IP=0.69, IR=0.48; HF: IP=0.93; IR=0.57). The evaluations before and after NBS allow us to conclude that the use of Nelore bulls in NBS in regions of semi-humid tropical climate is viable as it does not present negative effects on reproductive traits. Furthermore, ITT is not able to provide fertility indicators for Nelore bulls. However, VAP and VSL provided by CASA technique and PI and RI provided by Doppler ultrasonography can be considered indicators of fertility.

**Keywords:** Semen, fertility indicators, CASA, thermography, ultrasonography.

## **CAPÍTULO 1 – Considerações Gerais**

### **1. INTRODUÇÃO**

A elevação da temperatura do globo terrestre tem gerado maiores desafios de adaptabilidade para bovinos de corte, principalmente em regiões de clima tropical e subtropical. Como agravante, nos sistemas de criação extensiva, os acasalamentos ocorrem durante os meses mais quentes do ano, o que expõe os animais a um ambiente com potenciais riscos a fertilidade (Lunstra e Coulter, 1997; Berry et al., 2011).

Altas temperaturas podem levar ao comprometimento dos mecanismos termorregulatórios, e apresentar consequências diretas na qualidade seminal, como redução da cinética espermática e aumento da porcentagem de defeitos morfológicos, o que reduz o potencial reprodutivo do touro (Kastelic et al., 2001; Menegassi et al., 2015). Logo, observa-se a importância de se estudar os reflexos da temperatura ambiental nas características reprodutivas, o que pode ajudar na melhor seleção de animais.

A seleção de reprodutores é feita por meio da avaliação andrológica, a qual se baseia em um compilado de técnicas, que juntas, predizem o potencial reprodutivo do touro (Silva et al., 2015). A análise da qualidade seminal é uma das etapas mais importantes da avaliação andrológica e engloba técnicas que avaliam a capacidade fecundante dos espermatozoides por meio de parâmetros relacionados a concentração, motilidade e morfologia espermática (Palmer, 2016).

Os avanços da ciência proporcionam além de técnicas convencionais, a utilização de novas ferramentas que auxiliam a andrologia, tais como a termografia infravermelha e a ultrassonografia testicular (Bourgon et al., 2018; Kastelic et al., 2018). A técnica de termografia infravermelha (TIV) tem sido usada como método não invasivo, e seguro de mensuração da temperatura superficial corpórea dos animais (Eddy et al., 2001). Na área de andrologia, a técnica tem auxiliado principalmente nos estudos sobre termorregulação testicular (Stelletta et al., 2012).

A ultrassonografia testicular, além de fornecer informações sobre a integridade do parênquima testicular com imagens em modo-B, pode também ser usada para

avaliar o fluxo sanguíneo nos testículos com a técnica Doppler, que permite inferir sobre a termorregulação testicular (Kastelic e Brito, 2012; Gloria et al., 2018). Embora as técnicas já tenham sido utilizadas, faz-se necessário mais estudos sobre a aplicabilidade diagnóstica da TIV e da ultrassonografia testicular na avaliação andrológica.

Dessa forma, o presente estudo foi delineado para verificar o efeito das condições climáticas ambientais sobre características reprodutivas de touros Nelore antes e após a estação de monta natural (EMN). Além disso, avaliar se as técnicas de termografia infravermelha, ultrassonografia testicular, e análise computadorizada do movimento espermático (CASA) podem fornecer indicadores de fertilidade em touros Nelore, em regime de EMN.

## REFERÊNCIAS

Ahirwar MK, Kataktaaware MA, Ramesha KP, Pushpadass, Jeyakumar S, Revanasiddu D, Kour RJ, Nath S, Nagaleekar AK, Nazar S (2017) Influence of season, age and management on scrotal thermal profile in Murrah bulls using scrotal infrared digital thermography. **International Journal of Biometeorology** 61:2119–2125.

