

**UNIVERSIDADE FEDERAL DE UBERLÂNDIA**

**THAENY LAWANE PURIFICAÇÃO RIBEIRO**

**CORRELAÇÃO ENTRE CARACTERÍSTICAS REPRODUTIVAS,  
AMBIÊNCIA E HEMODINÂMICA TESTICULAR EM TOUROS NELORES**

**UBERLÂNDIA**

**2026**

**UNIVERSIDADE FEDERAL DE UBERLÂNDIA**

**THAENY LAWANE PURIFICAÇÃO RIBEIRO**

**CORRELAÇÃO ENTRE CARACTERÍSTICAS REPRODUTIVAS,  
AMBIÊNCIA E HEMODINÂMICA TESTICULAR EM TOUROS NELORES**

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado à  
Faculdade de Medicina Veterinária e Zootecnia  
– FMVZ, da Universidade Federal de  
Uberlândia – UFU, como requisito parcial para  
obtenção do título de bacharel em Medicina  
Veterinária.

Orientadora: Profa. Dra. Renata Lançoni

**UBERLÂNDIA**

**2026**

Ficha Catalográfica Online do Sistema de Bibliotecas da UFU  
com dados informados pelo(a) próprio(a) autor(a).

R484  
2026      Ribeiro, Thaeny Lawane Purificação, 2000-  
CORRELAÇÃO ENTRE CARACTERÍSTICAS REPRODUTIVAS,  
AMBIÊNCIA E HEMODINÂMICA TESTICULAR EM TOUROS NELORES  
[recurso eletrônico] / Thaeny Lawane Purificação Ribeiro. - 2026.

Orientadora: Renata Lançoni.  
Trabalho de Conclusão de Curso (graduação) - Universidade  
Federal de Uberlândia, Graduação em Medicina Veterinária.  
Modo de acesso: Internet.  
Inclui bibliografia.  
Inclui ilustrações.

1. Veterinária. I. Lançoni, Renata, 1990-, (Orient.). II.  
Universidade Federal de Uberlândia. Graduação em Medicina  
Veterinária. III. Título.

CDU: 619

Bibliotecários responsáveis pela estrutura de acordo com o AACR2:  
Gizele Cristine Nunes do Couto - CRB6/2091  
Nelson Marcos Ferreira - CRB6/3074

**THAENY LAWANE PURIFICAÇÃO RIBEIRO**

**CORRELAÇÃO ENTRE CARACTERÍSTICAS REPRODUTIVAS,  
AMBIÊNCIA E HEMODINÂMICA TESTICULAR EM TOUROS NELORES**

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado à  
Faculdade de Medicina Veterinária e Zootecnia  
– FMVZ, da Universidade Federal de  
Uberlândia – UFU, como requisito parcial para  
obtenção do título de bacharel em Medicina  
Veterinária.

Orientadora: Profª. Dra. Renata Lançoni

Área de concentração: Reprodução Animal

Uberlândia, 13 de março de 2026

Banca Examinadora:

---

Muller Carrara Martins – Doutor (MCM BIOTECNOLOGIA)

---

Renata Lançoni – Doutora (FMVZ - UFU)

---

Ricarda Maria dos Santos – Doutora (FMVZ - UFU)

Dedico ao meu Deus, que plantou em meu coração o amor pelos animais e a coragem de seguir essa profissão. Que a cada vida cuidada e dor aliviada, revelem o Seu cuidado por meio de mim.

Aos meus pais, Vinícius e Marilene, por me apoiarem e acreditarem em mim, até nos momentos em que eu mesma não o fiz.

Às minhas irmãs, Thalyne e Thalyta, por aplaudirem cada conquista minha.

## RESUMO

A ultrassonografia (US) é amplamente utilizada na avaliação reprodutiva de animais de grande porte por ser uma técnica não invasiva. No entanto, não é utilizada rotineiramente na andrologia bovina, resultando em lacunas nos estudos sobre o fluxo sanguíneo testicular. O presente estudo teve como objetivo correlacionar as características reprodutivas e a ambiência com base nos valores obtidos por US Doppler colorido. O projeto foi conduzido em Central de coleta e processamento de sêmen bovino em Delta – MG, utilizando 13 touros da raça Nelore, com idade variando de 18 a 36 meses, e selecionados aleatoriamente, examinados por ultrassonografia em ambos os parênquimas testiculares, sendo o plexo pampiniforme avaliado exclusivamente no antímero esquerdo. A frequência de repetição de pulso (PRF) do Doppler foi padronizada para 1.2 kHz, além do local (plexo pampiniforme), ângulo da probe (45°) e a quantidade de ondas geradas para avaliação (3). Os parâmetros morfológicos testiculares foram analisados por meio de exame físico, seguidos de avaliação ultrassonográfica em modo B e Doppler colorido, para identificar possíveis alterações. As correlações encontradas demonstraram resultados significativos, observando correlação positiva entre idade e perímetro escrotal ( $r = 0.78$ ;  $p = 0.0014$ ), volume do ejaculado com a idade ( $r = 0.66$ ;  $p = 0.01$ ), com o perímetro escrotal ( $r = 0.63$ ;  $p = 0.01$ ), Índice de Resistividade (IR) ( $r = 0.61$ ;  $p = 0.02$ ) e Índice de Pulsatilidade (IP) ( $r = 0.65$ ;  $p = 0.01$ ). A concentração espermática correlacionou-se com a motilidade inicial ( $r = 0.73$ ;  $p = 0.004$ ), e a espessura do mediastino testicular com a ecogenicidade do parênquima ( $r = 0.75$ ;  $p = 0.0043$ ). Houve correlação entre temperatura ambiente e umidade relativa ( $r = -0.57$ ;  $p = 0.03$ ). Os índices hemodinâmicos IR e IP correlacionaram-se com a concentração espermática ( $r = 0.55$ ;  $p = 0.04$  e  $r = 0.56$ ;  $p = 0.04$ ) e com o número de doses congeladas ( $r = 0.70$ ;  $p = 0.007$  e  $r = 0.75$ ;  $p = 0.002$ ), além de forte associação entre si ( $r = 0.99$ ;  $p < 0.0001$ ). Desta forma, uma vez que alterações na temperatura ambiental podem modificar a hemodinâmica testicular de touros, comprometendo o processo da espermatogênese, o uso da US Doppler colorida surge como ferramenta complementar na avaliação andrológica de touros, a fim de correlacionar os resultados encontrados com a sua capacidade produtiva.

