





Degeneração testicular em touros: Revisão

Sâmara Cristine Costa Pinto¹, Jhonata Teixeira da Silva^{2*}, Mateus Henrique de Sousa Silva²,
Joyce Caroliny dos Santos Lopes³, Fábio Athair Ribeiro Cordeiro⁴, Patrícia Fernanda Peixer⁵

¹Médica Veterinária, Professora do Centro Universitário Brasília de Goiás, Departamento de Medicina Veterinária, São Luís de Montes Belos, Goiás, Brasil.

²Discente do Curso de Medicina Veterinária no Centro Universitário Brasília de Goiás, São Luís de Montes Belos, Goiás, Brasil.

³Zootecnista, Professora do Centro Universitário Brasília de Goiás, São Luís de Montes Belos, Goiás, Brasil.

⁴Médico Veterinário, Mestrando em Produção Animal e Forragicultura, pela Universidade Estadual de Goiás, São Luís de Montes Belos, Goiás, Brasil.

⁵Médica Veterinária, Mestre em Desenvolvimento Rural Sustentável, pela Universidade Estadual de Goiás, São Luís de Montes Belos, Goiás, Brasil.

*Autor para correspondência. e-mail: jhonatateixeirasjp@gmail.com

Resumo. A degeneração testicular é uma enfermidade de grande incidência no Brasil. Desta forma, é de extrema importância ter conhecimento sobre o processo da mesma em touros. A variados motivos que levam o animal a ter degeneração testicular, sendo então uma condição adquirida, mas hoje a mais comum é em decorrência das elevadas temperaturas, visto que no Brasil o clima é tropical, ocasionando então o famoso estresse térmico testicular em bovinos, gerando alterações na espermatogênese e levando a queda na qualidade do sêmen ejaculado. A dificuldade por diagnóstico precocemente na degeneração testicular tem impedido que seja realizado o tratamento o quanto antes da causa primária. Com o uso da ultrassonografia é possível realizar o diagnóstico o mais cedo possível, bem como sendo um instrumento fundamental para avaliação do parênquima testicular e de alterações. Além disso, tendo noção da gravidade desta patologia na produção e na reprodução animal, tivemos como objetivo descrever as condições normais dos espermatozoides em caso de degeneração testicular, além de um breve panorama sobre a incidência desta patologia e oferecer formas de tratamento como o uso antioxidantes como elemento chave para prevenção em touros bovinos.

Palavras chave: Bovino, enfermidade, sêmen, termorregulação

Testicular degeneration in bulls: review

Abstract. Testicular degeneration is a disease with high incidence in Brazil, and it is extremely important to have knowledge about its process in bulls. There are several reasons that lead the animal to have testicular degeneration, which is then an acquired condition, but the most common today is high temperatures, since the climate in Brazil is tropical, causing the famous testicular thermal stress in cattle, generating alterations in spermatogenesis and leading to a decrease in the quality of the ejaculated semen. The difficulty in diagnosing testicular degeneration at an early stage has prevented treatment from being carried out as soon as possible for the primary cause. Ultrasonography allows for the earliest possible diagnosis, as well as being a fundamental tool in evaluating the testicular parenchyma and alterations. Furthermore, being aware of the severity of this pathology in animal production and reproduction, we aimed to describe the normal conditions of spermatozoa in cases of testicular degeneration, as well as a brief overview of the incidence of this pathology, and offer forms of treatment such as the use of antioxidants as a key element for prevention in cattle bulls.

Keywords: bovine, sickness, semen, thermoregulation

Degeneración testicular en toros: Revisión

Resumen. La degeneración testicular es una enfermedad con alta incidencia en Brasil, y es de suma importancia tener conocimiento sobre su proceso en toros. Son diversos los motivos que llevan al animal a tener degeneración testicular, que luego es una condición adquirida, pero hoy en día la más común es por las altas temperaturas, ya que en Brasil el clima es tropical, provocando en el ganado el famoso estrés por calor testicular, generando cambios en la espermatogénesis y provocando una caída en la calidad del semen eyaculado. La dificultad en el diagnóstico precoz de la degeneración testicular ha impedido tratar la causa primaria lo antes posible. Mediante la ecografía es posible realizar el diagnóstico lo más precozmente posible, además de ser un instrumento fundamental para evaluar el parénquima testicular y sus cambios. Además, conscientes de la gravedad de esta patología en la producción y reproducción animal, nos propusimos describir las condiciones normales de los espermatozoides en casos de degeneración testicular, así como una breve reseña de la incidencia de esta patología y ofrecer formas de tratamiento como el uso de antioxidantes como elemento clave para la prevención en ganado vacuno.

Palabras claves: bovinos, enfermedad, semen, termorregulación

Introdução

Considerada o maior motivo de redução da fertilidade em machos, a degeneração testicular ([Ahmad & Noakes, 1995](#)), vem em resposta a agravo provocado por causas multifatoriais, como estresse térmico ([Kahwage et al., 2017](#); [Silva et al., 2018](#)). Na maioria das vezes como adquirida ([Marcus et al., 1997](#)), sendo uni ou bilateral, passageira ou constante ([Aguar et al., 2001](#)). Machos têm particularidades morfológicas e fisiológicas favoráveis para a termorregulação, no entanto essas particularidades podem ser diferentes por conta da temperatura ([Morrell, 2020](#)).

As mudanças sazonais na característica do sêmen de bovinos é tema com extrema atenção dos pesquisadores ([Alves et al., 2020](#)). Diferenças seminais entre as épocas do ano devem-se às perdas da temperatura alta na espermatogênese ligados às restrições na termorregulação escrotal e estruturas de dissipação de calor ([Garcia-Oliveros et al., 2022](#)), contrariando negativamente seu desempenho e efeito reprodutivo ([Alves et al., 2016](#); [Kahwage et al., 2017](#); [Silva et al., 2018](#)).

No exame clínico, podemos observar redução na consistência testicular e maior heterogeneidade do parênquima, sendo vista pela palpação do órgão ([Kahwage et al., 2017](#); [Silva et al., 2018](#)). Por outro lado, a ultrassonografia e a termografia dos testículos na busca de maior eficiência no diagnóstico ([Celeghini et al., 2017](#)). Histologicamente, observamos dano do epitélio de túbulos seminíferos ([Coelho et al., 2016](#); [Nascimento & Santos, 2021](#)), em casos exacerbados há a perda total das células germinativas ([Celeghini et al., 2017](#)). Macroscopicamente, no início os testículos afetados exibem tamanho normal ou levemente menores, entretanto flácidos ([Celeghini et al., 2017](#)). A reversão testicular e espermática em certos casos é plausível, quando no início, entretanto, devagar comparado com a degenerativa ([Coelho et al., 2016](#); [Nascimento & Santos, 2021](#)).

O objetivo desta revisão foi descrever condições normais dos espermatozoides no caso de degeneração testicular, bem como sobre o uso de antioxidantes como elemento para prevenção em touros bovinos, tendo em vista a gravidade dessa patologia na produção e reprodução animal.