Ahirwar MK, Kataktaaware MA, Pushpadass HA, Jayakumar S, Jash S, Nazar S, Devi G L, Kastelic JP, Ramesha KP (2018) Scrotal infrared digital thermography predicts effects of thermal stress on buffalo (*Bubalus bubalis*) semen. **Journal of Thermal Biology** 78:51–57.

Ahmadi B, Mirshahi A, Giffin J, Oliveira MEF, Gao L, Hahnel A, Bartlewski PM (2013) Preliminary assessment of the quantitative relationships between testicular tissue composition and ultrasonographic image attributes in the ram. **Veterinary Journal** 198:282–285.

Alves MBR et al. (2016) Recovery of normal testicular temperature after scrotal heat stress in rams assessed by infrared thermography and its effects on seminal characteristics and testosterone blood serum concentration. **Theriogenology** 86:795-805.

Baeta FCDA (1986) **Responses of lactating dairy cows to the combined effects of temperature, humidity and wind velocity in the warm season**. Tese (Doutorado em Agricultural Engineering-Structures and Environment) - Univ. of Missouri, Columbia.

Bailey TL, Monke D, Hudson RS, Wolfe DF, Carson RL, Riddell MG (1996) Testicular shape and its relationship to sperm production in mature Holstein bulls. **Theriogenology** 46:881–887.

Barbosa RT, Machado R, Bergamaschi MACM (2005) **A importância do exame andrológico em bovinos**. São Carlos: Circular Técnica - Embrapa, 13 p.

Barros DV, Silva LKX, Kahwage PR, Lourenço Junior JB, Sousa JS, Silva AGM, Franco IM, Martorano LG, Garcia AR (2016) Assessment of surface temperatures of buffalo bulls. **Arquivo Brasileiro de Medicina Veterinária e Zootecnia**. 68:422–430.

Berry DP, Evans RD, Mc Parland S (2011) Evaluation of bull fertility in dairy and beef cattle using cow field data. **Theriogenology** 75:172–181.

Blommaert D, Sergeant N, Delehedde M, Jouy N, Mitchell V, Franck T, Donny I, Lejeune JP, Serteyn D (2019) Expression, localization, and concentration of A-kinase anchor protein 4 (AKAP4) and its precursor (proAKAP4) in equine semen: Promising marker correlated to the total and progressive motility in thawed spermatozoa. **Theriogenology** 131:52–60.

Boe-Hansen GB, Satake N (2019) An update on boar semen assessments by flow cytometry and CASA. **Theriogenology** 137:93–103.

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.

Brito LFC, Silva AEDF, 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.

Chavhan GB, Parra DA, Mann A, Navarro OM (2008) Normal Doppler Spectral Waveforms of Major Pediatric Vessels: Specific Patterns. **RadioGraphics** 28:691-706.

Claus LAM, Junior FAB, Junior CK, Pereira GR, Fávares PC, Galdioli VHG, Seneda MM, Ribeiro ELA (2019) Scrotal skin thickness, testicular shape and vascular perfusion using Doppler ultrasonography in bulls. **Livestock Science** 226:61–65.

Cook RB, Coulter GH, Kastelic JP (1994) The testicular vascular cone, scrotal thermoregulation, and their relationship to sperm production and seminal quality in beef bulls. **Theriogenology** 41:653–671.

Curtis AK, Scharf B, Eichen PA, Spiers DE (2017) Relationships between ambient conditions, thermal status, and feed intake of cattle during summer heat stress with access to shade. **Journal of Thermal Biology** 63:104–111.

De Oliveira CC, Alves FV, Martins PGMA, Junior NK, Alves GF, Almeida RG, Mastelaro AP, Silva EVC (2019) Vaginal temperature as indicative of thermoregulatory response in Nelore heifers under different microclimatic conditions. **Plos One** 14:1-13.