**Palavras-chave:** perfusão testicular; andrologia; fisiologia testicular; estresse térmico.

## ABSTRACT

Ultrasonography (US) is widely used in the reproductive evaluation of large animals because it is a non-invasive technique. However, it is not routinely used in bovine andrology, resulting in gaps in studies on testicular blood flow. The present study aimed to correlate reproductive characteristics and environmental conditions based on the values obtained through color Doppler ultrasonography. The project was carried out at a bovine semen collection and processing center in Delta, Minas Gerais, Brazil, using 13 Nelore bulls aged between 18 and 36 months, randomly selected and examined by ultrasonography in both testicular parenchymas, while the pampiniform plexus was evaluated exclusively in the left antimere. The Doppler pulse repetition frequency (PRF) was standardized at 1.2 kHz, as well as the evaluation site (pampiniform plexus), probe angle ( $45^\circ$ ), and the number of waveforms generated for analysis (3). Testicular morphological parameters were analyzed through physical examination, followed by B-mode and color Doppler ultrasonographic evaluation to identify possible alterations. The correlations found demonstrated significant results, with a positive correlation observed between age and scrotal circumference ( $r = 0.78$ ;  $p = 0.0014$ ), ejaculate volume and age ( $r = 0.66$ ;  $p = 0.01$ ), scrotal circumference ( $r = 0.63$ ;  $p = 0.01$ ), Resistive Index (RI) ( $r = 0.61$ ;  $p = 0.02$ ), and Pulsatility Index (PI) ( $r = 0.65$ ;  $p = 0.01$ ). Sperm concentration was correlated with initial motility ( $r = 0.73$ ;  $p = 0.004$ ), and testicular mediastinum thickness was correlated with parenchymal echogenicity ( $r = 0.75$ ;  $p = 0.0043$ ). There was also a correlation between ambient temperature and relative humidity ( $r = -0.57$ ;  $p = 0.03$ ). Hemodynamic indices RI and PI were correlated with sperm concentration ( $r = 0.55$ ;  $p = 0.04$  and  $r = 0.56$ ;  $p = 0.04$ ) and with the number of frozen semen doses ( $r = 0.70$ ;  $p = 0.007$  and  $r = 0.75$ ;  $p = 0.002$ ), in addition to a strong association between each other ( $r = 0.99$ ;  $p < 0.0001$ ). Thus, since changes in environmental temperature may alter the testicular hemodynamics of bulls, compromising the spermatogenesis process, the use of color Doppler ultrasonography emerges as a complementary tool in the andrological evaluation of bulls in order to correlate the findings with their productive capacity.

**Palavras-chave:** testicular perfusion; andrology; testicular physiology; heat stress.

## SUMÁRIO

|                                                                                                           |           |
|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------|
| <b>1. INTRODUÇÃO .....</b>                                                                                | <b>9</b>  |
| <b>2. REVISÃO DE LITERATURA.....</b>                                                                      | <b>11</b> |
| <b>2.1 Anatomia do trato reprodutivo de machos bovinos.....</b>                                           | <b>11</b> |
| <b>2.2 Princípios da ultrassonografia Doppler .....</b>                                                   | <b>13</b> |
| <b>2.3 Uso da ultrassonografia Doppler no diagnóstico de afecções reprodutivas em machos bovinos.....</b> | <b>15</b> |
| <b>2.4 Influência da ambiência na reprodução bovina .....</b>                                             | <b>16</b> |
| <b>3 METODOLOGIA .....</b>                                                                                | <b>18</b> |
| <b>3.1. Animais e Procedimento Ético .....</b>                                                            | <b>18</b> |
| <b>3.2. Avaliação testicular.....</b>                                                                     | <b>18</b> |
| <b>3.3. Avaliação seminal.....</b>                                                                        | <b>20</b> |
| <b>3.4. Análise estatística .....</b>                                                                     | <b>20</b> |
| <b>4 RESULTADOS .....</b>                                                                                 | <b>21</b> |
| <b>5 DISCUSSÃO.....</b>                                                                                   | <b>23</b> |
| <b>6 CONCLUSÃO .....</b>                                                                                  | <b>26</b> |
| <b>7 REFERÊNCIAS .....</b>                                                                                | <b>27</b> |



## 1. INTRODUÇÃO

O uso da ultrassonografia (US) para análises e diagnósticos é comumente utilizado por não ser uma técnica invasiva e da possibilidade de monitoramento por meio de imagens. Na medicina veterinária, 25% dos exames ultrassonográficos são voltados para avaliações no trato reprodutivo de fêmeas de grandes animais (JUNIOR *et al.*, 2018). No entanto, essa é uma prática escassa em estudos voltados para machos, como os touros. A ausência de padrões consolidados para avaliação hemodinâmica testicular desses animais, dificulta o diagnóstico precoce de alterações reprodutivas que futuramente comprometerão a sua eficiência. A partir disso, a utilização de US Doppler colorido, exame de imagem que utiliza ondas sonoras para visualização de estruturas internas, mapeando fluxos pequenos e grandes por meio das cores comumente utilizadas como o azul e vermelho (GONÇALVES J. D. *et al.*, 2025), juntamente com o modo B, técnica usada em US onde os ecos de ondas sonoras são exibidos em tons de cinza na tela, proporcionando uma imagem bidimensional da estrutura interna do corpo, permitem realizar a avaliação do fluxo sanguíneo e da morfologia testicular, a fim de identificar anormalidades e avaliar os parâmetros fisiológicos desses animais.

A reprodução animal depende de diversos fatores que impactam diretamente sua efetividade e lucratividade, e a andrologia animal tem grande influência na eficiência reprodutiva. Entretanto, a aplicabilidade no trato reprodutivo de touros recebe atenção limitada, uma vez que o uso dessas técnicas ainda não é realizado de forma rotineira (JUNIOR *et al.*, 2018). Portanto, a avaliação ultrassonográfica escrotal é importante para avaliar a função testicular desses animais (GLORIA *et al.*, 2018) e, conseqüentemente, sua eficiência reprodutiva. Dessa forma, visto que os estudos atuais se baseiam em técnicas geralmente de interpretações subjetivas das imagens, há a necessidade de criar ferramentas que detectam os distúrbios testiculares de forma mais precisa e precoce (GONÇALVES J. D. *et al.*, 2025).

Estudos mostram que o aumento da temperatura global e os índices elevados de temperatura e umidade (ITU), causam estresse térmico para o animal, especialmente em sua reprodução, resultando em efeitos prejudiciais na espermatogênese (ALVES, L. A. *et al.*, 2025). Dentre os fatores que alteram a saúde testicular e seminal, a termorregulação correta do escroto, que deve ser mantida de 2 a 6 °C abaixo da temperatura corporal, desempenha um papel importante para a produção de espermatozoides viáveis, sendo um mecanismo dependente do fluxo sanguíneo adequado da glândula (JUNIOR *et al.*, 2018). Dessa forma,

apesar de Nelores serem resistentes às mudanças climáticas, o estresse térmico prejudica a capacidade reprodutiva do rebanho comprometendo a normalidade da função testicular (RAHMAN *et al.*, 2018). Diante disso, a US Doppler colorida tem se tornado uma ferramenta valiosa para avaliar a vasculatura testicular e, por sua vez, a perfusão do testículo (GLORIA *et al.*, 2018). Porém, a necessidade de aprimorar os estudos e ampliar as pesquisas sobre esse assunto ainda se faz necessária, diante das lacunas existentes na literatura e rotina desses animais.

Portanto, o objetivo com este trabalho foi correlacionar os dados de hemodinâmica testicular, especificamente o Índice de Resistividade e Índice de Pulsatilidade, com ambiência (umidade relativa do ar e temperatura ambiental) e qualidade seminal (motilidade, concentração e número de doses congeladas) de touros da raça Nelore.

## 2. REVISÃO DE LITERATURA

### 2.1 Anatomia do trato reprodutivo de machos bovinos

A anatomia do trato reprodutivo de machos é composta por órgãos genitais internos e externos, classificados de acordo com a sua localização anatômica. Esses órgãos são responsáveis desde o desenvolvimento, armazenamento e transporte dos gametas masculinos, denominados de espermatozoides (SILVA, 2020). Entretanto, as diferenças anatômicas entre as raças predis põem os bovinos à determinadas afecções reprodutivas que culminam à dificuldade ou incapacidade para realizar a cópula e manter a libido, afetando a produção espermatogênica, sendo necessário, portanto, o estudo entre a morfologia e enfermidades que acometem esses animais (RABELO *et al.*, 2012).

O aparelho reprodutivo de machos bovinos é composto por um par de testículos envoltos pelo escroto considerados órgãos sexuais primários. Já o pênis, o prepúcio, ductos excretores (epidídimo, ductos deferentes, ampolas e uretra) e as glândulas acessórias (próstata, vesículas seminais e glândulas bulbouretrais) são considerados como órgãos sexuais secundários (SILVA, 2020).