Degeneração testicular em touros

No que diz respeito à degeneração testicular, conhecida por ações degenerativas e necróticas das células germinativas ([Coelho et al., 2016](#)) é uma causa considerada comum ([Celeghini et al., 2017](#)). Sendo de procedência multifatorial, consiste em agravo térmico ou problemas que procedem na elevação da temperatura testicular, essas são as causas mais comuns ([Kastelic et al., 1997](#)). Além destas causas, variações hormonais, carências nutricionais, orquites, estresse, também evoluem para com a degeneração testicular ([Hafez & Hafez, 2004](#); [Ladds & Crane, 1976](#); [Van Camp, 1997](#)).

Pode ser vista de forma uni ou bilateral, a variar ser localizada ou sistêmica, passageira ou estável e podendo mudar de controlada a rigorosa sob o aspecto patológico ([Nascimento & Santos, 2021](#); [Van Camp, 1997](#)). Sendo a causa de infertilidade em macho mais comum ([Nascimento & Santos, 2021](#)).

Pesquisas abrangendo diagnósticos histológicas dos testículos sugerindo que a degeneração testicular é a alteração descoberta com alta incidência em touros ([Goiozo, 2008](#)). Segundo [Goiozo \(2008\)](#), microscopicamente os testículos de touros e a degeneração testicular tem sido a afecção mais repetida em ambas as pesquisas, concebendo 42,66% e 54,10%, respectivamente.

A degeneração testicular primeiramente inicia com flacidez, e pequena redução do tamanho dos testículos, estando que em fases um pouco mais adiantadas estes podem se tornar atrofiados, com tamanho diminuído, fibróticos e com consistência firme à palpação. Histologicamente, notamos no túbulo seminífero redução da espermatogênese em decorrência à morte das células da procedência germinativa ([Kahwage et al., 2017](#)). As espermatogônias expõem citoplasma vacuolizado e núcleo picnótico, as espermátides se degeneram e há a manifestação de células grandes multinucleadas resultantes da junção de diversas espermátides ([Van Camp, 1997](#)). Determinados túbulos podem revelar-se falta absoluta do epitélio seminífero, membrana basal espessa e hialinizada e proliferação de tecido conjuntivo fibroso, que envolve os túbulos em episódios mais avançados ([Nascimento & Santos, 2021](#); [Van Camp, 1997](#)).

O ejaculado de touros com degeneração testicular média proporciona concentração espermática baixa e motilidade diminuída e número ameno de células com deformidades morfológicas, como gotas protoplasmáticas proximais, diadema, vacúolos e outros defeitos nucleares ([Wenkoff, 1978](#)). Em episódios mais rígidos, além da oligozoospermia e da astenozoospermia, além desses, pode ser visto elevado número de espermatozoides com anomalias morfológicas, sobretudo com defeitos de peça intermediária e cabeça ([Kahwage et al., 2017](#); [Silva et al., 2018](#)). O comparecimento de células primordiais da linhagem espermatogênica, células enormes, medusas ou células germinativas multinucleadas no ejaculado sugere lesões rigorosas ao epitélio seminífero ([Coelho et al., 2016](#); [Nascimento & Santos, 2021](#); [Van Camp, 1997](#)). Se visto espermatozoides com formatos teratológicos em ampla abundância no ejaculado é indício de espermatogênese severamente danificada ([Johnson, 1997](#)).

A estimativa da consistência testicular pode ser um sugestivo da qualidade do parênquima testicular no exame clínico andrológico ([Kahwage et al., 2017](#); [Silva et al., 2018](#)). Em uma linha graduada de graus que altera de 1 a 5 ([CBRA, 2013](#)), a detectar de tensão leviana e elasticidade nos testículos indica a probabilidade de gametogênese normal, agora, se a consistência for avaliada em flácida e a origem não for retirada, a degeneração se torna crônica e têm diminuição do ambiente tomado pelo epitélio tubular e conseguinte da dimensão testicular, acontece de evoluir para fibrose e atrofia. Em casos assim, distúrbio absoluto na espermatogênese pode ser visto ([Van Camp, 1997](#)). Claro que, a análise clínica de degeneração testicular não se restringe à decisão da tonometria testicular, e estar sujeito de avaliação andrológica completa, abrangendo o espermiograma.

No que diz respeito a degeneração testicular causada por orquite, esta afecção tem procedência traumática ou infecciosa e pode ser intertubular, intratubular ou necrosante, a variar do local e particularidade da lesão ([Coelho et al., 2016](#); [Ladds & Crane, 1976](#); [Stockham & Scott, 2011](#)). A orquite traumática não é corriqueira nos bovinos, incidindo com grande constância em pequenos ruminantes e no cão. Em bovinos, a orquite traumática é resultado de machucados localizadas no escroto, sendo que, em episódios gravíssimo, a evolução do machucado atinge os testículos ([Santos, 1975](#)). Do mesmo modo, à orquite infecciosa, múltiplos causadores atinge o macho bovino, sendo elas: *Brucella abortus*, *Mycobacterium tuberculosis*, *Actinomyces pyogenes*, *Nocardia farcinica*, *herpesvírus bovino tipo III* (RBIVPI), dentre diversos. Podendo acometer aos testículos por via hematogênica ou ascendente ([Coelho et al., 2016](#); [Nascimento & Santos, 2021](#); [Santos, 1975](#); [Smith, 2014](#); [Van Camp, 1997](#)).

Dentre os descritos, o que faz jus a ênfase é a *Brucella abortus*, que em bovinos este microrganismo da origem primeiramente a orquite intratubular e em seguida avança para orquite necrosante ([Coelho et al., 2016](#); [Nascimento & Santos, 2021](#); [Santos, 1975](#); [Smith, 2014](#); [Van Camp, 1997](#)). Os sinais clínicos são as particularidades de uma resposta inflamatória, dor, calor, rubor, tumor e perda da função ([Smith, 2014](#)). Podendo advir de modo uni ou bilateral, sendo que nas duas, o animal lida com a subfertilidade ou infertilidade, assim como exclusivamente um testículo é abordado, a infertilidade ou subfertilidade

carece a elevação da temperatura do testículo acometido, que altera o contralateral a um episódio de degeneração severa ([Aguiar et al., 2001](#); [Nascimento & Santos, 2021](#)).

Na análise macroscópica do testículo, posteriormente a necropsia ou orquiectomia, analisa-se comparecimento de substância fibrino-purulento ou hemorrágico, extensões de necrose de coagulação e nos episódios crônicos pode possuir propagação de fibrose ou a comparecimento de abscessos ([Nascimento & Santos, 2021](#)). Microscopicamente, observa-se necrose de caseificação, coberta por macrófagos, linfócitos e compartimento conjuntiva, debris celulares das células tubulares ainda consegue ser vistos ([Coelho et al., 2016](#); [Nascimento & Santos, 2021](#); [Santos, 1975](#)).

De acordo com [Van Camp \(1997\)](#), touros com orquite contêm firmemente episódios de degeneração testicular causados pela elevação da temperatura testicular decorrentes a ação inflamatória, deste modo, as particularidades seminiais de touros com orquite são idênticas às expostas em animais com degeneração testicular, sendo elas, baixa motilidade progressiva e defeitos de cabeça e peça intermediária.