Douthit TL, Bormann JM, Bello NM (2014) Assessing the association between hoof thermography and hoof doppler ultrasonography for the diagnosis of lameness in horses. **Journal of Equine Veterinary Science** 34:275–280.

Eddy AL, Van Hoogmoed LM, Snyder JR (2001) The role of thermography in the management of equine lameness. **Veterinary Journal** 162:172–181.

Fávoro PDAC, Pereria GR, Junior FAB, Adona PR, Franco EMV, Dias IS, Seneda MM, Junior CK (2020) Hemodynamic evaluation of the suprastesticular artery in bulls. **Livestock Science** 241:104-210.

Filho IC, Marque DBD, Campos CF de, Guimarães JD, Guimarães SEF, Lopes PS, Silva FF, Veroneze R (2020) Genetic parameters for fertility traits in Nelore bulls. **Reproduction in Domestic Animals** 55:38–43.

Fonseca VO (2009) Avaliação Reprodutiva de Touros Para Monta a Campo: Análise Crítica. **Revista Brasileira de Reprodução Animal** 6:36–41.

Fonseca VO, Franco CS, Azevedo NA, Oliveira LZ, Monteiro GA, Cavalcanti LFL, Molina LR (2020) Potencial reprodutivo (PR) de touros Nelore avaliados por parâmetros andrológicos e comportamento sexual. Classificação por pontos: nova proposição. **Arquivo Brasileiro de Medicina Veterinária e Zootecnia** 72:1102-1112.

Fonseca VO, Souza CF, Azevedo NA, Oliveira LZ, Monteiro GA, Cavalcanti LFL, Molina LR (2019) Parâmetros reprodutivos de touros Nelore (*Bos taurus indicus*) criados a pasto, em diferentes faixas etárias. **Arquivo Brasileiro de Medicina Veterinária e Zootecnia** 71:385-392.

Freneau G (2011) Aspectos Da Morfologia Espermiática Em Touros. **Revista Brasileira de Reprodução Animal** 35:160–70.

Garcia A (2017) Degeneração Testicular: Um Problema Superado Ou Ainda Um Dilema?. **Revista Brasileira de Reprodução Animal** 41:33–39.

Giffin JL, Franks SE, Rodriguez-Sosa JR, Hahnel A, Bartlewski PM (2009) A Study of Morphological and Haemodynamic Determinants of Testicular Echotexture Characteristics in the Ram. **Experimental Biology and Medicine** 234:794–801.

Giro A, Bernardi ACC, Barioni Junior B, Lemes AP, Botta D, Romanello N, Barreto AN, Garcia AR (2019) Application of Microchip and Infrared Thermography for Monitoring Body Temperature of Beef Cattle Kept on Pasture. **Journal of Thermal Biology** 84:121–28.

Gloria A, Carluccio A, Wegher L, Robbe D, Valorz C, Contri A (2018) Pulse Wave Doppler Ultrasound of Testicular Arteries and Their Relationship with Semen Characteristics in Healthy Bulls. **Journal of Animal Science and Biotechnology** 9:1-7.

Gloria A, Francesco LDF, Marruchella GM, Robbe D, Contri A (2020) Pulse-Wave Doppler Pulsatility and Resistive Indexes of the Testicular Artery Increase in Canine Testis with Abnormal Spermatogenesis. **Theriogenology** 158:454–60.

Gnemmi G, Lefebvre RC (2009) Ultrasound Imaging of the Bull Reproductive Tract: An Important Field of Expertise for Veterinarians. **Veterinary Clinics of North America - Food Animal Practice** 25:767–79.

Griffin PG, Ginther J (1992) Research Applications of Ultrasonic Imaging in Reproductive Biology. **Journal of Animal Science** 70:953–72.

Habeeb AA, Gad AE, Atta MA (2018) Temperature-Humidity Indices as Indicators to Heat Stress of Climatic Conditions with Relation to Production and Reproduction of Farm Animals. **International Journal of Biotechnology and Recent Advances** 1:35–50.