Os testículos são responsáveis pela secreção e produção de hormônios, possuindo função exócrina (produção de espermatozoide) e endócrina (produção de hormônios sexuais), enquanto que o epidídimo é responsável pelo processo de armazenamento e maturação desses espermatozoides antes de serem transportados para o ducto deferente até a uretra. As glândulas acessórias (vesículas seminais, próstata e glândulas bulbouretrais) também liberam secreções na uretra contribuindo para o volume e a nutrição do sêmen, sendo uma via comum ao sistema urinário e reprodutor de machos. A espermatogênese ocorre nos túbulos seminíferos a partir de células germinativas denominadas de espermatogônias em que, quanto mais maduras, posicionam-se próximas à luz do túbulo. Em touros, o processo de espermatocitogênese dura aproximadamente 60 dias. A temperatura testicular em bovinos é mantida pelo escroto, dentre outros órgãos responsáveis, que tem a função de termorregulação e esta está diretamente relacionada à eficiência da espermatogênese, sendo necessário mantê-la de 4 a 6 °C abaixo da temperatura corpórea do animal, diferença térmica fundamental para garantir a viabilidade dos espermatozoides e sua capacidade de fertilizar o óvulo da fêmea após serem liberados no sêmen (GARCIA, 2017). A partir disso, os espermatozoides maduros são liberados do túbulo

seminífero aos túbulos retos, alcançando a cauda do epidídimo, onde serão armazenados, maturados, transportados e passam por modificações que os tornam aptos para a reprodução (HAFEZ, 2004).

O epidídimo é dividido em três porções sendo elas cabeça, corpo e cauda. A cauda se une ao ducto deferente que é incorporado até o cordão espermático, juntamente com o plexo pampiniforme. A parte final dos ductos deferentes é chamada de ampolas deferentes e essas apresentam glândulas tubuloalveolares revestidas por células epiteliais que secretam líquido responsáveis por contribuir com o transporte dos espermatozoides (SILVA, 2020).

Ao final da cópula entre o macho e a fêmea, os espermatozoides são ejaculados e os que não forem liberados são eliminados na urina ou sofrem senescência e se desintegram (HAFEZ, 2004). O ejaculado é denominado de sêmen e é composto pelos espermatozoides e líquido seminal.

As glândulas sexuais acessórias nos bovinos são compostas por ampolas, vesículas seminais, próstata e glândulas bulbouretrais. Essas são responsáveis por produzirem o plasma seminal, constituinte do líquido ejaculado ao final da cópula, além de serem um meio de veículo para o transporte dos espermatozoides, limpeza da uretra e coagulante após a ejaculação (SILVA, 2020). A função secretora dessas glândulas acessórias é essencial para a motilidade das células espermáticas, além de fornecerem nutrientes para elas (FAYRER-HOSKEN, 1997).

O pênis é o órgão sexual que faz a cópula e é responsável por depositar o material no trato reprodutor feminino, além de realizar a expulsão da urina. Nos bovinos é do tipo fibroelástico e há três corpos cavernosos ao redor da uretra peniana, conhecidos como esponjoso (1) e cavernosos (2) (SILVA, 2020). Em ruminantes, o comprimento efetivo do pênis e sua ação na flexura sigmoide, é controlado pelo músculo retrator do pênis (HAFEZ, 2004). E os músculos intrapélvicos e extrapélvicos participam da funcionalidade do pênis de bovinos. O músculo isquiocavernoso participa do processo de ereção e o bulbocavernoso é uma extensão do músculo uretral, envolvendo o pênis em uma camada espessa. A túnica albugínea envolve o pênis extrapélvico e se ocorre lesões resulta em hemorragias significativas. O suprimento sanguíneo do pênis é oriundo da artéria pudenda interna, obturatória e pudenda externa (RABELO *et al.*, 2012). O prepúcio de ruminantes é constituído por duas porções sendo elas porção peniana e pré-peniana, innervadas por fibras do nervo ílio-hipogástrico e ílio-inguinal. É uma estrutura móvel prolongada da pele do animal, sendo estendida da glândula até o orifício prepucial (FAYRER-HOSKEN, 1997). O prepúcio se retrai e projeta por meio de músculos estriados, como o músculo cutâneo do tronco (SILVA, 2020).

## 2.2 Princípios da ultrassonografia Doppler

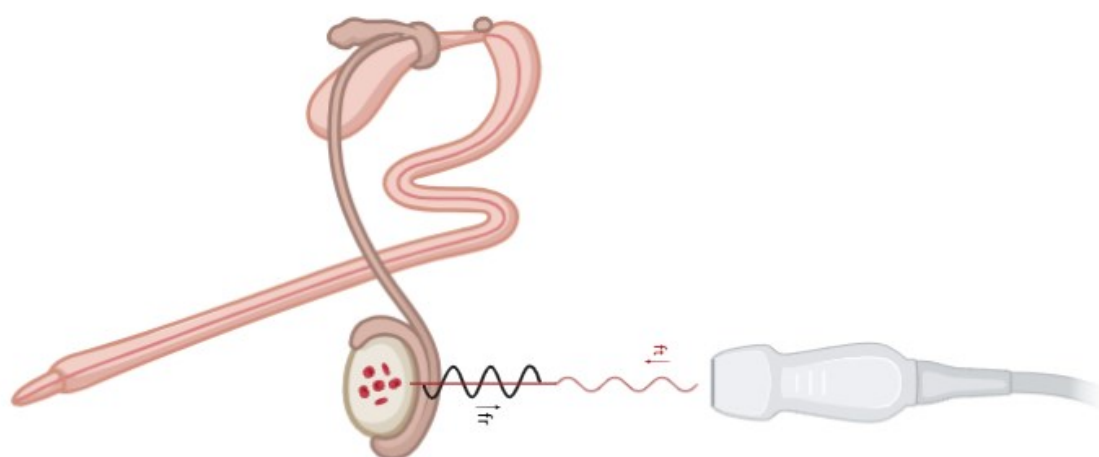
A ultrassonografia (US) Doppler descrita por Christian Andreas Doppler em 1842 é baseada na observação das frequências de onda de luz e som e como essas são afetadas pelo movimento. Posteriormente, o pesquisador em tecnologia de radar por ultrassom, Shigeo Satomura, nos anos 1950, demonstrou o uso do efeito Doppler para medir o movimento dos fluxos sanguíneos (GOFFI *et al.*, 2025). Atualmente, essa técnica avançada é uma ferramenta moderna valiosa na medicina humana e veterinária, permitindo diagnósticos precisos e precoces, sendo indispensável na prática clínica por seu método não invasivo e seguro, gerando resultados em tempo real. Dessa forma, o uso da US Doppler tem sido explorado potencialmente, demonstrando a sua importância como ferramenta de pesquisa para investigações da fisiologia e manejo reprodutivo de animais (PUGLIESI *et al.*, 2023).

O efeito Doppler ocorre quando há alteração na frequência da onda sonora emitida por um transdutor em decorrência do movimento das hemácias. Se o sangue estiver se aproximando, a frequência aumenta e se estiver se afastando, a frequência diminui. Essa diferença de frequência é responsável pela geração de gráficos (Doppler espectral) e imagens (Doppler colorido), fornecendo informações sobre a direção e velocidade do fluxo sanguíneo (GOFFI *et al.*, 2025). Existem diferentes tipos de Doppler desenvolvidos para as suas diversas aplicações, como o Continuous Wave (CW) Doppler (Doppler de onda contínua) e o Pulsed Wave (PW) Doppler (Doppler de onda pulsada), Color Doppler e Power Doppler. Neste estudo será utilizado o Doppler de onda pulsada (PWD), responsável por emitir pulsos de ultrassom com frequências específicas chamadas de frequência de repetição de pulso (PRF), e o Color Doppler, que determina direção, aceleração e turbulência do fluxo representado por cores que significam características específicas do fluxo sanguíneo, sendo a direção determinante destas. No presente trabalho, a cor azul indicou quando o fluxo sanguíneo estava distante da probe, e vermelho quando estava mais próximo.