Em relação as neoplasias testiculares, são corriqueiras em touros idosos, os tumores testiculares são decorridos dos elementos particularizados dos testículos, consiste em: tumor de leydigocitoma, tumor sertolioma, tumor seminoma, essas neoplasias citadas podem advir de modo independente ou conjugada, na maior parte das ocorrências de tumores testiculares, a espermatogênese está danificada no testículo que foi afetado, encontra partida conserva-se a ação de gametogênese normalmente ([Coelho et al., 2016](#); [Nascimento & Santos, 2021](#); [Santos, 1975](#)).

A mais comum em bovinos é a leydigocitoma, podendo vir a ser uni ou bilateral, variadas ou consistente, diâmetro mudando de milímetros a escassos centímetros, apenas em episódios específicos induz a aumento de volume claro do órgão ([Ladds, 2016](#)) e macroscopicamente, o tumor é simples de ser visto, em decorrência de sua tonalidade escurecida, neoplasia do tipo esférica, com grande vascularização e flexível à palpação ([Coelho et al., 2016](#); [Nascimento & Santos, 2021](#); [Santos, 1975](#)).

Na observação histológico, individualiza-se pelo comparecimento de células redondas com citoplasma granuloso, intensa vascularização e, à casos podendo ter grânulos citoplasmáticos e campos focais de hemorragia e necrose, também podendo ser visto cápsula conjuntiva e atrofia tubular adjacente ([Coelho et al., 2016](#); [Nascimento & Santos, 2021](#); [Santos, 1975](#)).

Espermatogênese

O desenvolvimento dos espermatozoides acontece nos túbulos seminíferos e é conhecida de espermatogênese, sendo ação cíclica, em que os gonócitos, células germinativas iniciais, residem nos túbulos seminíferos dividindo e distinguindo em espermatogônias. Nisso, as células com menor diferença permanecem situadas na periferia dos túbulos seminíferos, e as células que estão mais maduras situam-se mais perto à luz ([Kudryavtsev et al., 2003](#)). A espermatogênese envolve duas etapas, sendo elas a espermatocitogênese e a espermatogênese. A espermatocitogênese é a etapa de desenvolvimento das espermátides mais circulares através de espermatogônias e a espermiogênese é a etapa de distinção de espermátides em espermatozoides ([Curtis & Amann, 1981](#); [Russell & França, 1995](#)). Para que a espermatogênese desenvolva corretamente vai depender do apoio das células de Sertoli ([Martin-du-Pan & Campana, 1993](#)), de condições apropriadas de esteroides, gonadotrofinas e de fatores de crescimento ([Sharpe et al., 2003](#)), em outras palavras, o desenvolvimento dos espermatozoides começa com o início do macho na puberdade e permanece firmemente.

No epitélio germinativo dos túbulos seminíferos, são dois tipos de espermatogônias: as espermatogônias Tipo A e as espermatogônias Tipo B. As de Tipo A compõe uma quantidade de reserva, em que as células são bem resistentes as injúrias tóxicas e radiação. Por outro lado, as células do Tipo B é uma quantidade proliferativa, em que as células consistem em se repartir para constituir os espermátocitos iniciais ([Anway et al., 2003](#); [Walker, 2003](#)). O processo de multiplicação, meiose e distinção das células germinativas em grau mais adiantados de crescimento está em sintonia com as variações morfológicas e a expressão gênica nas células de Sertoli e Leydig ([Anway et al., 2003](#); [Walker, 2003](#)) e as secreções hormonais, abrange a separação mitótica de espermatogônias A1 em células mais individualizadas, chamadas de espermatogônias A2 e A3, Intermediárias B1 e B2. Essas últimas se repartem para dar origem a dois espermátocitos primários, que ingressam em meiose para compor os

espermatócitos secundários e mais à frente espermatídes ([Amann & Schanbacher, 1983](#)). No touro, da espermatogônia até a espermatíde, acontece próximo de 45 dias ([Hafez & Hafez, 2004](#)). As gonadotrofinas (LH e FSH) contêm a propagação e a distinção das células de Sertoli e Leydig, de maneira que os esteroides e fatores de desenvolvimento secretados pelas células trazem ato direto ou indireto em relação ao desenvolver das células germinativas, principalmente em bovinos, pois, a entrada na puberdade está conexas à desenvoltura das células de Leydig em responder ao estímulo de LH ([Boockfor et al., 1983](#)), determinando aumento do nível da testosterona. Estes fatos adequam a espermatogênese de maneira que as modificações no desempenho das células de Sertoli altera o desenvolvimento das células germinativas ([Sharpe et al., 2003](#)). Quando na ação espermatogênica acontece interrupções, da mesma forma interfere nas células de Sertoli ([Moura & Erickson, 2001](#)) ocasionando, transformações no modelo comum de desenvolver e na disposição reprodutiva dos animais ([Kahwage et al., 2017](#); [Silva et al., 2018](#)).

As espermatídes são células haploides, e neste grau de crescimento não advém da divisão celular, significando que cada espermatíde começa sua mudança para um espermatozoide, no decorrer desta mudança, o núcleo das espermatídes ocorre uma condensação gradual da cromatina ([Johanisson et al., 2000](#)), o que atribui formato comprido ao seu citoplasma e núcleo. As espermatídes possuem um acrosso sobre a cabeça, um flagelo bem adiantado, peça intermediária bem cercada por mitocôndrias e descartam fragmentos de citoplasma excessivo ([Kahwage et al., 2017](#); [Silva et al., 2018](#)).

Os espermatozoides constituídos são gradualmente livres dos túbulos seminíferos para túbulos estreitos, alcançando a *rete testis* e atingem o epidídimo, local onde contraem motilidade oportuna e competência para fecundação como componente de ação de maturação ([Kahwage et al., 2017](#); [Silva et al., 2018](#)). No decorrer a espermatogênese, a degeneração eventual de uma célula em privado pode advir a qualquer período, não danificando as diversas células que continuam em separação ou em mudança. Pesquisas revelam que aproximadamente 25% das células germinativas comumente se degenera no decorrer da espermatogênese ([Greep, 1976](#)). Os espermatozoides são conduzidos e retidos na cauda do epidídimo. Bem que o lugar epididimário esteja adepto a para que eles sobrevivam, os mesmos não são poupados de modo indefinido ([Hafez & Hafez, 2004](#)) Os espermatozoides são eliminados ao fim da cópula e os que não foram desatados no ato são pouco a pouco eliminados pela urina ou se desintegram ([Hafez & Hafez, 2004](#)).

Termorregulação

A eficácia da produtividade de rebanho bovino encontra-se inteiramente pertinente à sustentação dos animais dentro na zona de termoneutralidade ([McManus, 1997](#); [Silva, 2020](#)). Além disso, animais que possuem testículos em escrotos pendular, para que a espermatogênese suceda normalmente nos mamíferos, os testículos demandam uma temperatura de 2 a 6° C inferiores à temperatura corporal, ficando entre 33 a 34° C que é a temperatura testicular adequada para espermatogênese em bovinos ([Barth & Bowman, 1994](#); [Wildeus & Entwistle, 1983](#)). A conservação dessa temperatura sobrevém, na maior parte em mamíferos, pelos testículos no escroto, sendo de fora da cavidade abdominal. Mas, os testículos possuem diversas estruturas para manter a temperatura dos tecidos, o que consente o acontecimento da termorregulação testicular. A pele escrotal em touros é fina, à falta de gordura subcutânea é variada de acordo com a raça e pelos. No entanto, é rica em glândulas sudoríparas ([Senger, 1997](#)). Variâncias particulares no número de glândulas sudoríparas da superfície escrotal, contando dos favoráveis modelos morfológicos que contribuem para as diferenças em animais taurinos e zebuínos. Isto origina a susceptibilidade à elevada temperatura e ao mesmo tempo a adaptabilidade, separando esses animais entre termos sensíveis ou termo resistentes. Além disso, os zebuínos consistem em tolerar elevadas temperaturas em comparação aos taurinos, especialmente, por conta de ter maior densidade de glândulas sudoríparas na superfície escrotal. Segundo [Skinner & Louw \(1966\)](#), a temperatura ambiente para causar danos na espermatogênese varia de 27 e 32° C e exposto às temperaturas extrapolando 30° C pode produzir grande implicação negativa sobre a produção espermática.