Hoffmann G, Schmidt M, Ammon C, Rose-Meierhöfer S, Burfeind O, Heuwieser W, Berg W (2013) Monitoring the Body Temperature of Cows and Calves Using Video Recordings from an Infrared Thermography Camera. **Veterinary Research Communications** 37:91–99.

Hopper RM. 2015. **Bovine Reproduction**. Oxford: Wiley Blackwell. 800p.

Junior FAB, Junior CKJ, Fávares PC, Pereira GR, Morotti F, Menegassi SRO, Barcellos JOJ, Seneda MM (2018) Effect of Breed on Testicular Blood Flow Dynamics in Bulls. **Theriogenology** 118:16–21.

Kahwage PR, Esteves SN, Jacinto MAC, Junior WB, Machado R, Romanello N, Passeri LF, Mendonça KL, Garcia AR (2018) Assessment of body and scrotal thermoregulation and semen quality of hair sheep rams throughout the year in a tropical environment. **Small Ruminant Research** 160: 72–80.

Kastelic JP, Cook RB, Coulter GH, Wallins GL, Entz T (1996) Environmental factors affecting measurement of bovine scrotal surface temperature with infrared thermography. **Animal Reproduction Science** 41:153–159.

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

Kastelic JP, Brito LFC (2012) Ultrasonography for Monitoring Reproductive Function in the Bull. **Reproduction in Domestic Animals** 47:45–51.

Kastelic JP, Cook RB, Coulter GH (1997) Contribution of the scrotum, testes, and testicular artery to scrotal/testicular thermoregulation in bulls at two ambient temperatures. **Animal Reproduction Science** 45:225–261.

Kastelic JP, Rizzoto G, Thundathil J (2018) Review: Testicular vascular cone development and its association with scrotal thermoregulation, semen quality and sperm production in bulls. **Animal** 12:133–141.

Llamas-Luceño N, Hostens M, Mullaart E, Broekhuijse M, Lonergan P, Soom AV (2020) High temperature-humidity index compromises sperm quality and fertility of Holstein bulls in temperate climates. **Journal of Dairy Science** 103:9502–9514.

Lunstra DD, Coulter GH (1997) Relationship Between Scrotal Infrared Temperature Patterns and Natural-Mating Fertility in Beef Bulls. **Journal Animal Science**. 75:767–774.

Luz JB, Sampaio LRO, Crespilho AM, Gomes DI, Andrade MA, Vieira JIT, Chaves MS, Basto SRL, Alves KS (2018) The use of açai as a potential antioxidant for bovine semen cryopreservation. **Medicina Veterinária (UFRPE)** 12:143–153.

Malama E, Zeron Y, Janett F, Siuda M, Roth Z, Bollwein H (2017) Use of computer-assisted sperm analysis and flow cytometry to detect seasonal variations of bovine semen quality. **Theriogenology** 87:79–90.

Marai IFM, El-Darawany AA, Fadiel A, Abdel-Hafez MAM (2008) Reproductive Performance Traits as Affected by Heat Stress and Its Alleviation in Sheep. **Tropical and Subtropical Agroecosystems** 8:209–234.

Menegassi SRO, Barcellos JOJ, Dias EA, Koetz Jr 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.

Mortimer ST, Van Der Horst G, Mortimer D (2015) The future of computer-aided sperm analysis. **Asian Journal of Andrology** 17:545–553.

Moura ABB et al. (2019) Differences in the thermal sensitivity and seminal quality of distinct ovine genotypes raised in tropical conditions. **Theriogenology** 123:123–131.

Nienaber JA, Hahn GL (2007) Livestock production system management responses to thermal challenges. **International Journal of Biometeorology** 52:149–157.