O volume de amostra representa o local específico onde o PWD detecta o fluxo e é medido em milímetros (mm), analisando a parte do vaso sanguíneo, variando geralmente entre 2 e 5 mm. Estudos demonstram que tamanhos menores desse volume possuem maior precisão quanto a localização, de maneira que, quanto maior esse volume, maior a possibilidade de capturar sinais de regiões adjacentes, gerando resultados menos específicos (GOFFI *et al.*, 2025). O PWD emite e recebe pulsos de ultrassom permitindo a localização específica através

de ondas emitidas pelo transdutor até os vasos sanguíneos por meio da frequência transmitida (ft), e por ondas que retornam ao transdutor com frequência modificada pela frequência refletida (fr). O efeito Doppler é a diferença entre essas frequências indicando como o sangue está fluindo em determinado vaso sanguíneo (GOFFI *et al.*, 2025).

**Figura 1:** Representação esquemática da anatomia do trato reprodutivo masculino de touros, evidenciando o trajeto das ondas emitidas por ultrassom PWD ao analisar o testículo do animal, sendo: frequência transmitida (ft) e frequência refletida (rf).



Fonte: o autor.

A velocidade detectada pelo Doppler colorido está associada às cores em que tons mais escuros representam velocidades mais lentas, enquanto que tons mais claros indicam velocidades mais rápidas. Juntamente com a velocidade, a variância é representada exibindo amarelo para alta variabilidade no fluxo aproximando-se do transdutor, e verde para alta variabilidade afastando-se do transdutor (GOFFI *et al.*, 2025). Valores reais de velocidade podem ser obtidos somente se o ângulo não exceder 60°, sendo essencial seguir o ângulo de insonação, que varia entre 45 e 60°. Além disso, sabe-se que quanto maior a velocidade do fluxo sanguíneo, mais audível será as ondas sonoras (CARVALHO *et al.*, 2008).

A US Doppler também permite a obtenção de índices hemodinâmicos importantes, como o Índice de Resistência (IR) e Índice de Pulsatilidade (IP), parâmetros fundamentais para inferir a resistência e complacência dos vasos, e que serão avaliados no presente estudo. Esses índices podem ser obtidos a partir do gráfico espectral (PUGLIESI *et al.*, 2023) e são utilizados para auxiliar na avaliação de estenose, trombos ou obstruções vasculares, além de indicar

características fisiológicas como metabolismo tecidual, sugerindo que baixas resistências significam alta atividade metabólica (CARVALHO *et al.*, 2008). Além disso, a US Doppler fornece uma série de parâmetros hemodinâmicos e fisiológicos importantes para realização de uma completa avaliação, especialmente para exames reprodutivos e vasculares. Entre os principais índices destacam-se a Velocidade Sistólica (PS), expressa em cm/s; Velocidade final da Diástole (ED), relacionada à resistência vascular periférica; Sístole/Diástole (S/D), razão entre as velocidades sistólica e diastólica; TAMax e TAMEan, velocidade máxima e média do fluxo durante todo o ciclo; Pressão de Gradiente (PG) e Média do Gradiente (MG), úteis para avaliar estenoses; Tempo Integral de Velocidade (VTI), distância percorrida pelo sangue em um ciclo; e Frequência Cardíaca (HR), frequência cardíaca do animal no momento do exame.

Apesar das inúmeras vantagens da US Doppler, existem limitações técnicas importantes a serem consideradas. Trata-se de um método operador-dependente, exigindo habilidade e conhecimento técnico para ajuste dos parâmetros (PUGLIESI *et al.*, 2023). Além disso, alguns artefatos podem interferir, como o *aliasing* – inversão de sinal quando o PRF é insuficiente (GOFFI *et al.*, 2025). Outro fator limitante é a dificuldade de manter o animal imobilizado durante toda a avaliação, o que dificulta a obtenção de dados precisos durante o exame ultrassonográfico.

### **2.3 Uso da ultrassonografia Doppler no diagnóstico de afecções reprodutivas em machos bovinos**

O uso da US Doppler como ferramenta em exame andrológico se mostrou um método potencialmente útil para avaliações reprodutivas de touros (OLIVEIRA *et al.*, 2018), por ser um método não invasivo e seguro, auxiliando de forma preventiva a detecção dos portadores de afecções no trato reprodutivo, visto que essas podem interferir diretamente na qualidade espermática do animal. Entretanto, a aplicação da US Doppler em machos não é realizada de forma rotineira, e além de depender de habilidades específicas, possui limitações quanto ao seu uso (OLIVEIRA *et al.*, 2018).

A US Doppler é capaz de avaliar, em tempo real, mudanças no fluxo sanguíneo escrotal do plexo pampiniforme, sugerindo diferenças na Velocidade Média (VM), Índice de Pulsatilidade (IP) e Índice de Resistividade (IR), fatores importantes que demonstram o desempenho da fisiologia reprodutiva do animal. A determinação do IR da artéria testicular em

touros pode servir como um exame complementar para avaliar o potencial reprodutivo desses animais (JÚNIOR *et al.*, 2017).

A avaliação por US no modo B foi considerada eficaz para monitorar o processo de maturação testicular em touros de corte ou avaliar danos testiculares, porém, estudos demonstram um diagnóstico limitado na ausência de lesões focais do testículo de touros adultos, não existindo dados referentes à aplicação do ultrassom Doppler de onda pulsada (PWD) para avaliar a função do testículo desses animais (GLORIA *et al.*, 2018), o que reforça a importância da utilização do modo Doppler como exame complementar na avaliação funcional do testículo.

Dessa forma, devido à importância econômica dos reprodutores nos sistemas de produção, a aplicação da US Doppler na andrologia bovina tem se mostrado uma estratégia valiosa para otimizar programas de melhoramento genético e reduzir prejuízos relacionados à baixa fertilidade de animais de alto valor zootécnico. Assim, a utilização da US Doppler surge como uma ferramenta de grande valor para auxiliar na maximização do potencial genético e produtivo dos rebanhos, uma vez que determina diagnósticos precoces.

## **2.4 Influência da ambiência na reprodução bovina**

O aumento da temperatura global, resultado de mudanças climáticas intensas, provoca diversos impactos na bovinocultura, seja ela de leite ou de corte, causando alterações significativas fisiológicas e reprodutivas do animal, afetando o seu bem-estar, saúde e produção. Embora as raças bovinas mais utilizadas no Brasil apresentem uma certa resistência ao estresse térmico, alterações ambientais extremas podem comprometer a eficiência reprodutiva, especialmente em touros, prejudicando a sua fertilidade (ALVES, L. A. *et al.*, 2025). Em bovinos, a função testicular normal é mantida em uma temperatura de 4 a 6 °C abaixo da interna corpórea (RAMOS, G. G. *et al.*, 2025), dessa forma, o aumento térmico leva à redução da produção de espermatozoides, à diminuição da sua motilidade e o aumento de anormalidades morfológicas, gerando uma qualidade espermática reduzida. Mesmo que o testículo e o escroto desses animais tenham mecanismos termorreguladores que protegem o esperma em desenvolvimento, condições ambientais desfavoráveis geram alterações relevantes em sua fisiologia (ALVES, L. A. *et al.*, 2025).