Contendo dois músculos de extrema importância, o escroto possui a túnica de dartos e músculo cremaster, ambos exercendo função essencial na termorregulação ([Santos & Sá Filho, 2006](#)). A túnica de dartos é uma fina camada, está centrada debaixo da pele escrotal, a qual mantém o escroto em direção ao abdômen e/ou até mesmo longe dele, em resposta a ambientes frios e quentes ([Setchell, 1978](#)). Em

razão da forma lisa da túnica de dartos, a localização do escroto pode ser conservada por um espaçado tempo, sobretudo em ambiente frio. O papel do músculo cremaster ainda é aproximar os testículos do abdome seguido da contração. Entretanto, a contração não pode ser sustentada por longo período de tempo ([Dowling, 1956](#)). A estimulação dos neurônios simpáticos por temperaturas mais baixas leva a vasoconstricção e, bem como, a elevadas temperaturas gera vasodilatação das arteríolas. Dessa maneira, advém queda ou aumento do fornecimento sanguíneo para o escroto ([Rahman et al., 2018](#); [Setchell, 1998](#)). Além disso, o sistema vascular é um dos responsáveis fundamentais por resfriar os testículos. A artéria testicular transporta sangue quente do meio do indivíduo para os testículos, e está profundamente coberto por um tecido venoso complexo, conhecido de plexo pampiniforme. Toda a rede venosa e artéria é chamada cone vascular testicular ([Hess et al., 1997](#)). [Stabenfeldt & Edqvist \(1996\)](#) alegam que são duas estruturas essenciais e particularizados na regulação da temperatura testicular. Inicialmente, o resfriamento dos testículos, conhecido como sistema de "contracorrente", quando ocorre troca de temperatura elevada com o sangue venoso no plexo pampiniforme situado mais para o lado externo. Ainda, internamente aos testículos, as amplas circunvoluções e anastomoses dos vasos arteriais e venosos comportam a mudança do calor do sentido arterial para o sentido venoso mais frio. Assim, drenando os testículos. Posteriormente, a agilidade dos músculos cremaster externo e túnica dartos, deixam os movimentos dos testículos por meio de contração e relaxamento muscular. Bem como, as glândulas sudoríparas ainda apresentam função admirável no domínio da temperatura testicular, uma vez que a densidade das glândulas sudoríparas é maior na pele escrotal do que em diferentes partes do corpo de touros ([Blazquez et al., 1988](#)).

Métodos de diagnóstico

Ultrassonografia

Na reprodução animal o uso de ultrassom vem sendo utilizado desde 1970, primeiramente no diagnóstico reprodutivo de fêmeas, por exemplo, monitoramento de alterações morfofisiológicas em ovários e do trato genital e no diagnóstico de lesões patológicas destes órgãos ([Ali et al., 2011](#); [Pechman & Eilts, 1987](#)). Por outro lado, o diagnóstico da função reprodutiva de machos consistia em ser limitado à palpação, circunferência escrotal e análise do sêmen ([Ahmad & Noakes, 1995](#); [Pechman & Eilts, 1987](#)). Entretanto, a ultrassonografia equivale a uma técnica rápida, simples e não invasiva e não nociva, que nos fornece imagens em tempo real ([Pechman & Eilts, 1987](#)), podendo ser utilizado junto ao exame clínico reprodutivo, dando maior confiabilidade ao diagnóstico ([Andrade et al., 2012](#)). A ultrassonografia apresenta coerente sucesso no diagnóstico da degeneração testicular, é possível a visualização de representação ultrassonográfica, em animais com testículos normais expõem baixa ecogenicidade ([Brito et al., 2015](#)) e ecotextura bem marcante ([Ginther, 1995](#)), parênquima com aparência mais homogênea ([Ali et al., 2011](#); [Brito et al., 2002](#)) e nos afetados com a degeneração testicular dependendo da condição da alteração, são heterogêneas em áreas mais hiperecoicas ([Ahmad & Noakes, 1995](#); [Ahmadi et al., 2012](#); [Arteaga et al., 2005](#); [Brito et al., 2003](#); [Gouletsou, 2017](#)) e podem ser visto aparições acústicas espalhadas pelo parênquima testicular ([Ahmad et al., 1991](#); [Ahmad & Noakes, 1995](#); [Hansen, 2009](#)), permitindo a visualização de lesões multifocais pequenas e de massas ([Ali et al., 2011](#)), permitindo o diagnóstico de patologias, antes mesmo do aparecimento clínico, tornando um instrumento favorável na prática de análises em animais propostos à reprodução ([Ahmad et al., 1991](#)).

Termografia

A utilização da termografia para a identificar distúrbios reprodutivos, ainda é algo novo para tal finalidade ([Ruediger et al., 2016](#)), mas tem sido comumente utilizada a nível de pesquisa para avaliar mudanças na temperatura testicular em machos ruminantes. Essa é uma técnica não invasiva e que não causa estresse no animal, culminando em imagens térmicas, por meio das quais as respostas dos animais à temperatura ambiente e seus mecanismos podem ser monitorados ([Basile et al., 2010](#)), essencial para monitorar o início do estresse térmico ([Ramires Neto et al., 2011](#)). O procedimento se fundamenta na captação das ondas eletromagnéticas de frequências em infravermelho dadas através dos níveis corporais, é representada com variadas colorações na imagem termográfica a variar da quantidade de calor radiado ([Basile et al., 2010](#); [Coulter et al., 1988](#)). Com esse método é provável detectar a

temperatura do local observado, no caso da superfície escrotal (Coulter et al., 1988). Os termogramas obtidos na termografia representam a temperatura da superfície, que fornece informações sobre a distribuição de vasos sanguíneos (Ramires Neto et al., 2011). Esse aparelho foi usado em homens com distúrbios reprodutivos, varicocele e razões idiopáticas de oligozoospermia, bem como confrontados a homens sem dificuldades reprodutivas, compreenderam-se alterações significativas em meio a as temperaturas da superfície escrotal (Gazvani et al., 2000). Dados parecidos foram encontrados em ovinos por Alves et al. (2016), que observaram que a elevação de temperatura apurado pela termografia é apropriado de proceder em alterações espermáticas. No entanto, no procedimento da termografia há determinadas barreiras como a temperatura do ambiente, influência do plano a ser aferida, que influenciam nos dados (Basile et al., 2010).