Ortiz-Rodriguez JM, Anel-Lopes L, Martín-Munoz P, Álvarez M, Gaitskell-Phillips, Anel L, Rodríguez-Medina P, Pena FJ, Ferrusola CO (2017) Pulse Doppler ultrasound as a tool for the diagnosis of chronic testicular dysfunction in stallions. **Plos One** 12:1–21.

Palmer CW (2016) Management and Breeding Soundness of Mature Bulls. **Veterinary Clinics of North America - Food Animal Practice** 32:479–495.

Pellegrin AO et al. (2009): **Fertilidade, Funcionalidade e Genética de Touros Zebuínos**. Corumbá: Embrapa, 211p.

Pierson RA, Adams GP (1995) Computer-Assisted Image Analysis, Diagnostic Ultrasonography and Ovulation Induction: Strange Bedfellows. **Theriogenology** 43:105–112.

Radigonda VL, Pereira GR, Fávoro PC, Junior FAB, Borges MHF, Galdioli VHG, Junior CK (2017) Infrared thermography relationship between the temperature of the vulvar skin, ovarian activity, and pregnancy rates in Braford cows. **Tropical Animal Health and Production** 49:1787–1791.

Rekant SI, Lyons MA, Pacheco JM, Arzt JA, Rodriguez LL (2016) Veterinary applications of infrared thermography. **American Journal of Veterinary Research** 77:98–107.

Rizzoto G, Kastelic JP (2020) A new paradigm regarding testicular thermoregulation in ruminants? **Theriogenology** 147:166–175.

Rodrigues NN et al. (2020) Ultrasonographic characteristics of the testes, epididymis and accessory sex glands and arterial spectral indices in peri- and post-pubertal Nelore and Caracu bulls. **Animal Reproduction Science** 212:106235.

Romanello N, et al. (2018) Thermoregulatory responses and reproductive traits in composite beef bulls raised in a tropical climate. **International journal of biometeorology** 62:1575-1586.

Ruediger, FR, Chacur MGM, Alves FCPE, Oba E, Ramos AA (2016) Termografia digital por infravermelho do escroto, qualidade do sêmen, níveis séricos de testosterona em touros Nelore (*Bos taurus indicus*) e suas correlações com os fatores climáticos. **Semina: Ciências Agrárias** 37:221.

Schaefer AL, Cook N, Tessaro SV, Deregt D, Desroches G, Dubeski PL, Tong AKW, Godson DL (2004) Early detection and prediction of infection using infrared thermography. **Canadian Journal of Animal Science** 84:73–80.

Silva EVC, Costa Filho, LCC, Souza CC; Oliveira CC, Queiroz VLD, Zúccari CESN (2015) Seleção de touros para reprodução a campo: novas perspectivas Bull selection for natural breeding: new perspectives. **Revista Brasileira de Reprodução Animal** 39:22–31.

Stelletta C, Giancesella M, Vencato J, Fiore E, Morgante M (2012) Thermographic applications in veterinary medicine. **Infrared Thermography**. China: In Tech, 117-140.

Verstegen J, Iguer-Ouada M, Onclin K (2002) Computer assisted semen analyzers in andrology research and veterinary practice. **Theriogenology** 57:149–79.

Wood MM, Romine LE, Lee YK, Richman KM, O'Boyle MK, Paz DA, Chu PK, Pretorius DH (2010) Spectral Doppler Signature Waveforms in Ultrasonography: A Review of Normal and Abnormal Waveforms. **Ultrasound Quarterly** 26:83–99.

Yadav SK, Singh P, Kumar P, Singh SV, Singh A, Kumar Sunil (2019) Scrotal infrared thermography and testicular biometry: Indicator of semen quality in Murrah buffalo bulls. **Animal Reproduction Science** 209:106145.

Yeste M, Bonet S, Rodríguez-Gil JE, Del Álamo MMR (2018) Evaluation of sperm motility with CASA-Mot: Which factors may influence our measurements?. **Reproduction, Fertility and Development** 30:789–98.