Ao longo dos anos, pesquisadores desenvolveram diversos índices para avaliar o conforto térmico dos animais e, dentre os métodos mais utilizados, o Índice de Temperatura e



Umidade (ITU), desenvolvido por Earl C. Thom em 1959, é uma ferramenta amplamente utilizada até os dias atuais. Em relação ao conforto térmico dos bovinos de corte, os parâmetros são considerados normais quando o ITU é inferior a 75, sendo situação de alerta entre 75 e 78, condição de risco entre 79 e 83 e estado de emergência quando ultrapassa 84 (ALVES, L. A. *et al.*, 2025). Sabe-se que em central de coleta e processamento de sêmen, as condições do sistema de produção são devidamente controladas, porém, as variações de temperatura demonstram que altos valores de ITU impactam negativamente a motilidade espermática.

O estresse térmico promove alterações hormonais e também metabólicas, gerando redução na secreção de testosterona e elevação do nível de cortisol. Além disso, o aumento da temperatura pode alterar a hemodinâmica, modificando a perfusão sanguínea e suprimento de oxigênio e nutrientes necessários à função testicular. Os efeitos dessa condição em relação à qualidade seminal pode ser tardio e serem observados semanas após à exposição, em função da duração do ciclo espermático (MORRELL, 2020). Nesse contexto, a utilização da US Doppler pode se tornar uma ferramenta importante para o monitoramento fisiológico desses animais. Dessa forma, é importante criar estratégias de manejo ambiental para fornecer conforto aos animais, como sombreamento, ventilação e controle térmico, a fim de minimizar os efeitos negativos que o aumento da temperatura pode causar.

### **3 METODOLOGIA**

#### **3.1. Animais e Procedimento Ético**

O projeto foi conduzido em uma central de coleta e processamento de sêmen bovino no município de Delta - MG, durante o período de novembro de 2025 a janeiro de 2026, no qual foram utilizados 13 touros da raça Nelore de idades variando entre 18 a 36 meses, com seleção aleatória dos animais, a fim de obter os valores do Índice de Resistividade (IR) e o Índice de Pulsatibilidade (IP), para posterior correlação com a ambiência e características reprodutivas dos touros. O estudo foi submetido ao CEUA (Comitê de Ética no Uso de Animais) da Universidade Federal de Uberlândia (UFU), sendo aprovado sob protocolo número 23117.030577/2025-09.

#### **3.2. Avaliação testicular**

No presente estudo, para garantir maior precisão na avaliação, foi realizada a padronização de parâmetros técnicos como a PRF, ajustada para 1.2 kHz ao posicionar o transdutor sobre o plexo pampiniforme, a fim de otimizar a detecção do fluxo da artéria supratesticular. Além disso, o local da avaliação (plexo pampiniforme), o ângulo de insonação (45°) e o número de ciclos analisados (3) também foram padronizados. O modo B da US foi utilizado para avaliar aspectos físicos dos testículos, permitindo a detecção de possíveis alterações testiculares.

Os animais foram submetidos ao exame clínico específico dos testículos, em posição quadrúpede no brete, sem sedação prévia, no qual foram avaliados: mobilidade testicular, temperatura, consistência (escala de 1 a 5), volume, simetria entre as caudas do epidídimo, e o perímetro escrotal com a fita de medição própria, por meio da palpação direta com as mãos enluvadas.

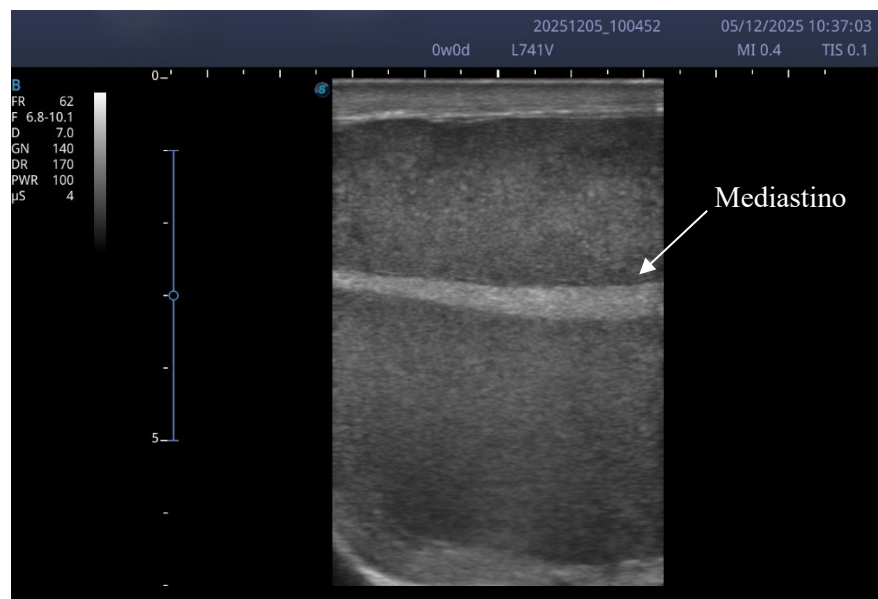
Em seguida, foi realizado o exame ultrassonográfico utilizando o equipamento SonoScape E2 Pro Vet® (SonoScape Medical Corp., China), acoplado a um transdutor linear multifrequencial, operando inicialmente em modo B, com aplicação de gel sobre a sonda para melhor contato com a superfície do escroto. O parênquima testicular foi classificado em uma escala de 1 a 4, sendo que valores mais elevados (4) indicaram maior integridade estrutural e homogeneidade, enquanto valores mais baixos (1) refletiram maior comprometimento do tecido, com aparência heterogênea. Em seguida, foi realizada a avaliação do mediastino testicular,

classificado 1 quando normal e 2 quando dilatado, indicando a presença de possível degeneração testicular.

Os valores de ITU do presente estudo, variaram de 75,16 a 84,59, com média de 80,17, caracterizando condições predominantes de estresse térmico na faixa de risco. Esses resultados indicam que os animais estiveram expostos a condições ambientais potencialmente capazes de interferir na fisiologia reprodutiva e na hemodinâmica testicular.

Em seguida, aplicou-se o modo Doppler colorido, posicionando a sonda sobre os parênquimas, sendo considerado homogêneo quando saudável e heterogêneo em casos de alterações estruturais. O ângulo de insonação foi padronizado em 45° para avaliação do fluxo sanguíneo, seguido da análise do plexo pampiniforme no antímero esquerdo. As configurações e ajustes técnicos do equipamento foram padronizados de acordo com a literatura e mantidos durante todas as avaliações, como a PRF, ajustada para 1,2 kHz, a fim de otimizar a detecção do fluxo da artéria suprategicular. Para cada animal, foram analisadas 3 ondas sonoras dessa artéria, obtendo-se a média desses valores. Todos os exames foram realizados pelo mesmo avaliador, visando reduzir variações entre os resultados.