Tratamentos

A terapêutica da degeneração testicular apresenta como questão limitante a ocorrência de seus achados clínicos, por conseguir observar somente quando a alteração alcança grau moderado a grave, a princípio a indicação é que seja eliminado o agente causador da patologia e nem sempre se pode encontra-lo (Celeghini et al., 2017), devemos associar o desaparecimento dos sinais clínicos. Além disso, recentes estudos ressaltam que dependendo do grau da lesão não basta eliminar o agente causador ou administrar antioxidantes para o sucesso do tratamento, pois, a recuperação completa da capacitância espermática dependerá de respostas individuais e principalmente do grau de dano causado (Celeghini et al., 2017).

É importante lembrar que cada caso é único e deve ser avaliado por um médico veterinário que poderá indicar o tratamento mais adequado para cada situação. Segundo Alvarenga & Papa (2009), o uso de antioxidantes como vitaminas E e selênio é uma maneira importante de reduzir os danos causados pelo estresse oxidativo. Os indivíduos que recebem suplementação profilática de vitaminas E e selênio têm menos danos testicular e recuperação mais rápida do processo degenerativo. Desta forma, recomenda-se o uso preventivo de vitamina E na dieta diária, para o regresso do desempenho da espermatogonias, células de Sertoli e Leyding (Gonçalves et al., 2018; McDowell, 2012; Nascimento et al., 2008; Zeoula et al., 2011).

Algumas pesquisas evidenciaram que o uso de antioxidantes ajudou na redução da peroxidação lipídica, levando a uma elevada porcentagem de resposta à espermatogênese (Vigueras-Villaseñor et al., 2011), bem como, melhoramento na aparência histológica testicular e elevação da concentração sérica de testosterona e LH (Sakr et al., 2011). Mas também, irá depender da condição da lesão, apenas a remoção do gerador da enfermidade ou aplicação de antioxidantes não são satisfatórias para efeito positivo do tratamento (Alvarenga & Papa, 2009). A quantidade de doses a serem feitas não são totalmente definidas e os antioxidantes precisam ser algo para prevenir, realizando o uso em reprodutores sadios (Alvarenga & Papa, 2009). Do mesmo modo, a vitamina A igualmente surge como uma opção de tratamento carecido à sua finalidade proliferativa, especialmente em epitélios (Celeghini et al., 2017). Embora possui relatos insuficientes de seu uso para o tratamento de degeneração testicular (Celeghini et al., 2017). Abdulkareema et al. (2005) analisaram que ovinos suplementados com vitamina A e observaram redução das deformidades espermáticas.

A melatonina considerada também como causador antioxidante, tem atuação sobre a regulação de GnRH, LH e FSH, por meio de seus receptores no hipotálamo e hipófise (Johnston & Back, 2006; Weaver et al., 1993). Pesquisas comprovaram que este antioxidante diminui expressivamente os graus de indicadores de estresse oxidativo e de peroxidação lipídica (Andrade et al., 2010; Vedovatto et al., 2019), como também de manter as particularidades histológicas do parênquima testicular (Hong et al., 2010; Memon et al., 2012) e agir absolutamente sobre a expressão de genes que compartilham da constituição da barreira hemato-testicular, das células de Leydig, da espermatogênese e do organismo de apoptose (Yang et al., 2014)

A nível de pesquisa e estudos a somatotropina recombinante bovina foi avaliada como cura de touros levados à degeneração testicular por insulação escrotal, mas nenhum resultado foi achado a respeito das particularidades seminais e a quantidade sérias de testosterona e IGF-1 e a respeito dos sinais dos testículos (Kahwage et al., 2017; Silva et al., 2018).

Estudos evidenciaram que o uso de laser terapia de baixa intensidade teve adequados efeitos em estimular a propagação de tecidos ósseos (Huertas et al., 2014), de melanócitos (Avci et al., 2013) e na angiogênese (Colombo et al., 2013). Embora esses adequados efeitos, segundo Alves et al. (2016) não obtiveram os desenvolvimentos com o uso de laser terapia em carneiros com degeneração testicular. Por este pretexto, necessita-se de mais estudos a serem realizados para tal uso deste instrumento.

Considerações finais

A proposta desse trabalho foi avaliar através da literatura existente, as dificuldades encontradas entre os criadores de touros bovinos em relação a degeneração testicular que vem acometendo cada vez mais os reprodutores, e dificultando a procriação de animais com alto valor genético. Além de entender melhor como desencadeia, os sinais clínicos e as dificuldades que o criador tem em relação a tratamentos e prevenção. Assim, médicos veterinários estariam capacitados a diagnosticar, tratar e prevenir. Visando diminuir tal enfermidade e aumentando a produtividade e consequentemente o lucro da pecuária brasileira. No entanto, ainda a várias causas incertas, ficando indispensáveis mais pesquisas a respeito da causa da degeneração testicular, bem como dos tratamentos, que deve ser mais estudado. Bem como, fica claro a força dessa enfermidade a respeito da fertilidade.

Referências bibliográficas

- Abdulkareema, T. A., Al-Habobyb, A. H., Al-Mjameia, S. M., & Hobia, A. A. (2005). Sperm abnormalities associated with vitamin A deficiency in rams. *Small Ruminant Research*, 57(1), 67–71. <https://doi.org/10.1016/j.smallrumres.2004.06.017>.
- Aguiar, D. M., Ribeiro, M. G., Brito, A. F., & Pessoa, V. M. (2001). Soroaglutinação, sêmen plasma aglutinação e exame andrológico no diagnóstico da Brucelose em machos bovinos. *Arquivos Do Instituto Biológico*, 68(2), 103–105.
- Ahmad, N., & Noakes, D. E. (1995). Ultrasound imaging in determining the presence of testicular degeneration in two male goats. *British Veterinary Journal*, 151(1), 101–110. [https://doi.org/10.1016/S0007-1935\(05\)80069-7](https://doi.org/10.1016/S0007-1935(05)80069-7).
- Ahmad, N., Noakes, D. E., & Subandrio, A. L. (1991). B-mode real time ultrasonographic imaging of the testis and epididymis of sheep and goats. *The Veterinary Record*, 128(21), 491–496. <https://doi.org/10.1136/vr.128.21.491>.
- Ahmadi, B., Lau, C. P.-S., Giffin, J., Santos, N., Hahnel, A., Raeside, J., Christie, H., & Bartlewski, P. (2012). Suitability of epididymal and testicular ultrasonography and computerized image analysis for assessment of current and future semen quality in the ram. *Experimental Biology and Medicine*, 237(2), 186–193. <https://doi.org/10.1258/ebm.2011.011050>.
- Ali, K. M., Ahmad, N., Akhtar, N., Ali, S., Ahmad, M., & Younis, M. (2011). Ultrasound Imaging of Testes and Epididymides of Normal and Infertile Breeding Bulls. *Pakistan Veterinary Journal*, 31(4), 345–350.
- Alvarenga, M. A., & Papa, F. O. (2009). Principais distúrbios reprodutivos observados em garanhões no Brasil. *Revista Brasileira de Reprodução Animal*, 6, 204–209.
- Alves, M. B. R., Andrade, A. F. C., Arruda, R. P., Batissaco, L., Florez-Rodriguez, S. A., Oliveira, B. M. M., Torres, M. A., Lançoni, R., Ravagnani, G. M., & Prado Filho, R. R. (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(3), 795–805. <https://doi.org/10.1016/j.theriogenology.2016.02.034>.
- Alves, M. B. R., Celeghini, E. C. C., & Belleannée, C. (2020). From sperm motility to sperm-borne microRNA signatures: News approaches to predict male fertility potential. *Frontiers in Cell and Developmental Biology*, 8, 791. <https://doi.org/10.3389/fcell.2020.00791>.
- Amann, R. P., & Schanbacher, B. D. (1983). Physiology of male reproduction. *Journal of Animal Science*, 57(suppl. 2), 380–403. [https://doi.org/10.1016/0022-4731\(81\)90068-6](https://doi.org/10.1016/0022-4731(81)90068-6).
- Andrade, A. K. G., Soares, A. T., Cartaxo, F. Q., Peña-Alfaro, C. E., & Guerra, M. M. P. (2012). Achados ultrassonográficos nos testículos e epidídimos de carneiros deslanados jovens e clinicamente sadios. *Arquivo Brasileiro de Medicina Veterinária e Zootecnia*, 64, 371–379. <https://doi.org/10.1590/S0102-09352012000200017>.