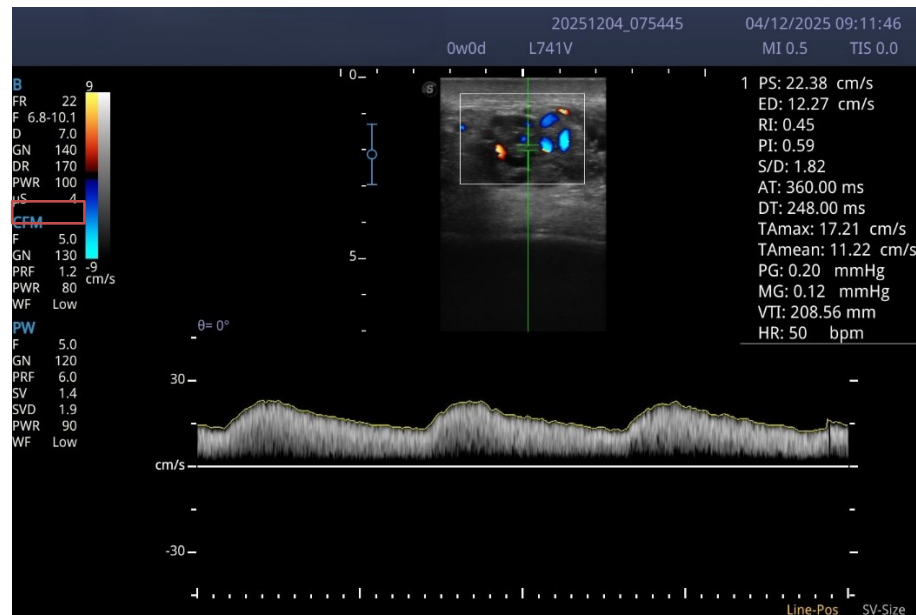
**Figura 2:** Avaliação ultrassonográfica testicular em modo B, evidenciando parênquima testicular homogêneo e mediastino testicular hiperecogênico (seta branca).



Fonte: arquivo da pesquisa.

**Figura 3:** Avaliação do plexo pampiniforme por US Doppler colorida, com mensuração do Índice de Resistividade (IR) e Índice de Pulsatilidade (IP) da artéria suprategicular. PRF

padronizada em 1.2 kHz e ângulo de insonação de 45°.



Fonte: arquivo da pesquisa.

### 3.3. Avaliação seminal

Os dados hemodinâmicos testiculares obtidos pela avaliação ultrassonográfica, foram correlacionados com os parâmetros de qualidade seminal de cada touro, por meio de avaliação macroscópica (volume e coloração) e microscópica (motilidade inicial (CASA), concentração (espectrofotômetro) e número de doses congeladas por animal), realizadas no laboratório da central onde o estudo foi conduzido, coletadas e avaliadas no mesmo dia. Em seguida, o sêmen de cada animal foi submetido a congelamento e posterior descongelamento, com o objetivo de avaliar a resistência do ejaculado ao processo de criopreservação e identificar possíveis perdas na qualidade seminal.

### 3.4. Análise estatística

Foram realizadas correlações de Pearson entre os dados de hemodinâmica testicular (IR e IP), ambiência (umidade relativa do ar e temperatura ambiental) e qualidade seminal (motilidade inicial, concentração e número de doses congeladas) utilizando o PROC CORR do programa SAS (versão 9.4; SAS Institute, USA). A probabilidade de  $P \leq 0,05$  foi considerada como diferença significativa.

## 4 RESULTADOS

A análise de Pearson evidenciou correlações significativas importantes para o trabalho, apresentadas na Tabela 1. Observou-se correlação positiva forte entre idade e perímetro escrotal (PE) ( $r = 0.78$ ;  $p = 0.0014$ ), indicando que o aumento da idade esteve associado ao aumento do perímetro escrotal. O volume do ejaculado apresentou correlação positiva forte com a idade ( $r = 0.66$ ;  $p = 0.01$ ), PE ( $r = 0.63$ ;  $p = 0.01$ ), IR ( $r = 0.61$ ;  $p = 0.02$ ) e IP ( $r = 0.63$ ;  $p = 0.01$ ).

A concentração espermática e a motilidade inicial no sêmen apresentaram correlação positiva forte ( $r = 0.73$ ;  $p = 0.004$ ). Observou-se correlação negativa moderada entre temperatura ambiente e umidade relativa ( $r = -0.57$ ;  $p = 0.03$ ),

Os índices hemodinâmicos IR e IP apresentaram correlação positiva moderada com a concentração espermática ( $r = 0.55$  e  $0.56$ ;  $p = 0.04$ , para ambos), além de forte associação entre si ( $r = 0.99$ ;  $r = < 0.0001$ ). Além disso, IR e IP demonstraram correlação positiva forte com o número de doses congeladas ( $r = 0.70$  e  $0.75$ ;  $p = 0.007$  e  $0.002$ , respectivamente). Esses resultados indicam que maiores valores dos índices hemodinâmicos estiveram associados à maior concentração espermática e ao maior número de doses congeladas.

A espessura do mediastino correlacionou-se positivamente com a ecogenicidade do parênquima testicular ( $r = 0.75$ ;  $p = 0.004$ ), demonstrando que existe associação entre eles, indicando alterações morfológicas.

Não foram observadas correlações significativas entre as demais variáveis avaliadas.

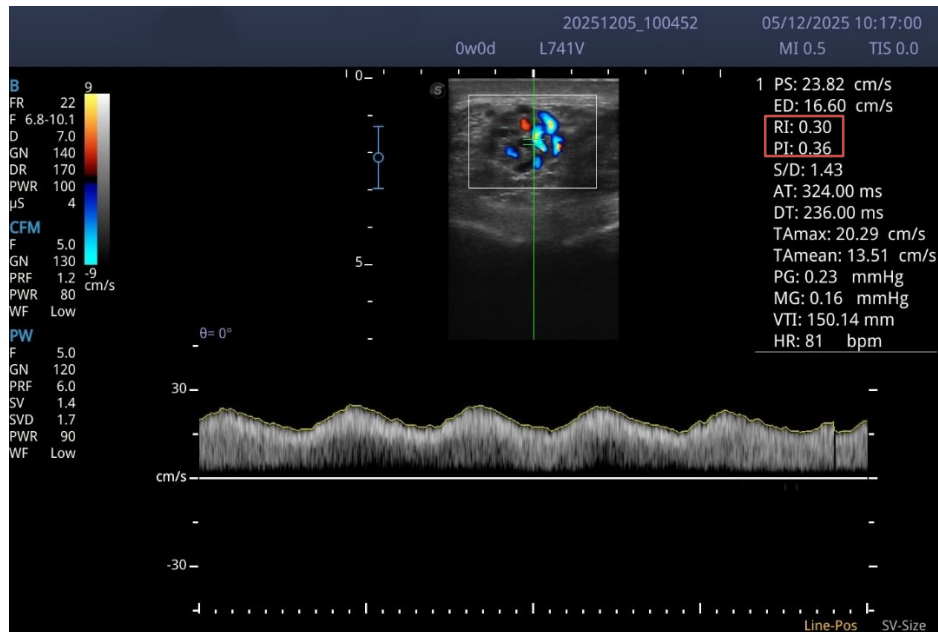
**Tabela 1:** Coeficientes de correlação entre as características reprodutivas dos animais e variáveis ambientais, indicadas pelos valores de (r): coeficiente de correlação (Pearson) e (p): valor de significância estatística.

\* Indica correlação significativa ( $p < 0,05$ ).

| Correlação entre características reprodutivas, hemodinâmica testicular e variáveis ambientais |       |       |            |              |            |            |       |       |        |        |       |          |
|-----------------------------------------------------------------------------------------------|-------|-------|------------|--------------|------------|------------|-------|-------|--------|--------|-------|----------|
| Variáveis                                                                                     | IDADE | PE    | TEMPAMBENT | UMIDADERELAT | PARÊNQUIMA | MEDIASTINO | IR    | IP    | VOLUME | MOTINC | CONC  | DOESCONG |
| IDADE                                                                                         |       | 0.78* | -0.29      | 0.16         | 0.15       | 0.31       | 0.30  | 0.34  | 0.66*  | 0.35   | 0.28  | 0.51     |
| PE                                                                                            |       |       | -0.38      | 0.22         | 0.42       | 0.56       | 0.24  | 0.26  | 0.63*  | 0.28   | 0.13  | 0.33     |
| TEMPAMBENT                                                                                    |       |       |            | -0.57*       | -0.20      | -0.21      | -0.06 | -0.14 | -0.43  | -0.10  | 0.05  | -0.25    |
| UMIDADERELAT                                                                                  |       |       |            |              | 0.02       | 0.39       | -0.47 | -0.42 | -0.14  | -0.22  | -0.5  | -0.24    |
| PARÊNQUIMA                                                                                    |       |       |            |              |            | 0.75*      | -0.46 | 0.13  | 0.12   | -0.005 | 0.13  | -0.01    |
| MEDIASTINO                                                                                    |       |       |            |              |            |            | 0.17  | 0.06  | 0.04   | 0.12   | -0.05 | -0.02    |
| IR                                                                                            |       |       |            |              |            |            |       | 0.99* | 0.61*  | 0.48   | 0.55* | 0.70*    |
| IP                                                                                            |       |       |            |              |            |            |       |       | 0.65*  | 0.50   | 0.56* | 0.75*    |
| VOLUME                                                                                        |       |       |            |              |            |            |       |       |        | 0.26   | 0.15  | 0.55     |
| MOTINC                                                                                        |       |       |            |              |            |            |       |       |        |        | 0.73* | 0.52     |
| CONC                                                                                          |       |       |            |              |            |            |       |       |        |        |       | 0.64*    |
| DOESCONG                                                                                      |       |       |            |              |            |            |       |       |        |        |       |          |

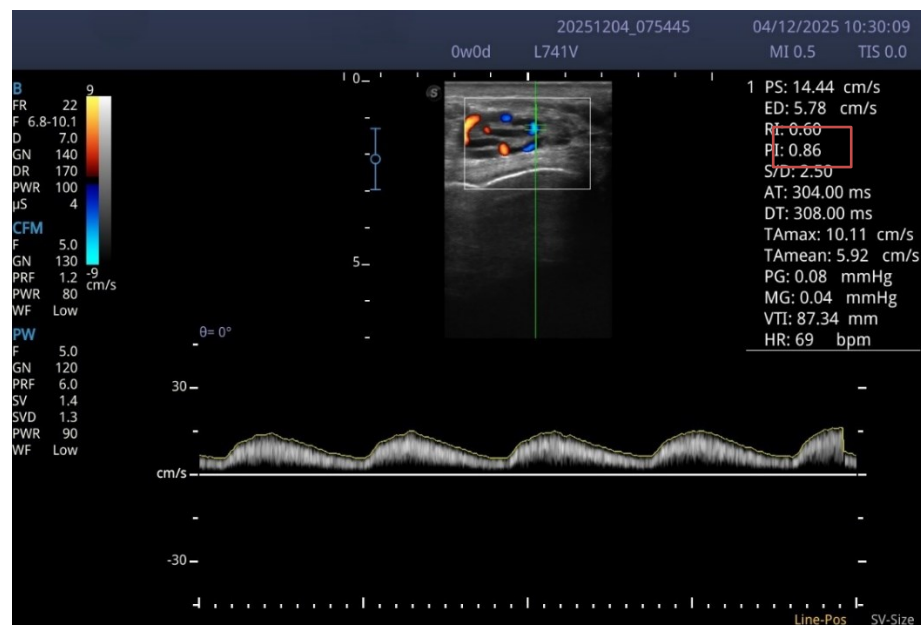
Fonte: o autor.

**Figura 4:** Espectro Doppler da artéria supratesticular demonstrando menor índice de resistividade ( $RI = 0.30$ ) e pulsatilidade ( $PI = 0.36$ ), caracterizando menor resistência vascular testicular.



Fonte: arquivo da pesquisa.

**Figura 5:** Espectro Doppler da artéria supratesticular demonstrando maior índice de resistividade ( $RI = 0.60$ ) e pulsatilidade ( $PI = 0.86$ ), evidenciando variação na dinâmica vascular testicular.



Fonte: arquivo da pesquisa.

## 5 DISCUSSÃO

De acordo com GONÇALVES, J. D. *et al.*, 2025, o crescimento testicular decorre do aumento no diâmetro e no comprimento dos túbulos seminíferos, processo intimamente relacionado ao desenvolvimento corporal e ao início da maturidade sexual dos animais. Nesse contexto, os resultados do presente estudo corroboram esses achados, uma vez que foi observada correlação positiva forte entre idade e perímetro escrotal (PE), indicando que o avanço da idade possui associação ao maior desenvolvimento testicular. Além disso, a correlação positiva observada entre idade, PE e volume do ejaculado reforça que esse desenvolvimento estrutural testicular acompanha o desenvolvimento do sistema reprodutor como um todo.

Segundo BORGES, M. S. *et al.*, 2023, IR e IP são marcadores mais sensíveis do fluxo sanguíneo e refletem a resistência ao fluxo sanguíneo na artéria testicular, sugerindo que valores mais elevados indicam maior dificuldade de perfusão tecidual e, consequentemente, menor aporte de oxigênio e nutrientes ao parênquima testicular. Os resultados encontrados no presente estudo, indicaram que os valores mais elevados de IR e IP estiveram associados à maior concentração espermática e ao maior número de doses congeladas, sugerindo que a dinâmica vascular testicular desempenha papel determinante no potencial espermatogênico dos reprodutores. Dessa forma, apesar de valores elevados de IR e IP estarem classicamente associados à maior resistência vascular, tais índices se correlacionaram positivamente com parâmetros produtivos, sugerindo que a relação entre hemodinâmica testicular e eficiência reprodutiva pode ser multifatorial, envolvendo mecanismos compensatórios e/ou adaptações fisiológicas específicas dos animais.

Do ponto de vista fisiológico, a perfusão testicular adequada é essencial para garantir o suprimento de oxigênio, nutrientes e hormônios necessários à espermatogênese. Assim, variações nos índices hemodinâmicos podem refletir ajustes adaptativos do fluxo sanguíneo frente às demandas metabólicas do tecido testicular. Deve-se considerar que os índices hemodinâmicos podem variar conforme o segmento arterial avaliado, conforme descrito por FÁVARO, P. C. *et al.*, 2020, o que pode justificar divergências entre diferentes estudos e reforça a necessidade de padronização metodológica nas avaliações Doppler testiculares.

Os achados descritos por GONÇALVES, J. D. *et al.*, 2025 demonstraram a influência dos fatores ambientais sobre a hemodinâmica testicular, avaliada por meio dos valores de IR e IP em touros Nelore e Canchim. No presente estudo, observou-se correlação negativa moderada

entre a umidade relativa e a temperatura ambiente, indicando que o aumento da temperatura esteve associado à redução da umidade relativa, comportamento esperado pela relação físico-ambiental entre essas variáveis, no local onde o estudo foi conduzido. Visto que a termorregulação testicular adequada é fundamental para a manutenção da produção espermática, alterações ambientais interferem nesse equilíbrio térmico e, consequentemente, na qualidade seminal.

BORGES, M. S. *et al.*, 2023 avaliaram a heterogeneidade do parênquima testicular por US modo B e Doppler, de acordo com ingestão de alimento residual (IAR) de touros Nelores, concluindo que os animais de baixa IAR não alteraram a dinâmica espermática. Em sua originalidade, o tecido testicular é homogêneo e moderadamente ecogênico, estado que pode se alterar durante a puberdade ou com a presença de patologias, como resultados de processos fibróticos. Estudos realizados por GONÇALVES, J. D. *et al.*, 2025, observaram um aumento significativo na ecogenicidade e heterogeneidade do parênquima ao decorrer da maturidade sexual dos animais. O aumento da ecogenicidade e largura do mediastino com a idade também foi relatado. No presente estudo, a espessura do mediastino e a ecogenicidade do parênquima testicular demonstraram resultados que corroboram com essas pesquisas, de forma que a correlação entre eles sugerem alterações estruturais associadas a modificações do tecido testicular. Na avaliação ultrassonográfica, o mediastino normalmente se apresenta como uma linha hiperecogênica central. Entretanto, seu espessamento ou aumento pode estar relacionado a processos de fibrose ou reorganização estrutural. Porém, o aumento da ecogenicidade observado com a idade pode refletir tanto processos fisiológicos de maturação e remodelamento estrutural, quanto alterações patológicas, devendo sua interpretação ser realizada em conjunto com parâmetros funcionais.