- Andrade, E. R., Melo-Sterza, F. A., Seneda, M. M., & Alfieri, A. A. (2010). Consequências da produção das espécies reativas de oxigênio na reprodução e principais mecanismos antioxidantes. *Revista Brasileira de Reprodução Animal*, 34(2), 79–85.
- Anway, M. D., Li, Y., Ravindranath, N., Dym, M., & Griswold, M. D. (2003). Expression of testicular germ cell genes identified by differential display analysis. *Journal of Andrology*, 24(2), 173–184. <https://doi.org/10.1002/j.1939-4640.2003.tb02660.x>.
- Arteaga, A. A., Barth, A. D., & Brito, L. F. C. (2005). Relationship between semen quality and pixel-intensity of testicular ultrasonograms after scrotal insulation in beef bulls. *Theriogenology*, 64(2), 408–415. <https://doi.org/10.1016/j.theriogenology.2004.12.008>.
- Avci, P., Gupta, A., Sadasivam, M., Vecchio, D., Pam, Z., Pam, N., & Hamblin, M. R. (2013). Low-level laser (light) therapy (LLLT) in skin: stimulating, healing, restoring. *Seminars in Cutaneous Medicine and Surgery*, 32(1), 41.
- Barth, A. D., & Bowman, P. A. (1994). The sequential appearance of sperm abnormalities after scrotal insulation or dexamethasone treatment in bulls. *The Canadian Veterinary Journal*, 35(2), 93.
- Basile, R. C., Basile, M. T., Albernaz, R. M., Pereira, M. C., Araújo, R., Ferraz, G. C., & Queiroz-Neto, A. (2010). Guia prático de exames termográficos em equinos. *Revista Brasileira de Medicina Equina*, 6(31), 24–28.
- Blazquez, N. B., Mallard, G. J., & Wedd, S. R. (1988). Sweat glands of the scrotum of the bull. *Journal of Reproduction and Fertility*, 83(2), 673–677. <https://doi.org/10.1530/jrf.0.0830673>.
- Boockfor, F. R., Barnes, M. A., & Dickey, J. F. (1983). Effects of unilateral castration and unilateral cryptorchidism of the Holstein bull on in vitro Leydig cell response. *Journal of Animal Science*, 56(6), 1386–1392. <https://doi.org/10.2527/jas1983.5661386x>.
- Brito, L. F. C., Silva, A. E. D. F., Barbosa, R. T., Unanian, M. M., & Kastelic, J. P. (2003). Effects of scrotal insulation on sperm production, semen quality, and testicular echotexture in *Bos indicus* and *Bos indicus* × *Bos taurus* bulls. *Animal Reproduction Science*, 79(1), 1–15. [https://doi.org/10.1016/S0378-4320\(03\)00082-4](https://doi.org/10.1016/S0378-4320(03)00082-4).
- Brito, L. F. C., Silva, A. E. D. F., Rodrigues, L. H., Vieira, F. V., Deragon, L. A. G., & Kastelic, J. P. (2002). Effects of environmental factors, age and genotype on sperm production and semen quality in *Bos indicus* and *Bos taurus* AI bulls in Brazil. *Animal Reproduction Science*, 70(3–4), 181–190. [https://doi.org/10.1016/S0378-4320\(02\)00009-X](https://doi.org/10.1016/S0378-4320(02)00009-X).
- Brito, M. B. S., Feliciano, M. A. R., Coutinho, L. N., Uscategui, R. R., Simoes, A. P. R., Maronezi, M. C., Almeida, V. T., Crivelaro, R. M., Gasser, B., & Pavan, L. (2015). Doppler and contrast-enhanced ultrasonography of testicles in adult domestic felines. *Reproduction in Domestic Animals*, 50(5), 730–734. <https://doi.org/10.1111/rda.12557>.
- CBRA. (2013). *Manual para exame andrológico e avaliação de sêmen animal* (Issue 1, p. 127). Colégio Brasileiro de Reprodução.
- Celeghini, E. C. C., Alves, M. B. R., de Oliveira, B. M. M., Batissaco, L., Costa, S. C., Pinto, V. H. G. G., Nogueira, V. J. M., Garcia-Oliveros, L. N., & dos Santos Almeida, F. (2017). Degeneração testicular: visão científica. *2ª Reunião Da Associação Brasileira de Andrologia Animal*, 30.
- Coelho, H. E., Santos, R. L., & Alessi, A. C. (2016). *Patologia veterinária*. Roca Ltda.
- Colombo, F., Valença Neto, A. A. P., Sousa, A. P. C., Marchionni, A. M. T., Pinheiro, A. L. B., & Reis, S. R. A. (2013). Effect of low-level laser therapy (λ660 nm) on angiogenesis in wound healing: a immunohistochemical study in a rodent model. *Brazilian Dental Journal*, 24, 308–312.
- Coulter, G. H., Senger, P. L., & Bailey, D. R. C. (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(2), 417–423. <https://doi.org/10.1530/jrf.0.0840417>.
- Curtis, S. K., & Amann, R. P. (1981). Testicular development and establishment of spermatogenesis in Holstein bulls. *Journal of Animal Science*, 53(6), 1645–1657. <https://doi.org/10.1016/j.theriogenology.2009.06.034>.
- Dowling, D. F. (1956). An experimental study of heat tolerance of cattle. *Australian Journal of Agricultural Research*, 7(5), 469–481. <https://doi.org/10.1071/AR9560469>.

- García-Oliveros, L. N., Arruda, R. P., Batissaco, L., Gonzaga, V. H. G., Nogueira, V. J. M., Florez-Rodriguez, S. A., Almeida, F. S., Alves, M. B. R., Pinto, S. C. C., & Nichi, M. (2022). Chronological characterization of sperm morpho-functional damage and recovery after testicular heat stress in Nelore bulls. *Journal of Thermal Biology*, *106*, 103237. <https://doi.org/10.1016/j.jtherbio.2022.103237>.
- Gazvani, M. R., Wood, S. J., Thomson, A. J. M., Kingsland, C. R., & Lewis-Jones, D. I. (2000). Assessment of testicular core temperatures using microwave thermography. *Human Reproduction*, *15*(8), 1723–1726. <https://doi.org/10.1093/humrep/15.8.1723>.
- Ginther, O. J. (1995). *Ultrasonic imaging and animal reproduction*. Equine Veterinary Association.
- Goiozo, P. F. I. (2008). *Influência das alterações testiculares diagnosticadas pela histopatologia sobre as características biométricas, morfométricas e seminais em touros da raça nelore*. Universidade Estadual Paulista (Unesp).
- Gonçalves, J. L., Melo, F. C. C., Sousa, R. T., Santos, S. F., & Fernandes, A. M. F. (2018). Selênio para caprinos e ovinos: Revisão. *PUBVET*, *12*(5), 1–12. <https://doi.org/10.22256/pubvet.v12n5a92.1-12>.
- Gouletsou, P. G. (2017). Ultrasonographic examination of the scrotal contents in rams. *Small Ruminant Research*, *152*, 100–106.
- Greep, G. O. (1976). The male reproductive system. In R. O. Greep, A. M. Koblinsky, & F. S. Jaffe (Eds.), *Reproduction and Human Welfare* (pp. 165–277). MIT Press.
- Hafez, B., & Hafez, E. S. E. (2004). *Reprodução Animal* (Vol. 1, p. 513). Manole: São Paulo, Brasil.
- Hansen, P. J. (2009). Effects of heat stress on mammalian reproduction. *Philosophical Transactions of the Royal Society B: Biological Sciences*, *364*(1534), 3341–3350. <https://doi.org/10.1098/rstb.2009.0131>.
- Hess, R. A., Bunick, D., Lee, K.-H., Bahr, J., Taylor, J. A., Korach, K. S., & Lubahn, D. B. (1997). A role for oestrogens in the male reproductive system. *Nature*, *390*(6659), 509–512. <https://doi.org/10.1038/37352>.
- Hong, Z., Hailing, L., Hui, M., Guijie, Z., Leyan, Y., & Dubing, Y. (2010). Effect of Vitamin E supplement in diet on antioxidant ability of testis in Boer goat. *Animal Reproduction Science*, *117*(1–2), 90–94. <https://doi.org/http://dx.doi.org/10.1016/j.anireprosci.2009.03.016>
- Huertas, R. M., Luna-Bertos, E. De, Ramos-Torrecillas, J., Leyva, F. M., Ruiz, C., & García-Martínez, O. (2014). Effect and clinical implications of the low-energy diode laser on bone cell proliferation. *Biological Research for Nursing*, *16*(2), 191–196.
- Johnson, W. H. (1997). The significance to bull fertility of morphologically abnormal sperm. *The Veterinary Clinics of North America. Food Animal Practice*, *13*(2), 255–270. [https://doi.org/10.1016/S0749-0720\(15\)30339-X](https://doi.org/10.1016/S0749-0720(15)30339-X).
- Johnston, C., & Back, W. (2006). Hoof ground interaction: when biomechanical stimuli challenge the tissues of the distal limb. *Equine Veterinary Journal*, *38*(7), 634–641. <https://doi.org/10.2746/042516406X158341>.
- Kahwage, P. R., Esteves, S. N., Jacinto, M. A. C., Junior, W. B., Pezzopane, J. R. M., de Andrade Pantoja, M. H., Bosi, C., Miguel, M. C. V., Mahlmeister, K., & Garcia, A. R. (2017). High systemic and testicular thermolytic efficiency during heat tolerance test reflects better semen quality in rams of tropical breeds. *International Journal of Biometeorology*, *61*(10), 1819–1829.
- Kastelic, J. P., Cook, R. B., & Coulter, G. H. (1997). Scrotal/testicular thermoregulation and the effects of increased testicular temperature in the bull. *Veterinary Clinics of North America: Food Animal Practice*, *13*(2), 271–282. [https://doi.org/10.1016/S0749-0720\(15\)30340-6](https://doi.org/10.1016/S0749-0720(15)30340-6).
- Kudryavtsev, I. V., Safronova, L. D., & Kudryavtsev, P. I. (2003). Genetic control of spermatogenesis and sex determination in mammals. *Russian Journal of Developmental Biology*, *34*, 337–346. <https://doi.org/10.1023/b:rudo.0000007888.44166.cb>.
- Ladds, P. W., & Crane, C. K. (1976). Scrotal mesothelioma in a bull. *Australian Veterinary Journal*, *52*(11), 534–535. <https://doi.org/10.1111/j.1751-0813.1976.tb06996.x>.
- Marcus, S., Shore, L. S., Perl, S., Bar-el, M., & Shemesh, M. (1997). Infertility in a cryptorchid bull: a case report. *Theriogenology*, *48*(3), 341–352. [https://doi.org/10.1016/S0093-691X\(97\)00245-8](https://doi.org/10.1016/S0093-691X(97)00245-8).