A correlação positiva forte entre concentração espermática e motilidade inicial sugere que ejaculados com maior densidade celular apresentaram melhor desempenho funcional, indicando integridade espermática superior. Esse resultado demonstra coerência biológica, uma vez que alterações degenerativas frequentemente afetam simultaneamente concentração e motilidade. Essa associação entre concentração e motilidade observada no presente estudo, reforça que alterações na espermatogênese tendem a impactar simultaneamente parâmetros quantitativos e funcionais, corroborando os achados descritos por GLORIA, A. *et al.* 2018, que demonstraram correlação entre IR e número total de espermatozoides no ejaculado.

Embora o número amostral utilizado no presente trabalho seja reduzido ( $n = 13$ ), limitando



o poder estatístico, os resultados obtidos demonstraram a relevância do uso do Doppler colorido para avaliações andrológicas, apresentando potencial promissor quanto ao seu uso na rotina, principalmente para auxiliar na identificação precoce de alterações subclínicas antes da manifestação de queda nos parâmetros seminais. A possibilidade de avaliar a perfusão testicular de forma não invasiva, tanto aspectos morfológicos quanto hemodinâmicos, amplia a precisão diagnóstica e pode contribuir para a seleção precoce de animais com maior potencial produtivo, contribuindo para a eficiência reprodutiva e redução de perdas econômicas.

É importante ressaltar que o número amostral do trabalho é reduzido ( $n = 13$ ), o que pode limitar o poder estatístico do estudo e necessitar da continuidade de pesquisas sobre o assunto. Além disso, correlação estatística não significa causalidade, podendo outros fatores ter influenciado nas alterações encontradas. Porém, os resultados obtidos reforçam a importância da avaliação do animal com o uso da US Doppler colorido na rotina andrológica de reprodutores, contribuindo para a melhoria da eficiência reprodutiva e reduzindo perdas econômicas associadas à infertilidade desses animais.

## **6 CONCLUSÃO**

Conclui-se que a US Doppler colorida aplicada à avaliação hemodinâmica testicular constitui uma ferramenta complementar promissora na andrologia bovina, uma vez que fornece informações fisiológicas relevantes que correlacionam-se com os parâmetros reprodutivos e ambientais, contribuindo para a interpretação da capacidade reprodutiva e produtiva desses animais.

## 7 REFERÊNCIAS

ALVES, L. A. et al. Season and temperature-humidity index affect sperm quality and in vivo fertility of beef bulls. **Journal of Thermal Biology**, v. 133, 2025. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.jtherbio.2025.104271>.

BORGES, M. S. et al. Relação da ingestão residual de ração com parâmetros de sêmen e ultrassom testicular de touros de Nelore. **Revista Brasileira de Zootecnia**, 2023. Disponível em: [10.37496/rbz5220220041](https://doi.org/10.37496/rbz5220220041).

CARVALHO, C. F. et al. Princípios físicos do Doppler em ultrassonografia. **Ciência Rural, Santa Maria**, v. 38, n. 3, p. 872-879, 2008.

FÁVARO, P. C. et al. Hemodynamic evaluation of the suprastesticular artery in bulls. **Livestock Science**, v. 241, 2020. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.livsci.2020.104210>.

FAYRER-HOSKEN, R. Anatomy and Physiology of the bull's reproductive system. **Clínicas Veterinárias da América do Norte: Prática de Animais de Alimentação**, v. 13, n. 2, p. 195-202, 1997. Disponível em: [https://doi.org/10.1016/S0749-0720\(15\)30335-2](https://doi.org/10.1016/S0749-0720(15)30335-2).

GARCIA, A. R. Degeneração testicular: um problema superado ou ainda um dilema? **Revista Brasileira de Reprodução Animal**, v. 41, n.1, p. 33-39, 2017. Disponível em: <https://cbra.org.br/br/>.

GLORIA, A. et al. Pulse wave Doppler ultrasound of testicular arteries and their relationship with semen characteristics in healthy bulls. **Journal of Animal Science and Biotechnology**, 2018. Disponível em: <https://doi.org/10.1186/s40104-017-0229-6>.

GOFFI, A. et al. Principles of Doppler Ultrasonography and Basic Applications for the Clinician. **Clínicas Médicas da América do Norte**, v. 109, n. 1, p. 217-236, 2025. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.mcna.2024.07.009>.

GONÇALVES, J. D. et al. Automated color Doppler ultrasound analysis of bull

reproductive tissues using a machine learning-based image processing algorithm. **Animal Reproduction Science**, v. 281, 2025. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.anireprosci.2025.107997>.

GONGALVES, J. D. et al. Avaliação ultrassonográfica das características testiculares e do plexo pampiniforme em novilhos jovens sob diferentes condições microclimáticas em um ambiente tropical. **Sci Rep** 15, 25940, 2025. Disponível em: <https://doi.org/10.1038/s41598-025-05522-y>.

HAFEZ, E. S. E. Anatomia da reprodução masculina. **Reprodução animal**. São Paulo, p.3-12, 2004.

JUNIOR, F. A. B. et al. Effect of breed on testicular blood flow dynamics in bulls. **Theriogenology**, v. 118, p. 16-21, 2018. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.theriogenology.2018.05.022>.

MORRELL, J. M. Estresse térmico e fertilidade em touros. **Theriogenology**, v. 153, 2020. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.theriogenology.2020.05.014>.

OLIVEIRA, R. P. L. et al. Ultrassonografia no auxílio do diagnóstico de vesiculite seminal em touros de corte. **Pesquisa Veterinária Brasileira**, v. 38, n. 6, p. 1038-1042, 2018. Disponível em: [10.1590/1678-5150-pvb-5414](https://doi.org/10.1590/1678-5150-pvb-5414).

PUGLIESI, G. et al. Review: Current status of corpus luteum assessment by Doppler ultrasonography to diagnose non-pregnancy and select embryo recipients in cattle. **Animal: The International Journal of Animal Biosciences**, v. 17, p. 100752, 2023. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.animal.2023.100752>.

RABELO, R. E. et al. Aspectos anatômicos e sua relação com as enfermidades do prepúcio e pênis no touro. **Revista Científica Eletrônica de Medicina Veterinária**, Garça, São Paulo, 2012.

RAHMAN et al. Heat stress responses in spermatozoa: Mechanisms and consequences for cattle fertility. **Theriogenology**, v. 113, p. 102-112, 2018. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.theriogenology.2018.02.012>.

RAMOS et al. Sistemas silvipastoris atenuam gradientes térmicos escroto-testiculares em touros jovens sob condições tropicais. **Revista Brasileira de Reprodução Animal**, v. 49, n. 2, p. 795, 2025. Disponível em: <http://www.alice.cnptia.embrapa.br/alice/handle/doc/1181351>.

SILVA, E. I. C. Anatomia e Fisiologia do Sistema Reprodutivo dos Animais Domésticos. **Instituto Agrônômico de Pernambuco**, 2020. Disponível em: <https://www.researchgate.net/publication/344157520>.