- Martin-du-Pan, R. C., & Campana, A. (1993). Physiopathology of spermatogenic arrest. *Fertility and Sterility*, 60(6), 937–946. [https://doi.org/10.1016/S0015-0282\(16\)56388-2](https://doi.org/10.1016/S0015-0282(16)56388-2).
- McDowell, L. R. (2012). *Vitamins in animal nutrition: comparative aspects to human nutrition* (Vol. 1). Academy Press.
- McManus, M. C. (1997). Mechanisms of bacterial resistance to antimicrobial agents. *American Journal of Health-System Pharmacy*, 54(12), 1420–1433. <https://doi.org/10.1128/microbiolspec.arba-0019-2017>.
- Memon, A. A., Wahid, H., Rosnina, Y., Goh, Y. M., Ebrahimi, M., & Nadia, F. M. (2012). Effect of antioxidants on post thaw microscopic, oxidative stress parameter and fertility of Boer goat spermatozoa in tris egg yolk glycerol extender. *Animal Reproduction Science*, 136(1–2), 55–60. <https://doi.org/http://dx.doi.org/10.1016/j.anireprosci.2012.10.020>
- Morrell, J. M. (2020). Heat stress and bull fertility. *Theriogenology*, 153, 62–67. <https://doi.org/10.1016/j.theriogenology.2020.05.014>,
- Moura, A. A., & Erickson, B. H. (2001). Testicular development, histology, and hormone profiles in three yearling angus bulls with spermatogenic arrest. *Theriogenology*, 55(7), 1469–1488. [https://doi.org/10.1016/S0093-691X\(01\)00495-2](https://doi.org/10.1016/S0093-691X(01)00495-2).
- Nascimento, E. E., Moraes, G. V., Macedo, F. A. F., Oliveira, J. M., Azevedo, J. R., & Matovelli, M. (2008). Suplementação de selênio na dieta de caprinos sobre a produção e qualidade do embrião. *PUBVET*, 2, 1–11.
- Nascimento, E. F., & Santos, R. L. (2021). *Patologia da reprodução dos animais domésticos* (4ed.). Guanabara Koogan.
- Pechman, R. D., & Eilts, B. E. (1987). B-mode ultrasonography of the bull testicle. *Theriogenology*, 27(2), 431–441. [https://doi.org/10.1016/0093-691X\(87\)90231-7](https://doi.org/10.1016/0093-691X(87)90231-7).
- Rahman, M. B., Schellander, K., Luceno, N. L., & Van Soom, A. (2018). Heat stress responses in spermatozoa: Mechanisms and consequences for cattle fertility. *Theriogenology*, 113, 102–112. <https://doi.org/10.1016/j.theriogenology.2018.02.012>.
- Ramires Neto, C., Rodello, L., & Bicudo, S. D. (2011). Scrotal thermography in prepubertal ovines submitted to heat stress. *Veterinária e Zootecnia*, 18(4, Supl. 3), 1017–1019.
- Ruediger, F. R., Chacur, M. G. M., Alves, F. C. P. E., Oba, E., & Ramos, A. A. (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: Ciências Agrárias*, 37(1), 221–232. <https://doi.org/10.5433/1679-0359.2016v37n1p221>.
- Russell, L. D., & França, L. r. (1995). Building a testis. *Tissue and Cell*, 27(2), 129–147. [https://doi.org/10.1016/S0040-8166\(95\)80016-6](https://doi.org/10.1016/S0040-8166(95)80016-6).
- Sakr, S. A. R., Mahran, H. A., & Nofal, A. E. (2011). Effect of selenium on carbimazole-induced testicular damage and oxidative stress in albino rats. *Journal of Trace Elements in Medicine and Biology*, 25(1), 59–66. <https://doi.org/10.1016/j.jtemb.2010.07.002>.
- Santos, J. A. (1975). *Patologia especial dos animais domésticos (mamíferos e aves)*. Interamericana.
- Santos, J. E. P., & Sá Filho, M. F. (2006). Nutrição e reprodução em bovinos. *Biotecnologias Da Reprodução Em Bovinos*, 2, 30–54.
- Senger, P. L. (1997). *Pathways to pregnancy and parturition*. Current Conceptions, Inc.
- Setchell, B. P. (1978). The scrotum and thermoregulation. In B. P. Setchell (Ed.), *The mammalian testis* (Vols. 90–108). Cornell University Press Ithaca, NY.
- Setchell, B. P. (1998). The parkes lecture heat and the testis. *Journal of Reproduction and Fertility*, 114(2), 179–194. <https://doi.org/10.1530/jrf.0.1140179>.
- Sharpe, R. M., McKinnell, C., Kivlin, C., & Fisher, J. S. (2003). Proliferation and functional maturation of Sertoli cells, and their relevance to disorders of testis function in adulthood. *Reproduction*, 125(6), 769–784. <https://doi.org/10.1530/rep.0.1250769>.
- Silva, E. I. C. (2020). Azoospermia em bovinos: Principais causas nutricionais. *Revista Agrope*, 1(1), 2–11.

- Silva, L. K. X., Sousa, J. S., Silva, A. O. A., Lourenço Junior, J. B., Faturi, C., Martorano, L. G., Franco, I. M., Pantoja, M. H. A., Barros, D. V., & Garcia, A. R. (2018). Testicular thermoregulation, scrotal surface temperature patterns and semen quality of water buffalo bulls reared in a tropical climate. *Andrologia*, *50*(2), e12836.
- Skinner, J. D., & Louw, G. N. (1966). Heat stress and spermatogenesis in *Bos indicus* and *Bos taurus* cattle. *Journal of Applied Physiology*, *21*(6), 1784–1790. <https://doi.org/10.1152/jappl.1966.21.6.1784>.
- Smith, B. P. (2014). *Large animal internal medicine-E-Book*. Elsevier Health Sciences.
- Stabenfeldt, G. H., & Edqvist, L. (1996). Processos reprodutivos do macho. In H. H. Dukes (Ed.), *Fisiologia dos animais domésticos* (Vol. 35, pp. 603–614). Koogan Guanabara.
- Stockham, S. L., & Scott, M. A. (2011). *Fundamentos de patologia clínica veterinária*.
- Van Camp, S. D. (1997). Common causes of infertility in the bull. *The Veterinary Clinics of North America. Food Animal Practice*, *13*(2), 203–231. [https://doi.org/10.1016/S0749-0720\(15\)30336-4](https://doi.org/10.1016/S0749-0720(15)30336-4).
- Vedovatto, M., Moriel, P., Cooke, R. F., Costa, D. S., Faria, F. J. C., Cortada Neto, I. M., Bento, A. L. L., Rocha, R. F. A. T., Ferreira, L. C. L., & Almeida, R. G. (2019). Effects of a single trace mineral injection at beginning of fixed-time AI treatment regimen on reproductive function and antioxidant response of grazing Nellore cows. *Animal Reproduction Science*, *211*, 106234. <https://doi.org/10.1016/j.anireprosci.2019.106234>.
- Viguera-Villaseñor, R. M., Ojeda, I., Gutierrez-Pérez, O., Chavez-Saldaña, M., Cuevas, O., Maria, D. S., & Rojas-Castañeda, J. C. (2011). Protective effect of α -tocopherol on damage to rat testes by experimental cryptorchidism. *International Journal of Experimental Pathology*, *92*(2), 131–139. <https://doi.org/10.1111/j.1365-2613.2010.00757.x>.
- Walker, W. H. (2003). Molecular mechanisms controlling Sertoli cell proliferation and differentiation. *Endocrinology*, *144*(9), 3719–3721. <https://doi.org/10.1210/en.2003-0765>.
- Weaver, D. R., Stehle, J. H., Stopa, E. G., & Reppert, S. M. (1993). Melatonin receptors in human hypothalamus and pituitary: implications for circadian and reproductive responses to melatonin. *The Journal of Clinical Endocrinology & Metabolism*, *76*(2), 295–301. <https://doi.org/10.1210/jcem.76.2.8381796>.
- Wenkoff, M. S. (1978). A sperm mid-piece defect of epididymal origin in two Hereford bulls. *Theriogenology*, *10*(4), 275–281.
- Wildeus, S., & Entwistle, K. W. (1983). Spermogram and sperm reserves in hybrid *Bos indicus* × *Bos taurus* bulls after scrotal insulation. *Reproduction*, *69*(2), 711–716. <https://doi.org/10.1530/jrf.0.0690711>.
- Yang, W.-C., Tang, K.-Q., Fu, C.-Z., Riaz, H., Zhang, Q., & Zan, L.-S. (2014). Melatonin regulates the development and function of bovine Sertoli cells via its receptors MT1 and MT2. *Animal Reproduction Science*, *147*(1–2), 10–16. <https://doi.org/10.1016/j.anireprosci.2014.03.017>.
- Zeoula, L. M., Geron, L. J. V., & FUNEP. (2011). Vitaminas. In T. T. Berchielli, A. V. Pires, & S. G. Oliveira (Eds.), *Nutrição de Ruminantes* (Vol. 1, Issue 2th ed., pp. 369–414). FUNEP.

Histórico do artigo:**Recebido:** 17 de novembro de 2023**Aprovado:** 2 de dezembro de 2023**Licenciamento:** Este artigo é publicado na modalidade Acesso Aberto sob a licença Creative Commons Atribuição 4.0 (CC-BY 4.0), a qual permite uso irrestrito, distribuição, reprodução em qualquer meio, desde que o autor e a fonte sejam devidamente creditados.